



**LEANDRO CARVALHO BASSOTTO**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA E DO RISCO EM PROPRIEDADES  
LEITEIRAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**LAVRAS - MG  
2021**

**LEANDRO CARVALHO BASSOTTO**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA E DO RISCO EM PROPRIEDADES  
LEITEIRAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Administração, área de concentração em Estratégias de Negócios Globais e Finanças Corporativas, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Gideon Carvalho de Benedicto  
Orientador

Prof. Dr. Francisval de Melo Carvalho  
Coorientador

Prof. Dr. Marcos Aurélio Lopes  
Coorientador

**LAVRAS - MG  
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Bassotto, Leandro Carvalho.

Análise da eficiência e do risco de propriedades leiteiras no  
Estado de Minas Gerais / Leandro Carvalho Bassotto. - 2021.  
171 p. : il.

Orientador(a): Gideon Carvalho de Benedicto.

Coorientador(a): Francisval de Melo Carvalho, Marcos Aurélio  
Lopes.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2021.  
Bibliografia.

1. Pecuária leiteira. 2. Gestão de negócios. 3. Análises de  
eficiência e risco. I. de Benedicto, Gideon Carvalho. II. Carvalho,  
Francisval de Melo. III. Lopes, Marcos Aurélio. IV. Título.

**LEANDRO CARVALHO BASSOTTO**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA E DO RISCO EM PROPRIEDADES LEITEIRAS NO  
ESTADO DE MINAS GERAIS**

**ANALYSIS OF EFFICIENCY AND RISK IN DAIRY FARMS IN MINAS GERAIS  
STATE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Administração, área de concentração em Estratégias de Negócios Globais e Finanças Corporativas, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADO em 27 de outubro de 2021

Prof. Dr. André Luiz Ribeiro Lima

Prof. Dr. José Willer do Prado

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Laura Helena Órfão

UFLA

UFLA

UNIFENAS

Prof. Dr. Gideon Carvalho de Benedicto  
Orientador

Prof. Dr. Francisval de Melo Carvalho  
Coorientador

Prof. Dr. Marcos Aurélio Lopes  
Coorientador

**LAVRAS, MG  
2021**

*A Deus, por ser o motivo pelo qual todos os meus dias merecem serem vividos.  
Aos meus pais, Maria das Graças e Tavany, por me ensinarem valores que  
ultrapassam as fronteiras da universidade e ao meu avô Sebastião (in memoriam),  
meu eterno exemplo de vida e inspiração.*

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me ensinar que sempre é possível ser melhor, que posso voar na altura dos meus sonhos e por ter me ajudado a ser fiel aos meus princípios de vida: (i) que o sol não se ponha sobre o vosso (meu) ressentimento (adaptado da Bíblia; Efésios: 4, 25-32); (ii) na partida, mais vale a saudade que o alívio (minha autoria); e (iii) feito (com prudência) é melhor do que perfeito (autoria desconhecida).

À minha mãe, Maria das Graças de Carvalho, por me ensinar que, em primeiro lugar, vem as coisas que são do Alto (Colossenses, 3: 1-2); ao meu pai, Tavany Bassotto, pelos valores que ajudaram a me tornar a pessoa que sou hoje; à minha irmã, Lessandra Carvalho Bassotto, por me incentivar a estudar quando nem mesmo eu compreendia sua importância; e à minha namorada, Tais Aparecida da Silva, por ser meu apoio, melhor amiga e confidente, que festejou minhas alegrias e chorou minhas tristezas, sempre ao meu lado.

Ao meu orientador e conterrâneo, Prof. Dr. Gideon Carvalho de Benedicto, por seu companheirismo e dedicação. Não tenho dúvidas que sua humildade e humanidade são exemplos eternos de um professor acolhedor e conduto de Deus na minha vida.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Marcos Aurélio Lopes que, mesmo sem me conhecer, um dia respondeu ao meu e-mail e, desde então, se dispôs a me ajudar. Seu comprometimento e dedicação são exemplos de vida e não tenho dúvidas que minha formação não seria a mesma sem sua participação.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Francisval de Melo Carvalho, por estar disponível e solícito às minhas demandas e por contribuir significativamente para que esta pesquisa fosse possível.

Um agradecimento especial ao Prof. Dr. André Luis Ribeiro Lima, exemplo de professor dentro e fora da sala de aula. Inúmeras foram as vezes que agradei a Deus por tê-lo conhecido. Um amigo da universidade para a vida.

Aos professores Dr. José Willer do Prado que, mesmo antes do meu ingresso ao doutorado, já se colocava à disposição; à Dra. Laura Helena Órfão, pelos ensinamentos e por me lembrar onde a minha trajetória acadêmica começou; e à Dra. Cléria Maria Lourenço, por ser tão dedicada, mesmo quando o assunto não se referia aos meus estudos.

À Esteffany Francisca Reis, uma amiga que o doutorado me deu e que tanto me ajudou em momentos que talvez nem ela consiga imaginar.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), por ter contribuído para que esta pesquisa pudesse ser realizada – Código de Financiamento 001.

Ao Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae Minas e à Labor Rural pela cessão dos dados da Plataforma Educampo Leite e apoio necessário para que esta pesquisa fosse possível.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Administração e Economia (DAE) e ao Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA) por me proporcionarem as condições necessárias para que meu sonho de cursar o doutorado fosse possível.

Aos meus amigos, tios, avós paternos (Précio Bassotto e Sebastiana Pereira Bassotto; *in memoriam*) e materna (Maria Regina de Carvalho), que sempre me foram solícitos, acreditam em mim e me encorajam a seguir em frente. De todas as pessoas que tenho a agradecer, àquele que tanto gostaria de dar um abraço, ainda que pela última vez, e que sempre me emociono ao pensar nele: ao meu amigo, pai e avô Sebastião Gonçalves de Carvalho (*in memoriam*).

**A todos vocês, minhas orações e meu muito obrigado!**

*“Naquilo que fosse, onde fosse, para quem fosse, que eu não fosse medíocre”.*  
*(Mário Sérgio Cortella)*

## RESUMO

A pecuária leiteira é um setor de grande importância para o desenvolvimento econômico e para a geração de riqueza e renda de agricultores do Brasil e, em especial, de Minas Gerais. A eficiência produtiva, econômica e zootécnica do setor é muito baixa, reduzindo o nível de atratividade do negócio do leite e aumentando o risco de insolvência das propriedades leiteiras no longo prazo. Além disso, análises de risco são amplamente discutidas na literatura dentro do contexto das organizações, mas ainda são pouco estudadas na agropecuária leiteira. A Teoria da Firma (subdividida em Teoria da Produção, dos Custos e dos Rendimentos) permite analisar o desempenho interno de organizações e traçar uma conexão entre as interferências do mercado sobre seus desempenhos produtivos. Com efeito, a referida teoria torna-se fundamental no processo de análise da eficiência e dos riscos em propriedades leiteiras. Este estudo justifica-se diante da relevância do tema para o contexto da agropecuária nacional e, em especial, para Minas Gerais. Ademais, a carência de estudos sobre eficiência e risco aplicados à cadeia produtiva do leite sob a ótica da Teoria da Firma reforça a relevância desta pesquisa. O objetivo geral foi analisar o impacto do nível de eficiência técnica e do risco de oscilações nos preços do produto (leite) no desempenho econômico de propriedades leiteiras do Estado de Minas Gerais. Por meio de técnicas quantitativas de análise dos dados, tais como a Análise por Envoltória de Dados (DEA) e a Simulação Monte Carlo, investigou-se diferentes aspectos relacionados à eficiência e ao risco em 485 propriedades leiteiras de Minas Gerais. No primeiro estudo, a análise permitiu identificar diferentes aspectos da eficiência relativa de propriedades com mão de obra familiar e propor, como *benchmark*, um novo indicador, o Índice de Comprometimento de Insumos em Leite (ICIL), que permite analisar a eficiência de propriedades leiteiras, quanto à utilização de insumos. No segundo estudo, foi possível identificar as principais características de eficiência que diferem propriedades com mão de obra mista e propor um *framework* da utilização de insumos para o setor. No terceiro estudo, a análise da variação do preço do leite permitiu compreender como propriedades leiteiras devem ter elevadas eficiências para que os riscos da volatilidade dos preços do leite não impactem no setor. Foram propostos dois indicadores de risco: (i) o Preço de equilíbrio e (ii) Índice de Tolerância do Preço do Leite (ITPL), que permitem identificar qual a redução dos preços do leite que propriedades leiteiras suportam sem terem prejuízo. Com isso, as contribuições desta pesquisa podem ser utilizadas por produtores de leite, para que compreendam e analisem questões específicas de suas propriedades, e para a academia, por estabelecer uma conexão entre a Teoria da Firma e a área de Ciências Agrárias e, em especial, a pecuária leiteira.

**Palavras-chave:** Teoria da Firma. Análise por Envoltória de Dados (DEA). Método Monte Carlo. Cadeia produtiva do leite. Preço do leite.

## ABSTRACT

Dairy farming is important to the economic development and to create wealth and income for farmers in Brazil and, in particular, in Minas Gerais State. The productive, economic and zootechnical efficiency of the sector is very low, reducing the level of attractiveness of the milk business and increasing a long-term risk of insolvency of dairy farms. Furthermore, risk analyzes are widely discussed in the literature within the context of firms, but they are still little studied in dairy farming. The Firm Theory (subdivided into Theory of Production, Theory of Costs and Theory of Income) allows analyzing the internal performance of firms and setting a connection among market interferences on their productive performance. Indeed, this theory becomes fundamental in the process of analyzing the efficiency and risks of dairy farms. This study is relevant to the national farming and, in particular, for Minas Gerais State. Furthermore, the lack of studies on efficiency and risk on the milk production chain on the perspective of the Firm Theory reinforces the relevance of this research. The general purpose was to analyze the impact of the level of technical efficiency and the risk of variation in product (milk) prices on the economic performance of dairy farms in the Minas Gerais State. Through quantitative data analysis techniques, such as Data Envelopment Analysis (DEA) and Monte Carlo Simulation, different aspects related to efficiency and risk were investigated in 485 dairy farms in Minas Gerais State. On the first study, the analysis allowed us to identify different aspects of the relative efficiency of farms with family labor and to propose, as a benchmark, a new indicator, the Milk Input Commitment Index (MICI), which allows analyzing the efficiency of dairy farms, regarding the use of inputs. On the second study, it was possible to identify the main efficiency characteristics that differ farms with mixed labor and propose a framework for the use of inputs for the sector. On the third study, the analysis of milk price variation allowed us to understand how dairy farms must have high efficiencies so that the risks of milk price variation do not impact the sector. Two risk indicators were proposed: (i) the Break-even price and (ii) the Milk Price Tolerance Index (MPTI), allow to identify what reduction in milk prices that dairy farms support without causing economic losses. Thus, the contributions of this research can be used by milk producers, so that they understand and analyze specific issues of their farms, and for academia, for establishing a connection between the Firm Theory and the area of Agricultural Sciences, and in particular, dairy farming.

**Keywords:** Firm Theory. Data Envelopment Analysis (DEA). Monte Carlo simulation. Milk production chain. Milk price.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura básica da cadeia produtiva do leite segundo diferentes autores. ....	30
Figura 2 – Cadeia produtiva do leite em Minas Gerais. ....	32
Figura 3 – Estrutura dos principais campos de pesquisa da Teoria da Firma. ....	37
Figura 4 – Composição do processo de produção de uma propriedade leiteira. ....	41
Figura 5 – Composição dos custos e rendimentos segundo diferentes metodologias aplicadas à pecuária leiteira.....	46
Figura 6 – Principais riscos relacionados com propriedades leiteiras. ....	53
Figura 7 – Síntese dos procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa. ....	54
Figura 8 – Relação existente entre as propriedades leiteiras participantes em Minas Gerais e esta pesquisa. ....	57
Figura 9 – Esquema de utilização da Simulação Monte Carlo.....	67
Figura 10 – Síntese dos procedimentos metodológicos em cada artigo. ....	72
Figura 11 – Resumo dos principais temas abordados nesta pesquisa e dos resultados (teóricos e gerenciais).....	75
Figura 12 – Relações entre insumos e eficiência técnica das propriedades leiteiras.....	109
Figura 13 – Comportamento de diferentes insumos em função do aumento da eficiência técnica de propriedades leiteiras no Estado de Minas Gerais.....	138

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparação entre a fronteira de eficiência e a regressão linear. ....	62
Gráfico 2 – Movimento radial e folga em um modelo de função de produção. ....	98
Gráfico 3 – Relação entre alimentação (R\$) e produção (litros/dia) das propriedades leiteiras familiares (DMU's). ....	105
Gráfico 4 – Relação entre energia (R\$) e produção (litros/dia) das propriedades leiteiras familiares (DMU's). ....	106
Gráfico 5 – Relação entre mão de obra eventual (R\$) e produção (litros/dia) das propriedades leiteiras familiares (DMU's). ....	107
Gráfico 6 – Relação entre manutenção de máquinas, implementos e benfeitorias (MIB; em Reais) e produção (litros/dia) das propriedades leiteiras familiares (DMU's). ....	108
Gráfico 7 – Probabilidade de lucro com diferentes lucratividades das propriedades leiteiras, agrupadas em função do nível de risco (NR). ....	164

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características de diferentes métodos de custeio e apuração dos resultados, utilizados na pecuária leiteira.....	48
Quadro 2 – Resumo das principais variáveis disponíveis para o estudo.....	58
Quadro 3 – Vantagens da Análise por Envoltória de Dados (DEA). ....	60
Quadro 4 – Principais pressupostos e conceitos da Análise por Envoltória de Dados (DEA).....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escore de eficiência técnica das propriedades leiteiras familiares (DMU's).....	102
Tabela 2 – Análise descritiva das propriedades leiteiras familiares (DMU's).....	103
Tabela 3 – Benchmark de eficiência das propriedades leiteiras familiares (DMU's).....	111
Tabela 4 – Análise descritiva de características socioeconômicas das propriedades leiteiras (DMU's).....	128
Tabela 5 – Composição e qualidade do leite das propriedades leiteiras (DMU's).....	130
Tabela 6 – Desempenho econômico das propriedades leiteiras (DMU's).....	131
Tabela 7 – Indicadores do preço do leite de propriedades leiteiras no Estado de Minas Gerais de 2015 a 2021.....	154
Tabela 8 – Desempenho econômico das propriedades leiteiras.....	155
Tabela 9 – Preços do leite pago ao produtor no Estado de Minas Gerais de 2015 e 2021.....	159

## LISTA DE SIGLAS

BCC	Acrônimo dos nomes Banker, Charnes e Cooper
bST	<i>Bovine somatotropine</i> (somatotropina bovina)
CCR	Acrônimo dos nomes Charnes, Cooper e Rhodes
CCS	Contagem de Células Somáticas
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
COE	Custo Operacional Efetivo
COT	Custo Operacional Total
CPP	Contagem Padrão em Placas
CRS	<i>Constant Returns to Scale</i> (retornos de escala constante)
CT	Custo Total
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i> (Análise por Envoltória de Dados)
DMU	<i>Decision Making Unit</i> (unidade tomadora de decisão)
DP	Desvio Padrão
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Esalq/USP	Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”/Universidade de São Paulo
EST	Estrato Seco Total
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura)
FDA	Função de Distribuição Acumulada
FGV	Fundação Getúlio Vargas
I	Insumos
IA	Inseminação Artificial
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBM	<i>International Business Machines Corporation</i>
ICIL	Índice de Comprometimento de Insumos em Leite
IGP-DI	Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna

IN	Instrução Normativa
ITPL	Índice de Tolerância do Preço do Leite
MA	Média Anual
MIB	Máquinas, implementos e benfeitorias
NR	Nível de Risco
OECD	<i>Organization for Economic Co-operation and Development</i> (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico)
P	Produção Total de Leite
p	<i>p-value</i> : nível de significância estatística
PEL	Preço de Equilíbrio do Leite
PIB	Produto Interno Produto
PL	Preço do Leite
PP	Ponto de Paridade
RL	Receita do Leite
RP	Raça Predominante
Sebrae	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
Senar	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural
SIF	Serviço de Inspeção Federal
SMC	Simulação Monte Carlo
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
UFC/mL	Unidade Formadora de Colônia/mililitro
VRS	<i>Variable Returns to Scala</i> (retornos de escala variável)

## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	17
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	18
1.1 Contextualização da pesquisa .....	18
1.2 Questão de pesquisa .....	22
1.3 Objetivos .....	22
1.3.1 Objetivo geral .....	22
1.3.2 Objetivos específicos .....	22
1.4 Relevância e justificativa da pesquisa .....	22
1.5 Estrutura do trabalho .....	25
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	27
2.1 Cadeia produtiva do leite em Minas Gerais .....	27
2.1.1 Heterogeneidade de propriedades leiteiras em Minas Gerais.....	33
2.2 Teoria da Firma .....	35
2.2.1 Teoria da Produção.....	38
2.2.2 Teoria dos Custos e dos Rendimentos .....	42
2.3 Risco na pecuária leiteira .....	49
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	54
3.1 Delineamento da pesquisa .....	54
3.2 Objeto de estudo e coleta de dados .....	57
3.3 Técnicas de análise dos dados .....	59
3.3.1 Análise por Envoltória de Dados (DEA) .....	59
3.3.2 Simulação Monte Carlo.....	66
3.4 Métodos de pesquisa e análise dos dados .....	69
<b>4 SÍNTESE DAS CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA</b> .....	74
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	76
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	79
<b>SEGUNDA PARTE</b> .....	90
<b>PRIMEIRO ESTUDO - EFICIÊNCIA TÉCNICA DE PROPRIEDADES LEITEIRAS FAMILIARES EM MINAS GERAIS</b> .....	91
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	92
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	93
2.1 Propriedades leiteiras com mão de obra familiar .....	93

2.2	Teoria da Produção.....	94
2.2.1	Insumos na atividade leiteira .....	95
2.2.2	Análise por Envoltória de Dados (DEA).....	96
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	99
3.1	Caracterização da pesquisa.....	99
3.2	Abordagem, métodos e amostragem .....	100
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	102
4.1	<i>Benchmarking</i> de eficiência .....	110
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	112
	REFERÊNCIAS .....	113
	<b>SEGUNDO ESTUDO - CARACTERÍSTICAS DE PROPRIEDADES LEITEIRAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE EFICIÊNCIA TÉCNICA EM MINAS GERAIS.....</b>	<b>119</b>
1	INTRODUÇÃO.....	120
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	121
2.1	Teoria da Produção, dos Custos e dos Rendimentos .....	121
2.2	Insumos na pecuária leiteira e a eficiência relativa .....	122
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	124
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	127
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	139
	REFERÊNCIAS .....	140
	<b>TERCEIRO ESTUDO - RISCOS NA PECUÁRIA LEITEIRA: EFEITOS DA VARIAÇÃO DO PREÇO DO LEITE NO DESEMPENHO ECONÔMICO DE PROPRIEDADES DE MINAS GERAIS .....</b>	<b>145</b>
1	INTRODUÇÃO.....	146
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	147
2.1	Teoria da Firma.....	147
2.2	Riscos na pecuária leiteira.....	148
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	151
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	153
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	166
	REFERÊNCIAS .....	167

## **PRIMEIRA PARTE**

# 1 INTRODUÇÃO

Com o intuito de apresentar o presente estudo, este tópico introdutório está estruturado da seguinte forma: uma contextualização, abordando a temática, seguida da questão de pesquisa, objetivos (geral e específicos) e, por último, a relevância e justificativa da pesquisa, bem como a estrutura do trabalho.

## 1.1 Contextualização da pesquisa

O Brasil é caracterizado por ser um país tropical, com chuvas regulares e um solo agricultável, fortalecendo a vocação natural do país para a agropecuária. Nos últimos anos, apesar da recessão que vem impactando o país e impedindo o crescimento econômico nacional, a agropecuária tem sido um dos principais setores da economia a se manter em crescimento. Este comportamento é notado devido às elevadas taxas de crescimento e à capacidade do setor em suprir às demandas dos mercados interno e externo (VILELA *et al.*, 2016). Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), em 2020, o Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio cresceu 24,31%, em relação ao ano anterior (CEPEA, 2020), muito superior ao PIB brasileiro, que reduziu em 4,1% (IBGE, 2020a). Entre os diversos setores produtivos que estão inseridos na agropecuária brasileira, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (no inglês, *Food and Agriculture Organization* – FAO) salienta que a pecuária leiteira se destaca pela grande contribuição para o desenvolvimento econômico e social de agricultores que, com esta atividade, têm uma fonte de renda no campo (FAO, 2020a).

A pecuária leiteira é um setor de grande importância para o desenvolvimento econômico e para a geração de riqueza e renda de agricultores. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (no inglês, *Organisation for Economic Co-operation and Development* – OECD) destaca a produção mundial de leite para o setor no Brasil e para o mundo (OECD, 2018). Neste contexto, principalmente, pela intensificação dos sistemas de produção e quando novas tecnologias são implementadas, possibilitam que as propriedades leiteiras passem a utilizar os recursos produtivos visando a eficiência, tendo em vista a maximização de resultado financeiro da atividade leiteira.

Entretanto, devido ao mercado internacional de leite ser muito competitivo, o Brasil ainda não consegue se destacar na exportação desse produto, fato que estimula a diminuição da sua atratividade no mercado interno e limita o desenvolvimento da cadeia produtiva do leite (VILELA *et al.*, 2016). Como efeito, propriedades leiteiras podem ficar mais vulneráveis, uma vez que o aumento da produção nacional acarreta redução dos preços de venda do produto (lei da oferta e da demanda).

Os Estados que mais produzem leite tendem a serem aqueles que mais se expõem às intempéries mercadológicas que restringem a expansão da cadeia produtiva do leite. Minas Gerais, o maior Estado produtor de leite do país (PEROBELLI; ARAÚJO JÚNIOR; CASTRO, 2018) é responsável pela produção de, aproximadamente 6,5 bilhões de litros de leite anualmente, ou 25,5% de toda a produção nacional, de aproximadamente 25,5 bilhões de litros (IBGE, 2020a). Sendo assim, um dos Estados mais expostos a essas intempéries, que podem impactar substancialmente no desenvolvimento econômico e social estadual. Ao se considerar a quantidade de propriedades leiteiras, Minas Gerais também é um dos Estados mais importantes do país, com a maior quantidade de unidades produtoras de leite (216.460 propriedades), perfazendo 18,0% do total nacional (1.176.295 propriedades leiteiras) (IBGE, 2017; 2020b).

No mundo, existe uma forte demanda pela autossuficiência de produtos de agricultura básica e, diante de sua importância econômica e social, a produção de leite se destaca pela necessidade de expansão da produção mundial (ÖRS; OĞUZ; 2019). No Brasil, a taxa média de crescimento da produção leiteira tem se mantido em 4% ao ano, colocando o país na quinta colocação no *ranking* dos países que mais produzem leite no mundo (FAO, 2020a). O crescimento da produção de leite no Brasil é notório e superior às expectativas do próprio Governo Federal que previram uma taxa de crescimento médio da pecuária leiteira entre 2,4% e 3,3% de 2015 a 2025 (BRASIL, 2015).

Segundo Perobelli, Araújo Júnior e Castro (2018), quando comparada a propriedades leiteiras de outros países, constata-se a predominância de pequenos e médios produtores no Brasil. Contudo, esse fato vem mudando nos últimos anos, uma vez que o avanço tecnológico e o aumento no volume de leite individual dessas propriedades têm contribuído para o aumento do tamanho delas. Os autores acrescentam ainda que, aliado a isso, tem-se a elevação do consumo de lácteos no país e a melhoria da qualidade do leite que são aspectos positivos para o fortalecimento da

cadeia produtiva. Esses fatores favorecem a competitividade da pecuária leiteira no território nacional e estimulam produtores a expandirem suas capacidades produtivas.

Por isso, a intensificação de sistemas de produção é vista como uma tendência global, impactando diretamente nas propriedades leiteiras (DOUPHRATE *et al.*, 2013), que se veem cada vez mais pressionadas a elevarem a eficiência produtiva para se manterem competitivas. Esta necessidade ocorre devido a vários fatores, tais como políticos, econômicos, sociais e ambientais que impactam o negócio do leite.

Para que a intensificação de sistemas produtivos ocorra, é necessário que os fatores de produção sejam utilizados de modo que garantam elevados padrões de eficiência. Muitos desses fatores, por serem naturais, não podem ser manipulados e suas intempéries podem impactar significativamente na atividade leiteira. Thornton *et al.* (2018) advertem para as mudanças climáticas e pluviométricas que interferem no setor, principalmente nos últimos anos. O resultado é a necessidade de utilização de maiores aportes de capital natural e financeiro para garantir elevados índices de produtividade (ENGLAND *et al.*, 2019) e diminuir os riscos do negócio no longo prazo.

A eficiência produtiva, econômica e zootécnica da pecuária leiteira nacional é muito baixa, reduzindo o nível de atratividade do negócio do leite (LOPES *et al.*, 2016) e aumentando o risco de insolvência das fazendas leiteiras no longo prazo. Esta realidade pode impactar negativamente na bacia leiteira de Minas Gerais uma vez que, em casos de recessão, as propriedades leiteiras precisam se manter no mercado com eficiência financeira, reduzindo os riscos de falência (VASILIEVA *et al.*, 2019).

Outro tema importante são as análises de risco, amplamente discutidas na literatura dentro do contexto das organizações, mas ainda são pouco estudadas na agropecuária (DINTERMAN; KATCHOVA; HARRIS, 2018). Sobre a pecuária leiteira, a literatura é ainda mais escassa de pesquisas empíricas e investigativas. Além disso, uma vez que a maioria dos estudos se dedique a investigar o risco de empresas quando se encontram em estágios de declínio do negócio (OGACHI, *et al.*, 2020), pesquisas que explorem este processo, antes de sua ocorrência, são fundamentais para garantir que os produtores tomem decisões de mudança com mais robustez e conscientes com as possibilidades futuras.

Para que se consiga analisar a eficiência e o risco na pecuária leiteira, uma importante teoria da área de ciências sociais aplicadas e economia podem ser fundamentais e ajudar a compreender

como propriedades leiteiras se comportam em situações de vulnerabilidade produtiva e econômica. A Teoria da Firma (subdividida em Teoria da Produção, dos Custos e dos Rendimentos) permite analisar o desempenho interno de organizações e traçar uma conexão entre as interferências do mercado sobre seus desempenhos produtivos. A Teoria da Produção é fundamental para explicar a relação entre os fatores e o desempenho produtivo de propriedades leiteiras. Por ser uma teoria que se dedica a estudar os conceitos de produtividade e produção (ARTUZO *et al.*, 2018), permite compreender como ocorre e qual seria a eficiência produtiva relacionada à atividade em questão.

Já a Teoria dos Custos se preocupa em analisar a eficiência do processo produtivo, levando em consideração aspectos ligados aos custos de produção (ARTUZO *et al.*, 2018). O aumento da produção não implica na capacidade de organizações em obterem mais lucro. É necessário também que o aumento da eficiência produtiva contribua com a redução dos custos para que propriedades leiteiras se tornem mais eficientes. Conforme apresentado por North (1990), questões relacionadas à eficiência produtiva como ferramenta de redução dos custos de produção são assuntos consagrados pela literatura, diante de sua importância e relevância para as organizações.

A Teoria dos Rendimentos, por outro lado, se preocupa com a maximização do desempenho econômico de organizações, por meio da redução dos custos e/ou aumento dos preços de venda da produção (SOUZA, 1980). Com efeito, a referida teoria torna-se fundamental no processo de análise da eficiência econômica e dos riscos que o mercado pode exercer sobre propriedades leiteiras. Contudo, uma vez que a Teoria da Firma se limite a explicar a eficiência e melhor utilização dos recursos para os processos produtivos (Teoria da Produção), seus efeitos sobre os custos de produção (Teoria dos Custos) e seus efeitos sobre a rentabilidade de organizações (Teoria dos Rendimentos) não permite compreender o impacto que a utilização destes fatores exerce sobre os riscos do negócio da atividade leiteira no futuro.

Diante disso, com esta pesquisa, pretende-se estudar como a Teoria da Firma, por meio das Teorias da Produção, dos Custos e dos Rendimentos, aplicada na pecuária leiteira, pode contribuir com análises de eficiência e risco em propriedades leiteiras no Estado de Minas Gerais. Para tanto, esta pesquisa foi desenvolvida na forma de estudos múltiplos, de modo que seja possível analisar a eficiência técnica e o risco sob diferentes aspectos e, com isso, gerar informações estratégicas e gerenciais que possam ser úteis para o desenvolvimento da cadeia produtiva do leite no Estado de Minas Gerais.

## **1.2 Questão de pesquisa**

Questiona-se: Como o nível de eficiência técnica e o risco de oscilações nos preços de insumos e produto impactam os resultados econômicos em propriedades leiteiras do Estado de Minas Gerais?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo geral**

O objetivo geral é analisar o impacto do nível de eficiência técnica e do risco de oscilações nos preços do produto (leite) no desempenho econômico de propriedades leiteiras do Estado de Minas Gerais.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analisar a eficiência técnica de propriedades leiteiras familiares no Estado de Minas Gerais.
- Identificar as principais características que diferenciam propriedades leiteiras no Estado de Minas Gerais.
- investigar como a variação dos preços do produto (leite) impacta o desempenho econômico, bem como propor um indicador para analisar o risco de propriedades leiteiras de Minas Gerais.

## **1.4 Relevância e justificativa da pesquisa**

Esta pesquisa justifica-se diante da relevância do tema para o contexto da agropecuária nacional e, em especial, à cadeia produtiva do leite do Estado de Minas Gerais, uma vez que permita estabelecer uma relação entre eficiência e risco no setor. A literatura apresenta pesquisas que analisam os custos de produção na pecuária leiteira (LOPES *et al.*, 2006; 2019; SANTOS; LOPES, 2014; CORRÊA; LOPES; CORRÊA, 2018; UDDIN *et al.*, 2021). Contudo, são escassas as pesquisas que identifique a eficiência técnica de propriedades leiteiras quanto à utilização dos

insumos de produção. A premissa desta pesquisa é que será possível identificar as propriedades leiteiras eficientes e, com isso, analisar características que possam contribuir para a otimização na utilização de insumos na atividade leiteira.

Sauer e Lohmann (2015) estudaram como os investimentos e tecnologia podem contribuir com a eficiência de propriedades leiteiras e concluíram que aquelas mais eficientes tendem a apresentar menores custos de produção. Contudo, embora seja possível identificar propriedades com menores custos operacionais de produção, não se pode afirmar que haja, efetivamente, eficiência quanto à utilização dos insumos necessários para a produção leiteira.

Um importante aspecto que deve ser destacado é a importância econômica da atividade leiteira e a necessidade de geração de renda para produtores rurais. A Teoria da Produção se mostra limitada quanto à sua capacidade de analisar se a eficiência na utilização dos recursos realmente contribui para que propriedades leiteiras consigam ter menores custos e, conseqüentemente, melhores resultados econômicos, uma vez que os custos sejam de fundamental importância para o desempenho econômico de propriedades leiteiras (LOPES *et al.*, 2019). A Teoria dos Custos pode ajudar a explicar a melhoria do desempenho econômico a partir da eficiência ligada aos custos de produção e, com isso, por meio da Teoria dos Rendimentos, poderá contribuir para que melhores resultados econômicos sejam auferidos na atividade leiteira.

Uma vez que propriedades leiteiras consideradas eficientes quanto à utilização dos insumos e, apesar disso, não serem economicamente viáveis, essas Teorias (da Produção, dos Custos e dos Rendimentos) contribuem para a maximização dos seus recursos produtivos. Neste contexto, pretende-se que esta pesquisa seja um instrumento valioso para que produtores rurais possam identificar o perfil de propriedades mais eficientes e com menores custos, visando tomar decisões que contribuam com a melhoria da eficiência técnica e econômica dos seus processos produtivos do leite.

Foi encontrada apenas uma publicação (MONDAINI *et al.*, 1997) que se refere à utilização de conceitos da Teoria da Firma aplicados, por meio de metodologias de custeio tradicionais na agropecuária (do Custo Total e dos Custos Operacionais), em propriedades leiteiras. Contudo, visto que o foco desta pesquisa tenha sido nas metodologias de custeio, pouco aprofundou os conhecimentos sobre a Teoria da Firma no setor. Nesta pesquisa, por outro lado, visa-se estabelecer uma conexão entre os pressupostos apresentados pela Teoria da Firma com diferentes conceitos

utilizados para se analisar a rentabilidade de propriedades leiteiras e que não estejam ligados a nenhuma teoria administrativa.

Além disso, com esta pesquisa, pretende-se analisar também diferentes aspectos relacionados aos riscos a que propriedades leiteiras estão expostas e como a eficiência técnica na utilização dos insumos contribuem com a mitigação dos riscos e seus consequentes impactos sobre a atividade leiteira. Nesse sentido, não foram encontradas pesquisas na literatura que indiquem os efeitos dos pressupostos inerentes à Teoria da Firma sobre os riscos de propriedades leiteiras. Com efeito, esta pesquisa se mostra um instrumento de aplicação dessa teoria com os riscos na pecuária leiteira.

Esta pesquisa também estabelece uma conexão da Teoria da Firma aplicada dentro da área de Ciências Agrárias, se preocupando com a tendência mundial em pesquisas que explorem e aprofundem o conhecimento sobre a pecuária leiteira. Não se pode deixar de considerar, ainda, a importância social deste estudo, uma vez que o leite seja um modelo de negócio composto por 150 milhões de famílias em todo o mundo, que contribui com a geração de renda desses produtores (FAO, 2020b). Por esse motivo, a presente pesquisa também poderá ter impactos substanciais na sociedade, contribuindo com um maior entendimento, por parte dos produtores de leite, dos eventuais riscos futuros que possam advir do mercado e interferir no processo de produção de leite de suas unidades produtoras.

Com efeito, destaca-se a utilidade e contribuições desta pesquisa, especialmente para o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae Minas), instituição responsável por disponibilizar os dados que serão analisados neste estudo. Uma vez que o Sebrae Minas possui um projeto de assistência técnica e gerencial a produtores de leite em Minas Gerais (Projeto Educampo), com esta pesquisa, possibilita compreender como a eficiência técnica e os riscos, ligados à variação dos insumos e produtos, afetam a atividade leiteira, permitindo que estratégias de gestão sejam desenvolvidas às necessidades da pecuária a que o Sebrae Minas se destina a contribuir.

Na perspectiva organizacional, é necessário que se tenha parâmetros de comparação para que consigam avaliar seu desempenho e compará-lo a outras instituições de um mesmo setor. Caneghem, Aerts e Madadian (2020) afirmam que os *benchmarks* são importantes tanto para a parte interna quanto externa de uma organização. Com efeito, esta pesquisa também será útil para produtores de leite, proporcionando a condição de analisar seus níveis de eficiência técnica e os

riscos, apoiados nos resultados desta pesquisa e, com isso, identificar estratégias de gestão que sejam importantes para que o processo produtivo do leite em suas propriedades possa ser aprimorado.

### **1.5 Estrutura do trabalho**

Este estudo está estruturado em duas partes. A primeira é a Introdução que contempla uma contextualização do tema, problema de pesquisa, objetivos (geral e específicos), relevância e justificativa da pesquisa, bem como a estrutura do trabalho. Além disso, destaca um capítulo de Referencial Teórico Geral, e contempla tópicos, tais como (Cadeia Produtiva do Leite; Heterogeneidade de Propriedades Leiteiras em Minas Gerais; Teoria da Firma; Teoria da Produção; Teoria dos Custos e Rendimentos; e, Risco na Pecuária Leiteira). Ainda nesta primeira parte, apresenta-se um capítulo da Metodologia Geral, que mostra a forma de abordagem, classificação da pesquisa, os procedimentos e técnicas de coleta e análise de dados a serem utilizadas em cada um dos três artigos propostos. Por fim, a primeira parte, apresenta as considerações finais e as referências bibliográficas.

A segunda parte apresenta um tópico para cada um dos objetivos específicos desta pesquisa. O primeiro estudo será composto por uma introdução, seguida da fundamentação teórica, que abordará a agricultura familiar, a Teoria da Produção, os insumos na atividade leiteira e a Análise por Envoltória de Dados (DEA), que contemplará os pressupostos necessários para sua realização, bem como outras pesquisas que antecederam este estudo. Logo após, será apresentada a metodologia, que abordará os procedimentos de escolha e seleção do objeto de estudo, coleta e tratamento dos dados e delimitações estatísticas. Além disso, serão apresentados também os resultados e discussão da pesquisa, seguidos das considerações finais e referências utilizadas.

O segundo estudo contará com a introdução, seguida da fundamentação teórica, que abordará a pecuária leiteira em Minas Gerais, as Teorias da Produção, dos Custos e dos Rendimentos, as principais características das propriedades leiteiras em Minas Gerais e estudos que antecedem a presente pesquisa. Logo após, serão apresentados os procedimentos metodológicos, resultados e discussão, considerações finais e referências. No terceiro artigo, serão apresentados a introdução, a fundamentação teórica, composta por embasamento teórico do risco na pecuária leiteira, bem como suas características e particularidades no Estado de Minas Gerais,

as Teorias dos Custos e dos Rendimentos e, por fim, outros estudos correlatos acerca da pecuária leiteira. Na sequência, serão apresentados a metodologia, os resultados e discussão, as considerações finais e as referências utilizadas nesta pesquisa.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para facilitar a apresentação do arcabouço teórico que sustenta a presente pesquisa, são apresentados três tópicos abordando a estruturação da cadeia produtiva do leite no Estado de Minas Gerais (tópico 2.1); a Teoria da Firma aplicada à pecuária leiteira (tópico 2.2), subdividida em teoria da Produção (tópico 2.2.1), dos Custos e dos Rendimentos (tópico 2.2.2); e os riscos na pecuária leiteira (tópico 2.3).

### 2.1 Cadeia produtiva do leite em Minas Gerais

A agropecuária é um setor econômico bastante complexo, devido às inúmeras áreas produtivas que o compõem e muitos são os desafios existentes na pecuária leiteira e que podem impactar no desenvolvimento do setor. Para Batalha (2007), ela é composta por três níveis: (i) o sistema agroindustrial, que envolve as atividades de produção de bens agroindustriais, tais como agropecuária, agroindústrias, sistemas de distribuição, entre outros; (ii) o complexo industrial, representado pelas empresas que utilizam o leite como matéria prima para a fabricação de outros produtos; e (iii) a cadeia produtiva, que está ligada a um determinado produto de natureza agropecuária.

A cadeia produtiva do leite é um tema muito discutido na literatura, desde os primeiros estudos, realizados por Davis e Goldberg (1957) que abordaram diversas questões ligadas ao *agribusiness*. No que se refere ao *agribusiness*, trata-se de um sistema que compreende os mais variados setores que impactam direta ou indiretamente na atividade leiteira, desde a produção de insumos para os processos produtivos até a comercialização do produto junto ao consumidor final (PEROBELLI; ARAÚJO JÚNIOR; CASTRO, 2018).

Apesar do mercado internacional de leite ser mais competitivo que o interno (e mais limitado), o Brasil ainda não consegue se destacar na exportação de leite, fato que estimula a diminuição da atratividade do negócio no mercado interno e limita o desenvolvimento da cadeia produtiva do leite (VILELA *et al.*, 2016). Como efeito, as propriedades leiteiras tendem a ficarem mais vulneráveis, uma vez que o aumento da produção nacional acarreta redução dos preços de venda do produto, estando a atividade mais exposta à lei da oferta e da demanda. Essas

consequências podem impactar significativamente o negócio do leite, uma vez que os produtores estejam mais expostos às oscilações do mercado.

Segundo Perobelli, Araújo Júnior e Castro (2018), quando comparada a propriedades leiteiras de outros países, constata-se a predominância de pequenos e médios produtores no Brasil, fato que vem mudando nos últimos anos, uma vez que o avanço tecnológico e o aumento no volume de leite individual dessas propriedades têm contribuído para o aumento do tamanho delas. Os autores acrescentam ainda que, aliado a isso, tem-se a elevação do consumo de lácteos no país e a melhoria da qualidade do leite que são aspectos positivos para o fortalecimento da cadeia produtiva do leite. Sendo assim, esses fatores favorecem a competitividade da pecuária leiteira no território nacional e estimulam produtores de leite a expandirem suas capacidades produtivas.

A cadeia produtiva do leite ainda padece de um grande problema, ou seja, a redução da quantidade de fazendas produtoras de leite. Perobelli, Araújo Júnior e Castro (2018) analisaram a cadeia produtiva do leite nos Censos Agropecuários de 1996 a 2006 e concluíram que houve redução da quantidade de propriedades leiteiras, com queda de 25,9% para 20,1%, ou seja, redução de 22,4%. Embora a produção nacional tenha aumentado em detrimento do aumento da produção individual das propriedades leiteiras, constata-se que tenha havido uma redução da quantidade de estabelecimentos produtores de leite, alertando para a necessidade de estudos que ajudem a explicar diferentes aspectos que possam estar impactando o processo produtivo do leite no país.

Neste contexto, problemas advindos disso podem, inclusive, impactar na elevação do êxodo rural, fato de grande preocupação em vários países do mundo. Masot, Alonso e Morich (2020) salientam que esse problema consta nas pautas de discussão de diversos estudos existentes em toda a Europa. Para os autores, a elevação de práticas que estimulem a concentração de pessoas que migrem do meio rural para os centros urbanos é um problema que precisa ser veementemente combatido.

Muitos desses fatores têm sido amplamente discutidos na literatura. Vilela *et al.* (2017) destacam impactos extrínsecos à atividade leiteira, tais como economia mundial, políticas públicas e condições climáticas que exercem forte impacto às propriedades leiteiras. Estes fatores possuem forte representatividade não somente para essas organizações, mas também para os demais setores da agropecuária brasileira. Diante deste cenário, é importante que se compreenda como é constituída a cadeia produtiva do leite no Estado de Minas Gerais.

A cadeia produtiva do leite possui fatores limitantes de crescimento, devido sua complexidade e representatividade para agropecuária nacional (KISCHNER *et al.*, 2019). Por esse motivo, alguns autores se dedicaram a estudá-la, uma vez que existam fatores que impactam na sua devida compreensão. Os principais autores que abordam o tema com maior profundidade são apresentados a seguir.

Batalha (2007) descreve a cadeia produtiva do leite como um conjunto de fatores necessários para que o processo produtivo possa acontecer, envolvendo desde a fabricação dos insumos até a comercialização do produto com o consumidor final. Os fatores de produção estão inter-relacionados (direta ou indiretamente) no processo de produção de leite das propriedades rurais (DAVIS; GOLDBERG, 1957).

Dessa forma, cadeias produtivas são compostas por diferentes setores econômicos, com forte inter-relação entre os processos de compra e venda, de modo que, à medida que o produto se movimenta de um setor para o outro, tem seu valor agregado até o momento em que é vendido para o consumidor final (PACHECO *et al.*, 2012). Sendo assim, os setores impactam não somente no processo produtivo das propriedades como também na qualidade do produto final que é vendido aos consumidores.

Para Davis e Goldberg (1957), a cadeia produtiva do leite é composta por três elementos. O primeiro deles, chamado “antes da porteira”, envolve as atividades que ocorrem antes do processo produtivo, tais como insumos, empresas de implementos agrícolas, entre outros. O segundo, denominado “dentro da porteira”, envolve as atividades que ocorrem dentro das propriedades rurais para a produção de leite. O terceiro, “depois da porteira”, compreende as atividades ligadas ao processamento, comercialização e distribuição do produto até chegar ao consumidor final.

Batalha (1995) propõe que a cadeia produtiva do leite seja dividida em três segmentos. O primeiro, denominado Comercialização, envolve as empresas que estejam em contato direto com os consumidores, comercializando o produto final. O segundo (industrialização) é composto pelas pessoas envolvidas no processo de beneficiamento da produção. O terceiro, (produção de matérias primas) representa as empresas fornecedoras de matérias primas.

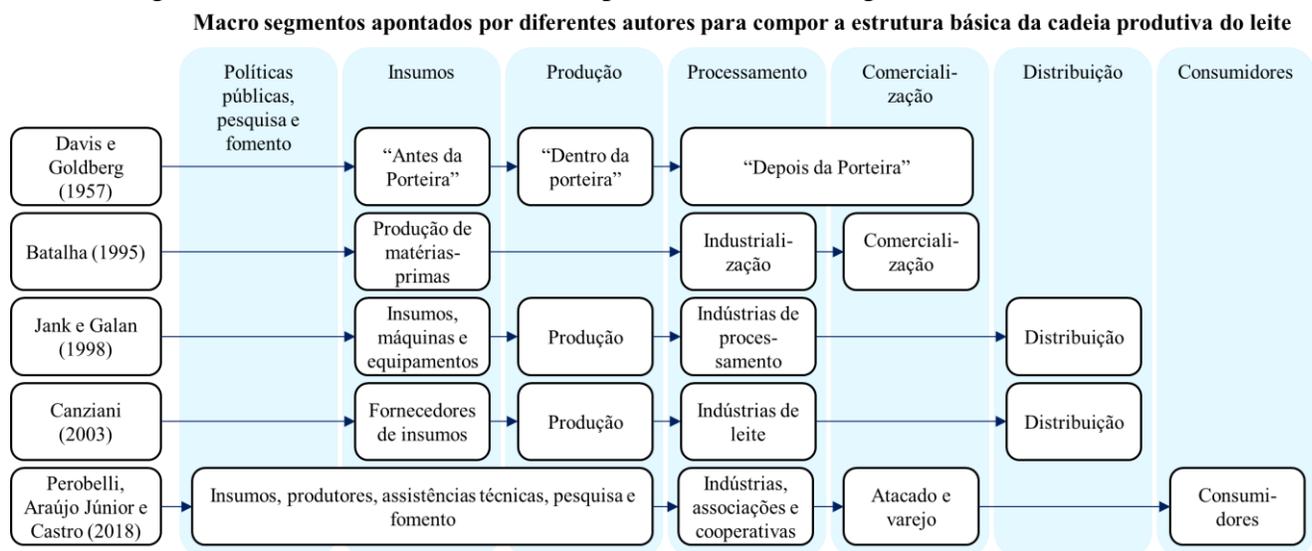
Jank e Galan (1998) apresentam uma estruturação mais detalhada e com maior discriminação dos segmentos envolvidos: (i) os fornecedores de insumos, máquinas e equipamentos, que disponibilizam a matéria prima para o processo produtivo; (ii) a produção de

leite; (iii) a indústria de processamento, que beneficiará a produção, agregando valor ao leite; e (iv) o processo de distribuição. Para os autores, esses quatro segmentos se utilizam de instituições de fomento, pesquisa e investimento, responsáveis por dar suporte para as atividades envolvidas na referida cadeia produtiva e os consumidores, que compram o leite, pagando todo o valor agregado durante o processo de industrialização.

Canziani (2003), também propôs quatro segmentos: (i) fornecedores de insumos; (ii) produção; (iii) indústria leiteira; e (iv) processos de distribuição para o consumidor final. Enquanto o estudo de Batalha (1995) muito se assemelha aos estudos de Davis e Goldberg (1957), os estudos de Canziani apresentam maior similaridade com as definições propostas por Jank e Galan (1998).

Perobelli, Araújo Júnior e Castro (2018) propõem uma estrutura mais complexa que aquelas apresentadas anteriormente. Segundo os autores, a cadeia produtiva de leite no Brasil possui quatro grandes segmentos: (i) insumos, produtores, assistências técnicas, pesquisa e fomento; (ii) grandes indústrias, associações e cooperativas e laticínios artesanais; (iii) atacado e varejo; e (iv) consumidores. Assim, esses eixos são fortemente relacionados entre si e possuem características distintas, motivo pelo qual a cadeia produtiva do leite se torna tão complexa. A Figura 1 apresenta um resumo da estrutura da cadeia produtiva do leite, proposta por diferentes autores.

Figura 1 – Estrutura básica da cadeia produtiva do leite segundo diferentes autores.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os estudos conduzidos por Davis e Goldberg (1957) apresentam maior simplicidade na estruturação da cadeia produtiva, quando comparados aos estudos mais recentes. Estes autores se preocuparam em descrever mais o setor produtivo (insumos, produção e beneficiamento) em si e menos aspectos que antecedem (políticas públicas, conjunturas econômicas, pesquisas, entre outros) e procedem (distribuição da produção de leite e derivados e os consumidores) o processo de produção do leite. Constata-se que, nessa estruturação, houve um maior aporte técnico e menos gerencial da cadeia produtiva.

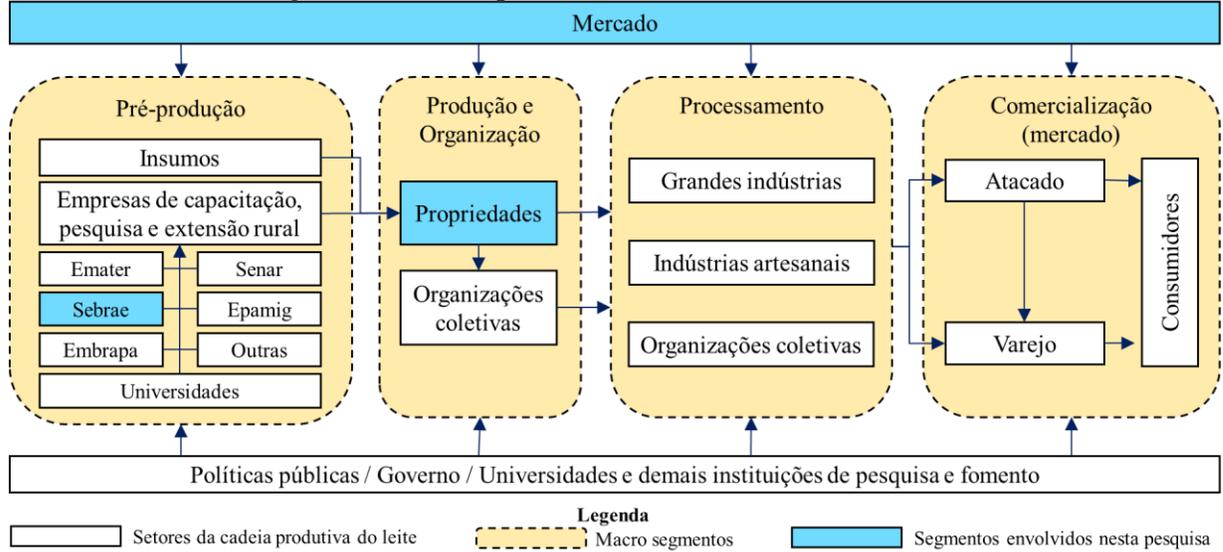
Tal concepção começa a perder força quando surgem novos estudos com maiores distinções no “depois da porteira” de David e Goldberg (1957). Batalha (1995) o subdivide em industrialização e comercialização, fortalecendo a compreensão da importância de práticas extrínsecas às operações de propriedades leiteiras. Contudo, as práticas de distribuição parecem não concordar com o entendimento de Canziani (2003) e Jank e Galan (1998), que apresentam a cadeia produtiva do leite como um composto de fornecedores, processo produtivo, beneficiamento e distribuição, não valorizando as práticas de comercialização apresentadas por Batalha (1995).

A estruturação mais completa da cadeia produtiva do leite é discutida por Perobelli, Araújo Júnior e Castro (2018) e são os únicos a acrescentarem as políticas públicas, empresas de pesquisa e fomento. Para os autores, estes fatores devem ser estudados também (em um mesmo contexto) o fornecimento de insumos e o processo produtivo, visto que há forte relação entre eles, impactando significativamente os resultados operacionais e financeiros da atividade leiteira. Estes autores também são os únicos a citar a importância dos consumidores para o setor, entendendo que, se não houver consumo, não haverá necessidade de se produzir.

Um fato que merece ser evidenciado é que nenhum desses autores se dedicou a estudar a cadeia produtiva do leite em uma região específica, se limitando a apresentar conceitos genéricos e que possam ser inseridos em diferentes contextos da pecuária leiteira. Do mesmo modo, não foram identificados na literatura, estudos que apresentem uma estruturação da cadeia produtiva do leite no Estado de Minas Gerais.

Diante disso, com base nos principais conceitos apresentados por Davis e Goldberg (1957), Batalha (1995), Canziani (2003), Jank e Galan (1998) e Perobelli, Araújo Júnior e Castro (2018), foi proposta uma estrutura simplificada da cadeia produtiva do leite em Minas Gerais, composta por quatro macros segmentos: (i) Pré-produção; (ii) Produção e Organização; (iii) Processamento; e (iv) Comercialização, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Cadeia produtiva do leite em Minas Gerais.



Fonte: Adaptado de Perobelli, Araújo Júnior e Castro (2018).

O macro segmento Pré-produção (FIGURA 2) é composto pelas empresas fornecedoras de insumos e empresas de logísticas, responsáveis pela movimentação dos insumos até as propriedades leiteiras e empresas de capacitação, pesquisa e extensão que atuam no Estado de Minas Gerais, destacando-se a Emater (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais), o Sebrae Minas (Serviço Brasileiro de apoio às Micro e Pequenas Empresas), a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), o Senar (Serviço Nacional de Aprendizagem Rural), a Epamig (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais) e outras instituições públicas e privadas.

O macro segmento de Produção e Organização (FIGURA 2) compreende as propriedades leiteiras e as organizações de pessoas e de classe que venham a participar e contribuir com a cadeia produtiva, destacando-se as associações e cooperativas que compram leite das propriedades rurais e revendem para as empresas de processamento (sem realizar beneficiamentos de quaisquer naturezas). O terceiro macro segmento, denominado Processamento, compreende as empresas que fazem o beneficiamento da produção, podendo ser grandes indústrias, indústrias artesanais e organizações coletivas (associações ou cooperativas).

Por fim, o último macro segmento, Comercialização (FIGURA 2), é composto por empresas que vendem a produção processada para os consumidores, podendo ser por meio de atacado e/ou varejo. Esses quatro eixos sofrem o impacto direto do mercado que, por meio da lei da oferta e da demanda, regulamentam a precificação média de bens e serviços utilizados na cadeia produtiva do

leite. Do mesmo modo, o Estado, as políticas públicas, as universidades e demais instituições de pesquisa e fomento contribuem e exercem influência sobre a atividade leiteira, regulamentando as práticas de produção e contribuindo com o desenvolvimento dos setores envolvidos.

### **2.1.1 Heterogeneidade de propriedades leiteiras em Minas Gerais**

As propriedades se diferem quanto ao tipo de mão de obra utilizada na atividade leiteira. Assim podem ser classificadas em familiares, mistas e contratadas (FERRAZZA *et al.*, 2020). O pressuposto é que nas propriedades familiares, a mão obra permanente utilizada é advinda apenas da família na produção de leite. Nas propriedades mistas, a premissa é que a mão de obra familiar não é suficiente para realizar as atividades produtivas cotidianas. Por isso, produtores recorrem à contratação de profissionais permanentes para auxiliar nesses processos. Por fim, propriedades contratadas são aquelas que não há membros familiares atuando na atividade, sendo que toda a mão de obra permanente utilizada na produção de leite é contratada.

Vale destacar que propriedades leiteiras com mão de obra familiar, mista e contratada podem se diferir muito com relação à eficiência operacional e aos resultados econômicos do processo produtivo. Lopes *et al.* (2019) constataram que propriedades leiteiras com diferentes tipos de mão de obra se diferem muito quanto aos custos de produção, visto que as familiares possuem menores custos operacionais efetivos (COE), quando comparadas às mistas e contratadas.

O nível de conhecimento de produtores rurais também contribui significativamente para que propriedades leiteiras se difiram entre si. Com isso, produtores com maiores escolaridades e mais acessibilidade a informações advindas de recursos como internet, assistência técnica, cursos, treinamentos, entre outros, apresentam maior especialização da atividade leiteira (MOREIRA *et al.*, 2020). Como consequência, é possível que haja maior eficiência operacional, contribuindo para futuros mais promissores (EVINK; ENDRES, 2017) e possibilidade de menores riscos de abandono da atividade no futuro.

A eficiência operacional contribui para que propriedades leiteiras sejam bastante heterogêneas. Segundo Lien, Kumbhakar e Hardaker (2017), propriedades mais eficientes tendem a ter menores custos de produção, maiores estabilidades econômicas e produtores mais motivados para produzir leite. Os autores acrescentam que esses fatores são decisivos para diferenciar propriedades com futuros promissores daquelas com futuro incerto. A escala de produção é um dos

principais fatores que interferem na eficiência de propriedades leiteiras (LIEN; KUMBHAKAR; HARDAKER, 2017)

Além disso, propriedades também se diferenciam significativamente quanto à escala de produção. Lopes *et al.* (2004) salientam que a escala de produção ajuda propriedades leiteiras a terem menores custos de produção. Isso ocorre devido à redução dos custos fixos unitários à medida que se aumenta a quantidade de unidades produzidas (PADOVEZE, 2013). Nesse sentido, propriedades leiteiras com diferentes escalas de produção apresentam resultados muito diferentes.

Os riscos também mudam com a variação da escala de produção. Evink e Endres (2017) ao analisarem propriedades leiteiras classificadas como gigantes (com mais de 2.500 vacas no rebanho), constataram que o principal fator que afeta na eficiência da atividade leiteira é a implementação de tecnologias automatizadas, fundamental, principalmente, para propriedades maiores. Contudo, os autores advertem que o aumento do desenvolvimento tecnológico dessas propriedades eleva os riscos, pois custos como depreciação e manutenção desses recursos oneram significativamente os custos e a viabilidade econômica da atividade.

Em propriedades leiteiras menores, essa realidade é muito diferente. Gebreegziabher e Tadesse (2014) salientam que fatores tecnológicos, de produção, financeiros, institucionais, de mercado e humanos expõem propriedades leiteiras de pequeno porte a maiores riscos. Os autores acrescentam que, nesses casos, é mais recorrente a precariedade do processo produtivo, que apresentam animais subnutridos e processos produtivos pouco desenvolvidos.

O desenvolvimento tecnológico também afeta consideravelmente na eficiência de propriedades leiteiras. Ferrazza *et al.* (2020), em um estudo realizado em propriedades familiares, constataram que o desenvolvimento tecnológico influencia na rentabilidade da atividade leiteira. Por outro lado, propriedades com baixo desenvolvimento tecnológico produzem menos e têm processos produtivos ineficientes, condições que comprometem seus desempenhos econômicos (GEBREEGZIABHER; TADESSE, 2014).

Além disso, o elevado capital investido não implica, necessariamente, em grandes desenvolvimentos tecnológicos. Sauer e Lohmann (2015) enfatizam que é possível encontrar propriedades que investem em tecnologias impróprias ou pouco adaptadas às realidades da atividade leiteira. Como consequência, os custos de produção aumentam consideravelmente sem que haja incremento satisfatório na eficiência operacional dessas propriedades. Gupta e Mahakud

(2020) explicam que, em muitos casos, investimentos realizados são subutilizados ou adquiridos com potências e tamanhos superiores às necessidades reais do processo produtivo.

O processo produtivo do leite pode ser extensivo, intensivo ou semiextensivo. Sistemas extensivos ocorrem quando o rebanho é criado em regime de pastejo contínuo (os animais permanecem no pasto durante o ano todo), diferido (a pastagem que cresce no verão é pastejada no inverno) e rotacionado (os animais permanecem apenas nas pastagens que estão no ponto de colheita enquanto que as demais, em crescimento, permanecem sem animais). Normalmente, configuram-se como sistemas de exploração dos recursos naturais sem grandes preocupações com elevadas produtividades (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Sistemas intensivos são aqueles que exploram os recursos naturais de forma mais racional e visando a otimização dos resultados. Com isso, tendem a ser mais robustos, evoluídos, complexos e, quando bem conduzidos, rentáveis (OLIVEIRA *et al.*, 2007). Fazem parte dos sistemas intensivos os sistemas em regime de pastejo rotacionado; confinamento, classificados em *louse housing*, *free stall*, *tie stall* ou *compost barn*. *Loose housing*; e semiconfinamento (MOTA *et al.*, 2017). Lopes *et al.* (2016) salientam que, embora sejam sistemas com custos de manutenção elevados, são muito eficientes e rentáveis (LOPES *et al.*, 2016). Já os sistemas semiextensivos são considerados sistemas mistos, englobando processos de produção que estejam em sistemas intermediários de produção.

## **2.2 Teoria da Firma**

A Teoria da Firma se dedica a estudar diferentes aspectos ligados às organizações, em seu contexto interno e externo (JENSEN; MECKLING, 2008). Não há consenso na literatura sobre quem foram seus autores, bem como das suas subdivisões (Teorias da Produção, dos Custos e dos Rendimentos). Artuzo *et al.* (2018) salientam que Alfred Marshall foi o responsável por sintetizar esta teoria. Souza (1980), por outro lado, sugere que Marshall tenha sido um dos principais expoentes da teoria econômica que, na década de 1930, foi utilizada por Coase (1937) para propor o conceito de firma e apresentar uma nova concepção do que viria a se tornar Teoria da Firma. Não há menção na obra de Coase (1937) de que a Teoria da Firma tenha sido uma proposição dele, mas apenas do conceito de firma. Assim, é possível que a Teoria da Firma seja uma vertente da teoria

econômica, cuja evolução foi gradual e contou com a participação de numerosos autores em sua construção, com destaque para Alfred Marshall e Ronald Coase.

Alfred Marshall é considerado um dos mais influentes economistas do início do Século XX, que buscou desenvolver um modelo de gestão que compreendesse a lógica de comportamento tanto das empresas quanto dos mercados (ARTUZO *et al.*, 2018). Sua principal publicação (“Princípios de Economia”) definiu os principais conceitos para sua teoria, que se dedicou a analisar, entre outros assuntos, os rendimentos crescentes em organizações (KERSTENETZKY, 2004). Tradicionalmente, a teoria econômica, a que Marshall se dedicou a estudar, se preocupava com o ambiente interno de organizações sem, contudo, desconsiderar as influências que o mercado exerce sobre a firma (SOUZA, 1980). É necessário que as empresas trabalhem o processo produtivo, os custos de produção e a rentabilidade da firma, garantindo assim que melhores resultados possam ser auferidos.

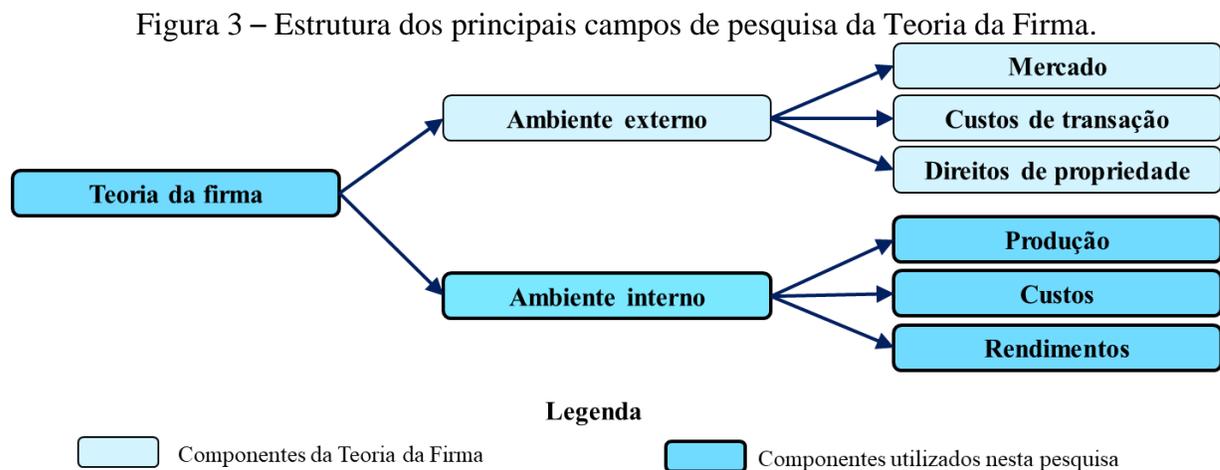
Apoiado nos conceitos de Alfred Marshall, Ronald H. Coase propôs, em 1937, o conceito de Firma, definindo que são organizações de elevada complexidade e dependentes tanto do ambiente interno como externo (COASE, 1937). Com seu artigo intitulado “*The Nature of the Firm*” publicado em 1937, ele abordou novas concepções relacionadas à firma, causando uma ruptura com os conceitos que até então, compunham o *mainstream* da época acerca de economia de empresas (TIGRE, 2005). Os estudos de Coase propuseram, por exemplo, a existência de custos que não podem ser mensurados monetariamente, pois derivam da transação entre a firma e agentes externos (fornecedores, clientes, entre outros). Com isso, alguns estudos foram desenvolvidos com foco na Teoria da Firma, porém enfatizando o ambiente externo, explorando questões como mercados, custos de transação e direitos de propriedade (NORTH; 1990; WILLIAMSON, 1991; 2008; WILLIAMSON; GHANI, 2012).

É possível encontrar na literatura um vasto acervo de publicações que tratam da Teoria da Firma. Tigre (2005) adverte que essa teoria foca demasiadamente com os preços e a alocação de recursos nas empresas, deixando de lado questões relevantes, tais como o desempenho operacional do processo produtivo. Contudo, a maioria das publicações valorizam mais questões relacionadas ao ambiente externo. Jensen e Meckling (2008) acrescentam que, grande parte da literatura relacionada à Teoria da Firma está, na verdade, inserida dentro do contexto de uma teoria de mercados, de modo que a firma seja vista apenas como um elemento participante desse processo, responsável por transformar insumos em produtos e comercializá-los no mercado. Tais visões

permitem a (errônea) compreensão de que a firma seja uma organização simples e de baixa complexidade.

Esse entendimento é compartilhado por diferentes autores que consideram a firma como uma “caixa preta”, sendo organizações “obscuras”, cuja elevada complexidade pode comprometer nas tomadas de decisão dos gestores (ARROW, 1986; SILVA FILHO, 2006; DJØRUP, 2020). O próprio Alfred Marshal, principal expoente dessa teoria, já se preocupava com a questão da “caixa preta” (JENSEN; MECKLING, 2008). Com isso, a organização deixa de ser considerada um mero elemento transformador dentro da Teoria da Firma e assume um caráter mais organizacional, cujas particularidades necessitam ser devidamente compreendidas e analisadas. Tigre (2005) acrescenta que a concepção da “caixa preta” rompe com a percepção de que, no ambiente interno das organizações, a função-produção é o único elemento responsável por garantir sucesso ao negócio.

Para melhor compreender a estrutura básica que compõe os principais elementos da Teoria da Firma, é apresentado na Figura 3 os principais conceitos estudados pela referida teoria quanto ao ambiente externo, que explora conceitos como custos de transação, mercados e direitos de propriedade e, no ambiente interno, a produção, os custos de produção e a rentabilidade.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Na literatura pesquisada, identificou-se apenas dois artigos que fazem alusão à Teoria da Firma na pecuária leiteira. O primeiro, de Zylbersztajn (2005), se dedicou a estudar a relação entre o mercado e os custos de transação, que ocorrem por meio dos contratos firmados no setor. Essa obra relaciona os conceitos da Teoria da Firma na pecuária leiteira sob perspectivas do ambiente externo. O segundo trabalho, escrito por Mondaini *et al.* (1997), são aplicadas as metodologias do

Custo Total e dos Custos Operacionais como componentes importantes ligados à Teoria da Firma que contribuem com a análise do desempenho econômico de propriedades leiteiras. Contudo, essa obra analisou com superficialidade a Teoria da Firma em si, se dedicando a aprofundar os conceitos das metodologias supracitadas.

É possível encontrar várias publicações aplicando os conceitos das metodologias do Custo Total e dos Custos Operacionais na pecuária leiteira. A partir dos estudos de Lopes *et al.* (2004), é possível perceber que, embora não explícito, várias outras pesquisas realizadas nas últimas décadas utilizaram essas metodologias como mecanismos de análise da rentabilidade de propriedades leiteiras (LOPES *et al.*, 2004; 2006; 2011; 2019; PACHECO *et al.*, 2012; CORRÊA; LOPES; CORRÊA, 2018; LEITE JÚNIOR; LOPES; CARDOSO, 2018; PELEGRINI, *et al.*, 2019; FERRAZZA *et al.*, 2020).

A preocupação existente sobre a dificuldade de se gerir organizações resgata conceitos centrais da Teoria da Firma que visa, no ambiente interno, analisar a produção, os custos e a rentabilidade de atividades produtivas. Desse modo, a Teoria da Firma subdivide-se em: Teoria da Produção, que aborda conceitos ligados à produção e produtividade; Teoria dos Custos, que abrange custos econômicos e; Teoria da Rentabilidade, que visa minimizar os custos para maximizar os resultados (VASCONCELLOS; GARCIA, 2009; ARTUZO *et al.*, 2018). Nos próximos tópicos, serão apresentados os principais conceitos dessas teorias e suas interfaces com a pecuária leiteira.

### **2.2.1 Teoria da Produção**

A Teoria da Produção corresponde a uma parte da Teoria da Firma que discute especificamente o processo produtivo e os fatores de produção. Por isso, é considerada uma teoria que estuda como as organizações operam, tendo como foco questões relacionadas à função de produção (como as empresas combinam seus insumos para gerar produtos) (DORMADY; HENRIQUEZ; ROSE, 2019).

Assim, pode ser considerado um aporte teórico para analisar o processo operacional como um todo, compreendendo a transformação de insumos em produtos e visando a geração de valor para o cliente. Por isso, as atividades necessárias para o processo de produção são consideradas pela Teoria da Produção. Além disso, uma vez que ela organiza as empresas como um composto

de *inputs*, fluxos de processos ou fluxos operacionais de produção (*processing*) e *outputs*, é composto por elementos ligados aos insumos, à movimentação e até à espera existente dentro dos processos de transformação (SHOU, *et al.*, 2020).

Segundo Vasconcellos e Garcia (2009), a teoria da produção se dedica a estudar os fatores de produção, *input*, *outputs* e processos produtivos, definindo os seguintes conceitos:

- **Input:** as entradas de recursos (e insumos) no processo produtivo.
- **Outputs:** as saídas de produtos ao término do processo de produção.
- **Processo de Produção (*processing*):** sistemas produtivos utilizados pelas empresas para a fabricação de produtos. Sendo assim, podem ser classificados em simples (quando a empresa fabrica um único tipo de produto) e múltiplo (quando mais de um tipo de produto é fabricado pela empresa);
- **Eficiência do Método Produtivo:** analisa a utilização dos insumos para o processo de produção, visando maior eficiência;
- **Eficiência Econômica:** visa identificar o método de produção que seja mais econômico para a fabricação de determinada quantidade de produtos.

Vale ressaltar que, embora o processo de produção de leite se encaixe nos conceitos da Teoria da Produção, não há evidências de pesquisas que apliquem esses conceitos à pecuária leiteira em maior profundidade.

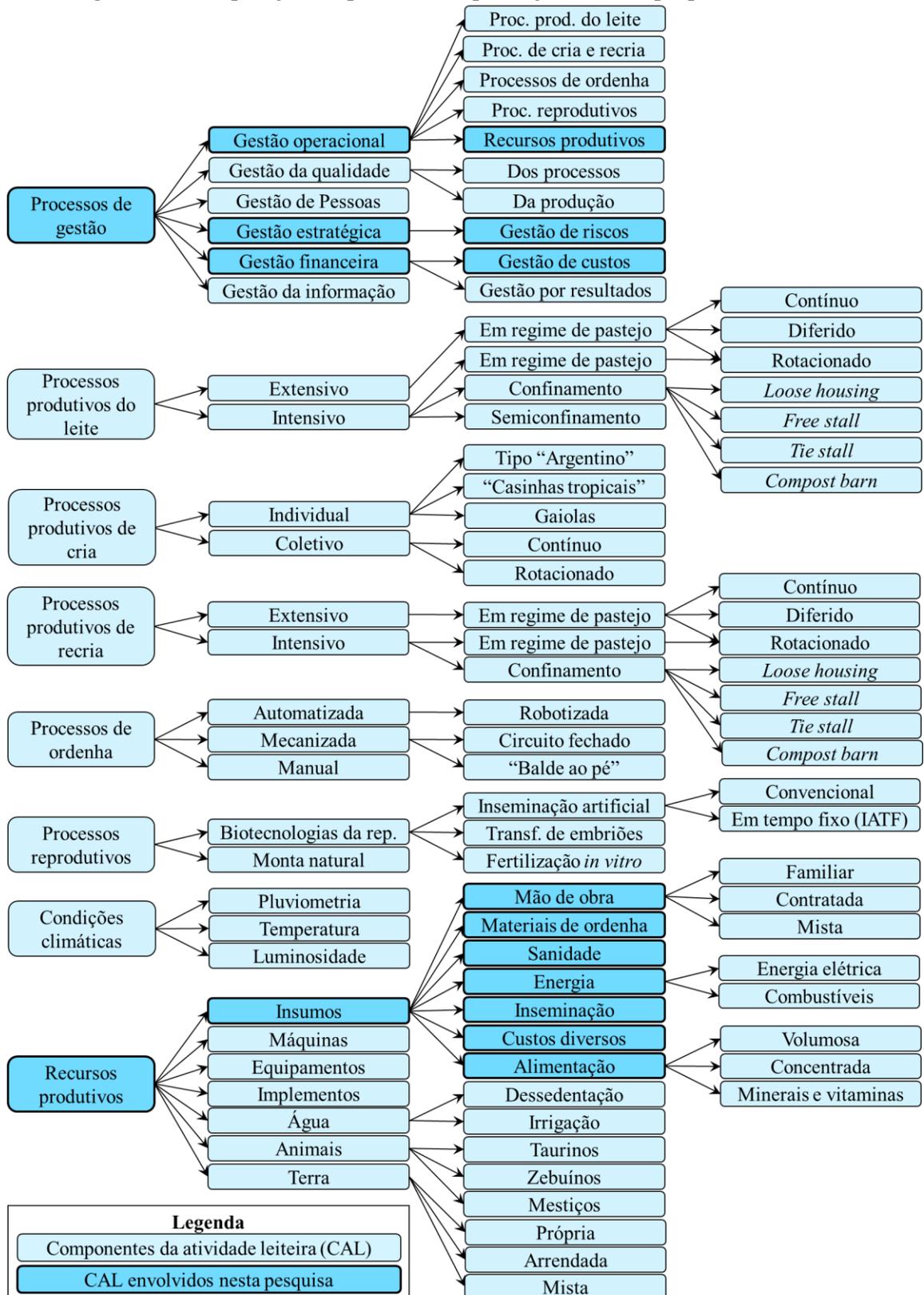
Segundo a Embrapa (2020), propriedades leiteiras utilizam os seguintes recursos (que podem ser considerados como *inputs* de processo): (i) mão de obra; (ii) produtos para fabricação e compra de volumosos; (iii) concentrados; (iv) materiais de sanidade; (v) materiais de reprodução; (vi) energia e combustível; e (vii) materiais para qualidade do leite. Esses fatores compõem os *inputs* do processo. Com o estudo de Leite Júnior, Lopes e Cardoso (2018) foi possível identificar outros fatores ou *inputs*: terra, benfeitorias, máquinas, implementos, equipamentos, ferramentas, veículos, semoventes, animais e móveis.

O fator terra compreende todo espaço ambiental necessário para que o processo produtivo do leite ocorra. As benfeitorias são as estruturas prediais necessárias para a produção. As máquinas são os recursos que possuem força motriz para exercer uma determinada atividade, tais como, tratores, equipamentos de ordenhas, entre outros. Quanto aos implementos são considerados acessórios utilizados pelas máquinas para executar uma determinada atividade, tais como, arado, subsolador, entre outros. Os equipamentos são bens que não possuem força motriz. Por fim,

semoventes são os animais utilizados como tração animal para desenvolverem uma determinada atividade.

Corrêa, Lopes e Corrêa (2018) apresentam quatro tipos de *outputs* ou produtos resultantes do processo produtivo: leite, queijo, animais e subprodutos. Com isso, pode-se considerar a existência de dois tipos de *outputs*: de produção primária e de excedente. Os *outputs* de produção primária são os produtos principais a serem comercializados nas propriedades, sendo o leite o principal deles. Quanto aos *outputs* de excedente representam os produtos (ou subprodutos) que a propriedade leiteira venha a produzir além de suas necessidades e que possa comercializá-los. Os principais exemplos são: esterco e animais. O processo de produção do leite compreende as atividades realizadas para a fabricação de um produto (VASCONCELLOS; GARCIA, 2009), conforme mostra a Figura 4. Na atividade leiteira, embora não existam publicações que tratem especificamente do tema, observa-se a existência de subprocessos necessários para que a produção de leite aconteça. A Figura 4 apresenta uma síntese da composição dos diferentes processos que formam uma propriedade leiteira.

Figura 4 – Composição do processo de produção de uma propriedade leiteira.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Com base na Figura 4, esses diferentes tipos de processos e recursos necessários em propriedades leiteiras demonstram a elevada complexidade do sistema produtivo, razão pela qual entende-se que há certa dificuldade em avaliar e mensurar o desempenho econômico do negócio leiteiro. Vasconcellos e Garcia (2009) salientam que a Teoria da Produção se preocupa com a eficiência desses métodos de produção. Isso implica dizer que, para o correto desenvolvimento de uma propriedade, é necessário que esses processos e recursos (FIGURA 4) sejam muito bem administrados, pois existe forte relação entre eles.

### **2.2.2 Teoria dos Custos e dos Rendimentos**

A Teoria dos Custos considera os custos econômicos, ligados ao processo produtivo (ARTUZO *et al.*, 2018). Nessa teoria, os custos são um importante instrumento responsável por influenciar na tomada de decisões. Artuzo *et al.* (2018) acrescentam que os custos são responsáveis por melhorar a gestão de empresas e contribuir com novas perspectivas sobre o negócio a que se está analisando. Ronald H. Coase, ao propor o conceito de firma e custos de transação, discorreu sobre a preocupação que deve haver dentro de organizações para reduzir os custos ligados ao processo produtivo (NORTH, 1990).

Coase (1937) realizou uma ampla discussão sobre a possibilidade de empresas produzirem internamente ou terceirizarem. Para o autor, quando se realiza determinado processo internamente, é possível obter menores custos e, conseqüentemente, melhores rendimentos. Contudo, a eficiência é um fator de especial relevância, visto que seja um elemento-chave no momento de se decidir entre internalizar ou terceirizar uma determinada atividade produtiva. Caneghem, Aerts e Madadian (2020) e Djørup (2020) salientam que estudos sobre custos contribuem com a eficiência operacional de sistemas produtivos, permitindo identificar recursos que possam ser economizados ou alocados para auxiliar no desenvolvimento das empresas.

A Teoria dos Custos propõe alguns conceitos utilizados no momento de se calcular um custo de produção. O primeiro é o custo econômico, considerado como um agregado dos custos ligados ao processo produtivo adicionados de um custo de oportunidade (DJØRUP, 2020). Sendo assim, o custo de oportunidade é um valor de atratividade que deve ser contemplado em uma análise de custos com propósito de verificar se é mais viável investir em uma determinada atividade produtiva ou realizar outro investimento que possa auferir melhores retornos. Contudo, Djørup

(2020) adverte que o custo de oportunidade é algo muito complexo de ser considerado na teoria dos custos, por não haver critérios bem definidos que orientem na melhor forma de mensuração.

Neste contexto, denomina-se custo total o somatório dos custos existentes em um processo produtivo, visando permitir a identificação da quantidade total de unidades a serem produzidas/vendidas necessárias para cobrir os gastos produtivos (BOETTKE; CANDELA, 2020). Com essa informação, é possível identificar a capacidade mínima de produção necessária para garantir que um determinado negócio consiga funcionar sem gerar prejuízo. Por outro lado, quando dividido pela produção total, tem-se o custo médio, o qual representa um fator relevante na formação de preço de vendas.

Dentro da Teoria dos Custos está contemplado o conceito de custo marginal. Esse conceito indica o quanto se aumentam nos custos para cada nova unidade que seja produzida (SOUZA, 1980). Com isso, esse custo é fundamental para que se conheça qual é o aumento dos custos totais em decorrência do aumento da escala de produção. Boettke e Candela (2020) acrescentam que esses custos são importantes instrumentos para se gerir um processo produtivo e tomar decisões de aumento ou diminuição da produção. Esses diferentes conceitos de custos são fundamentais para se analisar o desempenho de processos produtivos. Na pecuária leiteira, por outro lado, existem outras metodologias de custos que permitem que a gestão dos custos cumpra seus objetivos de mensuração da eficiência econômica de processos produtivos.

A Metodologia dos Custos Operacionais, proposta por Matsunaga *et al.* (1976), classifica os custos operacionais em efetivo e total. Custo Operacional Efetivo (COE) é o somatório dos gastos ocorridos em um determinado período e Custo Operacional Total (COT) representa o somatório dos custos desembolsáveis (COE) e dos não desembolsáveis (depreciação e mão de obra familiar) (LOPES *et al.*, 2019). Nessa metodologia, os custos de oportunidade não são considerados nos cálculos. Sua estrutura de cálculos é simples e aplicável para produtores com diferentes níveis de instrução.

A Metodologia do Custo Total classifica os custos em fixos e variáveis. Considera-se como custos variáveis, a remuneração do capital de giro e os gastos ocorridos no processo produtivo, com exceção apenas dos impostos fixos (LOPES *et al.*, 2006). Como custo fixo, considera-se a mão de obra, depreciações, remuneração do capital investido e remuneração do empresário (LOPES *et al.*, 2006). Com essa metodologia, é possível calcular o ponto de equilíbrio físico. Esse indicador é igual ao ponto de equilíbrio contábil (se não houver remuneração do empresário nos

custos fixos) ou ao econômico (se houver remuneração do empresário nos custos fixos). Segundo essa metodologia, a remuneração do empresário compreende um valor monetário que o proprietário, quando possuir outra fonte de renda, ganharia durante o período em que estivesse na atividade leiteira. Além disso, a metodologia do Custo Total não faz distinção entre gastos desembolsáveis e não desembolsáveis.

Outra metodologia que pode ser encontrada na pecuária leiteira é o Custeio Variável, embora menos recorrente, responsável por classificar os gastos da atividade em fixos e variáveis. Difere-se da metodologia do Custo Total (que considera, dentre os custos desembolsáveis, apenas os impostos como componentes fixos) por entender que custos fixos sejam, segundo Padoveze (2013), custos cuja variação independe da escala de produção. Contudo, o autor esclarece que custos que oscilam conforme a modificação de intervalos de produção também são classificados como fixos.

Os custos variáveis assumem um comportamento de proporcionalidade quanto à produção, de modo que o aumento ou redução na escala produtiva interfere proporcionalmente na incidência desses custos (SEGALA; SILVA, 2007). A metodologia do Custeio Variável não contempla o custo de oportunidade, considerado por Boettke e Candela (2020) como um importante instrumento de avaliação de atratividade na gestão de custos. Além disso, ela não difere custos desembolsáveis e não desembolsáveis, dificultando sua aplicabilidade em propriedades rurais cujos proprietários não tenham domínio desse tipo de custo.

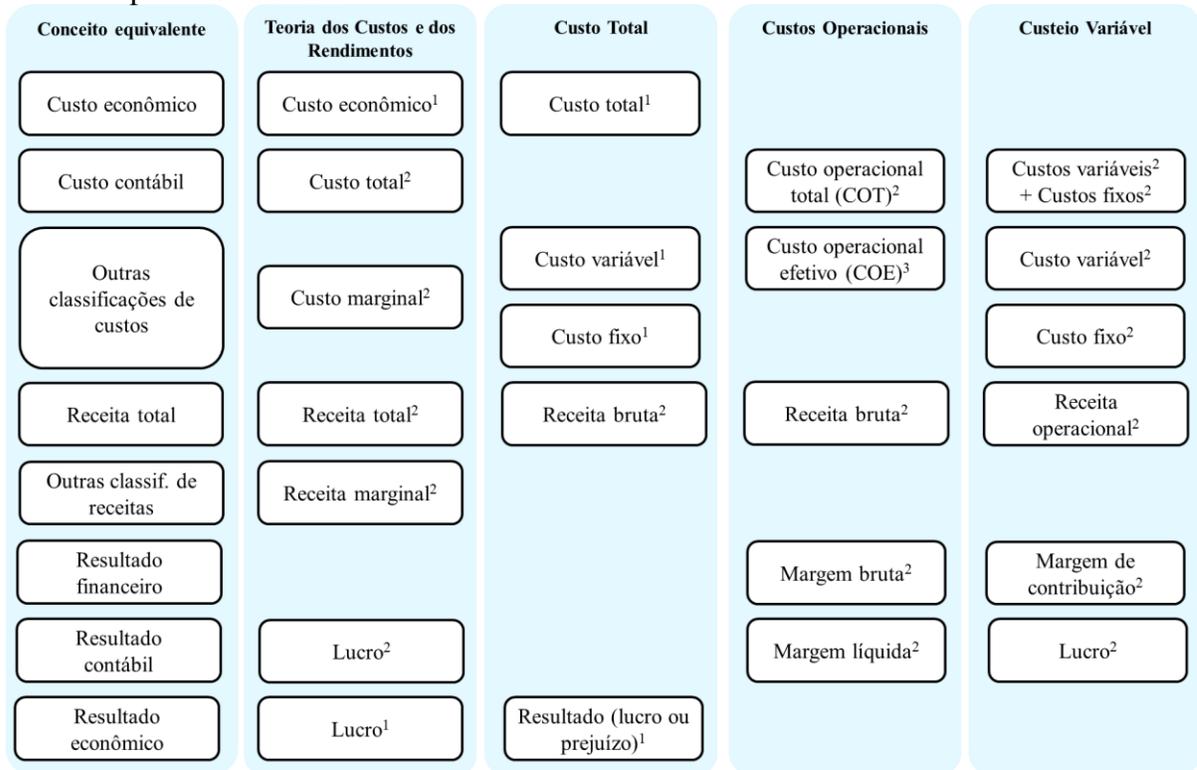
Com a abordagem dos custos, tem-se a apuração dos resultados econômicos, analisados por meio da Teoria dos Rendimentos. Essa teoria preconiza a maximização dos lucros por meio de redução dos custos e/ou aumento dos preços de venda do produto (SOUZA, 1980). A Teoria dos Rendimentos enfatiza a existência de três conceitos: receita total, obtida pela quantidade produzida multiplicado pelo preço de venda; receita marginal, diferença entre a receita total e o custo marginal; e lucro, obtido pela diferença entre a receita total e os custos totais da atividade (DJØRUP, 2020). A literatura pesquisada se mostrou bastante escassa de estudos recentes que explorem esses conceitos, não sendo encontrada nenhuma publicação que explorasse tais aplicabilidades na pecuária leiteira.

Contudo, as metodologias de custos supracitadas apresentam conceitos semelhantes, porém muito utilizados na pecuária de leite. A Metodologia dos Custos Operacionais propõe o conceito de margem bruta e líquida, obtidas pela diferença da receita bruta com o COE e COT,

respectivamente (MATSUNAGA *et al.*, 1976), podendo ser encontradas várias publicações explorando esses conceitos (LOPES *et al.*, 2004; 2006; 2019; SANTOS; LOPES, 2014; CORRÊA; LOPES; CORRÊA, 2018; LEITE JÚNIOR; LOPES; CARDOSO, 2018; FERRAZZA *et al.*, 2020). Nessas mesmas publicações, é possível identificar ainda o conceito de resultado, obtido, segundo Lopes *et al.* (2004), pela diferença entre a receita bruta e o custo total.

Na metodologia do Custeio Variável, são apresentados os conceitos de receita total (somatório de todas as receitas advindas da venda da produção); margem de contribuição (diferença entre a receita total e os custos e despesas variáveis) e lucro (diferença entre a margem de contribuição e os custos fixos) (PADOVEZE, 2013). Segala e Silva (2007), ao analisarem os custos de produção de propriedades leiteiras, salientam que esta seja uma metodologia de cunho gerencial que pode contribuir para que produtores consigam tomar decisões de forma apropriada. Considerando os conceitos básicos da Teoria dos Custos (custo econômico, total e marginal), dos Rendimentos (lucro e receitas total e marginal) e das metodologias do Custo Total, dos Custos Operacionais e do Custeio Variável, é apresentado na Figura 5, uma síntese entre essas diferentes abordagens teóricas.

Figura 5 – Composição dos custos e rendimentos segundo diferentes metodologias aplicadas à pecuária leiteira.



Notas: Um estudo aprofundado em cada uma dessas metodologias indicará a existência de particularidades que as diferem. Nesta figura, contudo, considerou-se a equivalência de conceitos, ou seja, a maior semelhança entre os componentes de custo e rendimento de cada metodologia; <sup>1</sup>Componente de natureza econômica (custos contábeis + custos de oportunidade); <sup>2</sup>Componente de natureza contábil (custos financeiros + custos não desembolsáveis); <sup>3</sup>Componente de natureza financeira (custos desembolsáveis).

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A proposta da Figura 5 é apresentar possíveis relações de similaridade conceitual entre diferentes metodologias. É importante destacar que, em dados momentos, devido às especificidades das metodologias supracitadas (não exploradas nesta pesquisa), determinados conceitos podem, em uma situação, serem semelhantes e em outras, muito diferentes. Isso pode ocorrer, por exemplo, entre a margem bruta, que considera apenas os custos desembolsáveis em seus cálculos (MATSUNAGA et al., 1796) e a margem de contribuição, que leva em consideração os custos variáveis (PADOVEZE, 2013). Embora a literatura aponte que a maior parte do COE, utilizado para se calcular a margem bruta, seja variável (LOPES et al., 2004; 2006; 2011; 2019; PACHECO et al., 2012; SANTOS; LOPES, 2014; CORRÊA; LOPES; CORRÊA, 2018; FERRAZZA et al., 2020), é possível que a proporção de custos fixos e variáveis se altere de uma

propriedade para outra, contribuindo para que esses indicadores se tornem mais ou menos equivalentes.

É possível identificar que há grande diferenciação dessas metodologias (FIGURA 5) quanto aos custos de oportunidade. Na Teoria dos Custos e dos Rendimentos, considera-se que eles devem estar inseridos, porém permitindo que tomadores de decisão possam analisar o resultado da atividade leiteira com (resultado econômico) e sem (resultado contábil) os custos de oportunidade. Para sua definição, é importante que se conheça quais seriam outras (possíveis) oportunidades de investimentos e quais seriam seus possíveis investimentos (ARTUZO *et al.*, 2018).

Na Metodologia do Custo Total, é possível encontrar três custos de oportunidade: (i) remuneração do empresário: valor pago ao proprietário, quando ele deixa de ter uma renda em outra atividade para se dedicar à produção de leite (LOPES *et al.*, 2004); (ii) remuneração do capital de giro: Lopes *et al.* (2011) consideram como capital de giro 20% do COE, devendo ser remunerado segundo a caderneta de poupança; (iii) remuneração do capital investido: calculado a partir dos possíveis rendimentos que o investimento total na atividade leiteira teria, quando aplicado à caderneta de poupança (LOPES *et al.*, 2004).

Por considerarem os custos de oportunidade na gestão de custos da atividade leiteira, as Teorias dos Custos e dos Rendimentos e a metodologia do Custo Total podem ser consideradas técnicas de análise econômica do processo produtivo do leite. Nas metodologias dos Custos Operacionais e do Custeio Variável (FIGURA 5), por outro lado, uma vez que nenhum custo de oportunidade seja considerado, percebe-se que elas podem ser consideradas como metodologias para a apuração dos resultados mediante a gestão de custos. Desse modo, os custos de oportunidade podem ser considerados (ou não) em diferentes metodologias, sendo comumente aceitos na área de Ciências Agrárias.

O custo econômico, apresentado pela Teoria dos Custos, como um importante custo de análise por compreender o custo de oportunidade (DJØRUP, 2020) é semelhante ao Custo Total, proposto por Lopes *et al.* (2004). No Custeio Variável o custo total (CT), que engloba os custos contábeis da atividade (PADOVEZE, 2013) é representado pelo custo operacional total (COT), contribuição proposta por Matsunaga *et al.* (1976). O Quadro 1 apresenta um resumo dos principais componentes de apuração de custos e resultados na pecuária leiteira em cada método utilizado.

Quadro 1 – Características de diferentes métodos de custeio e apuração dos resultados, utilizados na pecuária leiteira.

Metodologia	Característica	Variáveis	Componentes
Teoria dos Custos	Considera os custos fixos, variáveis e o custo de oportunidade para apuração do lucro.	Custo econômico	Somatório dos custos total e de oportunidade
		Custo total	Somatório dos custos fixos e variáveis.
		Custo marginal	Somatório de todos os custos variáveis
Teoria dos Rendimentos		Receita total	Quantidade produzida multiplicada pelo preço de venda (unitário)
		Receita marginal	Diferença entre a receita total e o custo marginal
		Lucro	Diferença entre a receita marginal e outros custos (fixos)
Custo total	Não faz distinção entre custos desembolsáveis e não desembolsáveis. Considera que os custos de oportunidade sejam componentes dos custos de produção.	Custos fixos	Depreciação
			Mão de obra
			Remuneração do capital investido
			Remuneração do empresário
		Custos variáveis	Custos variam conforme a produção.
			Remuneração do capital de giro
			Custo total
Resultado	Diferença entre a receita total e o custo total		
Custos operacionais	Considera os custos ligados ao processo produtivo, separando-os entre desembolsáveis e não desembolsáveis. Não considera os custos de oportunidade.	Custo operacional efetivo (COE)	Somatório de todos os custos desembolsáveis
		Custo operacional total (COT)	Custo operacional efetivo (COE)
			Depreciação
		Margem bruta	Diferença entre receita bruta e COE
		Margem líquida	Diferença entre receita bruta e COT
Custeio variável	Não faz distinção entre custos desembolsáveis e não desembolsáveis. Não considera os custos de oportunidade.	Custos fixos	Mão de obra permanente
			Depreciação
			Manutenção de máquinas, instalações e equipamentos
			Aluguel de terra e máquinas
			Impostos e taxas
		Custos variáveis	Insumos
		Margem de contribuição	Diferença entre as receitas totais e os custos variáveis
Resultado	Diferença entre a margem de contribuição e os custos fixos		

Notas: <sup>1</sup>Metodologia de autoria desconhecida e amplamente estudada na pecuária leiteira; <sup>2</sup>Metodologia desenvolvida por Matsunaga *et al.* (1976); <sup>3</sup>Metodologia de autoria desconhecida e pouco utilizada na pecuária leiteira.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Na literatura é possível encontrar estudos analisando os custos de produção na pecuária leiteira (LOPES *et al.*, 2004; SEGALA; SILVA, 2007; PACHECO *et al.*, 2012; LAZARINI; LOPES; CARDOSO, 2017; LEITE JÚNIOR; LOPES; CARDOSO, 2018; LOPES *et al.*, 2019). Os conceitos propostos pela Teoria dos Custos e dos Rendimentos já se encontram inseridos na

pecuária leiteira. Contudo, não são utilizados devido à maior aplicabilidade das metodologias dos Custos Operacionais e do Custo Total, amplamente estudadas na literatura.

### **2.3 Risco na pecuária leiteira**

Na definição de Buainain e Silveira (2017) o risco é entendido como a possibilidade de os resultados alcançados serem diferentes do planejado, devido à interferência de fatores não controláveis. Com base nesse conceito, propriedades leiteiras estão expostas às mais variadas formas de risco. Guo, Egozcue e Wong (2020) salientam que elevados riscos diminuem a estabilidade de processos produtivos e, com isso, expõem organizações a maiores níveis de incerteza. Por isso, é fundamental que se compreenda como os riscos podem influenciar nas propriedades leiteiras.

Os riscos podem ser classificados em externos e internos. Os riscos externos compreendem os aspectos macroeconômicos, tais como, taxa de câmbio, inflação, questões ambientais, conjuntura político/econômica, entre outros, que podem comprometer o desempenho de propriedades leiteiras. Gupta, e Mahakud (2020) salientam que as questões macroeconômicas, embora não sejam controladas pelos produtores, precisam ser muito compreendidas e analisadas para que haja maior possibilidade de adaptação frente às suas adversidades. A macroeconomia aumenta os riscos do setor, tendo em vista que pode elevar os custos de produção e alterar as políticas de comercialização de insumos e produtos do negócio do leite.

Dentro deste enfoque, considera-se que as questões ambientais constituem um risco externo para o negócio do leite (BUAINAIN; SILVEIRA, 2017), tendo em vista que propriedades leiteiras são organizações que dependem da natureza para produzir. Por isso, estão muitas expostas às intempéries naturais que podem comprometer substancialmente os processos produtivos. Sendo assim, existe vulnerabilidade da atividade a riscos advindos de temperatura, condições pluviométricas, luminosidade, processos biológicos e de produção, entre outros. Vale destacar que essa enorme dependência da natureza acarreta maior rigidez do processo produtivo que fica menos flexível e com pouca capacidade de adaptação em diferentes cenários (OECD, 2009). Além disso, questões como a sazonalidade da produção podem interferir na eficiência econômica da atividade, comprometendo tanto o processo produtivo quanto o desempenho econômico de propriedades leiteiras.

Além dos externos, vários são os riscos internos que atividade leiteira está exposta. O risco interno compreende aqueles ligados ao processo produtivo, podendo ser de produção, de mercado e de ambiente de negócios (BUAINAIN; SILVEIRA, 2017).

Buainain e Silveira (2017) explicam que riscos do ambiente de negócios se referem as questões relacionadas à logística e infraestrutura (greves portuárias, armazenamento de insumos, dentre outros) e regulatórios (legislações, regulamentações, instituições públicas de apoio ao setor e modificação na interpretação de normativas). Assim, riscos dessa natureza podem expor propriedades leiteiras à necessidade de se readaptarem ao mercado e às questões legais à medida que modificações forem surgindo, condição que, muitas vezes, interferem em um negócio com elevada complexidade.

No que se referem aos riscos de mercado, destaca-se as questões relacionadas à comercialização de insumos e da produção. A variação dos preços de venda dos produtos agrícolas, muitas vezes, força produtores rurais a migrarem da pecuária leiteira para a pecuária de corte (e vice-versa) dependendo dos preços do leite e da carne bovina. Gebreegziabher e Tadesse (2014) corroboram com esse entendimento ao citarem que é comum ver animais pouco especializados na produção de leite serem inseridos em propriedades que almejam aumentar rapidamente a escala de produção. Na literatura é possível encontrar estudos abordando a importância da especialização de rebanhos leiteiros (LOPES *et al.*, 2004; LEITE JÚNIOR; LOPES; CARDOSO, 2018) e seus efeitos sobre a rentabilidade de propriedades leiteiras (LOPES *et al.*, 2004; 2006; SANTOS; LOPES, 2014).

Além disso, a cadeia produtiva do leite é uma estrutura bastante fragilizada e com elevados custos de transação. A esse respeito, Buainain e Silveira (2017) afirmam que a elevada complexidade de propriedades rurais, caso da atividade leiteira, contribui com o aumento da complexidade de toda a cadeia produtiva. Tal condição pode influenciar, inclusive, em vários segmentos da agropecuária nacional, visto que a pecuária leiteira está inter-relacionada com vários outros setores econômicos.

Quanto aos riscos de produção, consideram-se aqueles ligados ao processo produtivo, envolvendo questões sociais, econômicas, produtivas, ambientais, de investimento e tecnológicas, entre outros. A preservação e conservação do meio ambiente são fundamentais e devem ser devidamente observadas na pecuária leiteira. Contudo, tais práticas implicam na elevação de riscos à atividade. Diante disso, observa-se que produtores rurais, necessitam investir em práticas de

preservação e conservação do meio ambiente, inexistindo subsídios ou apoios financeiros de quaisquer naturezas do Estado ou da iniciativa privada. Como consequência, tem-se a elevação dos custos e a exposição da atividade a maiores riscos. Além disso, o Brasil possui uma legislação ambiental que exige a adoção de práticas que podem interferir no desempenho econômico de propriedades leiteiras (DOMENICO *et al.*, 2017; AGUIAR *et al.*, 2020).

Os riscos sociais também são questões que merecem ser consideradas. Moreira *et al.* (2020) enfatizam que é comum encontrar no meio rural jovens vislumbrados com a vida (e altos rendimentos) nos centros urbanos e, para isso, decidem abandonar o campo. Esse entendimento é compartilhado por Spanevello *et al.* (2019) ao constatarem que a sucessão geracional é uma questão emblemática na pecuária leiteira. Além disso, os autores mencionam que produtores rurais tendem a ter níveis de escolarização mais baixos, quando comparados a pessoas de centros urbanos. Isso implica na (possível) especialização da atividade leiteira, deixando-a vulnerável a riscos de ordem social e de desenvolvimento produtivo.

Além disso, Gebreegziabher e Tadesse (2014), afirmam que é possível que haja problemas de (má) qualidade de vida no campo em muitas regiões menos desenvolvidas. Moreira *et al.* (2020) salientam que a qualidade de vida no campo é fundamental para a continuidade da atividade leiteira. Diante disso, é importante que haja estímulo ao desenvolvimento de práticas que contribuam com o aumento da qualidade de vida no campo, pois com isso, é possível que os riscos sociais sejam mitigados.

O desenvolvimento tecnológico é outro fator que contribui para expor propriedades leiteiras a elevados riscos de continuidade. Neste contexto, propriedades podem realizar poucos investimentos, impactando ou comprometendo a produção de leite. Sauer e Lohmann (2015) explicam que a falta de investimentos é um dos (possíveis) fatores que ajudam a explicar a ineficiência de propriedades leiteiras. Além disso, muitas propriedades realizam investimentos de forma inadequada e, com isso, não obtêm o devido retorno pela implantação de uma determinada tecnologia. Uma consequência disso, é apresentada por Lopes *et al.* (2019), ao demonstrarem que o aumento dos investimentos impacta negativamente nos custos de produção da atividade leiteira.

Outro risco relacionado em propriedades leiteiras é o capital aplicado na atividade. Buainain e Silveira (2017) fizeram uma comparação entre a agropecuária do passado e atual. No passado, era necessário pouco capital investido, pois os recursos produtivos eram, basicamente, a terra e a mão de obra, baratos à época. Nesse período, os principais riscos da atividade eram o clima e os

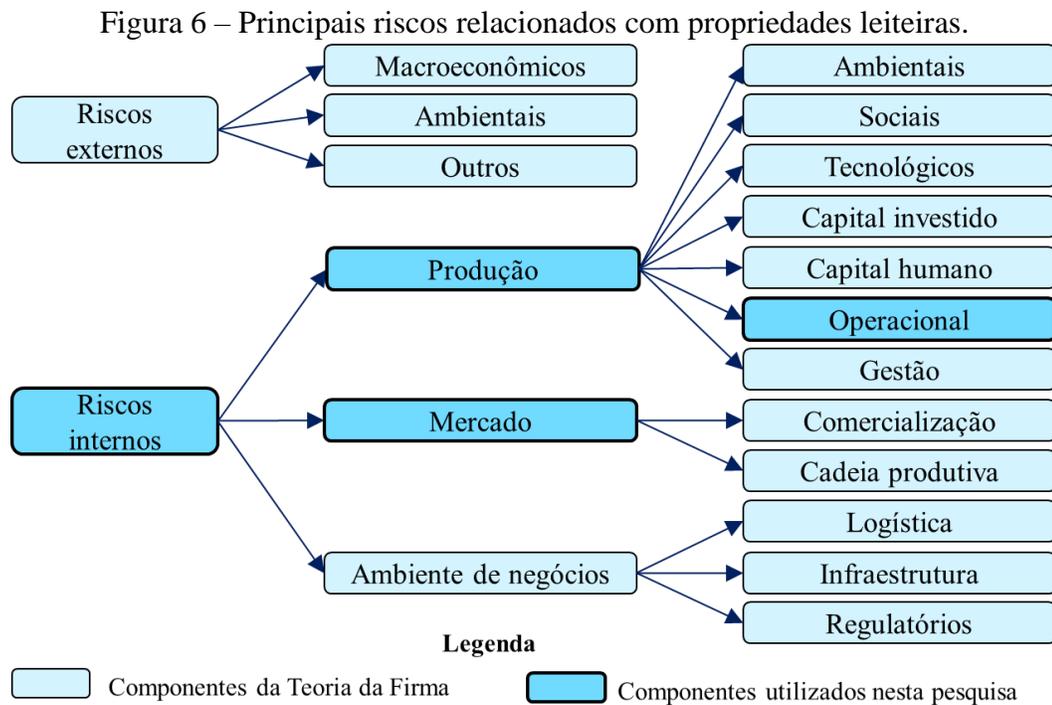
preços de mercado. Na agropecuária contemporânea, contudo, existe a necessidade de grandes aportes de capital nas mais variadas modalidades (fixo, fundiário, tecnológico, ambiental, humano, circulante e financeiro). Como consequência, o aumento da quantidade de capital aplicada à atividade leiteira eleva os custos e os riscos da atividade. Evink e Endres (2017) também advertem que o capital aplicado, embora seja uma necessidade, expõe propriedades leiteiras a maiores riscos, pressionando o processo produtivo a se tornar mais eficiente. Nesse sentido, é importante que produtores de leite se preocupem com as necessidades de capital aplicado na atividade leiteira, visto que existe a possibilidade de elevação dos riscos.

Gebreegziabher e Tadesse (2014) chamam a atenção para os riscos relacionados ao capital humano. Os autores explicam que a pecuária leiteira necessita de mão de obra disponível e qualificada. A mão de obra na pecuária leiteira é um dos gargalos que assolam o setor, dificultando as práticas de gestão e produção (EVINK; ENDRES, 2017; BÁNKUTI *et al.*, 2018). Desse modo, é factível observar que questões relacionadas ao capital humano expõem a atividade leiteira a maiores riscos de continuidade, pois trata-se de um dos aspectos mais emblemáticos da produção de leite.

Os riscos também existem advindos dos processos de gestão. Tal preocupação é premente, visto que Lopes *et al.* (2016) propuseram a utilização de diferentes ferramentas de gestão como possibilidade de incremento do desenvolvimento gerencial de propriedades leiteiras. Nesse estudo, é possível observar a necessidade de uma gestão eficiente para que a atividade possa apresentar resultados satisfatórios. Com efeito, a gestão em propriedades leiteiras pressupõe uma condição, se ineficiente, a colocará em uma condição de elevado risco, podendo comprometer sua liquidez e perspectivas (promissoras) futuras. Metodieva, Ivanova e Gaidarska (2018) salientam que problemas de fluxo de caixa em propriedades leiteiras estão ligados, entre outros fatores, ao mau gerenciamento da atividade leiteira.

Quanto aos riscos operacionais, Gebreegziabher e Tadesse (2014) advertem sobre a grande possibilidade de danos à atividade leiteira devido à escassez de alimentação aos animais, doenças, problemas de (má) qualidade do leite, ineficiência na inseminação artificial e animais pouco especializados na produção de leite. Essas falhas operacionais são exemplos de questões que contribuem para elevar os riscos do negócio do leite e expor propriedades leiteiras a vulnerabilidade quanto à sobrevivência no longo prazo. Ogachi *et al.* (2020) destacam que riscos operacionais aumentam a possibilidade de falência de processos produtivos.

Os riscos operacionais também estão atrelados à utilização dos insumos necessários para a produção de leite. Ferrazza *et al.* (2020) reforçam a importância da utilização dos insumos como alimentação, energia, manutenções, sanidade e inseminação artificial para propriedades leiteiras. A utilização eficiente desses insumos contribui com a melhoria da rentabilidade da atividade leiteira (LOPES *et al.*, 2006). Por isso, é importante que haja especial atenção para esses insumos, pois as ineficiências nas suas utilizações elevam os riscos da atividade leiteira. A Figura 6 apresenta um resumo dos principais riscos discutidos ao longo do texto relacionados com propriedades leiteiras.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Nesta pesquisa, serão analisados os riscos internos, ligados à produção de propriedades leiteiras. Conforme mostra a Figura 6, existem vários tipos de riscos produtivos, com destaque para os operacionais, cujos insumos necessários para a produção são componentes fundamentais para análise da eficiência econômica, conforme aponta a literatura, sobre análises de rentabilidade de propriedades leiteiras (PACHECO *et al.*, 2012; LAZARINI; LOPES; CARDOSO, 2017; FERRAZZA *et al.*, 2020).

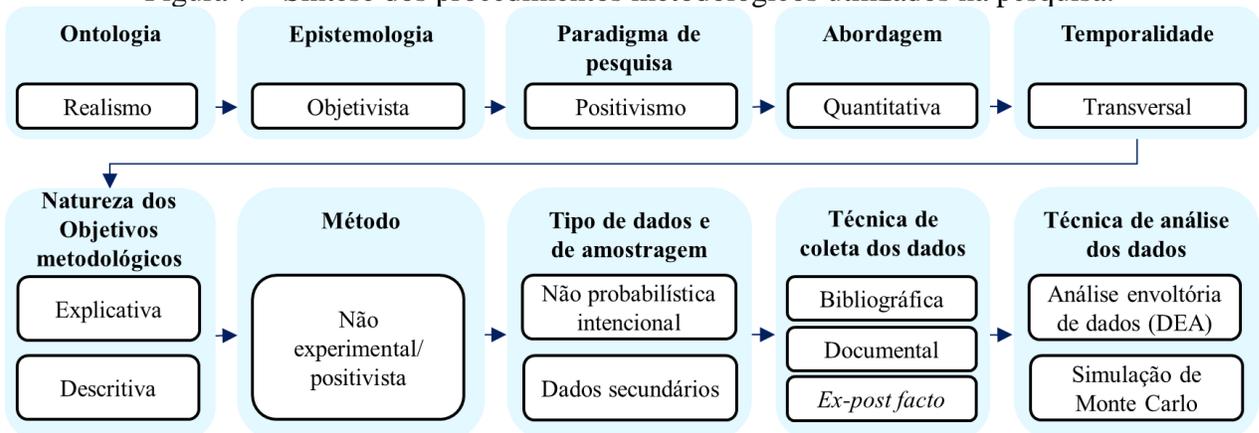
### 3 METODOLOGIA

Neste tópico são apresentados os delineamentos metodológicos desta pesquisa, destacando a tipologia da pesquisa, o objeto de estudo, a técnica de coleta e análise dos dados.

#### 3.1 Delineamento da pesquisa

Com base em Prado (2019), esta pesquisa contemplou os aspectos ontológicos, epistemológicos e paradigmáticos. Além disso, destaca-se a forma de abordagem, temporalidade, natureza dos objetivos metodológicos, método, tipo de amostragem e técnicas de coleta e análise dos dados, bem como a classificação dos dados quanto ao tipo (primários ou secundários). A Figura 7 mostra uma síntese dos procedimentos metodológicos que serão adotados nesta pesquisa.

Figura 7 – Síntese dos procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O aspecto ontológico pode ser entendido como a percepção que as pessoas têm sobre a realidade. Para Saccol (2009), a ontologia se refere à compreensão de um indivíduo sobre um determinado contexto, ou seja, como as coisas realmente são. Neste contexto, esta pesquisa é classificada quanto à Ontologia Realista, pois assume que a realidade seja uma condição com objetividade e singularidade, independente da percepção dos sujeitos que estejam envolvidos. Burrell e Morgan (1979) acrescentam que pesquisas realistas possuem uma visão mais determinística a respeito do fenômeno analisado e da própria natureza humana.

Sobre o aspecto epistemológico, Saccol (2009) entende que a compreensão de um determinado fenômeno emerge a partir do conhecimento adquirido pelo ser humano. A epistemologia se relaciona à forma pela qual o conhecimento é gerado, razão pela qual está ligada à ontologia de cada indivíduo. Com efeito, esta pesquisa pode ser classificada como Objetivista, visto que é sustentada pela ideia de que cada realidade em questão possui uma resposta certa (BURREL; MORGAN, 1979).

Quanto ao aspecto paradigmático, trata-se de uma pesquisa Positivista, visto que, segundo Saccol (2009), é uma lógica de compreensão dedutiva oriunda dos fatos e não da percepção ou opinião dos pesquisadores. Burrel e Morgan (1979) acrescentam que o paradigma positivista tenta explicar o que acontece no mundo social. Para isso, procura identificar regularidades e a existência de relações de causa e efeito entre os diferentes elementos que estejam relacionados a um determinado fenômeno.

No que se refere à forma de abordagem, esta pesquisa pode ser classificada como quantitativa. Martins e Theóphilo (2016) explicam que pesquisas desta natureza dependem de uma comprovação científica por meio de testes de significâncias e sistematizações para que se consiga atingir resultados. Hair Júnior *et al.* (2005) acrescentam que pesquisas quantitativas demandam de um forte arcabouço estatístico que contribui para que as inferências e deduções possam ser realizadas. Este trabalho possui ainda temporalidade transversal (RAIMUNDO; ECHEIMBERG; LEONE, 2018), visto que contemplará dados das propriedades leiteiras referentes apenas ao ano de 2018.

Quanto à natureza dos objetivos metodológicos, esta pesquisa é classificada como explicativa e descritiva. Martins e Theóphilo (2016) salientam que pesquisas explicativas se apoiam em premissas nomológicas ou estocásticas, fundamentando-se na natureza explicativa da casualidade. Por sua vez, pesquisas descritivas visam descrever características de um determinado fenômeno, permitindo que defina sua natureza e compreenda suas características (SPECTOR, 2002; BRYMAN, 2003).

Quanto ao método de pesquisa, caracteriza-se como não-experimental, uma vez que não terá controle sobre as variáveis ligadas às propriedades leiteiras analisadas. Gil (2002) acrescenta que, em pesquisas não-experimentais, o objeto de estudo é analisado em seu estado natural. Uma vez que esta pesquisa está ligada ao paradigma positivista, conforme Prado (2019), pode ser classificada como não-experimental/positivista.

O tipo de amostragem utilizado foi o não probabilístico intencional. Amostragens dessa natureza ocorrem quando o pesquisador define os parâmetros para seleção das observações (propriedades leiteiras) sem que se utilize da aleatoriedade (GIL, 2002). Nesta pesquisa, foram disponibilizados dados de 522 propriedades leiteiras, pelo Sebrae Minas. Dessas foram excluídos os casos incompletos, que apresentaram inconsistência de dados ou discrepantes (*outliers*) que podem interferir na análise estatística dos dados.

Uma vez que os dados não foram coletados diretamente nas propriedades leiteiras, mas disponibilizados pelo Sebrae Minas, são classificados como secundários. Malhotra (2001) explica que dados secundários são todos os dados que não tenham sido coletados diretamente em sua fonte (propriedades leiteiras). No Sebrae Minas, houve apenas análises de consistências dos dados coletados, garantindo a confiabilidade dos mesmos, disponibilizados com uma correção monetária (referente a fevereiro/2019), por meio do indexador do Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI), da Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2021).

As técnicas de coleta de dados desta pesquisa foram a bibliográfica, documental e *ex-post facto*. Segundo Marconi e Lakatos (2003), pesquisas bibliográficas permitem ao pesquisador um contato direto com as publicações presentes na literatura sobre um determinado tema, permitindo que sejam realizadas pesquisas com novas abordagens. Por outro lado, pesquisas documentais são responsáveis por analisar documentos disponibilizados por instituições públicas ou privadas (MARTINS; THEÓPHILO, 2016). Por se tratarem de dados que retratem a realidade de propriedades leiteiras de Minas Gerais no passado (2018), a técnica de coleta de dados desta pesquisa é denominada também, segundo Gil (2002), como *ex-post facto*. Segundo Vergara (2005), classifica-se como *ex-post facto* as pesquisas que aludem a um fato transcorrido no passado, cujos pesquisadores não tenham exercido controle total ou parcial sobre as variáveis.

As técnicas de análises de dados definidas para esta pesquisa foram a Análise por Envoltória de Dados (DEA) (CHARNES; COOPER; THRAL, 1991) e a Simulação Monte Carlo. A DEA é uma técnica de programação linear não-paramétrica, muito utilizada para se estimar a eficiência relativa de unidades produtivas (FERREIRA; GOMES, 2020). Já a Simulação Monte Carlo consiste em gerar valores randômicos para que se analise um determinado evento, ancorado em critérios previamente estabelecidos para cada pesquisa. Sua utilização requer uma grande quantidade de iterações, pois quanto mais simulações forem realizadas, menor será a variância da

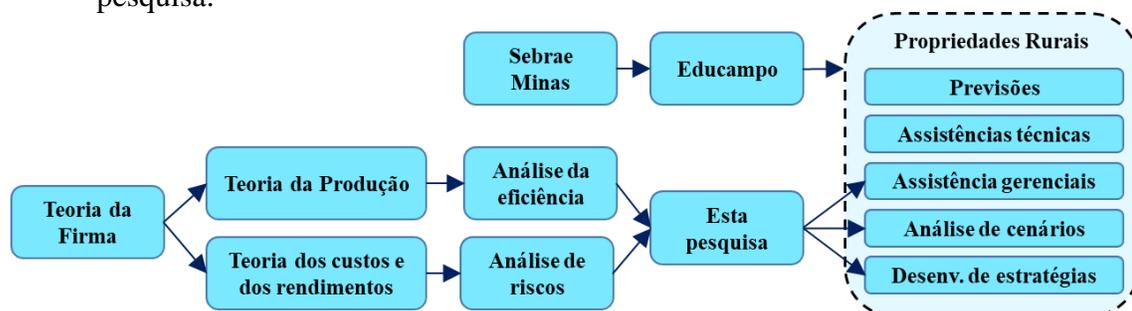
pesquisa (DALLE, 2005). No t3.3, essas duas t3cnicas de an3lise de dados s3o apresentadas de forma mais detalhada.

### 3.2 Objeto de estudo e coleta de dados

O objeto de estudo da presente pesquisa foram as propriedades leiteiras do Estado de Minas Gerais que participam do Projeto Educampo, desenvolvido pelo Sebrae Minas. Para o setor leiteiro, o Sebrae Minas desenvolveu a Plataforma Educampo Leite, respons3vel pela cria33o de capacidades e oportunidades para que haja o desenvolvimento individual e coletivo da agropecu3ria mineira (SEBRAE, 2021). O referido projeto 3 composto pela parceria de tr3s institui33es: o Sebrae, respons3vel por administrar o processo de intelig3ncia dos dados; empresas parceiras, respons3veis por administrar o projeto junto aos seus fornecedores (produtores rurais); e os produtores, que utilizam dos recursos disponibilizados para terem suporte t3cnico e gerencial para a atividade leiteira (EDUCAMPO, 2021).

O foco do Educampo 3 gerar informa33es individuais e coletivas (de grupos de produtores) das propriedades, se preocupando com o desenvolvimento de estrat3gias, proje33es e an3lises do neg3cio do leite em diferentes cen3rios, tudo com o intuito de fortalecer 3 cadeia produtiva no Estado e proporcionar efici3ncia e evolu33o do processo produtivo do leite (EDUCAMPO, 2021). Com efeito, estes objetivos propostos pelo Educampo, para contribuir com a cadeia produtiva do leite, demonstram estar bastante alinhados com os objetivos desta pesquisa. Assim, este estudo se dedicou a investigar, por meio de an3lises de efici3ncia t3cnica e de risco, perspectivas para a cadeia produtiva do leite em Minas Gerais, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 – Relaç3o existente entre as propriedades leiteiras participantes em Minas Gerais e esta pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Foram utilizados dados socioeconômicos, de nível tecnológico, qualidade do leite e inventário de recursos de 522 propriedades leiteiras, todas participantes do Projeto Educampo. Os dados foram coletados por zootecnistas, médicos veterinários e engenheiros agrônômicos durante as assistências técnicas prestadas (EDUCAMPO, 2021). O Quadro 2 apresenta um resumo das principais informações que constam no banco de dados disponibilizado pelo Sebrae Minas.

Quadro 2 – Resumo das principais variáveis disponíveis para o estudo.

<b>Perfil socioeconômico</b>
<p>Origem e utilização de recursos hídricos para dessedentação de animais e irrigação.            Informações ambientais e de tratamento de dejetos (preservação e conservação ambiental).            Informações de renda dos produtores rurais.            Informações relacionadas à composição familiar e recursos utilizados pelas famílias rurais.            Interesses e motivações dos produtores e dependentes com a atividade leiteira (cenário atual e futuro).            Recursos utilizados pelas famílias (acesso à saúde, transporte, residência, entre outros).            Informações sobre as famílias (escolaridade, vínculo direto com a atividade, entre outros).            Informações relacionadas à contratação de funcionários e questões legais.</p>
<b>Inventário de recursos</b>
<p>Benfeitorias.            Implementos.            Equipamentos.            Máquinas.            Veículos.</p>
<b>Qualidade do leite</b>
<p>CPP (Contagem Padrão em Placas).            CCS (Contagem de células somáticas).            EST (Estrato Seco Total).            Teor de Gordura.            Teor de Proteína.</p>
<b>Perfil tecnológico</b>
<p>Controles econômicos, zootécnicos e gerenciais realizados.            Sistema de reprodução utilizado.            Informações sobre o desenvolvimento genético do rebanho.            Informações sobre mão de obra contratada para a atividade leiteira.            Métodos de alimentação e nutrição do rebanho.            Informações sobre qualidade e logística da atividade.            Tipo de ordenha utilizado.            Sistema de produção utilizado.            Utilização de fertilizantes de solo.</p>
<b>Dados econômicos</b>
<p>Registros de receitas.            Registros de despesas.            Inventário patrimonial.            Escala de produção.            Produção e comercialização diária de leite.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Dentre as variáveis apresentadas no Quadro 2, definiu-se, para esta pesquisa, principalmente, a utilização dos dados econômicos e financeiros, por serem aqueles que melhor contribuem para que se atenda aos objetivos propostos nesta pesquisa. Contudo, diante dos resultados encontrados, foram analisados outros dados, como o perfil socioeconômico e tecnológico, com o intuito de melhor compreender características que diferenciam as propriedades leiteiras em análise.

Esses dados, coletados e inseridos na plataforma de inteligência do Educampo pelos técnicos que assistem às propriedades, sendo de propriedade do Sebrae Minas. Para a liberação dos dados, foi realizado um convênio da UFLA com a empresa detentora dos dados (Sebrae Minas), para que eles fossem liberados de modo que seja possível realizar esta pesquisa. Como esses dados foram disponibilizados por meio de um convênio entre essas instituições (UFLA e Sebrae Minas), não estão disponíveis ao público em geral. Além disso, é válido ressaltar que eles não foram trabalhados por outros pesquisadores, preservando sua originalidade quanto à sua fonte.

### **3.3 Técnicas de análise dos dados**

Neste tópico, apresenta-se as técnicas de análise de dados que foram utilizadas nesta pesquisa.

#### **3.3.1 Análise por Envoltória de Dados (DEA)**

A Análise por Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis*) ou DEA é uma técnica da Teoria da Produção responsável por analisar a eficiência de organizações. Trata-se de uma abordagem não-paramétrica de programação linear, muito útil para estimar a eficiência de unidades produtivas (FERREIRA; GOMES, 2020). A programação linear é considerada uma técnica de otimização de problemas que possuam muitas opções de escolha, com existência de restrições de uso específicas (SOTERIADES *et al.*, 2020).

Por ser uma técnica não-paramétrica, a DEA permite que se faça comparações dentro de uma determinada amostra. Vários autores salientam que a DEA permite análises de eficiência relativa (SANTOS; VIEIRA; BAPTISTA, 2005; OLIVEIRA, 2018; RAMOS *et al.*, 2020; BUSS; SABBAG; MEDIETA, 2020). Ferreira e Gomes (2020) acrescentam que existem três tipos de

eficiência, passíveis de serem analisados na DEA, podendo ser técnica (visa a menor utilização de insumos), de escala (visa atingir os níveis mais adequados de produção) ou alocativa (visa reduzir custos ou aumentar as receitas, conforme preços de mercado).

Oliveira (2018) realizou uma ampla pesquisa na literatura e concluiu que a DEA: (i) faz uma análise relativa entre unidades produtivas mais eficientes, comparando-as com aquelas que sejam menos eficientes; (ii) sintetiza a eficiência de organizações pela utilização dos recursos; (iii) processa vários fatores de recurso e ambientais (não controláveis) simultaneamente; (iv) não necessita de conversão de unidades para uma mesma base; (v) é apropriada para analisar fatores quantitativos; e (vi) permite a paridade entre diferentes sistemas de avaliação. O Quadro 3 apresenta uma síntese das principais vantagens, apresentadas por Charnes, Cooper e Thrall (1991).

Quadro 3 – Vantagens da Análise por Envoltória de Dados (DEA).

<b>Vantagem</b>
Permite analisar as DMU's ( <i>Decision Making Units</i> ) ou seja, Unidades Tomadoras de Decisão individualmente.
Cada DMU terá uma média agregada de todas as variáveis independentes (insumos).
Permite a sintetização de diferentes insumos e produtos simultaneamente, com diferentes unidades de medidas.
Permite o agrupamento de variáveis categóricas.
Permite ajustamento para que seja possível a inclusão de variáveis exógenas ou que não sejam discricionárias.
Não faz restrições às diferentes formas de valorização das variáveis.
Não impõe nenhuma restrição às diferentes formas de valorização das variáveis.
Permite o ajuizamento de valores, quando for desejado.
Produz estimativas para cada DMU, indicando a distância entre a eficiência atual e a fronteira de eficiência individualmente para elas.

Fonte: Elaborado pelo autor, com informações de Charnes, Cooper e Thrall. (1991).

São consideradas como variáveis nesse procedimento de análise os insumos (*inputs*) e os produtos (*outputs*) que permitirão analisar a eficiência relativa de diferentes unidades produtivas. Estas unidades são conhecidas como *Decision Making Units* (DMU) ou Unidades Tomadoras de Decisão (SCHULL; FEITÓSA; HEIN, 2014). Nesta pesquisa, foi considerada como DMU's cada uma das propriedades leiteiras a serem analisadas.

A DEA considera a eficiência produtiva das DMU's na fronteira de eficiência. Ferreira e Gomes (2020) explicam que a função fronteira é uma relação que permite analisar a eficiência de organizações. Os autores acrescentam ainda que outros tipos de funções (produção, custo e lucro) também representam a conceituação de fronteira da mesma forma. Essa representação permite que se identifique a eficiência de diferentes DMU's por meio de análises não-paramétricas com maior complexidade, por envolverem muitos insumos como elementos de interferência na eficiência produtiva (OLIVEIRA, 2018).

Dyson *et al.* (2001) chamam a atenção para a correlação entre os fatores analisados. Soteriades *et al.* (2020) salientam que não há problema de que haja elevada correlação entre os fatores de produção, mas não há necessidade de considerar aqueles fatores que apresentem singularidade. Além disso, o conjunto de dados analisados não pode apresentar valores negativos ou iguais a zero, uma vez que tais existências impedem a utilização da DEA (OLIVEIRA, 2018). Charnes, Cooper e Thrall (1991) chamam este comportamento de “requisito de positividade” e reforçam a necessidade de se respeitar estas regras para que se mantenham a eficiência do método de análise.

A isotomia das variáveis também merece destaque, pois, segundo Spinks e Hollingsworth (2009), o aumento da eficiência ocorre quando se reduzem as entradas (*inputs*) ou se aumentam as saídas (*outputs*). Desse modo, entradas e saídas devem apresentar comportamentos distintos entre si, quanto ao aumento da eficiência. Neste estudo, tal condição se mostrou relevante, pois, para se melhorar a eficiência das propriedades leiteiras (DMU's) precisam reduzir seus insumos e/ou aumentar sua escala de produção.

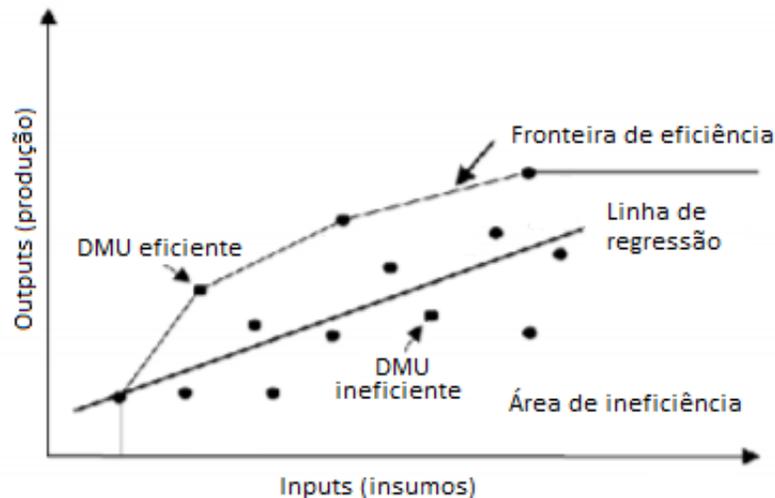
Outro ponto que merece destaque é a existência das DMU's que venham a apresentar resultados muito acima ou abaixo da média, popularmente conhecidos como *outliers*. Neste caso, pode identificar as DMU's com esse comportamento e, quando for o caso, excluí-las da análise para aumentar a precisão da DEA. Contudo, Alonso, Hernandez e Budria (2021) corroboram com este entendimento e acrescentam que, ainda que a análise apresente resultados mais precisos, é possível que, de algum modo, se retire a objetividade da DEA. Ela é muito sensível à variação de informações destoantes (FERREIRA; GOMES, 2020), motivo pelo qual a decisão entre retirar ou excluir um *outlier* deve ser criteriosamente analisada pelo pesquisador.

A eficiência produtiva de uma DMU ocorre quando uma produção máxima ocorrer com a utilização de um determinado volume de insumos. Atrelado a isso, uma vez que o desperdício seja um elemento de ineficiência operacional, Oliveira (2018) esclarece que o ideal seria a minimização da utilização dos insumos e a maximização da produção para que elevados padrões de eficiência sejam assegurados.

Em situações em que a regressão linear (método paramétrico) analisaria o comportamento médio das DMU's, a fronteira de eficiência (método não-paramétrico) demonstra ser mais adaptada e flexível às realidades de cada unidade produtiva analisada. O Gráfico 1 mostra uma representação da fronteira de eficiência em comparação com a regressão linear, demonstrando como é definida a

fronteira de eficiência. Cada DMU é classificada em uma escala de 0 a 1 em que aquelas que apresentarem escores de 1 (100%) são consideradas eficientes e a fronteira da eficiência é construída com a ligação dos pontos dessas DMU's (ALONSO; HERNANDEZ; BUDRIA, 2021). Cada ponto apresentado no Gráfico 1 representa uma DMU, sendo consideradas ineficientes todos aqueles que estiverem fora da fronteira de eficiência.

Gráfico 1 – Comparação entre a fronteira de eficiência e a regressão linear.



Fonte: Adaptado de Neves Júnior *et al.* (2012).

Para que a fronteira de eficiência seja calculada, é utilizada a técnica de programação matemática que objetiva a distância de cada DMU da fronteira de eficiência (NEVES JÚNIOR *et al.*, 2012). Assim, pode-se considerar que essa diferença seja um importante *benchmarking* para ser utilizado como meta de melhoria da eficiência operacional para aquelas DMU's que não tenham 100% de eficiência.

Quanto ao escopo de aplicação da DEA, existem diferentes tipos de modelos utilizados. Os principais e mais relevantes deles são o CCR (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978) e o BCC (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984), acrônimo formado pelos nomes dos autores que os propuseram. O modelo CCR é conhecido também como CRS (*constant returns to scale*), enquanto que o BCC pode ser denominado também de VRS (*variable returns to scale*) (NEVES JÚNIOR *et al.*, 2012). A principal diferença entre eles está no retorno constante (CCR) ou variável (BCC) de escala das unidades de análises (CHARNES; COOPER; THRALL, 1991; OLIVEIRA, 2018; ALONSO; HERNANDEZ; BUDRIA, 2021).

No modelo CCR, a relação entre insumos e produtos é regida pelo critério da proporcionalidade. Ferreira e 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, 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, pode interferir na relação de proporcionalidade entre insumos e produtos de diferentes DMU's.

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; KRESS; SEIFORD, 1993), torna-se menos restritivo que o CCR e, deste modo, a DMU que apresentar eficiência do CCR, o apresentará também no BCC, ao passo que aquelas que apresentarem eficiência no BCC poderão (ou não) indicar eficiência no CCR (COOPER *et al.*, 2004).

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; HERNANDEZ; BUDRIA, 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 as DMU's atinjam a fronteira de eficiência (PASCOTTO; COMUNELLO; CERETTA, 2018). Já a folga é a quantidade de insumos utilizados em excesso pelas DMU's ineficientes (FERREIRA; GOMES, 2020). Existem três tipos de eficiência para DMU'S, compreendidas a partir dos movimentos de folga e radial: (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 e/ou folga maior que zero (FERREIRA; GOMES, 2020). Assim, tanto a folga quanto o movimento

radial indicam a utilização excessiva de insumos e produtos na DEA. O Quadro 4 apresenta uma síntese dos principais pressupostos e conceitos da DEA.

Quadro 4 – Principais pressupostos e conceitos da Análise por Envoltória de Dados (DEA).

<b>Etapas</b>	<b>Critérios</b>	<b>Autores</b>
Definição do objeto de estudo (unidades tomadoras de decisão ou DMU's)	Maior homogeneidade da amostra.	Charnes, Cooper e Rhodes (1978).
	Quantidade mínima de DMU's deve ser cinco vezes maior que o número de variáveis do modelo.	Ferreira e Gomes (2020).
Definição das variáveis de entrada e saída.	Utilizar o mínimo de variáveis possíveis.	Ferreira e Gomes (2020).
	Não deve haver valores negativos (requisito de positividade) ou iguais a zero.	Charnes, Cooper e Thrall (1991); Oliveira (2018).
	Utilizar variáveis que possam, realmente, discriminar o modelo.	Alonso, Hernandez e Budria (2021).
	Variáveis que apresentem elevadas correlações entre si podem ser utilizadas, desde que não haja singularidade entre si.	Soteriades et al. (2020).
	Utilizar apenas variáveis isotônicas (a eficiência aumenta com o aumento dos <i>outputs</i> e/ou redução dos <i>inputs</i> ).	Spinks e Hollingsworth (2009).
	Analisar criteriosamente os <i>outliers</i> , excluindo-os da amostra apenas se resultarem em erros ao modelo.	Ferreira e Gomes (2020); Alonso, Hernandez e Budria (2021).
Definição do modelo da DEA	CCR (retorno em escala constante).	Charnes, Cooper e Rhodes (1978).
	BCC (retorno em escala variável)	Banker, Charnes e Cooper (1984).
Definição da orientação do modelo da DEA	<i>Inputs</i> (reduzem-se os insumos sem que se altere a produção).	Charnes, Cooper e Rhodes (1978); Ferreira e Gomes (2020); Alonso, Hernandez e Budria (2021).
	<i>Outputs</i> (aumenta-se a produção sem que se alterem os <i>inputs</i> ).	
Conceitos centrais da DEA	Fronteira de eficiência: linha que une as DMU's eficiência, indicando a máxima eficiência da amostra.	Charnes, Cooper e Rhodes (1978).
	Eficiência relativa: a DMU's são eficientes ou não em uma determinada amostra. Além disso, esta eficiência poderá ser técnica (redução dos insumos), de escala (aumento da produção) e alocativa (menores custos e maiores receitas).	Ferreira e Gomes (2020).
	Movimento radial: redução ou aumento necessário nos insumos ou produção para que as DMU's atinjam a fronteira de eficiência, respectivamente.	Pascotto, Comunelo e Ceretta (2018).
	Folga: excesso de insumo utilizado em algumas DMU's após atingirem a fronteira de eficiência, que serão denominadas de falso eficientes.	Ferreira e Gomes (2020).

Fonte: Adaptado de Nascimento (2021).

Na literatura pesquisada encontra-se publicações que utilizam a DEA na pecuária leiteira. Magalhães e Campos (2006) analisaram a eficiência de 40 propriedades leiteiras (DMU's) no município de Sobral/CE. Por meio do modelo CCR, consideraram como *inputs*: (i) fluxos de serviços com máquinas, equipamentos e depreciação desses recursos; (ii) fluxos de serviços de

benfeitorias com seus reparos e depreciação; (iii) mão de obra (familiar e contratada); e (iv) energia elétrica, combustíveis e lubrificantes. Como *outputs*, utilizaram: produção de leite e venda de animais. Concluíram que a predominância de propriedades com baixa eficiência indicou maior possibilidade de abandonarem a atividade, caso os produtores não tomem decisões que melhorem a eficiência dos recursos produtivos.

Ramos *et al.* (2020) realizaram um estudo na região do Agreste Meridional de Pernambuco com 16 propriedades leiteiras que, analisadas mensalmente, compuseram 190 observações (DMU's), com dados dispostos em painel. Utilizando-se do modelo BCC, os autores definiram como *inputs*: (i) área necessária para produzir leite (hectares); (ii) custo total de produção (R\$); (iii) quantidade total de vacas (unidades); e (iv) capital investido na atividade leiteira (R\$). Esse estudo considerou como *output*: a produção de leite (litros/ano). Com isso, a pesquisa apontou as principais características das DMU's eficientes, utilizadas como *benchmark* para as demais.

Gomes *et al.* (2018) analisaram a eficiência de 28 propriedades leiteiras no Estado de Minas Gerais. Por meio do modelo CCR, os autores consideraram como *inputs*: (i) a área utilizada na atividade (hectares); (ii) quantidade de vacas no rebanho (unidade); e (iii) custo operacional total (R\$). O *output* foi a renda bruta da atividade (R\$/ano). Os resultados indicaram que a assistência técnica contribuiu para que as DMU's eficientes se destacassem das demais.

Buss, Sabbag e Mendieta (2020) analisaram a eficiência de 15 propriedades leiteiras (DMU's) no município de Dourados/MS. Por meio do modelo CCR, consideraram como *inputs*: (i) a mão de obra (pessoas); (ii) área utilizada para a atividade leiteira; (iii) quantidade de vacas em lactação; e (iv) capital investido (R\$). Como *output* considerou-se a produção de leite (litros). Concluíram que as DMU's menos eficientes apresentaram características semelhantes entre si e muito diferentes das eficientes.

Não foram identificados na literatura pesquisada, estudos que se dediquem a investigar a eficiência de propriedades leiteiras familiares. Do mesmo modo, também não se identificou nenhum estudo que analisasse apenas os insumos necessários a produção de leite, seguindo as classificações amplamente utilizadas na literatura. Ou seja, alimentação, mão de obra, energia, sanidade, reprodução, manutenção de máquinas, de implementos e de benfeitorias e custos diversos (LOPES *et al.*, 2004; 2006; 2011; 2019; SANTOS; LOPES, 2014; CORRÊA; LOPES; CORRÊA, 2018; LEITE JÚNIOR; LOPES; CARDOSO, 2018; PELEGRINI *et al.*, 2019; FERRAZZA *et al.*, 2020).

### 3.3.2 Simulação Monte Carlo

A Simulação Monte Carlo (SMC) permite gerar valores randômicos para um determinado evento, valendo-se de critérios que sejam previamente delimitados. Para a utilização dessa técnica é recomendado a realização de uma grande quantidade de análises, visto que, quanto mais simulações ocorrerem, menor será a variância da pesquisa, aumentando a precisão dos dados gerados (FERNANDES, 2012). Dalle (2005) sugere que seria interessante milhares ou milhões de simulações para que se tenham menores variâncias, dependendo de fatores, tais como o tipo de pesquisa e a precisão necessária do método.

Por se tratar de uma técnica que gera valores randômicos, na utilização da SMC deve ter a devida atenção quanto à incerteza da medição (desvio padrão). Esse pressuposto é um fator indispensável ao ser considerado em função da modelagem matemática do sistema. Shamblin e Stevens (1979) chamam a atenção para a complexidade conceitual dos métodos e procedimentos utilizados e a necessidade (e cuidados) para realizar a modelagem matemática de medição.

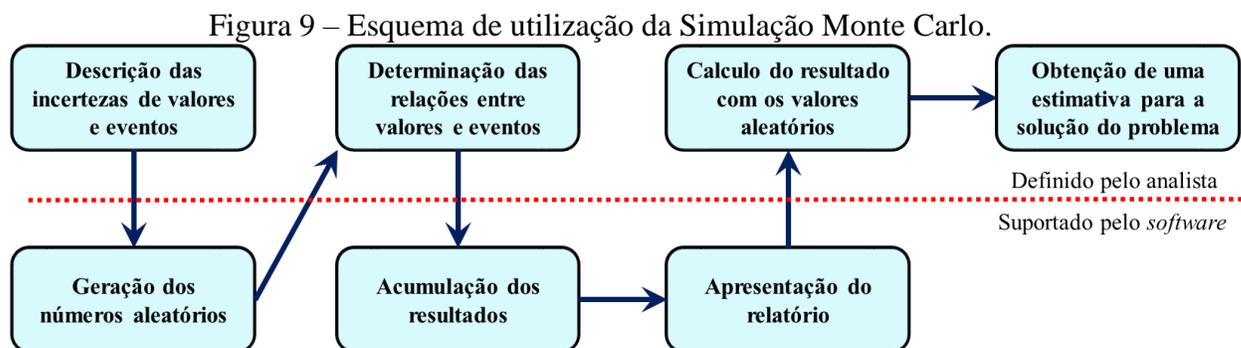
Após o estabelecimento do modelo de medição para a geração dos valores randômicos, deve-se avaliar se este modelo atende aos critérios necessários que justifique o processo de análise. As variáveis de entrada devem ser caracterizadas pela função de densidade de probabilidade ou PDF (*probability density function*), propagadas pela SMC por meio do modelo matemático da medição, sendo, portanto, conhecido como método de propagação de distribuições (GREY, 1995). Assim, o modelo matemático apresentará os valores aleatórios por meio da distribuição de probabilidades escolhida para realizar a análise. Por isso, a distribuição de probabilidades é fundamental para a SMC, uma vez que determinarão o comportamento que os dados amostrados possuem para descrever os eventos (DALLE, 2005). Este método utiliza algum tipo de distribuição de probabilidades em uma determinada amostra, sendo comumente utilizado para modelos matemáticos complexos (FERNANDES, 2012).

As distribuições de probabilidades se diferem segundo o tipo dos dados utilizados, podendo ser determinísticas ou estocásticas. Sendo assim, os valores determinísticos são previsíveis, pois conhecendo o valor inicial (valor semente) e a regra de construção, podem ser calculados por qualquer pesquisador (SHAMBLIN; STEVENS, 1979). No que se referem aos dados estocásticos, são aqueles gerados ao acaso, não possuindo nenhuma regra que determine sua escolha, também

conhecidos como randômicos ou aleatórios (GREY, 1995). Segundo Bonafin (2014), distribuições estocásticas podem ser contínuas ou discretas. A autora explica que as distribuições estocásticas de dados são aquelas que possam ser contínuas ou ilimitadas, ao passo que as discretas compreendem números finitos ou com opções.

Diante disso, com o conhecimento dos principais tipos de distribuição de probabilidades existentes, faz-se a análise dos dados determinísticos existentes para identificar seu desempenho (OLIVEIRA; MEDEIROS NETO, 2012). Esse procedimento permite identificar a distribuição que melhor explica o comportamento histórico dos dados para que a SMC possa ser realizada. Vale destacar que somente após analisar os valores determinísticos da amostra que se realiza a análise estocástica, momento em que o modelo conceitual a ser analisado na SMC é desenvolvido.

Para a modelagem do problema, é realizada a descrição de incertezas de valores e eventos existentes (GREY, 1995). Com a utilização de *softwares* específicos, realiza-se a geração de valores aleatórios que atendam às incertezas do problema em questão. Posteriormente, é realizada a determinação entre os valores e os eventos que estão sendo analisados e faz-se a acumulação dos resultados (GREY, 1995). Por fim, tem-se o relatório com a apresentação dos resultados para que sejam analisados. Com esses dados, é necessário que se faça a substituição das incertezas aleatórias obtidas com a SMC, analisando seu resultado e, com isso, obter uma estimativa que possa solucionar o problema. O processo básico da SMC é apresentado na Figura 9.



Fonte: Adaptado de Grey (1995).

Shamblin e Stevens (1979) definem cinco passos para a realização da SMC:

- **Estabelecer a distribuição de probabilidades que melhor representa os dados** – escolhe-se qual seria a distribuição de probabilidade que melhor se adaptaria à realidade dos dados da amostra. Essa distribuição de probabilidades pode ser

calculada tendo-se como referência dados provenientes de séries históricas ou estimativas. Se os dados da série histórica não permitirem retratar uma realidade futura, recomenda-se utilizar estimativas.

- **Criar a função de distribuição acumulada (FDA) para cada uma das variáveis a serem analisadas** - para calculá-la, basta somar as distribuições anteriores à atual até que se tenha analisado todas as possíveis frequências da amostra.
- **Estabelecer a quantidade de etiquetas ou intervalos de classe** – devem ser atribuídos de modo que permitam refletir a probabilidade dos diversos valores de cada variável.
- **Geração dos números aleatórios** – a geração dos valores aleatórios pode ser feita manualmente ou por meio de computadores. Sendo assim, se for um grande volume de simulações, análises por meio de *softwares* tendem a ser mais precisas.
- **Realizar a simulação com os dados em estudo** – analisar os dados aleatórios e verificar os resultados alcançados.

Para que a simulação seja corretamente desenvolvida, é preciso escolher um algoritmo que forneça uma série de números aleatórios, mas que estejam distribuídos entre 0 e 1, que não possuam nenhuma correlação entre si (LAW; KELTON, 2000) e que respeitem à distribuição de probabilidades da amostra. Deve-se, portanto, verificar se os dados gerados atendem aos critérios acima, podendo ser feitos por meio de testes ou referências que sustentem sua utilização. A avaliação do modelo é uma etapa crucial para a utilização da SMC (GREY, 1995).

Com a definição ideal da distribuição de probabilidades para a pesquisa, foi considerada como eventos a serem inseridos no modelo estocástico, aqueles que possuem possuírem média ou elevada dispersão. Oliveira e Medeiros Neto (2012) utilizaram como métrica de escolha das variáveis que seriam submetidas ao modelo estocástico. Ou seja, uma taxa de dispersão de 10% em que, todas aquelas que estiverem abaixo do referido índice, não precisariam ser sensibilizadas. Contudo, os autores advertem que, diante da enorme complexidade que há em se definir dispersões pequenas, médias e altas para dados de pesquisas quantitativas, tal medida deve ser analisada para cada pesquisa individualmente.

### 3.4 Métodos de pesquisa e análise dos dados

O primeiro objetivo específico desta pesquisa foi analisar a eficiência técnica de propriedades leiteiras familiares no Estado de Minas Gerais. Para isso, esta pesquisa contou com as propriedades leiteiras familiares disponíveis no banco de dados, denominadas, conforme recomenda a DEA (CHARNES; COOPER; THRALL, 1997), de DMU's, que permitiu analisar a eficiência técnica das propriedades leiteiras no Estado de Minas Gerais. Nessas DMU's, foi realizada uma análise prévia para que seja possível identificar se existem *outliers* entre as propriedades leiteiras (BUSS; SABBAG; MEDIETA, 2020). Os *outliers* foram analisados individualmente, optando-se por suas exclusões do banco de dados. Foram identificadas propriedades com eficiências produtivas muito superiores à média, motivo pelo qual optou-se pela utilização do modelo BCC. Além disso, este modelo se mostrou melhor adaptado aos dados disponíveis, visto que, no CCR, não houve nenhuma propriedade com maiores escalas de produção eficientes.

Utilizou-se a orientação dos modelos para os *inputs*, visto que os recursos produtivos destinados à produção em propriedades leiteiras são escassos. Tal orientação permitiu reduzi-los, mantendo os *outputs* em níveis constantes. Ou seja, a possível melhoria poderá indicar quanto cada variável será alterada para maximizar os resultados das DMU's sem que a escala de produção seja alterada. Ferreira e Gomes (2020) salientam que esta é uma análise relativa da eficiência técnica de DMU's. Na literatura, é possível encontrar publicações que utilizaram da DEA para analisar a eficiência técnica de propriedades leiteiras (SANTOS; VIEIRA; BAPTISTA, 2005; GOMES *et al.*, 2018; RAMOS *et al.*, 2020; BUSS; SABBAG; MEDIETA, 2020).

As variáveis de insumos (*inputs*) das propriedades foram classificadas em categorias, seguindo a proposta de Lopes *et al.* (2004): (i) alimentação; (ii) mão de obra; (iii) sanidade; (iv) energia; (v) inseminação; (vi) materiais de ordenha; e (vii) custos diversos. Para produto (*output*), foi utilizada a produção de leite, conforme indicado pela literatura (MAGALHÃES; CAMPOS, 2006; RAMOS *et al.*, 2020; BUSS; SABBAG; MENDIETA, 2020). A classificação dos insumos se deu por meio de uma planilha eletrônica do Microsoft Excel<sup>®</sup>. A DEA foi realizada por meio do *software* MaxDEA<sup>®</sup>.

O segundo objetivo específico desta pesquisa foi identificar as principais características que diferenciam propriedades leiteiras no Estado de Minas Gerais. Foi utilizada a Análise por

Envoltória de Dados (DEA), seguindo os mesmos procedimentos metodológicos supracitados, adotados no primeiro estudo, porém, utilizando o modelo CCR orientado a insumos. Os escores de eficiência das DMU's analisadas foi definido por meio do *software* MaxDEA<sup>®</sup>. As DMU's foram agrupadas em três *clusters* (eficiência alta, média e baixa) e, por meio da análise descritiva, foram apresentadas características desses agrupamentos. Para tanto, utilizou-se a análise dos *Clusters* Discriminantes (hierárquica), com método *Ward* e Distância Euclidiana ao Quadrado (MALHOTRA, 2001).

Foi realizado o teste de comparação de médias das DMU's com alta, média e baixa eficiências. Contudo, testes dessa natureza estão apoiados no princípio de normalidade dos dados (ANASTASIOU; GAUNT, 2020). Realizou-se uma análise da distribuição dos dados e um histograma das variáveis para identificar qual curva de distribuição melhor representava a disposição dos dados. Constatou-se que os dados não podem ser representados por uma curva de distribuição normal, visto que a curva foi assintótica (BARBIERO; HITAJ, 2020). Contudo, o Teorema do Limite Central propõe que a média dos dados obtidos em grandes amostras se assemelha a uma curva de distribuição normal, motivo pelo qual análises estatísticas paramétricas podem ser usadas em dados não paramétricos (PINO, 2014). Desse modo, utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com teste *Tukey* para analisar se há diferença estatística ( $p < 0,05$ ) (HAIR JÚNIOR *et al.*, 2005) entre as propriedades com diferentes níveis de eficiência. Para a realização destas análises, utilizou-se o *software* IBM SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*).

O terceiro objetivo específico desta pesquisa foi investigar como a variação dos preços do produto (leite) impacta o desempenho econômico, bem como propor um indicador para analisar o risco de propriedades leiteiras de Minas Gerais. Para alcançar o objetivo proposto, foi utilizada a Simulação Monte Carlo (SMC) para gerar valores randômicos com o intuito de identificar quais seriam os limites toleráveis de oscilação nos preços de mercado do leite a ser comercializado a ponto de inviabilizar a produção de leite.

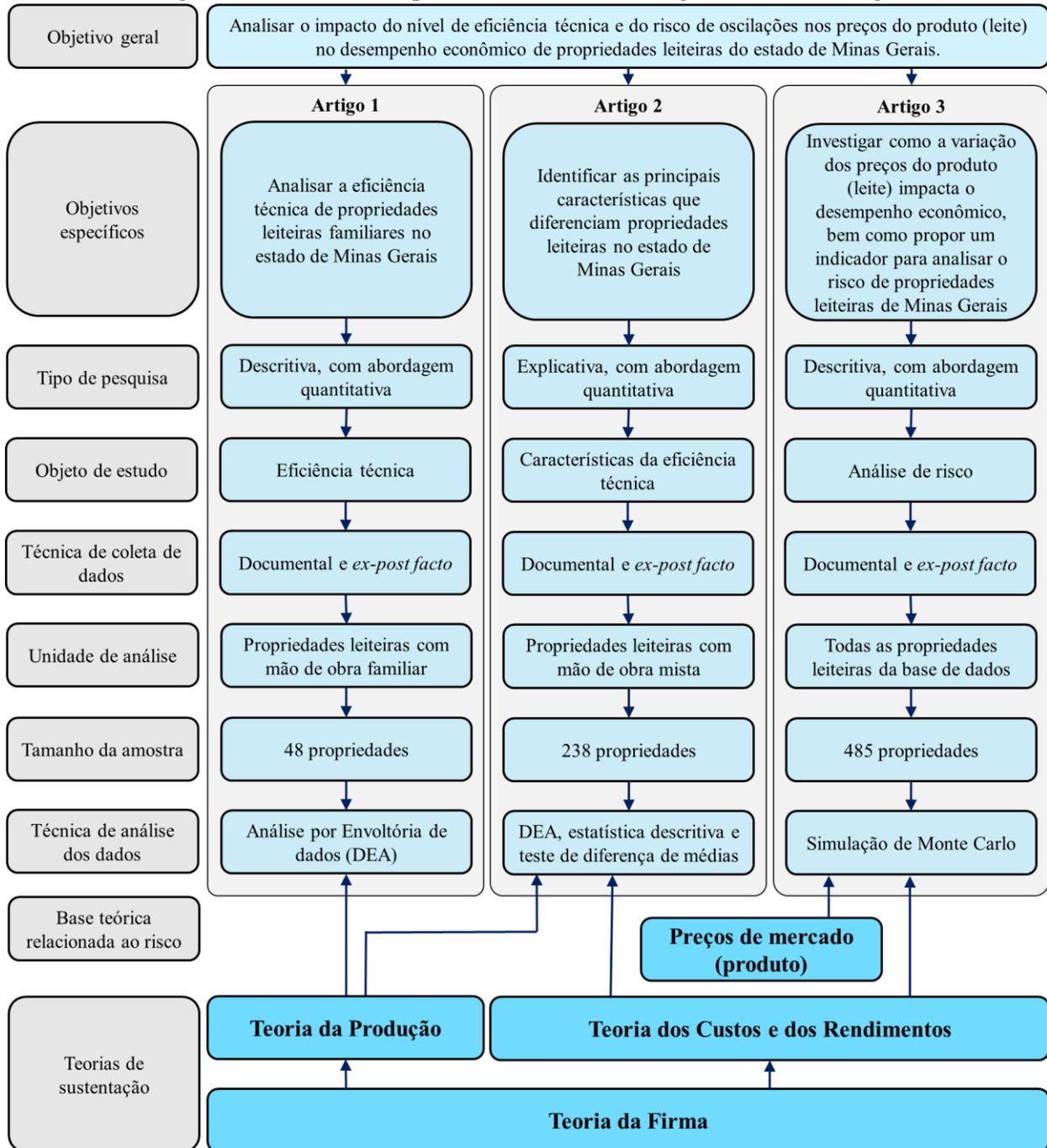
Definiu-se como variável de entrada (risco), o preço do leite comercializado no mercado e, de saída, a lucratividade. Para a SMC, pressupõe-se que exista um limite inferior e superior que o *software* estatístico utiliza como referência para gerar os valores randômicos, denominado intervalo de classe (SHAMBLIN; STEVENS, 1979). Com dados de janeiro/2015 a julho/2021 disponibilizados pelo CEPEA/Esalq (CEPEA, 2021), considerou-se a variação mínima em máxima dos preços do leite em relação à média de cada ano (2015 a 2021), em um horizonte de tempo de

três anos anteriores e posteriores ao ano de referência dos dados (2018). Assumiu-se como variação máxima possível, os valores que conferiram maior amplitude dos preços pagos ao produtor na referida série histórica. Esses valores foram convertidos em percentuais, utilizando-se, como referência, os preços médios do leite em 2018. Essas análises foram realizadas após a correção monetária dos valores monetários para julho/2021, utilizando-se o indexador IGP-DI (FGV, 2021).

Optou-se por utilizar a curva de distribuição uniforme para a geração dos valores randômicos, conforme recomenda a literatura, que define que qualquer valor dentro de um determinado intervalo possua a mesma probabilidade de ocorrer (HYDE; ANGEL, 2002; NOURI; ABBASI, 2017). Para a geração dos valores randômicos, foi utilizado o *Crystal Ball*<sup>®</sup>, *software add in* que funciona por meio de uma planilha eletrônica do *Microsoft Excel*<sup>®</sup>. Utilizou-se intervalo de confiança de 95% e 10.000 iterações (GUO *et al.*, 2021). Shamblin e Stevens (1979) salientam que esta etapa é fundamental e que elevadas quantidades de iterações contribuem com a redução da variância e aumento da confiabilidade da amostra.

Com os resultados da Simulação Monte Carlo, foi possível propor um indicador, o Índice de Tolerância do Preço do Leite (ITPL), responsável por demonstrar o percentual da redução do preço do leite que é tolerável até que o preço de equilíbrio seja alcançado, condição que conferiria lucratividade igual a zero à atividade leiteira. Uma síntese dos procedimentos metodológicos de cada um dos três estudos realizados é apresentada na Figura 10.

Figura 10 – Síntese dos procedimentos metodológicos em cada artigo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Conforme mostra a Figura 10, o primeiro estudo aborda a eficiência técnica de propriedades leiteiras, ancorada nos pressupostos da Teoria da Produção. No segundo estudo, são abordados os conceitos das Teorias dos Custos e dos Rendimentos que, juntamente com a Teoria da Produção, permitem analisar características de propriedades leiteiras com diferentes níveis de eficiência. O

terceiro estudo, por fim, aplicou conceitos das Teorias dos Custos e dos Rendimentos ao contexto de propriedades leiteiras e analisou o risco de mercado no negócio do leite no Estado de Minas Gerais.

#### 4 SÍNTESE DAS CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

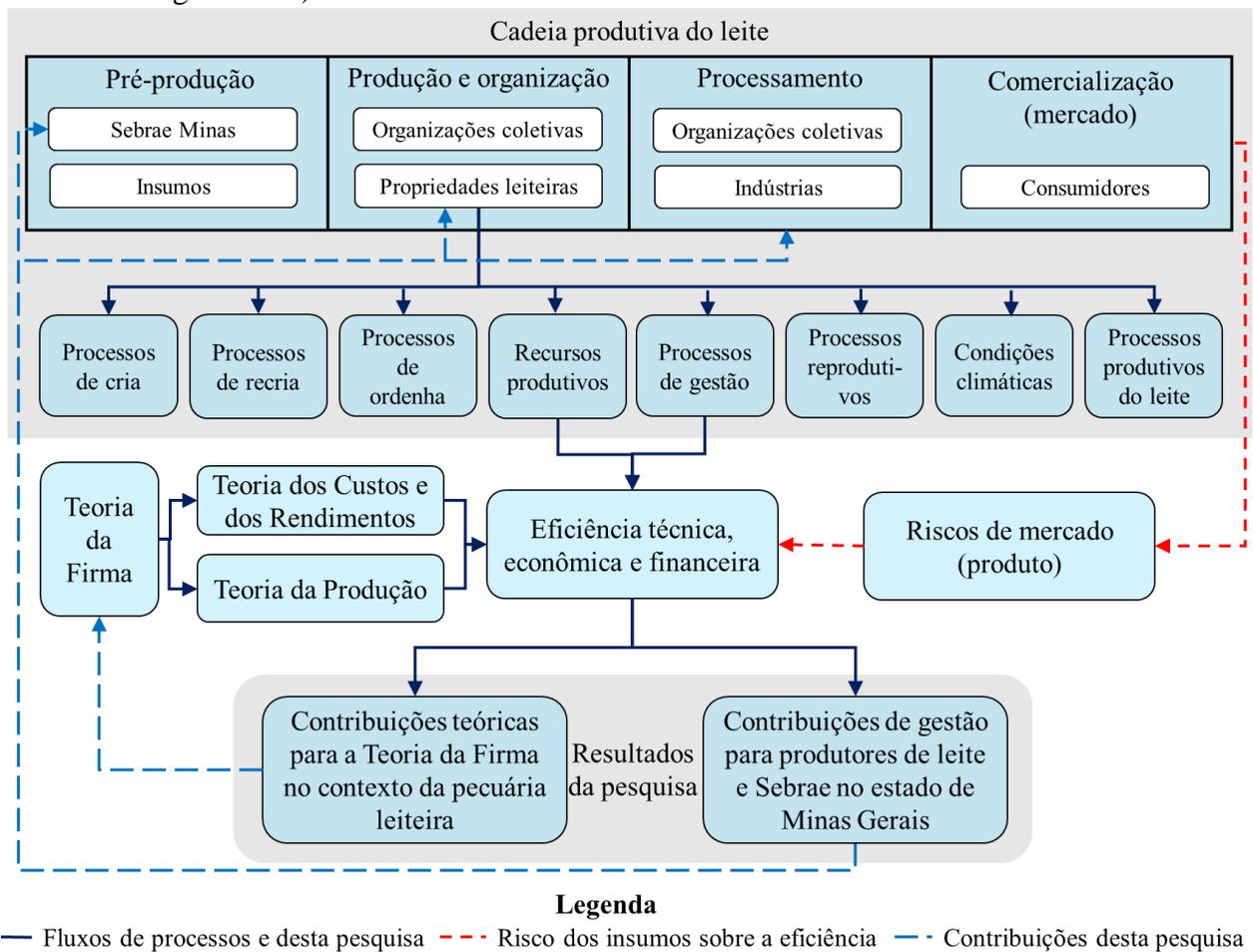
Com o primeiro estudo, foram identificadas características que diferenciam propriedades leiteiras quanto ao nível de eficiência na utilização dos insumos. As propriedades familiares mais eficientes foram aquelas que conseguiram otimizar a utilização de alimentação, mão de obra, energia e manutenção de máquinas, implementos e benfeitorias. Os insumos com alimentação foram os mais impactantes para a atividade, conforme apontou a literatura. Foi sugerido ainda um novo indicador, o Índice de Comprometimento de Insumos em Leite (ICIL), que permite a produtores rurais analisar a quantidade de leite que está comprometida com os principais insumos para o processo produtivo.

Com o segundo estudo, foi possível analisar características de eficiência entre propriedades leiteiras com força de trabalho mista (parte da mão de obra é familiar e parte, contratada). As propriedades mais eficientes foram aquelas que conseguiram melhor utilizar os insumos produtivos, reduzindo os custos de produção. Além disso, as mais eficientes apresentaram maiores representatividades dos custos com alimentação sobre o custo operacional efetivo (COE), reforçando a importância deste insumo para a atividade leiteira. Como contribuição à Metodologia dos Custos Operacionais, sugeriu-se a utilização do Ponto de Paridade, utilizado na metodologia do Custeio Direto para se avaliar o *break even point* (ponto de equilíbrio) de propriedades. Este indicador é útil para produtores analisarem a quantidade mínima de leite necessária para conferir lucro zero, bem como ao Sebrae Minas, como indicador de eficiência técnica de propriedades leiteiras.

Com o terceiro estudo, foi possível compreender como a variação dos preços do leite interfere no desempenho econômico de propriedades leiteiras. A eficiência técnica do processo operacional foi fundamental para a mitigação dos riscos advindos da volatilidade dos preços do leite, tendo em vista que as mais eficientes conseguiram obter lucro independentemente da variação do preço do leite no mercado. A maximização da lucratividade foi fundamental para que as propriedades tivessem seus riscos advindos da oscilação do preço do leite mitigados. Além disso, as propriedades com menores níveis de riscos advindos das oscilações do preço do leite foram as que tiveram menores custos de produção, indicativo de elevada eficiência técnica, e maiores vendas de animais excedentes, condição que contribuiu para que o risco delas fosse menor. Foram sugeridos dois indicadores: (i) o preço de equilíbrio, que indica qual é o valor mínimo do preço do

leite para que as propriedades leiteiras tenham lucro zero; e (ii) Índice de Tolerância do Preço do Leite (ITPL), que indica o percentual de redução dos preços do leite que são suportáveis para propriedades leiteiras, até que o ponto de equilíbrio seja atingindo. Os achados desta pesquisa são importantes para: (i) o Sebrae Minas, que poderá comparar indicativos de risco de propriedades leiteiras em Minas Gerais; (ii) produtores rurais e/ou tomadores de decisão, para compreenderem como a volatilidade dos preços do leite podem interferir na atividade leiteira; e (iii) o Governo e empresas da iniciativa privada, demonstrando a importância de políticas públicas e estratégias mercadológicas que possam fortalecer o negócio do leite e toda a cadeia produtiva. A Figura 11 apresenta um resumo dos principais temas abordados nesta pesquisa, juntamente com as contribuições dos estudos.

Figura 11 – Resumo dos principais temas abordados nesta pesquisa e dos resultados (teóricos e gerenciais).



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar o impacto do nível de eficiência técnica e do risco de oscilações nos preços do produto (leite) no desempenho econômico de propriedades leiteiras do Estado de Minas Gerais. Foi possível compreender como a cadeia produtiva do leite no Estado de Minas Gerais é estruturada, bem como qual é a realidade das propriedades leiteiras mineiras. Além disso, foi possível compreender diferentes aspectos que tangem a eficiência e o risco dessas propriedades, de modo que os achados nos estudos realizados possam contribuir com a comunidade científica e com o setor.

Uma vez que esta pesquisa se estruturou na forma de estudos múltiplos, cada objetivo específico deu origem a um artigo. O objetivo do primeiro estudo foi analisar a eficiência técnica de propriedades leiteiras familiares no Estado de Minas Gerais. Identificou-se que os insumos com alimentação, energia, mão de obra temporária e manutenções discriminaram propriedades com mão de obra familiar quanto ao nível de eficiência técnica. Além disso, conforme apontou a literatura, a Análise por Envoltória de Dados (DEA) tem, entre outras, a finalidade de propor *benchmarks* de eficiência, condição que motivou a proposta de um indicador de eficiência, o Índice de Comprometimento de Insumos em Leite (ICIL), que apresenta a quantidade (%) da produção de leite que está comprometida com o pagamento dos custos dos insumos utilizados. As propriedades tecnicamente mais eficientes, foram aquelas que apresentaram valores inferiores a 50% de comprometimento da produção para o pagamento dos custos com os insumos.

O objetivo do segundo estudo foi identificar as principais características que diferenciam propriedades leiteiras no Estado de Minas Gerais. Com isso, comparou-se características de propriedades leiteiras com diferentes níveis de eficiência, identificando aquelas que interferiram na eficiência técnica. As propriedades mais eficientes apresentaram margem bruta, margem líquida e lucratividade superiores; e custos operacionais efetivos (COE) e totais (COT) inferiores àquelas menos eficientes. Com efeito, aquelas mais eficientes apresentaram maiores representatividades da alimentação sobre o COE. Além disso, com essa pesquisa, foi utilizado também o Ponto de Paridade, indicador da metodologia do Custeio Direto para analisar o ponto de equilíbrio (*break even point*), pois a metodologia da análise da estrutura de custos das propriedades (Metodologia dos Custos Operacionais) não permite a realização deste cálculo, por não estratificar custos entre fixos e variáveis. Outra vantagem identificada na utilização deste indicador é que, no ponto de

equilíbrio (econômico, contábil e financeiro), seu resultado será sempre negativo quando os custos variáveis unitários forem superiores à receita unitária, resultando em margem de contribuição negativa, condição que não ocorre com o cálculo do Ponto de Paridade.

O objetivo do terceiro estudo foi investigar como a variação dos preços do produto (leite) impacta o desempenho econômico, bem como propor um indicador para analisar o risco de propriedades leiteiras de Minas Gerais. Analisou-se o risco da variação do preço do leite sobre o desempenho econômico da atividade leiteira, constatou-se que propriedades com maior eficiência técnica apresentaram menores riscos advindos da oscilação dos preços do leite. Por outro lado, o aumento da eficiência operacional do processo produtivo pode mitigar os efeitos da volatilidade do preço do leite em propriedades leiteiras. Além disso, as propriedades com menores riscos da variação dos preços do leite foram aquelas que apresentaram maiores lucratividades. Com efeito, foram propostos também os indicadores: Preço de Equilíbrio, preço mínimo que o leite (R\$/litro) pode ser comercializado para que as propriedades tenham lucratividade igual a zero; e Índice de Tolerância do Preço do Leite (ITPL), evidenciando o percentual de redução dos preços do leite que são toleráveis para propriedades leiteiras, antes que comecem a ter prejuízo.

Como contribuições gerenciais, destaca-se diferentes abordagens apresentadas nos estudos que permitem identificar características da eficiência das propriedades leiteiras analisadas, sendo propostos indicadores (ICIL, Preço de Equilíbrio e ITPL) que podem contribuir com a mensuração da eficiência e do risco em propriedades leiteiras. Quanto à oscilação dos preços do leite, foi possível identificar os principais fatores que podem interferir no aumento dos riscos nas propriedades leiteiras, bem como a apresentação de estratégias para que tomadores de decisão possam mitigar os efeitos da variação do preço do leite na atividade.

Como contribuições para a comunidade científica, com esta pesquisa, foi estabelecida uma conexão entre a Teoria da Firma que, até então, havia sido pouco estudada (e com superficialidade) no contexto da pecuária leiteira. Cabe ressaltar que a Teoria da Produção pode ser utilizada para analisar diferentes aspectos que tangenciam a eficiência operacional do processo produtivo de propriedades leiteiras. Já as Teorias dos Custos e dos Rendimentos apresentaram conceitos que podem, em muitos casos, se equivarer àqueles amplamente utilizados no setor. Do mesmo modo, identificou-se como a Teoria da Firma se relaciona com o *mainstream* da literatura que aborda diferentes aspectos da pecuária leiteira, condição que reforça o entendimento de que esta teoria

pode ser útil para o avanço do conhecimento gerencial e científico na área de Ciências Agrárias, com destaque para a pecuária leiteira.

Os resultados desta pesquisa permitiram concluir que, em Minas Gerais, existem propriedades leiteiras com diferentes níveis de eficiência, condição que interfere nos riscos da variação dos preços do leite para propriedades leiteiras.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, S. C.; LIMA, V. L. A.; SILVA, P. F.; DANTAS NETO, J.; FREITAS, M. S. S. Sustentabilidade da pecuária leiteira do semiárido brasileiro com base em vulnerabilidade e resiliência socioecológica. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 236-248, 2020.
- ALONSO, D. J. C.; HERNANDEZ, J. J. D.; BUDRIA, E. M. A strong efficiency measure for CCR/BCC models. **European Journal of Operational Research**, v. 291, n. 1, p. 284-295, may 2021.
- ANASTASIOU, A.; GAUNT, R. E. Multivariate normal approximation of the maximum likelihood estimator via the delta method. **Brazilian Journal of Probability and Statistics**, v. 34, n. 1, p. 136-149, 2020.
- ARROW, K. J. Agency and the Market. **Handbook of mathematical economics**, v. 3, p. 1183-1195, 1986.
- ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SOUZA, Â. R. L.; SILVA, L. X. Gestão de custos na produção de soja e milho. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 279-294, apr. 2018.
- BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, 1984 .
- BÁNKUTI, I. F.; DAMASCENO, J. C.; SCHIAVI, S. M.; KUWARAHA, K. C.; PRIZON, R. C. Structural features, labor conditions and family succession in dairy production systems in Paraná State, Brazil. **Cahiers Agricultures**, v. 27, n. 4, p. 1-11, 2018.
- BARBIERO, A.; HITAJ, A. Goffman and Kruskal's Gamma Coefficient for Ordinalized Bivariate Normal Distributions. **Psychometrika**, p. 1-21, 2020.
- BATALHA, M. O. As cadeias de produção agroindustriais: uma perspectiva para o estudo das inovações tecnológicas. **Revista de Administração** , v. 30, n. 4, p. 43-50, out./dez. 1995.
- BATALHA, M. O. **Gestão Agroindustrial**. São Paulo: Atlas, 2007.
- BOETTKE, P. J.; CANDELA, R. A. Where Chicago meets London: James M. Buchanan, Virginia Political Economy, and cost theory. **Public Choice**, p. 1-16, 2020.
- BONAFINI, F. C. **Matemática e estatística**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Projeções do Agronegócio Brasil 2014/15 a 2024/25: projeções de longo prazo**. Brasília/DF: [s.n.], 2015.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. 1. ed. London/New York: Routledge, v. 10, 2003.

BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, R. L. F. D. **Manual de avaliação de riscos na agropecuária: um guia metodológico**. Rio de Janeiro: ENS-CPES, 2017.

BURREL, G.; MORGAN, G. **Sociological paradigms and organizational analysis**. London: Heinemann, 1979.

BUSS, R. E.; SABBAG, O. J.; MENDIETA, F. H. P. Eficiência da produção leiteira na microrregião de Dourados/MS: aplicação da análise envoltória de dados. **Exacta**, v. 18, n. 3, p. 649-667, jul./set. 2020.

CANEGHEM, T. V.; AERTS, W.; MADADIAN, O. Peer-based comparison and firms' discretionary cost decisions. **Australian Economic Papers**, v. 60, n. 1, p. 163-185, 2021.

CANZIANI, J. R. **Cadeias Agroindustriais: O Programa Empreendedor Rural**. Curitiba: SENAR-PR, 2003.

CEPEA. Centro de Economia e Pesquisa da Escola Luiz de Queiroz - ESALQ/USP. Leite ao produtor CEPEA/ESALQ (R\$/litro) - Líquido. **Centro de Economia e Pesquisa da Escola Luiz de Queiroz - ESALQ/USP (CEPEA)**, 2020a. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/leite.aspx>>. Acesso em: 09 mar. 2021.

CEPEA. Centro de Economia e Pesquisa da Escola Luiz de Queiroz - ESALQ/USP - ESALQ/USP. PIB do agronegócio de Minas Gerais. **CEPEA**, 2021. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-de-minas-gerais.aspx>>. Acesso em: 09 mar. 2021.

CHARNES, A.; COOPER, W.; LEWIN, A. Y.; SEIFORD, L; M. Data envelopment analysis theory, methodology and applications. **Journal of the Operational Research society**, v. 48, n. 3, p. 332-333, 1997.

CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444, 1978.

CHARNES, A.; COOPER, W.; THRALL, R. M. A structure for classifying and characterizing efficiency and inefficiency in data envelopment analysis. **Journal of Productivity Analysis**, v. 2, n. 3, p. 197-237, 1991.

COASE, R. H. The nature of the firm. **Economica**, v. 4, n. 16, p. 386-405, 1937.

COOK, W. D.; KRESS, M.; SEIFORD, L. M. On the use of ordinal data in data envelopment analysis. **Journal of the Operational Research Society**, v. 44, n. 2, p. 133-140, 1993.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. Data Envelopment Analysis. **Handbook on data envelopment analysis**, p. 1-39, 2004.

CORRÊA, V. M.; LOPES, M. A.; CORRÊA, U. Análise de rentabilidade da bonivocultura leiteira da Agricultura familiar no município de Guarara-MG: um estudo multicaseos. **Holos**, v. 34, n. 5, p. 163-176, 2018.

DALLE, H. M. **Simulação do Reator Triga IPR - R1 utilizando métodos de transporte por Monte Carlo**. Tese (doutorado em Engenharia Química). Campinas: Universidade de Campinas - UNICAMP, 2005.

DAVIS, J. H.; GOLDBERG, R. A. **Estudo da competitividade da indústria brasileira**. Boston: Harvard University, 1957.

DINTERMAN, R.; KATCHOVA, A. L.; HARRIS, J. M. Financial stress and farm bankruptcy in US agriculture. **Agriculture Finance Review**, v. 78, n. 4, p. 441-456, 2018.

DJØRUP, S. The institutionalisation of zero transaction cost theory: a case study in Danish district heating regulation. **Evolutionary and Institutional Economics Review**, p. 1-16, March 2020.

DOMENICO, D.; KRUGER, S. D.; MAZZIONI, S.; ZANIN, A. Índice de sustentabilidade ambiental na produção leiteira. **RACE**, Joaçaba, v. 16, n. 4, p. 261-282, jan./abr. 2017.

DORMADY, N.; HENRIQUEZ, A. R.; ROSE, A. Economic Resilience of the firm: a production theory approach. **International Journal of Production Economics**, v. 208, p. 446-460, Feb 2019.

DOUPHRATE, D. I.; HAGEVOORT, G. R.; NONNENMANN, M. W.; KOLSTRUP, C. L.; JAKOB, M.; KINSEL, M. The dairy industry: A brief description of production practices, trends, and farm characteristics around the world. **Journal of Agromedicine**, v. 18, n. 1, p. 187-197, 2013.

DYSON, R. G.; ALLEN, R.; CAMANHO, A. S.; PODINOVSKI, V. V.; SARRICO, C. S.; SHALE, E. A. Pitfalls and protocols in DEA. **European Journal of Operational Research**, v. 132, n. 2, p. 245-259, 2001.

EDUCAMPO. Sobre o Educampo. **Educampo**, 2021. Disponível em: <<https://www.educampo.com.br/sobre-o-educampo/>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Centro de Inteligência do Leite**, 2020. Disponível em: <<http://www.cileite.com.br/content/metodologia-0>>. Acesso em: 21 abr. 2020.

ENGLAND, J. R.; O'GEADY, A. P.; FLEMING, A.; MARAIS, Z.; MENDHAM, D. Trees on farms to support natural capital: an evidence-based review for grazed dairy systems. **Science of The Total Environment**, 2019.

EVINK, T. L.; ENDRES, M. I. Management, animal health, and economic characteristics of large dairy herds in 4 states in the Upper Midwest of the United States. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 11, p. 9466-9475, 2017.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United States Nations. **FAO - Food and Agriculture Organization of the United States**, 2020a. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>>. Acesso em: 09 mar. 2020.

\_\_\_\_\_. Food and Agriculture Organization of the United States Nations. Dairy Production and Products: Milk Production. **Food and Agriculture Organization of the United States Nations (FAO)**, 2020b. Disponível em: <<http://www.fao.org/dairy-production-products/production/en/>>. Acesso em: 09 abr. 2020.

FERNANDES, F. D. M. O. **Proposta de um Teste Monte Carlo para Unidimensionalidade de Painés Sensoriais**. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agropecuária). Lavras: Universidade Federal de Lavras - UFLA, 2012.

FERRAZZA, R. DE A.; LOPES, M. A.; PRADO, D. G. DE O.; LIMA, R. R.; BRUHN, F. R. P. Association between technical and economic performance indexes and dairy farm profitability. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 49, p. 1-12, apr. 2020.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à Análise Envoltória de Dados: Teoria, Modelos e Aplicações**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2020.

FGV. Fundação Getúlio Vargas. Correção de Valores. **Calculadora do Cidadão**, 2021. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

GEBREEGZIABHER, K.; TADESSE, T. Risk perception and management in smallholder dairy farming in Tigray, Northern Ethiopia. **Journal of Risk Research**, v. 17, n. 3, p. 367-381, 2014.

GIL, A. C. **Como classificar pesquisas**. São Paulo: Atlas, 2002.

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. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1414/pdf>>.

GREY, S. **Practical risk assessment for project management**. England: John Wiley & Sons Ltda., 1995.

GUO, P.; LI, H.; ZHANG, G.; TIAN, W. Contaminated site-induced health risk using Monte Carlo simulation: evaluation from the brownfield in Beijing, China. **Environmental Science and Pollution Research**, 2021.

GUO, X.; EGOZCUE, M.; WONG, W. K. Production Theory under price uncertainty for firms with disappointment aversion. **International Journal of Production Research**, p. 1-14, 2020.

GUPTA, G.; MAHAKUD, J. The impact of macroeconomic condition on investment cash flow sensitivity of Indian firms. **South Asian Journal of Business Studies**, v. 9, n. 1, p. 19-42, 2020.

HAIR JÚNIOR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HYDE, J.; ENGEL, P. Investing in a Robotic Milking System: A Monte Carlo Simulation analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 9, p. 2207-2214, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia E Estatísticas. Resultados definitivos: Bovinos Brasil. **Censo Agro 2017**, 2017. Disponível em: <[https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/pecuaria.html?localidade=0&tema=75655](https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/pecuaria.html?localidade=0&tema=75655)>. Acesso em: 09 mar. 2020.

\_\_\_\_\_. Pesquisa Trimestral do Leite. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**, 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9209-pesquisa-trimestral-do-leite.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 09 mar. 2020a.

\_\_\_\_\_. PIB cresce 1,1% e fecha 2019 em R\$ 7,3 trilhões. **Agenda IBGE Notícias**, 2020b. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/27007-pib-cresce-1-1-e-fecha-2019-em-r-7-3-trilhoes>>. Acesso em: 09 mar. 2021.

JANK, M. S.; GALAN, V. B. **Competitividade do sistema agroindustrial do leite**. 1. ed. Brasília: IPEA, 1998.

JENSEN, M. C.; MECKLING, W. H. Teoria da firma: comportamento dos administradores, custos de agência e estrutura de propriedade. **Revista de Administração de Empresas**, v. 48, n. 2, p. 87-125, 2008.

KERSTENETZKY, J. Organização Empresarial em Alfred Marshall. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 369-392, abr./jun. 2004.

KISCHNER, P.; BRUM, A. L.; MUENCHEN, J. V.; BASSO, D. A cadeia produtiva do leite na Região Noroeste do Rs: estudo de caso do município de Ijuí. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 15.162-15.176, sep. 2019.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modelling and analysis**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

LAZARINI, G. P.; LOPES, M. A.; CARDOSO, M. G. Análise da disponibilidade de alimentos volumosos em propriedades leiteiras da agricultura familiar no município de Ponte Nova/MG: um estudo multicase. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 15, p. 49-57, 2017.

LEITE JÚNIOR, I. F.; LOPES, M. A.; CARDOSO, A. A. B. Rentabilidade e custo da atividade leiteira em Bocaiúva - MG. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 103-116, abr. 2018.

LIEN, G.; KUMBHAKAR, S. C.; HARDAKER, J. B. Accounting for risk in productivity analysis: an application to Norwegian dairy farming. **Journal of Productivity Analysis**, v. 47, n. 3, p. 247-257, 2017.

LOPES, M. A.; LIMA, A. L. R.; CARVALHO, F. M.; REIS, R. P.; SANTOS, Í. C.; SARAIVA, F. H. Controle gerencial e estudo da rentabilidade de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG). **Ciências e Agrotecnologia**, v. 28, n. 4, p. 883-892, 2004.

\_\_\_\_\_. Efeito da escala de produção nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG): um estudo multicaso. **Boletim de Indústria Animal**, v. 63, n. 3, p. 177-188, 2006.

LOPES, M. A.; SANTOS, G.; RESENDE, M. C.; CARVALHO, F. M.; CARDOSO, M. G. Estudo da rentabilidade de sistema de produção de leite no município de Nazareno, MG. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 56-69, 2011.

LOPES, M. A.; REIS, E. M. B.; DEMEU, F. A.; MESQUITA, A. A.; ROCHA, A. G. F.; BENEDICTO, G. C. Uso de ferramentas de gestão na atividade leiteira: um estudo de caso no sul de Minas Gerais. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 18, n. 1, p. 26-44, 2016.

LOPES, M. A.; MORAES, F.; CARVALHO, F. M.; BRUHN, F. R. P.; LIMA, A. L. R.; REIS, E. M. B. Effect on workforce diversity on the cost-effectiveness of milk production systems participating in the "full bucket" program. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 1, p. 323-338, jan./fev. 2019.

MAGALHÃES, K. A.; CAMPOS, R. T. Eficiência técnica e desempenho econômico de produtores de leite no estado do Ceará, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 44, n. 4, p. 695-711, oct./dec. 2006.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, A. G.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

MASOT, A. N.; ALONSO, G. C.; MORICHE, Á. E. Spatial analysis of the rural-urban structure of the Spanish municipalities. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 2, p. 213-243, 2020.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizado pela IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

METODIEVA, T. H.; IVANOVA, T.; GAIDARSKA, V. Cash Flows from operating activities and effectiveness of dairy cattle farms in Bulgaria. **Scientifica Papers Series Management, Economic, Engineering in Agriculture and Rural Development**, v. 18, n. 3, p. 165-170, 2018.

MONDAINI, I.; VIEIRA, A. P.; VEIGA, R. D.; TEIXEIRA, S. R. A rentabilidade da atividade leiteira: um caso de produtores no médio paranaíba do estado do Rio de Janeiro. **Cad. Adm. Rural**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 43-52, jan./jul. 1997.

MOREIRA, S. L.; SPANEVELLO, M. R.; BOSCARDINI, M.; LAGO, A. Estratégias paternas para a manutenção da sucessão gerencial em propriedades rurais. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 28, n. 2, p. 413-433, 2020.

MOTA, V. C.; CAMPOS, A. T.; DAMASCENO, F. A.; RESENDE, E. M.; REZENDE, C. P. A.; ABREU, L. R.; VAREIRO, T. Confinamento para bovinos leiteiros: histórico e características. **PUBVET**, v. 11, n. 5, p. 433-442, mai. 2017.

NASCIMENTO, E. S. **Eficiência relativa da gestão pública: uma análise das microrregiões do Estado de Minas Gerais**. 2021. 164 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.

NEVES JÚNIOR, I. J.; MOREIRA, S. A.; VASCONCELOS, E. S.; BRITO, J. L. Análise da eficiência na geração de retorno aos acionistas das empresas do setor da construção civil com ações negociadas na BM&FBOVESPA nos anos de 2009 e 2010 por meio da análise envoltória de dados. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, Florianópolis, v. 9, n. 18, p. 41-62, jul./dez. 2012.

NOURI, K.; ABBASI, B. Implementation of the modified Monte Carlo simulation for evaluate the barrier option prices. **Journal of Taibah University for Science**, v. 11, n. 1, p. 233-240, 2017.

NORTH, D. C. **Institutions, Institutional change and economic performance**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

OECD. **Marketing, risk in agriculture: a holistic approach**. [S.l.]: OECD, 2009.

OECD. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. Dairy and dairy products. In: **OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027**. Paris: [s.n.], 2018.

OGACHI, D.; NDEGE, R.; GATURU, P.; ZOLTAN, Z. Corporate Bankruptcy Prediction Model, a Special Focus on Listed Companies of Kenya. **Journal of Risk and Financial Management**, v. 13, n. 3, p. 47-60, 2020.

OLIVEIRA, A. S.; CUNHA, D. N. F. V.; CAMPOS, J. M. S.; VALE, S. M. L.; ASSIS, A., J. Identificação e qualificação de indicadores-referência de sistemas de produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 507-516, 2007.

OLIVEIRA, J. D. S. **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 (doutorado em administração), São Paulo: Escola de Administração de Empresas de São Paulo, 2018.

OLIVEIRA, M. R. G. D.; MEDEIROS NETO, L. B. Simulação de Monte Carlo e valuation: uma abordagem estocástica. **REGE**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 493-512, jul./set. 2012.

ÖRS, A.; OĞUZ, C. Comparison of economic analysis of dairy farms supported and non-supported by IPARD program: a case study of Konya Province, Turkey. **Custos e Agronegócio Online**, Fortaleza, v. 15, n. 2, p. 192-2, abr./jun. 2019.

PACHECO, W. F.; ARRUDA, P. C. L.; CARMO, A. B. R.; LIMA, F. W. R. A cadeia produtiva do leite: um estudo sobre a organização da cadeia láctea e análise de rentabilidade de uma fazenda com opção de comercialização e queijo ou leite. **Revista Razão Contábil e Finanças**, Fortaleza, v. 3, n. 1, p. 1-17, jan./jun. 2012.

PADOVEZE, C. L. **Contabilidade de Custos: teoria e prática, integração com sistemas de informação (ERP)**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

PASCOTTO, H.; COMUNELLO, A. L.; CERETTA, G. F. Eficiência técnica na aplicação de recursos públicos na área da saúde dos municípios do sudoeste do estado do Paraná. **Gestão e Desenvolvimento em Revista**, v. 4, n. 1, p. 21-37, jan./jun. 2018.

PELEGRINI, D. P.; LOPES, M. A.; DEMEU, F. A.; ROCHA, A. G. F.; BRUHN, F. R. P.; CASAS, P. S. Effect of socioeconomic factors on the yields of family operated milk. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 1199-1214, maio/jun. 2019.

PEROBELLI, F. S.; ARAÚJO JÚNIOR, I. F. D.; CASTRO, L. S. D. As dimensões espaciais da cadeia produtiva do leite em Minas Gerais. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 297-337, n. 28, 2018. ISSN 1.

PINO, F. A. A questão da normalidade: uma revisão. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 61, n. 2, p. 17-33, jul./dez. 2014.

PRADO, J. W. **Determinantes e implicações da estrutura de capital, da estrutura de propriedade e da governança corporativa: um modelo multiteórico de análise**. Lavras: Tese (Doutorado em Administração). Universidade Federal de Lavras, 2019.

RAIMUNDO, J. Z.; ECHEIMBERG, J. O.; LEONE, C. Tópicos de metodologia de pesquisa: Estudos de corte transversal. **Journal of Human Growth and Development**, v. 28, n. 3, p. 356-360, 2018.

RAMOS, J. E. S.; BASBA, M. C.; MELO, A. P. S.; XAVIER, L. F.; CARVALHO, D. M.. Benchmarks em Sistemas de Produção de Leite: Uma aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA). **Revista de Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 13, n. 2, p. 449-474, abr./jun. 2020.

- SACCOL, A. Z. Um retorno ao básico: compreendendo os paradigmas de pesquisa e sua aplicação em Administração. **Revista de Administração da UFSM**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 250-269, 2009.
- SANTOS, G.; LOPES, M. A. Custos de produção de fêmeas bovinas leiteiras do nascimento ao primeiro parto. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 15, n. 1, p. 11-19, jan./mar. 2014.
- SANTOS, J. A.; VIEIRA, W. C.; BAPTISTA, A. J. M. S. Eficiência técnica em propriedades leiteiras da Microregião de Viçosa-MG: uma análise não-paramétrica. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 162-172, mai./ago. 2005.
- SAUER, J.; LOHMANN, U. L. Investment, technical change and efficiency: empirical evidence from German dairy production. **European Review of Agricultural Economics**, v. 42, n. 1, p. 151-175, 2015.
- SCHULL, A. N.; FEITÓSA, C. G.; HEIN, A. F. Análise da eficiência dos gastos em segurança pública nos estados brasileiros através da Análise Envoltória de Dados (DEA). **Revista Capital Científico-Eletrônica**, v. 12, n. 3, p. 91-105, jul./set. 2014.
- SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Sebrae em Minas Gerais**, 2021. Disponível em: <[https://m.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/mg/quem\\_somos?codUf=14](https://m.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/mg/quem_somos?codUf=14)>. Acesso em: 06 mai. 2021.
- SEGALA, C. Z. S.; SILVA, I. T. D. Apuração dos custos na produção de leite em uma propriedade rural no município de Irani-SC. **Custos e Agronegócio online**, v. 3, n. 1, p. 61-83, 2007.
- SHAMBLIN, J. E.; STEVENS, G. T. **Pesquisa Operacional**. São Paulo: Atlas, 1979.
- SHOU, W.; WANG, J.; WU, P.; WANG, X. Adding activities in turnaround maintenance process: classification, validation, and benefits. **Production Planning & Control**, v. 31, n. 1, p. 60-77, 2020.
- SILVA FILHO, E. B. D. A Teoria da Firma e a abordagem dos custos de transação: elementos para uma crítica institucionalista. **PESQUISA & DEBATE**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 259-277, 2006.
- SOTERIADES, A. D.; FOSKOLOS, A.; STYLES, D.; GIBBONS, J. M. Maintaining production while reducing local and global environmental emissions in dairy farming. **Journal of Environmental Management**, v. 272, p. 111054, 2020.
- SOUZA, M. A. G. Alfred Marshall: a questão dos rendimentos crescentes. **Ensaios FEE**, v. 1, n. 1, p. 123-138, 1980.

- SPANEVELLO, R. M.; DUARTE, L. C.; SCHNEIDER, C. L. C.; MARTINS, S. P. 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)**, v. 24, n. 3, p. 198-216, set./out. 2019.
- SPECTOR, N. **Manual para a redação de teses, dissertações e projetos de pesquisa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.
- SPINKS, J.; HOLLINGSWORTH, B. Cross-country comparisons of technical efficiency of health production: a demonstration of pitfalls. **Applied Economics**, v. 41, p. 417–427, 2009.
- THORNTON, P.; DINESH, D.; CRAMER, L.; LOBOGUERRERO, A.; CAMPELL, B.. Agriculture in a changing climate: Keeping our cool in the face of the hothouse. **Outlook on Agriculture**, v. 47, p. 283-290, 2018.
- TIGRE, P. B. Paradigmas tecnológicos e teorias econômicas da firma. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 4, n. 1, p. 187-223, 2005.
- UDDIN, M. M.; AKTER, A.; KHLEDUZZAMAN, A. B. M.; SULTANA, M. N.; HOMME, T. 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**, v. 53, n. 33, 2021.
- VASCONCELLOS, M. A. S.; GARCIA, M. E. **Fundamentos de Economia**. São Paulo: Saraiva, 2009.
- VASILIEVA, I. B.; DYKOV, S.; YAROMENKO, N.; MEZENTSERVA, E. Using a quantitative assessment of the bankruptcy probability model as a tool for assessing the financial condition os subjects of teh agro-industrial complex. **Indo American Journal of Pharmaceutical Science**, v. 6, n. 3, p. 6907-6912, 2019.
- VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.
- VILELA, D.; FERREIRA, R. P.; FERNANDES, E. N.; JUNTOLLI, F. V. **Pecuária de Leite no Brasil: Cenários e avanços tecnológicos**. 1. ed. Brasília/DF: [s.n.], v. 1, 2016.
- VILELA, D.; RESENDE, J. C.; LEITE, J. B.; ALVES, E. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de Política Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 5-24, 2017.
- WILLIAMSON, O. E. Outsourcing: Transaction cost economics and supply chain management. **Jounal of supply chain management**, v. 44, n. 2, p. 5-16, 2008.
- \_\_\_\_\_. Comparative economic organizations: The analysis of discrete structural alternatives. **Administrative science quartely**, p. 269-296, 1991.

WILLIAMSON, O. E.; GHANI, T. Transaction cost economic and its uses in marketing. **Journal of the Academy of Marketing Science**, v. 40, n. 1, p. 74-85, 2012.

ZYLBERSZTAJN, D. Papel dos contratos na coordenação agroindustrial: um olhar além dos mercados. **RER**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 385-420, jul./set. 2005.

**SEGUNDA PARTE**

## PRIMEIRO ESTUDO - EFICIÊNCIA TÉCNICA DE PROPRIEDADES LEITEIRAS FAMILIARES EM MINAS GERAIS

**Resumo:** A pecuária leiteira familiar é relevante para a agropecuária nacional que, embora contribua com a geração de riqueza e renda, enfrenta baixas eficiência e produtividade, bem como custos de produção elevados. Diante disso, esta pesquisa teve por objetivo analisar a eficiência técnica de propriedades leiteiras familiares no Estado de Minas Gerais. Para tanto, utilizou-se a Análise por Envoltória de Dados (DEA), optando-se pelo modelo BCC com orientação a *inputs*. Utilizou-se quatro *inputs* (alimentação, energia, mão de obra eventual, e manutenção de máquinas, implementos e benfeitorias - MIB) e um *output* (produção de leite) em uma amostra de 48 propriedades leiteiras familiares (unidades tomadoras de decisão ou DMU's). A alimentação foi o insumo mais utilizado da amostra, seguido pela energia, mão de obra eventual e MIB. Quanto maior foi o nível de eficiência das DMU's, menos recursos foram utilizados em excesso. Propriedades leiteiras familiares podem ter elevados níveis de eficiência técnica, independente da escala de produção. Foi identificada, ainda, a inexistência de DMU's que realizam manutenção preventiva de máquinas, equipamentos e benfeitorias, justificando o aumento da utilização, principalmente, do insumo MIB. 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:** Escala de produção. Mão de obra familiar. *Benchmark*. Análise por envoltória de dados (DEA). Pecuária leiteira.

## 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 quinto maior produtor de leite do mundo (FAO, 2020). 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. Além disso, existe 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, Henriquez e Rose (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 métodos de análise de dados. Entre eles, a Análise por Envoltória de Dados (no inglês, *Data Envelopment Analysis – dDEA*), se destaca por ser uma importante técnica de análise de eficiência relativa de organizações com características similares (SOTERIADES *et al.*, 2020). Desse modo, diante da relevância da pecuária leiteira familiar (MULLER *et al.*, 2019), nesta pesquisa, optou por analisar a eficiência técnica de propriedades leiteiras familiares em Minas Gerais.

Esta pesquisa se mostra um valioso instrumento de 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. Desse modo, esta pesquisa se apresenta como um importante instrumento visando auxiliar produtores de leite a analisarem a eficiência técnica de seus processos produtivos. Para tanto, tem-se a seguinte questão de pesquisa: Qual é 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 um índice de eficiência técnica (ICIL) que possibilitará analisar o comprometimento da produção com os insumos da atividade leiteira.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Com vistas a uma melhor compreensão, este tópico está subdividido em aspectos relacionados às propriedades leiteiras com mão de obra familiar e à Teoria da Produção, aplicada no contexto da pecuária leiteira.

### **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.*, 2018; SPANEVELLO *et al.*, 2019; REIS *et al.*, 2020; FERRAZZA *et al.*, 2020; UDDIN *et al.*, 2021).

Em um estudo sobre agricultura familiar, Breitenbach, Corazza e Brandão (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, segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a produção de leite é predominante em muitos países em desenvolvimento, cuja participação na produção mundial de lácteos segue em crescimento (FAO, 2020).

Quanto menores são, mais essas propriedades podem estar mais 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, Henriquez e Rose (2019) a consideram de fundamental importância, visto que permite que sejam analisadas questões relacionadas à função de produção. Vasconcellos e 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, Weight e Amendomar (2013) salientam que os insumos contribuem também com a redução dos custos de produção e consequente 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; LOPES; CORRÊA, 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; LOPES; CORRÊA, 2018), considerados *outputs* de origem secundária.

### 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; LOPES; CORRÊA, 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 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; BÁNKUT *et al.*, 2018; MULLER *et al.*, 2019; PELEGRINI *et al.*, 2019; AYDEMIR; GÖZENER; PARLAKAY, 2020; MIHAYLOV; ZURBRUEGG, 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. Conforme aponta a literatura, com exceção

dos impostos fixos, os demais *inputs* de produção são considerados variáveis (LOPES *et al.*, 2004; 2021; FERRAZZA *et al.*, 2020; REIS *et al.*, 2020).

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.*, 2020; 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, A.; COOPER, W.; RHODES, 1978; SCHULL; FEITÓSA; HEIN, 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; HERNANDEZ; BUDRIA, 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 e 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; HERNANDEZ; BUDRIA, 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 e 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.

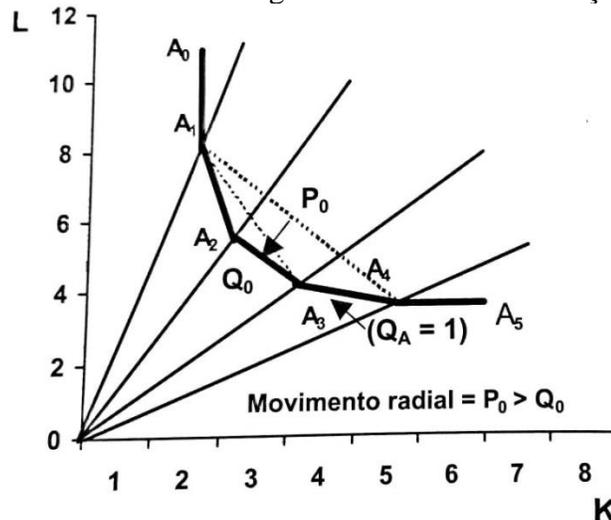
Já o modelo BCC propõe que o aumento no insumo haverá acréscimo na produção podendo, ou não, haver proporcionalidade entre eles (COOPER *et al.*, 2004). Desse modo, considera-se que o BCC seja um modelo de retorno com escalas variáveis (FERREIRA; GOMES, 2020). Uma vez que o BCC permite trabalhar com insumos menores e produções maiores (e *vice-versa*) (COOK; KRESS; SEIFORD, 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; HERNANDEZ; BUDRIA, 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; COMUNELLO; CERETTA, 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 e Gomes (2020) como folga. O Gráfico 2 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  $A_5$ ).

Gráfico 2 – 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 e Gomes (2020).

Existem três tipos de eficiência para DMU's compreendidas a partir do movimento radial e folga: DMU's fortemente eficientes (escore=1,000): possuem folga e movimento radial igual a zero; DMU's fracamente eficientes (escore=1,000) possuem movimento radial igual a zero e folga maior que zero; e 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.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Neste tópico, são apresentadas informações relacionadas à caracterização da pesquisa (tópico 3.1) e a abordagem, métodos e amostragem (tópico 3.2).

#### **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 nomológicos ou estocásticos com o intuito de explicar a casualidade (MARTINS; THEÓPHILO, 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 SEBRAE-MG, 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 (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; THEÓPHILO, 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, A.; COOPER, W.; RHODES, 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; COOPER; THRALL, 1991; FERREIRA; GOMES, 2020), excluiu-se sete casos devido à existência do valor R\$0,00 nos *inputs*. 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; COOPER; THRALL, 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 e 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.*, 2020; FERRAZZA *et al.*, 2020).

Para classificar os insumos conforme recomenda a literatura, utilizou-se uma planilha eletrônica do *Microsoft Office Excel*<sup>®</sup>. 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 (FGV, 2021). Esse indicador é considerado por Souza, Costa e Silva (2018) como um bom indexador utilizado para atualizações monetárias.

Posteriormente, para a análise estatística, utilizou-se o *software* MaxDEA<sup>®</sup> 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<sup>®</sup> não permite calcular a tendência das DMU's, a referida linha foi criada em uma

planilha eletrônica do Excel<sup>®</sup> 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<sup>®</sup>, 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. <sup>1</sup>						
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: <sup>1</sup>Produção 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 e 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 semelhantes (TABELA 2).

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

Item	DMU's eficientes					DMU's com baixa eficiência				
	Média	% <sup>1</sup>	DP	Mín.	Máx.	Média	% <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup>	55,79	69,76	15,36	21,86	79,50	67,17	69,21	14,52	36,72	96,10
Mão de obra <sup>2</sup>	2,17	3,11	1,40	0,25	6,10	3,19	3,37	1,37	1,40	6,75
Energia <sup>2</sup>	4,99	6,74	1,80	3,04	8,66	6,46	6,80	2,23	3,50	13,43
MIB <sup>2</sup>	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; <sup>1</sup>Representatividade do insumo (%) sobre o custo operacional efetivo (COE); Valores expressos em R\$/100 litros de leite produzido.

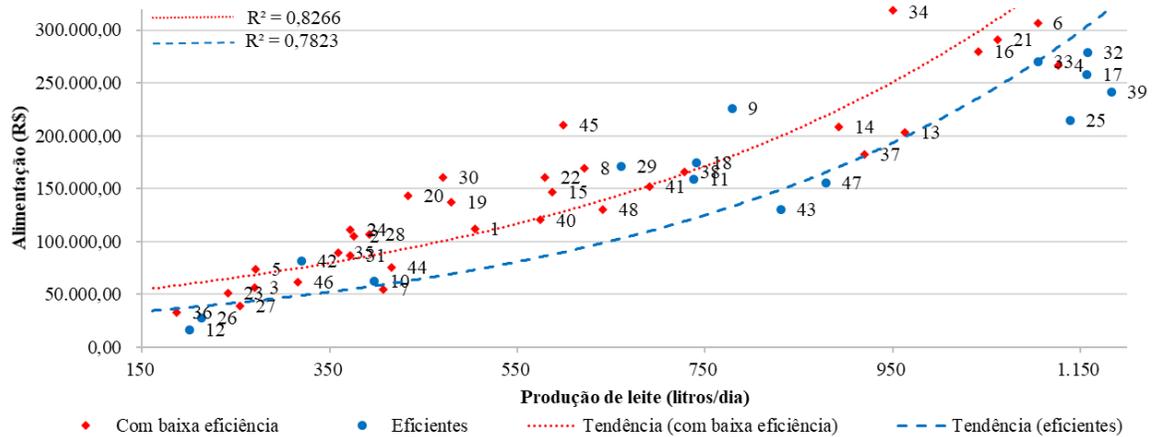
Fonte: Dados da pesquisa (2021).

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.

O Gráfico 3 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.

Gráfico 3 – Relação entre alimentação (R\$) e produção (litros/dia) das propriedades leiteiras familiares (DMU's).



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

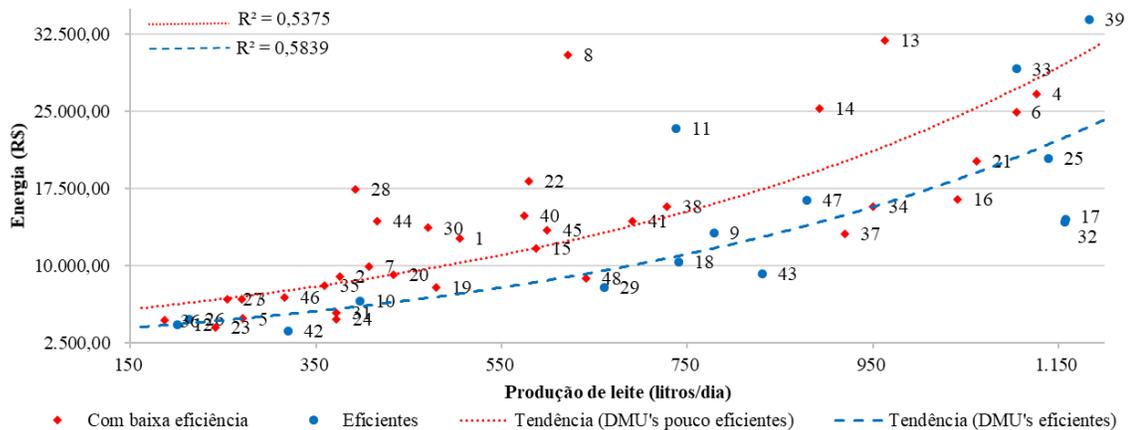
Uma das limitações da DEA é sua incapacidade em ranquear as DMU's eficientes, visto que, conforme salientam Yan *et al.* (2021), embora o escore das eficientes seja de 1,000, existem algumas que são mais eficientes que outras. Uma vez que a tendência tenha se originado a partir dos resultados das DMU's eficientes (GRÁFICO 3), 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.

As DMU's menos eficientes estão acima da tendência (linha pontilhada; GRÁFICO 3). 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.

No Gráfico 4, 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.

Gráfico 4 – Relação entre energia (R\$) e produção (litros/dia) das propriedades leiteiras familiares (DMU's).



Duas DMU's (17 e 32) se destacaram quanto à baixa utilização de energia, consumindo R\$0,03/litro e produzindo em torno de 1.150 litros/dia (GRÁFICO 4). 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.

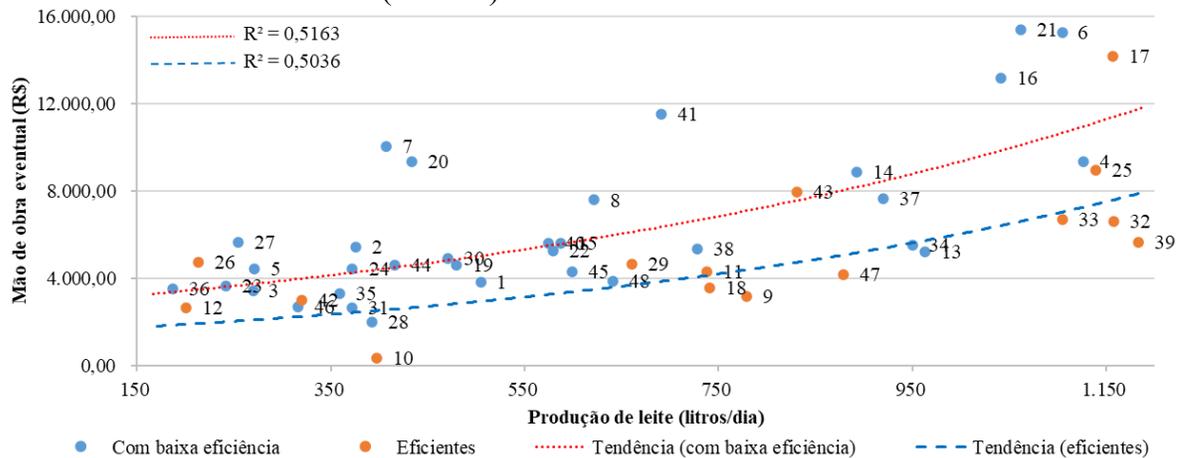
As DMU's menos eficientes (8, 28, 13 e 22) consumiram 150,36% mais combustível que a média das DMU's eficientes. Várias são as causas que poderiam explicar o elevado consumo de combustível. As principais possibilidades são: mau funcionamento das máquinas e equipamentos; baixa produtividade das lavouras 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 eventual, 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 (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Relação entre mão de obra eventual (R\$) e produção (litros/dia) das propriedades leiteiras familiares (DMU's).



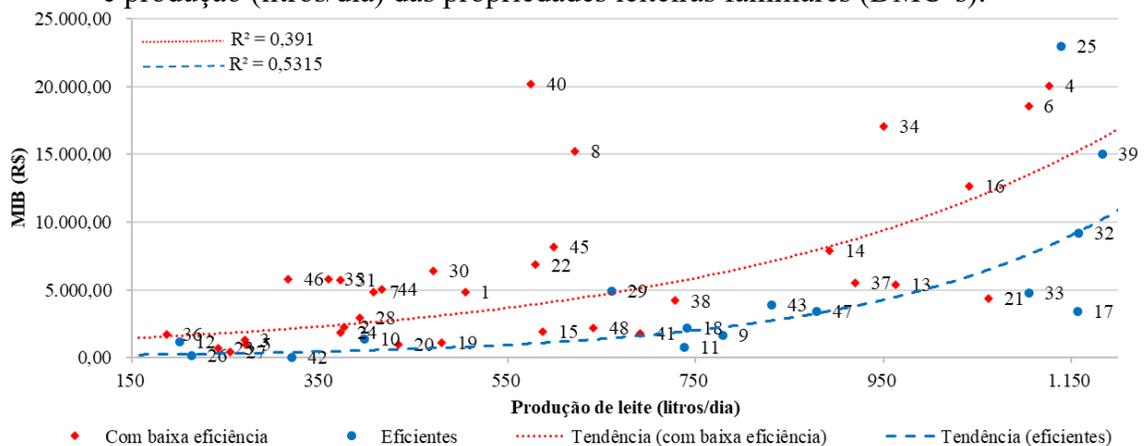
Entre as DMU's eficientes, a 9 e 10 se destacaram quanto à otimização da mão de obra eventual para a produção de leite, com R\$0,011/litro e R\$0,02/litro, respectivamente (GRÁFICO 5). Essas DMU's produziram 779 e 397 litros/dia (TABELA 1), gastando R\$3.202,48 e R\$360,00

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.

O Gráfico 6 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.

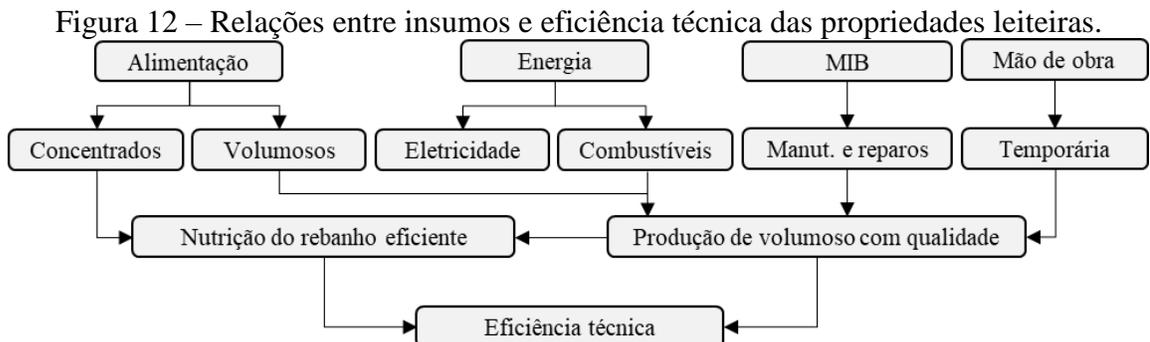
Gráfico 6 – Relação entre manutenção de máquinas, implementos e benfeitorias (MIB; em Reais) e produção (litros/dia) das propriedades leiteiras familiares (DMU's).



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) (GRÁFICO 6). 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 (GRÁFICO 6) estão mais dispersos.

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 12) que auxilia na compreensão de como os insumos podem ser trabalhados para que se consiga maior eficiência técnica da atividade leiteira.



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 12). 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, Lopes e Cardoso (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. Propôs-se 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 <sup>1</sup> (n=15)		Eficiência alta <sup>2</sup> (n=11)		Eficiência média <sup>3</sup> (n=16)		Eficiência baixa <sup>4</sup> (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
<b>ICIL Total (%)</b>	<b>49,36</b>	<b>10,19</b>	<b>51,79</b>	<b>10,57</b>	<b>57,02</b>	<b>4,66</b>	<b>67,47</b>	<b>7,21</b>

Notas: Os escores de eficiência foram definidos a partir da análise dos *clusters* discriminantes; <sup>1</sup>Escore igual a 1,000; <sup>2</sup>Escore entre 0,850 e 0,999; <sup>3</sup>Escore entre 0,650 e 0,849; <sup>4</sup>Escore 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 combustível 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 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

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.

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.

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.

## REFERÊNCIAS

- ALONSO, D. J. C.; HERNANDEZ, J. J. D.; BUDRIA, E. M. A strong efficiency measure for CCR/BCC models. **European Journal of Operational Research**, v. 291, n. 1, p. 284-295, may 2021.
- AYDEMIR, A.; GÖZENER, B.; PARLAKAY, O. Cost analysis and technical efficiency of dairy cattle farms: a case study of Artvin Turkey. **Custos e Agronegócio Online**, Fortaleza, v. 16, n. 1, p. 461-481, Jan./Mar. 2020.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W.; SWARTS, J.; THOMAS, D. A. An Introduction to Data Envelopment Analysis with Some of its Models and Their Uses. **Research in Governmental and Non-Profit Accounting**, v. 5, p. 125-163, 1989.
- BÁNKUTI, I. F.; DAMASCENO, J. C.; SCHIAVI, S. M.; KUWARAHA, K. C.; PRIZON, R. C. Structural features, labor conditions and family succession in dairy production systems in Paraná State, Brazil. **Cahiers Agricultures**, v. 27, n. 4, p. 1-11, 2018.

BASSOTTO, L. C.; ANGELOCCI, M. A. Viabilidade de implantação de uma agroindústria de beneficiamento de leite em um sítio de agricultura familiar. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 15, n. 2, p. 576-585, ago./dez. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Projeções do Agronegócio Brasil 2014/15 a 2024/25: projeções de longo prazo**. Brasília/DF: [s.n.], 2015.

BREITENBACH, R.; CORAZZA, G. Jovens Rurais do Rio Grande do Sul/Brasil: Questões de Gênero na Sucessão Geracional. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, SP, v. 16, n. 3, p. 413-428, set./dez. 2020. Disponível em: <<https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/5980/1021>>.

CHARNES, A.; COOPER, W.; LEWIN, A. Y.; SEIFORD, L.; M. Data envelopment analysis theory, methodology and applications. **Journal of the Operational Research society**, v. 48, n. 3, p. 332-333, 1997.

CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444, 1978.

CHARNES, A.; COOPER, W.; THRALL, R. M. A structure for classifying and characterizing efficiency and inefficiency in data envelopment analysis. **Journal of Productivity Analysis**, v. 2, n. 3, p. 197-237, 1991

COOK, W. D.; KRESS, M.; SEIFORD, L. M. On the use of ordinal data in data envelopment analysis. **Journal of the Operational Research Society**, v. 44, n. 2, p. 133-140, 1993.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. Data Envelopment Analysis. **Handbook on data envelopment analysis**, p. 1-39, 2004.

CORRÊA, V. M.; LOPES, M. A.; CORRÊA, U. Análise de rentabilidade da bonivocultura leiteira da Agricultura familiar no município de Guarara-MG: um estudo multicaseos. **Holos**, v. 34, n. 5, p. 163-176, 2018

DEMEU, F. A.; LOPES, M. A.; REIS, E. M. B.; LIMA, A. L. R.; DE CARVALHO, F. M.; PALHARES, J. C. P.; OTENIO, M. H. Economic viability of a canadian biodigester for power generation in dairy farming. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 42, n. 1, p. 375-394, 2021.

DORMADY, N.; HENRIQUEZ, A. R.; ROSE, A. Economic Resilience of the firm: a productions theory approach. **International Journal of Production Economics**, v. 208, p. 446-460, Feb 2019.

FAO. Food and Agriculture Organization of The United. Livestock Primary. **FAO - Food and Agriculture Organization of the United States**, 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>>. Acesso em: 09 mar. 2020.

FASSIO, L. H.; REIS, R. P.; YAMAGUCHI, L. C. T.; REIS, A. J. Custos e shut-down point da atividade leiteira em Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 43, n. 4, p. 759-777, dec. 2005.

FERRAZZA, R. A.; LOPES, M. A.; PRADO, D. G. O.; LIMA, R. R.; BRUHN, F. R. P. Association between technical and economic performance indexes and dairy farm profitability. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 49, p. 1-12, apr. 2020.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à Análise Envoltória de Dados: Teoria, Modelos e Aplicações**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2020.

FGV. Fundação Getúlio Vargas. Correção de Valores. **Calculadora do Cidadão**, 2021.

Disponível em:

<<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAO/publico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice>>. Acesso em: 14 jul. 2021.

GEBREEGZIABHER, K.; TADESSE, T. Risk perception and management in smallholder dairy farming in Tigray, Northern Ethiopia. **Journal of Risk Research**, v. 17, n. 3, p. 367-381, 2014.

GIL, A. C. **Como classificar pesquisas**. São Paulo: Atlas, 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED STATES NATIONS - FAO. Dairy Production and Products: Milk Production. **Food and Agriculture Organization of the United States Nations (FAO)**, 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/dairy-production-products/production/en/>>. Acesso em: 09 abr. 2021.

HAIR JÚNIOR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HORSKÁ, E.; PETRILÁK, M.; ŠEDÍK, P.; NAGYOVÁ, L. Factors influencing the sale of local products through short supply chains: A case of family dairy farms in Slovakia. **Sustainability**, v. 12, n. 20, p. 8499, 2020.

LAZARINI, G. P.; LOPES, M. A.; CARDOSO, M. G. Análise da disponibilidade de alimentos volumosos em propriedades leiteiras da agricultura familiar no município de Ponte Nova/MG: um estudo multicase. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 15, p. 49-57, 2017.

LIMA, L. P. R. G. B. D.; PEREZ, R. The energy efficiency analysis for Brazilian dairy industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 181, p. 209-216, 2018.

LOPES, M. A.; LIMA, A. L. R.; CARVALHO, F. M.; REIS, R. P.; SANTOS, Í. C.; SARAIVA, F. H. Controle gerencial e estudo da rentabilidade de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG). **CIÊNCIAS e AGROTECNOLOGIA**, v. 28, n. 4, p. 883-892, 2004.

LOPES, M. A.; LIMA, A. L. R.; CARVALHO, F. M.; REIS, R. P.; SANTOS, Í. C.; SARAIVA, F. H. Efeito da escala de produção nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na

região de lavras (MG): um estudo multicaso. **Boletim de Indústria Animal**, v. 63, n. 3, p. 177-188, 2006.

\_\_\_\_\_. Efeito do tipo de mão-de-obra nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG): um estudo multicaseos. **Revista Ceres**. v.54, n.312, p.173-182. 2007.

LOPES, M. A.; MORAES, F. de; BRUHN, F. R. P.; CARVALHO, F.; LIMA, A. L. R.; REIS, E. M. B.; VIAFARA, J. A. S. Análisis de la rentabilidad de la actividad lechera de propiedades participantes del programa "Balde Cheio". **Revista de Medicina Veterinária**, v. 38, n. 1, p. 15-27, enero/junio 2019.

LOPES, M. A.; DEMEUEU, F. A.; REIS, E. M. B.; LIMA, A. L. R.; PALHARES, J. C. P.; COSTA, G. M. PEREIRA, M. V. G.; DEMEUEU, A. A. Economic viability of implementing an infrastructure for recycling bedding sand from a free-stall facility for dairy cows. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 42, n. 1, p. 361-374, 2021.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MÁRQUEZ, M. R. V.; FERMÍN, J. S. Estimación de índices de capacidad de procesos usando la Distribución Generalizada de Pareto. **Revista Ingeniería Industrial**, v. 9, n. 2, 2010.

MARTINS, A. G.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

MIHAYLOV, G.; ZURBRUEGG, R. The relationship between financial risk management and succession planning in family businesses. **International Journal of Managerial Finance**, 2020.

Mondaini, I.; Vieira, A. P.; Veiga, R. D.; Teixeira, S. R. A rentabilidade da atividade leiteira: um caso de produtores no médio paranaíba do estado do Rio de Janeiro. **Cad. Adm. Rural**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 43-52, jan./jul. 1997.

MOREIRA, S. DA L.; SPANEVELLO, M. R.; BOSCARDINI, M.; LAGO, A. Estratégias paternas para a manutenção da sucessão gerencial em propriedades rurais. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 28, n. 2, p. 413-433, 2020.

MULLER, B. O.; BÁNKUTI, F. I.; BIRTO, M. M.; MARTINELLI, R. R. Tipologia de Sistemas Produtivos Leiteiros e a Sucessão Familiar no Paraná. **Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública**, v. 6, n. 2, p. 302-309, 2019.

OLIVEIRA, J. D. S. **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 (doutorado em administração), São Paulo: Escola de Administração de Empresas de São Paulo, 2018.

PASCOTTO, H.; COMUNELLO, A. L.; CERETTA, G. F. Eficiência técnica na aplicação de recursos públicos na área da saúde dos municípios do sudoeste do estado do Paraná. **Gestão e Desenvolvimento em Revista**, v. 4, n. 1, p. 21-37, jan./jun. 2018.

PELEGRINI, D. P.; LOPES, M. A.; DEMEU, F. A.; ROCHA, A. G. F.; BRUHN, F. R. P.; CASAS, P. S. Effect of socioeconomic factors on the yields of family operated milk. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 1199-1214, maio/jun. 2019.

REIS, E. M. B.; LOPES, M. A.; LIMA, A. L. R.; DEMEU, F. A.; BENEDICTO, G. C.; PEIXOTO, R. M.; BUSSONS, J. P.; NOBILE, C. B.; LINHARES, L. P. Dairy herd production aspects of family farms in Western Amazon, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 41, n. 5, p. 2365-2380, 2020.

SCHULL, A. N.; FEITÓSA, C. G.; HEIN, A. F. Análise da eficiência dos gastos em segurança pública nos estados brasileiros através da Análise Envoltória de Dados (DEA). **Revista Capital Científico-Eletrônica**, v. 12, n. 3, p. 91-105, jul./set. 2014.

SHOU, W.; WANG, J.; WU, P.; WANG, X. Adding Activities in Turnaround Maintenance Process: Classification, Validation, and Benefits. **Production Planning & Control**, v. 31, n. 1, p. 60-77, 2020.

SOTERIADES, A. D.; FOSKOLOS, A.; STYLES, D.; GIBBONS, J. M. Maintaining production while reducing local and global environmental emissions in dairy farming. **Journal of Environmental Management**, v. 272, p. 111054, 2020.

SOUZA, P. V. S. D.; COSTA, J. R. B. D.; SILVA, E. J. D. Análise da viabilidade de irrigação na pecuária leiteira: alternativas para a agricultura familiar na Amazônia. **Revista de Estudos Sociais**, v. 22, n. 3, p. 179-191, 2018.

SPANEVERELLO, R. M.; DUARTE, L. C.; SCHNEIDER, C. L. C.; MARTINS, S. P. 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)**, v. 24, n. 3, p. 198-216, set./out. 2019.

SPECTOR, N. **Manual para a redação de teses, dissertações e projetos de pesquisa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

SPERS, R. G.; WEIGHT, J. T. C.; AMENDOMAR, A. A. Scenarios for the milk production chain in Brazil in 2020. **Revista de Administração**, v. 48, p. 254-267, 2013.

STEIDLE NETO, A. J.; LOPES, D. C. Technical analysis of photovoltaic energy generation for supplying the electricity demand in Brazilian dairy farms. **Environment Development and Sustainability**, p. 1-16, 2020.

UDDIN, M. M.; AKTER, A.; KHLEDUZZAMAN, A. B. M.; SULTANA, M. N.; HOMME, T. 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**, v. 53, n. 33, 2021.

VASCONCELLOS, M. A. S.; GARCIA, M. E. **Fundamentos de Economia**. São Paulo: Saraiva, 2009.

YAN, B.; LI, Y.; QIN, Y.; YAN, J.; SHI, W. 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**, v. 180, p. 105846, 2021.

ZHANG, J.; ZHANG, L.; WANG, M.; BROSTAU, Y.; YIN, C.; DOGOT, T. Identifying key pathways in manure and sewage management of dairy farming based on a quantitative typology: A case study in China. **Science of the Total Environment**, v. 760, p. 143326, 2021.

## **SEGUNDO ESTUDO - CARACTERÍSTICAS DE PROPRIEDADES LEITEIRAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE EFICIÊNCIA TÉCNICA EM MINAS GERAIS**

**Resumo:** A pecuária leiteira é fundamental para a agropecuária brasileira e, em especial, para o Estado de Minas Gerais. A compreensão da eficiência técnica e seus impactos sobre o desempenho econômico de propriedades leiteiras contribui com o desenvolvimento da cadeia produtiva do leite. No contexto das organizações, a Teoria da Firma auxilia no entendimento de como os fatores de produção interferem no desempenho econômico dessas organizações. Contudo, por ser pouco aplicado na pecuária leiteira, ancorada na Teoria da Firma, com esta pesquisa, objetivou-se identificar as principais características que diferenciam propriedades leiteiras no Estado de Minas Gerais. Para tanto, por meio da Análise por Envoltória de Dados (DEA), estatística descritiva e teste de diferença de médias, realizou-se uma comparação entre propriedades leiteiras com diferentes níveis de eficiência (alta, média e baixa). Os resultados indicaram que a lucratividade auxiliou na discriminação da eficiência técnica das propriedades leiteiras, em função de que as mais eficientes apresentaram maiores margem bruta, líquida e lucratividade. Para elevar a eficiência técnica de propriedades leiteiras, é importante que haja redução do custo operacional total (COT), custo operacional efetivo (COE), otimizando seus componentes. Entretanto, os gastos com alimentação (concentrada) e energia elétrica devem aumentar para que as propriedades leiteiras analisadas se tornem mais eficientes.

**Palavras-chave:** Teoria da Firma. Análise por Envoltória de Dados (DEA). Gestão de Custos. Desempenho. Produção de Leite.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, apesar da recessão que vem impactando e impedindo o crescimento econômico nacional, a agropecuária tem sido um dos principais setores da economia a se manter em crescimento. Este comportamento é notado devido às elevadas taxas de crescimento e à capacidade do setor em suprir as demandas do mercado interno (VILELA *et al.*, 2016). Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), em 2020, o Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio cresceu 24,31%, em relação ao ano anterior (CEPEA, 2021), muito superior ao PIB brasileiro, que reduziu em 4,1% (IBGE, 2021). Nesse contexto, Minas Gerais se destaca por ser o estado maior produtor de leite do Brasil (PEROBELLI; ARAÚJO JÚNIOR; CASTRO, 2018; IBGE, 2021).

Entre os setores produtivos que estão inseridos na agropecuária brasileira, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (no inglês, *Food and Agriculture Organization* – FAO) salienta que a pecuária leiteira se destaca pela grande contribuição para o desenvolvimento econômico e social de agricultores que, com esta atividade, têm uma fonte de renda no campo (FAO, 2020). Na literatura, são encontradas pesquisas que explorem questões como eficiência produtiva, custos e rentabilidade na pecuária leiteira (LOPES *et al.*, 2004; 2012; 2021; MORAES *et al.*, 2016; FERRAZZA *et al.*, 2020). Contudo, não é explícito que essas pesquisas contribuam com o avanço de teorias administrativas, tais como a Teoria da Firma.

A Teoria da Firma permite analisar o desempenho interno e traçar uma conexão entre as interferências do mercado sobre seus desempenhos produtivos. Vasconcellos e Garcia (2009) explicam que, no ambiente interno, esta teoria é desmembrada em três outras: (i) da Produção; (ii) dos Custos; e, (iii) dos Rendimentos. Embora a eficiência econômica e produtiva seja importante para a atividade leiteira (LOPES *et al.*, 2012), a aplicação desses conceitos no negócio do leite é pouco estudada, visto que foi encontrada apenas uma publicação (MONDAINI *et al.*, 1997) abordando o tema; porém em superficialidade. Desse modo, a Teoria da Firma ajuda a explicar a eficiência e a otimização dos recursos para os processos produtivos (Teoria da Produção), seus efeitos sobre os custos de produção (Teoria dos Custos) e sobre a rentabilidade de organizações (Teoria dos Rendimentos).

Diante da relevância da pecuária leiteira para a agropecuária nacional (FAO, 2020), esta pesquisa se justifica por estabelecer uma relação entre os pressupostos da Teoria da Firma,

aplicados ao contexto da pecuária leiteira, sob a perspectiva da eficiência da utilização de insumos para a produção. Desse modo, tem-se o seguinte questionamento: Quais são as características que diferenciam propriedades leiteiras com diferentes níveis de eficiência técnica no Estado de Minas Gerais? Para responder à questão de pesquisa, tem-se o seguinte objetivo: Identificar as principais características que diferenciam propriedades leiteiras no Estado de Minas Gerais.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Com o intuito de melhor elucidar os aspectos teóricos que sustentam esta pesquisa, são apresentados, neste tópico, as Teorias da Produção, dos Custos e dos Rendimentos e suas implicações com a pecuária leiteira. Na sequência, são apresentados aspectos relacionados à utilização de insumos e eficiência relativa na pecuária leiteira.

### **2.1 Teoria da Produção, dos Custos e dos Rendimentos**

A Teoria da Produção é fundamental para explicar a relação entre os fatores de produção e o desempenho produtivo de propriedades leiteiras. Por ser uma teoria que se dedica a estudar os conceitos de produtividade e produção (ARTUZO *et al.*, 2018), permite compreender como ocorre e qual seria a eficiência produtiva relacionada à atividade leiteira. Na literatura, encontram-se algumas pesquisas que, embora não explorem a Teoria da Produção, se preocupam em analisar a eficiência produtiva da atividade, abordando assuntos como criação de animais (REIS *et al.*, 2018), qualidade do leite (ALVES; DANTAS; GUSMÃO, 2020), ferramentas de gestão (LOPES *et al.*, 2016), sistemas de produção (RAMOS *et al.*, 2020) e tecnologias de produção (RODRIGUES; ALBAN, 2013).

Cabe destacar que a Teoria dos Custos se preocupa em analisar a eficiência do processo produtivo, levando em consideração aspectos ligados aos custos de produção (ARTUZO *et al.*, 2018). O aumento da produção não implica, necessariamente, na capacidade de organizações em obterem mais lucro. É necessário também que o aumento da eficiência produtiva contribua com a redução dos custos para que propriedades leiteiras se tornem mais eficientes. Conforme apresentado por North (1990), questões relacionadas à eficiência produtiva como ferramentas de

redução dos custos de produção são assuntos consagrados pela literatura, diante de sua importância e relevância para as organizações.

A Teoria dos Rendimentos, por outro lado, se preocupa com a maximização do desempenho econômico de organizações, por meio da redução dos custos e/ou aumento dos preços de venda da produção (SOUZA, 1980). Com efeito, esta teoria torna-se fundamental no processo de análise da eficiência econômica em propriedades leiteiras. Na literatura que investiga a cadeia produtiva do leite, as pesquisas encontradas que analisam custos de produção também destacam seus rendimentos, sendo temas muito estudados, embora tais teorias não sejam citadas (LOPES *et al.*, 2004; 2012; 2021; MORAES *et al.*, 2016; REIS *et al.*, 2018; FERRAZZA *et al.*, 2020). Desse modo, torna-se relevante que se compreenda a utilização dos insumos (Teoria da Produção) e seus impactos sobre o desempenho econômico de propriedades leiteiras (Teoria dos Custos e dos Rendimentos).

## **2.2 Insumos na pecuária leiteira e a eficiência relativa**

A Teoria da Produção, responsável por estudar processos produtivos, pressupõe que as operações das organizações se classificam em entradas (*inputs*), processamentos (*processing*) e saídas (*outputs*) (ARTUZO *et al.*, 2018). Na pecuária leiteira, consideram-se como *inputs*, os recursos produtivos adquiridos; *processing*, o processo produtivo; e *output*, produtos e subprodutos passíveis de serem comercializados.

No que se refere aos recursos produtivos, compreendem os elementos necessários para que os demais processos possam funcionar (produzir) de forma eficiente. Nesse contexto, os insumos são os recursos indispensáveis para que a produção ocorra. Lopes *et al.* (2004) classificam os insumos utilizados na pecuária leiteira nas seguintes categorias: (i) mão de obra; (ii) alimentação; (iii) manutenção de máquinas, implementos e benfeitorias; (iv) energia; (v) ordenha; (vi) sanidade; (vii) inseminação artificial; (viii) impostos; e, (ix) despesas diversas.

No que tange à mão de obra, existem três diferentes categorias em propriedades leiteiras: familiar, contratada e mista. Matte *et al.* (2019) citam que existem propriedades em que os participantes envolvidos no processo produtivo são familiares. Na mão de obra contratada, não existem funcionários familiares trabalhando na atividade e, na mista, parte da equipe é contratada e parte é constituída por familiares. Já a alimentação compreende os alimentos adquiridos, bem

como os recursos necessários para a sua produção na propriedade. Assim, se diferencia entre volumosa (forragens); concentrada (grão e farelos); minerais; vitaminas; além de aditivos.

Lopes *et al.* (2004) consideram como insumos de energia os combustíveis utilizados para funcionamento das máquinas e equipamentos, bem como a energia elétrica. Quanto aos materiais de ordenha, envolvem os insumos utilizados para o processo de obtenção higiênica do leite das vacas. No que se refere à sanidade, compreende os insumos necessários para que se preserve ou reestabeleça a saúde dos animais. Lopes *et al.* (2004) evidenciam a importância da sanidade para o processo produtivo do leite. A inseminação artificial compreende os insumos utilizados para a reprodução dos animais, ou seja, sêmen, nitrogênio líquido, bem como outros insumos (MORAES *et al.*, 2016). Os impostos compreendem os dispêndios com pagamento de tributos, tanto fixos quanto variáveis.

Outros recursos produtivos necessários para a produção de leite são as máquinas, equipamentos e implementos, que possuem maior durabilidade e são adquiridos para realizar atividades específicas. Esses recursos contribuem com a elevação dos custos operacionais efetivos (COE), pelo aumento de consumo de energia e manutenções, e total (COT), pelas depreciações (FERRAZZA *et al.*, 2020).

Conforme aponta a literatura, propriedades leiteiras produzem leite *in natura* ou processado (pasteurizado, queijo, iogurte, entre outros), animais e subprodutos (FERRAZZA *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2021). Sendo assim, são considerados *outputs* de produção. Os pressupostos da Teoria da Produção assumem que as organizações devem ter o máximo de *outputs* viáveis com a otimização dos *inputs* no processo produtivo (VASCONCELLOS; GARCIA, 2009).

Segundo Artuzo *et al.* (2018) destacam que a eficiência é muito estudada na Teoria da Produção e que existem diferentes conceitos abordados na literatura. Entre os vários tipos, a eficiência relativa é responsável por comparar o desempenho de organizações dentro de uma determinada amostra, utilizando de técnicas específicas, caso da Análise por Envoltória de Dados RAMOS *et al.*, 2020; BUSS; SABBAG; MEDIETA, 2020). Para tanto, é atribuído um determinado nível de eficiência para organizações a partir daquelas que apresentarem melhor desempenho.

Existem vários tipos de eficiência relativa. Ferreira e Gomes (2020) chamam a atenção para três tipos de eficiência, passíveis de serem analisados na DEA: (i) técnica (visa a menor utilização de insumos); (ii) de escala (visa atingir os níveis mais adequados de produção); e (iii) alocativa (visa reduzir custos ou aumentar as receitas, conforme preços de mercado).

A Análise por Envoltória de Dados (CHARNES; COOPER, RHODES, 1978), ligada à Teoria da Produção), se destaca por ser uma importante técnica de análise da eficiência relativa de organizações (FERREIRA; GOMES, 2020). Trata-se de uma técnica não-paramétrica que permite que se faça comparações dentro de uma determinada amostra. Por meio dela, são identificados os casos considerados eficientes (que formam a fronteira de eficiência), recebendo escore 1,000 e, utilizados como referência, define-se os escores dos demais casos da amostra, que podem variar de 0,000 a 0,999 (YAN *et al.*, 2021).

Existem vários modelos de análise da DEA, dos quais os denominados CCR e BCC são os mais conhecidos e utilizados (YAN *et al.*, 2021). No modelo CCR, tem-se uma variação dos insumos e/ou produtos com escala constante (BUSS; SABBAG; MENDIETA, 2020), estabelecendo uma variação proporcional entre as unidades produtivas ou tomadoras de decisão, denominadas DMU's (*Decision Making Unit*). Já o modelo BCC pressupõe que não há uma relação de proporcionalidade entre os *inputs* e/ou *outputs* das DMU's, sendo, portanto, mais flexível que o modelo CCR (CHARNES; COOPER; THRALL, 1991). Além disso, análises na perspectiva da DEA com orientação a insumos (se mantém a produção e se reduz os insumos), ou a produtos (se mantém os insumos e eleva-se a produção) (FERREIRA; GOMES, 2020).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo é classificado como descritivo, com abordagem quantitativa, visto que, segundo Hair Júnior *et al.* (2005), pesquisas dessa natureza permitem inferências estatísticas, por estarem ancoradas em um forte arcabouço estatístico. Quanto à temporalidade, o estudo tem a natureza transversal, pois analisa dados referentes ao ano de 2018. A escolha da transversalidade é um fator importante por contribuir com um entendimento mais preciso sobre um determinado momento do objeto de estudo (RAIMUNDO; ECHEIMBERG; LEONE, 2018).

O método de pesquisa utilizado foi o não experimental, visto que, segundo Gil (2002), não há controle sobre as variáveis do objeto de estudo. Utilizou-se ainda o método de amostragem não probabilística intencional, visto que o pesquisador define os critérios de seleção dos casos válidos (GIL, 2002). Assumiu-se como único critério de seleção das propriedades, as que utilizaram mão de obra familiar e contratada, conhecidas, segundo Lopes *et al.* (2007) e Ferrazza *et al.* (2020),

como propriedades com mão de obra mista. Essa escolha foi necessária para que não houvesse nenhuma variável da amostra com valor igual ou inferior a zero, conforme orienta Ferreira e Gomes (2020).

A técnica de coleta de dados foi a documental, por analisar dados disponibilizados por outras instituições (MARTINS; THEÓPHILO, 2016) e *ex-post-facto*, quando os dados se referem a um momento transcorrido no passado, cujos pesquisadores não exercem influência sobre eles (GIL, 2002). As técnicas de análises dos dados utilizadas foram a Análise por Envoltória de Dados (DEA), para definição dos escores de eficiência, e análise descritiva com teste de comparação de médias.

Os dados foram coletados mensalmente no ano de 2018 por técnicos especializados que prestam assistência técnica e gerencial aos produtores de leite participantes do Projeto Educampo, desenvolvido pelo Sebrae Minas. Esses dados foram disponibilizados com uma correção monetária realizada por meio do IGP-DI, indexador da Fundação Getúlio Vargas (FGV), para fevereiro/2019. Optou-se por realizar uma nova atualização, para junho/2021, utilizando o mesmo indexador (FGV, 2021).

O primeiro procedimento foi a definição do modelo e da orientação da DEA. Com isso, optou-se por utilizar o modelo CCR (GOMES *et al.*, 2018; BUSS; SABBAG; MENDIETA, 2020) orientado a insumos, pois, em propriedades leiteiras, entende-se ser mais aplicável reduzir a utilização de insumos (sem alterar a produção) do que elevar a escala de produção (sem alterar a quantidade de insumos utilizados).

Posteriormente, foram calculados os escores de eficiência das propriedades analisadas. Para isso, utilizando-se a Análise por Envoltória de Dados (DEA), seguiu-se as recomendações de Ferreira e Gomes (2020): excluindo os casos omissos (*missing*), cujas variáveis apresentaram valores iguais ou menores que zero. Quanto aos casos discrepantes (*outliers*), os autores recomendam que sejam analisados caso a caso, antes de sua exclusão. Sendo assim, optou-se por excluí-los da amostra, visto que, com eles, a amostra ficou demasiadamente heterogênea. Deste modo, da amostra inicial que continha 485 casos válidos, foram excluídas 200 propriedades classificadas como mão de obra familiar ou contratada e outras 47, por não atenderem aos critérios supracitados da DEA (*outliers*, *missing* e valores negativos), permanecendo nas análises 238 propriedades, doravante denominadas também por Unidades Tomadoras de Decisão (no Inglês, *Decision Marking Units* – DMU) (DYSON *et al.*, 2001).

Para a definição das variáveis de entrada (*inputs*), considerou-se a classificação dos insumos proposta por Lopes *et al.* (2004): (i) mão de obra (pessoas/dia); (ii) sanidade (R\$); (iii) energia (R\$); (iv) ordenha; (v) inseminação artificial; e (vi) manutenção de máquinas, equipamentos e benfeitorias. Os autores propuseram, ainda, os gastos com alimentação, mas, devido sua grande expressividade na atividade leiteira, optou-se por analisar seus dois componentes mais relevantes: (vii) gastos com concentrado e com (viii) produção de volumoso. Por fim, considerou-se também o (ix) capital investido na atividade leiteira, visto que é um importante recurso produtivo de propriedades leiteiras (EVINK; ENDRES, 2017)). Ressalta-se que, nesta pesquisa, os dados não continham informações sobre o investimento em terra e animais, motivo pelo qual não foram considerados. Como variável de saída (*output*), considerou-se apenas a (x) produção diária de leite (litros/dia). Tradicionalmente, a Regra de Ouro (*Golden Rule*) recomenda que haja no mínimo 2 a 3 vezes mais DMU's do que variáveis (BANKER *et al.*, 1989). Ferreira e Gomes (2020), por outro lado, recomendam que a quantidade de DMU's seja, no mínimo, quatro a cinco vezes mais que o número de variáveis. Nesta pesquisa, ambos os critérios foram atendidos.

Após a análise de programação linear, que definiu os escores de eficiência, realizados pela DEA, fez-se o agrupamento das propriedades em três níveis de eficiência: alta, média e baixa. A definição desses *clusters* se deu pela estratificação das DMU's na fronteira de produção (escore igual a 1,000) e agrupamento das demais DMU's, menos eficientes, por meio da análise de *cluster* hierárquica, utilizando, para tanto, o método *Ward* com Distância Euclidiana ao Quadrado (HAIR JÚNIOR *et al.*, 2005). Posteriormente, realizou-se a análise descritiva e o teste *Tukey*, de comparação de médias, ao nível de significância de 5% (ANASTASIOU; GAUNT, 2020). Utilizou-se os *softwares* MaxDEA<sup>®</sup>, para a definição dos escores de eficiência da DEA, e o IBM SPSS<sup>®</sup>, para as análises de *cluster*, descritiva e teste de comparação de médias.

A análise do desempenho econômico das propriedades (DMU's) se deu por meio da Metodologia dos Custos Operacionais, proposta por Matsunaga *et al.* (1976), considerada por Lopes *et al.* (2004) como uma importante metodologia para se analisar custos de produção de propriedades leiteiras. Nessa metodologia, os custos e despesas são estratificados em Custo Operacional Efetivo (COE), compreendendo o somatório dos desembolsos da atividade leiteira, e Custo Operacional Total (COT), somatório do COE e de custos não desembolsáveis (mão de obra familiar e depreciações) (MATSUNAGA *et al.*, 1976). Os autores apresentam ainda os conceitos de margens bruta (Receitas totais menos o COE) e líquida (Receitas totais menos o COT) para

apurar os resultados da atividade. Utilizou-se ainda o ponto de paridade, proposto por Schoeps (1992) na Metodologia do Custeio Direto (essa metodologia compreende alocar aos produtos e serviços os custos diretos variáveis), como um indicador de complementação da Metodologia dos Custos Operacionais, tendo em vista que não permite calcular o ponto de equilíbrio da atividade leiteira, por não estratificar os custos em fixos e variáveis.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos *clusters* discriminantes agrupou as propriedades com escores: igual a 1,000 (72 DMU's); entre 0,999 e 0,765 (112 DMU's); e menor que 0,764 (54 DMU's); denominadas DMU's com alta, média e baixa eficiência, respectivamente. Das DMU's com alta eficiência, 52,77% delas foram adquiridas por herança, sendo o *cluster* com o menor percentual de propriedades herdadas, seguidos de 54,46% e 57,40% para as DMU's com média e baixa eficiência, respectivamente. Nos *clusters* com alta, média e baixa eficiência, 38,89%, 40,04% e 38,89% das DMU's foram compradas, respectivamente. É possível que produtores que compram suas propriedades tenham maior motivação para produzir leite, devido a interesses econômicos, sociais, entre outros, explicando a menor predominância de propriedades herdadas, na comparação entre os agrupamentos. Apenas 8,44%, 4,50% e 3,71% delas advêm de arrendamentos ou parcerias de trabalho.

Constatou-se que 88,89%, 89,29% e 79,63% dos produtores das DMU's com alta, média e baixa eficiências são filhos de produtores rurais, respectivamente. Além disso, 59,72%, 63,39% e 55,56% dos descendentes dos produtores das DMU's com alta, média e baixa eficiência tem interesse em continuar na atividade, respectivamente. Na pecuária leiteira de Minas Gerais, a tradição familiar e a sucessão geracional na produção de leite parece ser um elemento de grande importância para o setor. É possível que a tradição familiar esteja presente também em outros estados brasileiros visto que, segundo Moreira *et al.* (2020), esta é a realidade em outros estados, como, por exemplo, o Rio Grande do Sul.

O *cluster* com baixa eficiência apresentou menor quantidade de DMU's, cujo leite é a principal fonte de renda da família, em comparação aos demais (TABELA 4). Além disso, as DMU's com baixa eficiência foram as que mais diversificaram sua renda. A diversificação de renda pode ser uma estratégia para que produtores se mantenham na atividade leiteira, devido à

conciliação do tempo de trabalho para a realização de outras atividades econômicas nas propriedades (LUCCA; AREND, 2019). Contudo, é possível que a diversificação de atividades no meio rural contribua com a redução da eficiência técnica de propriedades leiteiras, tendo em vista que as mais eficientes foram as que possuem o maior percentual delas tendo a atividade leiteira como a principal ou única fonte de renda das famílias. Uma explicação para isso é que propriedades que trabalham com monocultura podem ter maiores escalas de produção, quando comparadas àquelas que trabalham com policultura e, conseqüentemente, com otimização dos recursos e maior eficiência dos processos.

Tabela 4 – Análise descritiva de características socioeconômicas das propriedades leiteiras (DMU's).

Item	Nível de eficiência		
	Alta	Média	Baixa
Leite é a principal fonte de renda da família	76,39	63,39	59,26
A propriedade é a única fonte de renda	61,11	62,50	42,59
Possui acesso à internet	79,17	79,46	90,74
Participa de cooperativa de produção	69,44	55,36	62,96
Participa de sindicato	48,61	43,75	50,00
Participa de cooperativa de crédito	27,78	25,00	24,07
Participa de associação	51,39	50,89	50,00
Tem regularização ambiental	54,17	49,11	57,41
Tem regularização de reserva legal	72,22	56,25	64,81
Tem regularização de água	51,39	41,96	53,70
Possui certificação ambiental	33,33	25,00	29,63
Possui certificação social	6,94	2,68	1,85

Nota: DMU: *Decision making unit*.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

O acesso à internet foi um fator de realidade na maioria das propriedades analisadas (TABELA 4). A utilização de internet é especialmente útil para contribuir com a busca de informações por produtores de leite, mantendo-os informados sobre novidades e inovações para o setor (BASSOTTO *et al.*, 2019). É possível que o acesso à internet contribua para que propriedades leiteiras melhorem suas eficiências técnicas devido à busca por novas informações.

A maioria dos produtores participa de organizações coletivas, sendo as cooperativas de produção, as mais recorrentes (TABELA 4). Além disso, aproximadamente 50% dos produtores, dos três *clusters*, participam de associações. Tais resultados indicam que, em Minas Gerais, é possível que produtores de leite sejam motivados a participarem de organizações coletivas dessa natureza. Contudo, menos da metade dos produtores participam de sindicatos de classe, indicativo que produtores (possivelmente) preferem associações e/ou cooperativas a sindicatos.

Não houve grande variação entre a quantidade de DMU's que possuem regularização ambiental, de reserva legal e água com diferentes níveis de eficiência (TABELA 4). Contudo, as DMU's com média eficiência foram as que apresentaram menos casos de propriedades regularizadas. Percebe-se que, em Minas Gerais, há preocupação de produtores de leite com questões relacionadas ao meio ambiente, pois em média, mais de 50% deles possuem essas regularizações.

Apenas 68 (28,57%) e nove (3,78%) DMU's analisadas possuem certificação ambiental e social, respectivamente. O *cluster* com o maior percentual de propriedades certificadas foi o com alto nível de eficiência, com 33,33% e 6,94% das DMU's com certificação ambiental e social, respectivamente. As certificações ambientais foram mais comuns que as sociais em Minas Gerais. Salienta-se que não foram encontradas publicações que abordem questões relacionadas a certificações sociais no Brasil. Este parece ser um tema ainda pouco estudado e que carece de maiores pesquisas para compreender como essas certificações contribuem com o desenvolvimento de propriedades leiteiras. É possível que essas certificações contribuam com o aumento da eficiência técnica de propriedades leiteiras, se favorecer na melhor utilização dos recursos produtivos. Além disso, podem ainda serem mais recorrentes em propriedades mais eficientes devido a maiores níveis de atenção desses produtores quanto à importância de questões ligadas à sustentabilidade. Steidle Neto e Lopes (2020) salientam que a sustentabilidade é um tema atual e de fundamental importância para o setor.

As quatro raças predominantes dos rebanhos leiteiros mais encontradas foram: (i) holandês; (ii) Gir leiteiro; (iii) *Jersey*; e, (iv) Guzerá. Contudo, a Guzerá foi a que apresentou menor representatividade entre as raças utilizadas, presente apenas em uma DMU. A raça de maior predominância foi a holandesa nos três *clusters* analisados, seguida da raça Gir leiteiro. Nenhuma das propriedades analisadas apresentou animais sem raça definida (mestiços) como raça predominante. Nas propriedades estudadas, há pouca diversificação de raças utilizadas para a produção de leite, predominando animais puros ou com cruzamentos de holandês e gir leiteiro, com pouca incidência de animais mestiços.

Embora a raça possa interferir na composição do leite (LUDOVICO; TRENTIN; RÊGO, 2019), isso parece não ter sido decisivo para discriminar DMU's com diferentes níveis de eficiência quanto à composição do leite, pois não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre elas (TABELA 5). A literatura aponta que outros fatores influenciam na composição do leite, como alimentação e

sanidade do rebanho (DEFANTE *et al.*, 2019; ALVES; DANTAS; GUSMÃO, 2020). Contudo, nesta pesquisa, parece não haver grandes efeitos (da eficiência técnica de propriedades leiteiras quanto à utilização dos insumos sobre a composição do leite nas propriedades analisadas ( $p>0$ )).

Tabela 5 – Composição e qualidade do leite das propriedades leiteiras (DMU's).

Parâmetro	Item	Nível de eficiência					
		Alta		Média		Baixa	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Composição do leite (%)	Etrato seco não gorduroso	12,34	0,94	12,04	1,32	12,29	1,21
	Teor de gordura	3,77	0,24	3,80	0,20	3,85	0,28
	Teor de proteína	3,27	0,08	3,29	0,07	3,30	0,09
Qualidade do leite (UFC/mL x 1.000)	Cont. Padrão em Placa (CPP)	37	47	32	58	28	46
	Cont. de Células Somáticas (CCS)	372	195	414	278	391	156

Notas: Não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre as médias nos três níveis de eficiência, pelo teste Tukey; DMU: *Decision making unit*.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Segundo a Instrução Normativa nº 76/2018 (IN 76), a contagem padrão em placa (CPP) indica a qualidade do leite em níveis microbiológicos e, quando menores, sugerem que há melhor qualidade no leite, cujos valores devem ser inferiores a 300.000 UFC/mL de leite (BRASIL, 2018). Constata-se que a média das DMU's com diferentes níveis de eficiência está muito abaixo dos limites preconizados pela legislação vigente (TABELA 5). Contudo, conforme mostra o desvio padrão (maior que a média), observa-se que os três *clusters* analisados são muito heterogêneos.

A contagem de células somáticas (CCS) indica a saúde das glândulas mamárias e, consequentemente, a qualidade do leite (ALVES; DANTAS; GUSMÃO, 2020). Para atender à legislação em vigor, deve estar abaixo de 500.000 UFC/mL de leite (BRASIL, 2018). A média das DMU's com diferentes níveis de eficiência estão abaixo dos valores máximos preconizados pela legislação vigente. Além disso, não se pode afirmar que propriedades com maior eficiência técnica na utilização dos insumos tendem a ter melhores parâmetros de qualidade do leite, uma vez que não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre as variáveis.

As receitas totais foram compostas pelo somatório da venda do leite, animais, subprodutos e acréscimos por qualidade e/ou volume da produção, descontando-se eventuais penalizações devido à má qualidade (TABELA 6). As bonificações por qualidade e volume foram definidas pelas empresas compradoras do leite, cujas propriedades que apresentaram valores melhores que os níveis preestabelecidos são bonificadas e, aquelas que não o apresentaram, são penalizadas.

Tabela 6 – Desempenho econômico das propriedades leiteiras (DMU's).

Item	Nível de eficiência								
	Alta			Média			Baixa		
	Média	% <sup>1</sup>	DP	Média	% <sup>1</sup>	DP	Média	% <sup>1</sup>	DP
Receitas Totais <sup>2</sup>	216,12 <sup>a</sup>	100,0	18,98	221,2 <sup>a</sup>	100,0	24,59	217,67 <sup>a</sup>	100,0	28,17
Leite <sup>2</sup>	181,98 <sup>a</sup>	84,53	19,85	183,83 <sup>a</sup>	83,67	17,66	180,27 <sup>a</sup>	83,50	16,75
Adicional de qualidade/volume <sup>2</sup>	17,08 <sup>a</sup>	7,79	13,57	19,07 <sup>a</sup>	8,63	13,61	18,37 <sup>a</sup>	8,50	10,58
Bonificações <sup>2</sup>	17,86 <sup>a</sup>	8,17	13,76	20,08 <sup>a</sup>	9,09	13,80	19,84 <sup>a</sup>	9,18	11,00
Penalizações <sup>2</sup>	-0,78 <sup>a</sup>	0,37	1,67	-1,01 <sup>a</sup>	0,47	1,58	-1,48 <sup>a</sup>	0,68	2,24
Animais <sup>2</sup>	15,16 <sup>a</sup>	6,82	15,74	14,96 <sup>a</sup>	6,32	19,15	17,18 <sup>a</sup>	7,16	23,56
Outros <sup>2</sup>	1,91 <sup>a</sup>	0,86	6,01	3,34 <sup>a</sup>	1,38	10,11	1,85 <sup>a</sup>	0,84	3,34
Custo Operacional Total (COT) <sup>2</sup>	178,96 <sup>a</sup>	83,15	19,80	206,94 <sup>b</sup>	94,19	30,86	255,45 <sup>c</sup>	118,93	42,06
Mão de obra familiar <sup>2</sup>	9,73 <sup>a</sup>	4,54	6,44	9,61 <sup>a</sup>	4,44	5,75	10,68 <sup>a</sup>	5,01	5,91
Depreciações <sup>2</sup>	20,03 <sup>a</sup>	9,40	10,56	23,71 <sup>a</sup>	10,90	11,63	32,84 <sup>b</sup>	15,24	14,49
Custo Operacional Efetivo (COE) <sup>2</sup>	149,20 <sup>a</sup>	69,21	19,58	173,62 <sup>b</sup>	78,85	28,22	211,94 <sup>c</sup>	98,68	35,77
Alimentação <sup>2</sup>	94,64 <sup>a</sup>	43,78	17,64	107,37 <sup>b</sup>	48,87	13,56	124,21 <sup>c</sup>	57,81	24,44
Concentrada <sup>2</sup>	67,41 <sup>a</sup>	31,22	14,82	72,42 <sup>a</sup>	32,90	12,23	81,02 <sup>b</sup>	37,74	26,98
Volumosa <sup>2</sup>	21,02 <sup>a</sup>	9,68	10,68	26,61 <sup>b</sup>	12,21	9,94	33,85 <sup>c</sup>	15,76	8,20
Mineral <sup>2</sup>	5,36 <sup>a</sup>	2,48	3,63	6,98 <sup>b</sup>	3,14	4,31	7,94 <sup>b</sup>	3,66	4,97
Outros <sup>2</sup>	0,85 <sup>a</sup>	0,39	1,18	1,36 <sup>a</sup>	0,61	1,58	1,41 <sup>a</sup>	0,66	1,48
Mão de obra contratada <sup>2</sup>	20,68 <sup>a</sup>	9,72	9,10	24,48 <sup>a</sup>	11,17	11,46	32,46 <sup>b</sup>	15,18	14,18
Salários <sup>2</sup>	16,02 <sup>a</sup>	7,52	8,06	18,36 <sup>a</sup>	8,41	9,33	23,74 <sup>b</sup>	11,10	10,29
Encargos sociais <sup>2</sup>	2,00 <sup>a</sup>	0,95	1,88	2,82 <sup>a</sup>	1,27	2,36	3,86 <sup>b</sup>	1,81	2,92
Assistência técnica <sup>2</sup>	2,01 <sup>a</sup>	0,95	1,27	2,63 <sup>b</sup>	1,19	1,30	3,39 <sup>c</sup>	1,60	2,21
Outros <sup>2</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,30	1,37	0,64 <sup>a</sup>	0,28	1,63	1,47 <sup>b</sup>	0,66	2,14
Energia <sup>2</sup>	8,50 <sup>a</sup>	3,97	3,46	10,82 <sup>b</sup>	4,94	4,00	13,29 <sup>c</sup>	6,17	3,79
Energia elétrica <sup>2</sup>	4,96 <sup>a</sup>	2,31	2,28	6,20 <sup>b</sup>	2,83	2,70	6,82 <sup>b</sup>	3,17	2,11
Combustíveis <sup>2</sup>	3,54 <sup>a</sup>	1,66	2,22	4,62 <sup>b</sup>	2,11	2,53	6,47 <sup>c</sup>	3,00	2,37
Manutenções <sup>2</sup>	4,89 <sup>a</sup>	2,30	4,28	6,08 <sup>ab</sup>	2,70	4,57	6,69 <sup>b</sup>	3,11	4,11
Sanidade <sup>2</sup>	6,78 <sup>a</sup>	3,14	3,17	8,71 <sup>b</sup>	3,97	3,22	10,69 <sup>c</sup>	5,01	3,96
Preventiva <sup>2</sup>	2,31 <sup>a</sup>	1,08	1,63	2,38 <sup>a</sup>	1,10	1,63	2,59 <sup>a</sup>	1,23	1,67
Curativa <sup>2</sup>	4,35 <sup>a</sup>	2,01	2,34	6,13 <sup>b</sup>	2,79	2,55	7,91 <sup>c</sup>	3,69	3,68
Outros <sup>2</sup>	0,12 <sup>a</sup>	0,06	0,26	0,20 <sup>a</sup>	0,09	0,37	0,19 <sup>a</sup>	0,09	0,34
Ordenha <sup>2</sup>	2,66 <sup>a</sup>	1,23	1,70	3,59 <sup>b</sup>	1,64	1,55	4,61 <sup>c</sup>	2,16	1,93
Taxas e impostos <sup>2</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,16	0,49	0,24 <sup>a</sup>	0,11	0,28	0,33 <sup>a</sup>	0,16	0,37
Inseminação artificial (IA) <sup>2</sup>	1,65 <sup>a</sup>	0,76	1,44	2,60 <sup>b</sup>	1,17	1,60	3,8 <sup>c</sup>	1,77	1,86
Despesas diversas <sup>2</sup>	5,43 <sup>a</sup>	2,46	7,46	4,57 <sup>a</sup>	2,01	7,73	11,44 <sup>a</sup>	5,30	19,76
Margem Bruta <sup>2</sup>	66,92 <sup>a</sup>	30,79	20,18	47,57 <sup>b</sup>	21,15	26,92	5,73 <sup>c</sup>	1,32	45,01
Margem Líquida <sup>2</sup>	37,16 <sup>a</sup>	16,85	22,04	14,26 <sup>b</sup>	5,81	31,36	-37,79 <sup>c</sup>	-18,93	49,74
Lucratividade (%)	16,85 <sup>a</sup>	-	9,43	5,81 <sup>b</sup>	-	14,46	-18,93 <sup>c</sup>	-	24,05
Mão de obra (Qtde. de pessoas)	3,9 <sup>a</sup>	-	2,14	4,6 <sup>a</sup>	-	3,51	4,1 <sup>a</sup>	-	2,60
Contratada (Qtde. de pessoas)	2,8 <sup>a</sup>	-	2,20	3,5 <sup>a</sup>	-	3,24	3,2 <sup>a</sup>	-	2,57
Familiar (Qtde. de pessoas)	1,2 <sup>a</sup>	-	0,9	1,1 <sup>a</sup>	-	0,8	0,9 <sup>a</sup>	-	0,6
Produtividade (litros/pessoa/dia)	448 <sup>a</sup>	-	191,9	427 <sup>a</sup>	-	153	319 <sup>b</sup>	-	108
Produção (litros/dia)	1.900 <sup>ab</sup>	-	1.752,1	2.066 <sup>a</sup>	-	1.762	1.331 <sup>b</sup>	-	1.059
Ponto de paridade – PP (litros/dia)	1.566 <sup>a</sup>	-	1.500	1922 <sup>a</sup>	-	1.663	1.512 <sup>a</sup>	-	1.070
Diferença Produção-PP (litros) <sup>3</sup>	334 <sup>a</sup>	-	312	145 <sup>b</sup>	-	345	-182 <sup>c</sup>	-	268

Notas: Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as médias ( $p < 0,05$ ), pelo teste Tukey; DMU: *Decision making unit*; <sup>1</sup>Percentual sobre as receitas totais; <sup>2</sup>Índices expressos na unidade R\$/100 litros; <sup>3</sup>Produção diária de leite subtraída da produção no ponto de paridade.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Não houve diferença estatística ( $p > 0,05$ ) das receitas da atividade entre DMU's com diferentes níveis de eficiência. Não se pode afirmar que diferentes níveis de eficiência técnica sejam influenciados pelas receitas totais, venda de leite, animais, subprodutos e bonificações ou penalizações por qualidade/volume de leite comercializado.

Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) das médias do Custo Operacional Total (COT) entre os três *clusters* analisados (TABELA 6). Os COT's das DMU's com baixa e média eficiência foram, respectivamente, 42,74% e 15,64% superiores àqueles com alta eficiência. Nas propriedades analisadas, maiores eficiências técnicas foram identificadas com a redução do COT. É possível que o aumento da eficiência na utilização dos insumos possa contribuir para que menos recursos financeiros sejam destinados para este fim, reduzindo os custos de produção.

Dentre seus componentes, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) das depreciações entre as DMU's com baixa eficiência e as com alta e média eficiência, que foram semelhantes entre si (Tabela 6). As DMU's com baixa eficiência apresentaram depreciação 63,95% superior que aquelas com alta eficiência (com  $p < 0,05$ ). É possível que, nas DMU's com baixa eficiência, haja maior capital investido na atividade, condição que justificaria tal aumento, indicando que essas propriedades necessitam ter maiores escalas de produção para que a representatividade da depreciação na atividade seja minimizada, pois segundo Ferrazza *et al.* (2020), é considerada um custo fixo da atividade leiteira.

O Custo Operacional Efetivo (COE) das DMU's com baixa e média eficiência foi, em média, 42,05% e 15,37% superior daquelas com alta eficiência ( $p < 0,05$ ; TABELA 6). Tais resultados sugerem que propriedades leiteiras mais eficientes tenham menores COE's, quando comparadas a outras, menos eficientes, devido, entre outros fatores, à melhor utilização dos insumos. Dentre seus componentes, os custos com alimentação são considerados os mais expressivos, equivalendo, aproximadamente, a 60% do COE (LOPES *et al.*, 2004). Nesta pesquisa, a alimentação representou 63,43%, 61,84% e 58,61% do COE nos *clusters* com alta, média e baixa eficiência, respectivamente ( $p < 0,05$ ). Os custos com alimentação somente devem ser reduzidos se não interferirem na nutrição do rebanho. Do mesmo modo, é possível que propriedades mais eficientes sejam aquelas que tenham menores COE's; porém com maior concentração dos dispêndios com alimentação dos animais (superior a 60% do COE).

Os custos com alimentação foram estratificados em volumosos, concentrados, minerais e outros (TABELA 6). A alimentação volumosa apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) nos três

*clusters* analisados, com redução da sua utilização à medida que se aumentou o nível de eficiência das DMU's. Os gastos com volumoso representaram 14,09%, 15,33% e 15,97% nas DMU's com alta, média e baixa eficiência ( $p < 0,05$ ). Para que haja melhores eficiências técnicas, é possível que propriedades leiteiras tenham que comprometer em torno de 14% do total gasto com alimentação para a produção de volumosos, garantindo, evidentemente, elevadas quantidade e qualidade na produção de alimentos dessa natureza. Esses resultados foram superiores aos encontrados por Santos e Lopes (2012), que identificaram representatividade de 11,48% deste componente sobre a alimentação.

As DMU's com baixa eficiência apresentaram consumos de alimentação concentrada 11,88% e 20,19% superiores àquelas com média e alta eficiência ( $p < 0,05$ ). É possível que, nessas propriedades, tenha havido desperdício de concentrados, ocasionados por problemas como má utilização, de estocagem, má qualidade do volumoso ou superalimentação, dentre outros. Lazarini, Lopes e Cardoso (2017) salientam que a utilização de suplementação concentrada de forma inapropriada (sem balanceamento da dieta) eleva os custos pela utilização de insumos em excesso (superalimentação) ou reduzir a produção de leite devido a problemas nutricionais (subalimentação). Contudo, nesta pesquisa, os concentrados representaram 38,23%, 41,71% e 45,18% da alimentação nas DMU's com baixa, média e alta eficiência, respectivamente. Embora as DMU's mais eficientes tenham gasto menos concentrado (TABELA 6), a representatividade do insumo sobre a alimentação foi maior, sugerindo que, nessas propriedades, houve maior equilíbrio entre a quantidade de recursos destinados à alimentação que devem ser utilizados com concentrados.

A mão de obra contratada apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) apenas entre as DMU's com baixa eficiência e as demais (TABELA 6). O valor gasto com mão de obra contratada costuma ser o segundo item de maior relevância no COE, variando em função do tipo de mão de obra da propriedade, que pode ser familiar, mista ou contratada (LOPES *et al.*, 2007; FERRAZZA *et al.*, 2020). Como neste estudo, considerou-se apenas propriedades com mão de obra mista, é possível que a diferença estatística ( $p < 0,05$ ) esteja atrelada a questões como eficiência da mão de obra utilizada, quantidade de familiares que atuam na atividade ou nível de tecnificação das propriedades analisadas.

Neste estudo, não se pode afirmar que, entre as propriedades mais eficientes, houve menor quantidade de pessoas trabalhando na atividade ( $p > 0,05$ ; TABELA 6). Contudo, uma vez que

apenas as propriedades com baixa eficiência apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) com as demais, é possível que, nesses casos, o aumento da mão de obra utilizada esteja atrelado a uma maior quantidade de colaboradores registrados, tendo em vista que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) dos salários e encargos sociais apenas entre o *cluster* com baixa eficiência e os demais.

As propriedades com alta eficiência, em média, gastaram menos com assistência técnica do que as com média e baixa eficiência ( $p < 0,05$ ; TABELA 6). A assistência técnica é fundamental para o desenvolvimento de propriedades leiteiras, contribuindo com o aumento da escala de produção (GOMES et al., 2018) e produtividade. Desse modo, maiores dispêndios com assistência técnica de qualidade contribuem com o aumento da eficiência dos processos e da escala de produção. Como consequência, seus custos unitários podem ser reduzidos.

Os custos com energia compreendem os dispêndios com energia elétrica e combustíveis (TABELA 6). Nas DMU's com média e baixa eficiência, estes dispêndios foram, em média, 27,29% e 56,35% superior que o *cluster* com alta eficiência, respectivamente ( $p < 0,05$ ). Quanto maior a eficiência das DMU's, maior foi a representatividade de energia elétrica sobre a energia total, (51,33%, baixa eficiência; 57,28%, média eficiência; e 58,36%, alta eficiência). Do mesmo modo, proporcionalmente, o consumo de combustíveis reduziu com o aumento percentual no consumo de energia e, conseqüentemente, do nível de eficiência das DMU's.

Os resultados com energia e seus componentes (TABELA 6) sugerem que, para que haja aumento da eficiência técnica de propriedades leiteiras, são necessárias, entre outras, duas condições: redução dos custos com energia; e maior utilização de energia elétrica do que combustíveis. A utilização elevada de combustíveis pode indicar maior quantidade de máquinas investidas na atividade e, por sua vez, contribuir com a elevação das manutenções de máquinas, equipamentos e implementos. Tais manutenções apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) apenas entre DMU's com alta e baixa eficiência, reforçando este entendimento. Gestores devem se preocupar com esses custos, por estarem ligados a propriedades com elevado capital investido, impactando os custos de produção.

O grupo sanidade compreende os custos com a saúde dos animais, quer seja preventivos ou curativos. Houve diferença estatística ( $p < 0,05$ ; Tabela 6) entre os três *clusters*, indicando que as DMU's mais eficientes gastaram mais com sanidade e, em especial com a curativa. É possível que, em propriedades mais eficientes, os animais apresentem menores riscos de doenças, explicando a

baixa utilização de insumos para a sanidade curativa. Isso está ligado, segundo Lopes *et al.* (2012), à eficiência do processo produtivo.

Os custos com ordenha apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os três *clusters* analisados (TABELA 6), cujas DMU's com alta eficiência foram as que gastaram menos desses insumos. Os processos de ordenha são especialmente importantes, pois contribuem com a geração de renda de propriedades leiteiras, advindas do adicional por qualidade do leite (ALVES; DANTAS; GUSMÃO, 2020). Ou seja, as DMU's mais eficientes e com melhores desempenhos dos processos de ordenha, podem ter utilizado insumos ligados aos processos de ordenha com maior eficiência. Contudo, uma vez que não tenha havido diferença significativa ( $p > 0,05$ ) da qualidade do leite (TABELA 5), é possível que a redução dos gastos com materiais de ordenha, nesta pesquisa, não venham a impactar significativamente na qualidade do leite e, conseqüentemente, nas receitas com bonificação, desde que as condições ideais para que o leite tenha boa qualidade sejam realizadas, de forma apropriada.

As DMU's com média e baixa eficiência gastaram, em média, 57,58% a mais com inseminação artificial do que aquelas com alta eficiência, respectivamente (TABELA 6). Os menores gastos com inseminação artificial estão relacionados a uma sanidade e nutrição do rebanho mais eficientes. Morais *et al.* (2020) corroboram com este entendimento e acrescentam que isso ocorre devido a taxas de prenhes mais elevadas das vacas, indicativo de maior eficiência.

A margem bruta é a diferença entre as receitas totais e o COE (FERRAZZA *et al.*, 2020). Nas DMU's com alta eficiência, a margem bruta foi, em média, 40,68% e 1.067,89% superiores às daquelas com média e baixa eficiência, respectivamente ( $p < 0,05$ ; TABELA 6). Implica dizer que a maximização dos insumos foi fundamental para que o referido indicador se elevasse, permitindo concluir que, quanto maior for a eficiência técnica de propriedades leiteiras, maior poderá ser a margem bruta da atividade. Logo, propriedades com margem bruta elevada são consideradas como eficientes quanto à utilização dos insumos em seus processos produtivos.

A margem líquida é a diferença entre as receitas totais e o COT (FERRAZZA *et al.*, 2020), com diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os três *clusters* analisados, sendo as DMU's com baixa eficiência as únicas a apresentarem margem líquida negativa (TABELA 6). As DMU's com alta eficiência apresentaram margem líquida 162,43% superiores às daquelas com média eficiência. Esses resultados indicam que a eficiência na utilização dos insumos é fundamental para que propriedades

leiteiras tenham elevadas margens líquidas. Do mesmo modo, é possível que este indicador possa ser considerado como um indicativo de eficiência técnica de propriedades leiteiras.

A lucratividade das DMU's com alta, média e baixa eficiência foi de 16,85%, 14,46% e -18,93%, respectivamente ( $p < 0,05$ ; TABELA 6). Esses resultados reforçam o entendimento de que a eficiência do processo produtivo de propriedades leiteiras é fundamental para que haja melhor desempenho econômico/financeiro da atividade, corroborando com Lopes *et al.* (2021), que evidenciam a importância deste indicador para a atividade leiteira. As propriedades que apresentem maiores lucratividades foram aquelas tecnicamente mais eficientes.

Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) da produtividade da mão de obra (litros/pessoa/dia) apenas entre as DMU's com baixa eficiência e as demais (TABELA 6). Esse indicador é fundamental para se analisar a eficiência da mão de obra utilizada na atividade leiteira (LOPES *et al.*, 2004). As propriedades com baixa eficiência podem ter utilizado mais trabalhadores para executar as atividades do processo de produção de leite. Além disso, é possível também que a produtividade média das vacas tenha sido menor.

Uma das limitações da metodologia dos Custos Operacionais é que não estratifica os custos em fixos e variáveis, impedindo que o ponto de equilíbrio seja calculado. Em seu artigo publicado sobre a metodologia do Custeio Direto, Schoeps (1992), propôs o indicador Ponto de Paridade, que permite retratar a produção no momento em que a receita total e o custo total são iguais, conceito equivalente ao *break even point* (ponto de equilíbrio). Tal indicador pode ser expresso em unidades de produção, reais ou percentual (SCHOEPS, 1992). Na atividade leiteira, o Ponto de Paridade permite analisar o momento em que receitas serão iguais ao COT, conferindo margem líquida igual a zero, razão pela qual foi adotada nesta pesquisa. Além disso, em propriedades cujos custos variáveis são maiores que as receitas com a venda de leite (margem contribuição negativa), o ponto de equilíbrio não pode ser calculado, condição que não ocorre no ponto de paridade, cujos resultados jamais serão negativos. Para calcular o ponto de paridade, nesta pesquisa, utilizou-se a seguinte equação, cujo resultado, é expresso em litros:

$$PP = \frac{COT}{RL}$$

Em que:

PP: Ponto de Paridade (litros);

COT: Custo Operacional Total (R\$);

RL: Receita total por litro de leite (R\$/litro).

Nesta pesquisa, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) do ponto de paridade em DMU's com diferentes níveis de eficiência (TABELA 6). Contudo, propriedades mais eficientes podem reduzir o COT, contribuindo para que o referido indicador seja menor. A esse respeito, uma vez que propriedades mais eficientes tendem a ter menores COT's, é possível que este indicador seja menor em cenários de maior eficiência técnica. Apenas nas DMU's com baixa eficiência, o ponto de paridade foi superior à produção média de leite/dia (TABELA 6), indicando que, em média, essas propriedades não conseguiram atingir a quantidade mínima de leite necessária para ter margem líquida igual a zero.

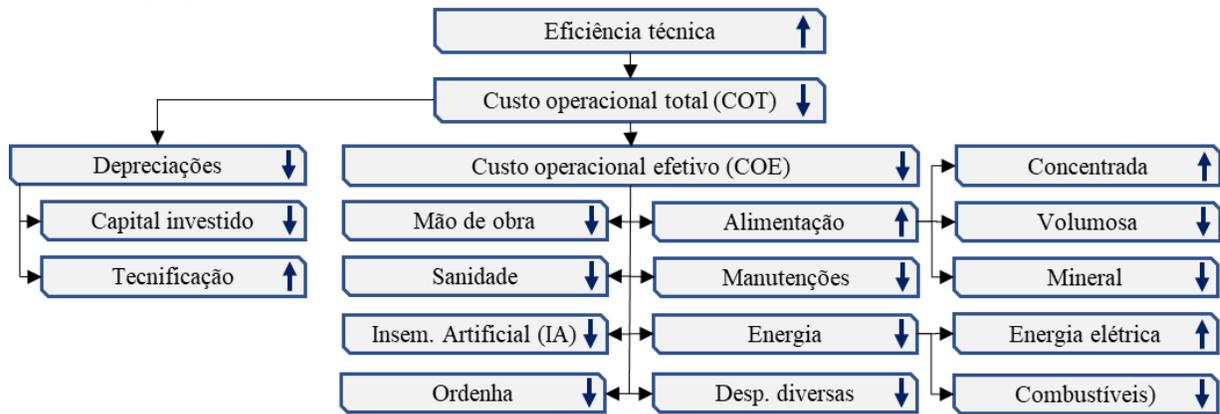
A diferença Produção-PP é a produção diária de leite subtraída da produção no ponto de paridade. Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) deste indicador nos três *clusters* analisados (TABELA 6). Apenas as propriedades com baixa eficiência apresentaram diferença Produção-PP negativa, indicando que a produção de leite está abaixo do ponto de paridade. Isso pode ser um indicativo de risco para essas propriedades, uma vez que a produção real foi inferior à necessária para cobrir os dispêndios. As propriedades com alta eficiência foram as que apresentaram maior diferença Produção-PP. Esta maior amplitude sugere que essas propriedades tenham menores possibilidades de terem prejuízo.

A correta tecnificação da atividade leiteira contribui com a elevação do capital investido e com a consequente melhoria da eficiência de propriedades leiteiras (EVINK; ENDRES, 2017). Diante disso, é possível que as DMU's com baixa eficiência tenham seus capitais investidos de forma inapropriada, não favorecendo o aumento da eficiência do processo produtivo. É fundamental que tomadores de decisão analisem a viabilidade econômica e financeira dos investimentos a serem realizados, antes de sua implementação com o intuito de se aumentar as possibilidades de retorno sobre o capital investido, sem onerar (desnecessariamente) os custos de produção.

Com os resultados desta pesquisa foi possível identificar os principais fatores que interferem na eficiência técnica de propriedades leiteiras sobre a perspectiva dos insumos (Figura 13). As setas (dentro das caixas) indicam o comportamento ideal do recurso para que propriedades leiteiras se tornem mais eficientes e as demais (fora das caixas) indicam o fluxo dos recursos para que haja maior eficiência técnica. Para que a eficiência técnica das DMU's aumente, é necessário que haja redução do Custo Operacional Total (COT) que, segundo Ferrazza *et al.* (2020), é composto pela mão de obra familiar, depreciações e Custo Operacional Efetivo (COE). Uma vez

que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os três *clusters* analisados sobre a mão de obra familiar (TABELA 6), para que haja redução do COT (com intuito de aumentar a eficiência técnica), é necessário reduzir as depreciações e o COE, sem que haja comprometimento das receitas.

Figura 13 – Comportamento de diferentes insumos em função do aumento da eficiência técnica de propriedades leiteiras no Estado de Minas Gerais.



Nota: O sentido das setas (dentro das caixas) indica o comportamento ideal do insumo para contribuir com o aumento da eficiência de propriedades leiteiras.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

As depreciações são influenciadas pelo nível de desenvolvimento tecnológico e capital investido na atividade leiteira (FIGURA 13). Com isso, sugere-se que a redução do capital investido ou aumento na escala de produção em níveis superiores ao aumento do nível de investimento, de modo que seja importante para propriedades leiteiras trabalharem com o mínimo de investimentos, sem que haja comprometimento da eficiência produtiva. Contudo, segundo Evink e Endres (2017), é necessário que haja aumento do desenvolvimento tecnológico do processo produtivo, que se dá, principalmente, pela elevação dos investimentos. Para solucionar esse dilema, é importante que tomadores de decisão avaliem se a realização de novos investimentos contribuirá com o aumento da escala de produção.

Para que o COE reduza, é necessário que haja melhoria da utilização dos recursos, reduzindo, desse modo, seu valor total gasto (FIGURA 13). Porém, é necessário que haja uma variação na participação de cada componente do COE sobre seu valor total. Nesse contexto, os componentes do COE (exceto a alimentação) devem reduzir seus valores absolutos e percentuais (sobre o COE) para que o mesmo possa diminuir. Embora seja importante reduzir os gastos com

alimentação (sem comprometer a qualidade nutricional do rebanho), é possível que, para aumentar a eficiência técnica de propriedades leiteiras, a redução dos gastos percentuais (sobre o COE) com alimentação sejam menores que os demais componentes do referido indicador de custo, condição que faria com que sua representatividade sobre o COE aumente. Além disso, os resultados sugerem que propriedades que utilizam mais energia elétrica apresentam melhores eficiências técnicas, quando comparadas àquelas que utilizam mais combustíveis.

Dentre os principais componentes da alimentação, os resultados também sugerem que a representatividade dos gastos com alimentação concentrada deve se aumentar, enquanto que os demais componentes (alimentação volumosa e mineral) devem reduzir suas representatividades sobre o COE (FIGURA 13), tendo em vista que as DMU's com alta eficiência gastaram 45,18% do COE com concentrados. Contudo, é válido esclarecer que o aumento da alimentação concentrada somente deve acontecer se houver alimentação volumosa em quantidade e qualidade suficientes. Desse modo, é tácito que tais análises somente sejam possíveis em propriedades que não apresentem problemas nutricionais do rebanho.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com esta pesquisa, objetivou-se identificar as principais características que diferenciam propriedades leiteiras no Estado de Minas Gerais. As propriedades mais eficientes apresentaram maiores lucratividades, sugerindo que este indicador pode ser utilizado como ferramenta de análise da eficiência técnica de propriedades leiteiras.

As propriedades leiteiras tecnicamente mais eficientes apresentaram melhores margens bruta e líquida e menores custos operacionais efetivos (COE) e totais (COT). Sendo assim, propriedades leiteiras com capital investido em excesso têm maiores custos com depreciações, comprometendo a eficiência da atividade leiteira. Além disso, as propriedades mais eficientes consumiram mais recursos com alimentação do que as menos eficientes, sugerindo que tal indicador é importante para se analisar a eficiência dessas propriedades. Contudo, nesta pesquisa, a raça predominante dos rebanhos e qualidade e composição do leite não discriminaram propriedades com diferentes níveis de eficiência.

Diante do apresentado, conclui-se que propriedades leiteiras com diferentes níveis de eficiência apresentaram características que as diferenciaram, indicando os principais aspectos que

influenciaram na eficiência técnica dessas propriedades. Ademais, a principal limitação desta pesquisa foi não dispor de dados suficientes que permitissem analisar, de forma comparativa, propriedades com mão de obra familiar, mista e contratada. Sugere-se que novos estudos sejam realizados, visando, principalmente, mensurar como esses indicadores comportam entre propriedades com mão de obra familiar e mista.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, M. P.; DANTAS, T. N. P.; GUSMÃO, T. A. S. Avaliação da qualidade de leite produzido no município de Caturité. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal/PB, v. 14, n. 1, p. 17-27, jan./mar. 2020.
- ANASTASIOU, A.; GAUNT, R. E. Multivariate normal approximation of the maximum likelihood estimator via the delta method. **Brazilian Journal of Probability and Statistics**, v. 34, n. 1, p. 136-149, 2020.
- ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SOUZA, Â. R. L.; SILVA, L. X. Gestão de custos na produção de soja e milho. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 279-294, apr. 2018.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W.; SWARTS, J.; THOMAS, D. A. An Introduction to Data Envelopment Analysis with Some of its Models and Their Uses. **Research in Governmental and Non-Profit Accounting**, v. 5, p. 125-163, 1989.
- BASSOTTO, L. C.; ANGELOCCI, M. A.; NAVES, L. P.; PUTTI, F. F. Relações de comercialização entre compradores e produtores de leite no sul de Minas Gerais. **Interações**, Campo Grande, v. 20, n. 1, p. 207-220, jan./mar. 2019.
- BRASIL. Instrução Normativa Nº 76, de 26 de Novembro de 2018. **Diário Oficial da União**, 2018. Disponível em: <[https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750137/do1-2018-11-30-instrucao-normativa-n-76-de-26-de-novembro-de-2018-52749894IN%2076](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750137/do1-2018-11-30-instrucao-normativa-n-76-de-26-de-novembro-de-2018-52749894IN%2076)>. Acesso em: 30 jul. 2021.
- BUSS, R. E.; SABBAG, O. J.; MENDIETA, F. H. P. Eficiência da produção leiteira na microrregião de Dourados/MS: aplicação da análise envoltória de dados. **Exacta**, v. 18, n. 3, p. 649-667, jul./set. 2020.
- CEPEA - Centro de Pesquisas Econômicas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP. PIB do agronegócio de Minas Gerais. **CEPEA**, 2021. Disponível em: <<https://cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 20 abr. 2021.
- CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444, 1978.

- CHARNES, A.; COOPER, W.; THRALL, R. M. A structure for classifying and characterizing efficiency and inefficiency in data envelopment analysis. **Journal of Productivity Analysis**, v. 2, n. 3, p. 197-237, 1991.
- 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**, Viçosa, v. 48, n. 1, p. 1-8, apr. 2019.
- DYSON, R. G.; ALLEN, R.; CAMANHO, A. S.; PODINOVSKI, V. V.; SARRICO, C. S.; SHALE, E. A. Pitfalls and protocols in DEA. **European Journal of Operational Research**, v. 132, n. 2, p. 245-259, 2001.
- EVINK, T. L.; ENDRES, M. I. Management, animal health, and economic characteristics of large dairy herds in 4 states in the Upper Midwest of the United States. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 11, p. 9466-9475, 2017.
- FERRAZZA, R. A.; LOPES, M. A.; PRADO, D. G. O.; LIMA, R. R.; BRUHN, F. R. P. Association between technical and economic performance indexes and dairy farm profitability. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 49, p. 1-12, apr. 2020.
- FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à Análise Envoltória de Dados: Teoria, Modelos e Aplicações**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2020.
- FAO. Food and Agriculture Organization of The United States Nations. Dairy Production and Products: Milk Production. **Food and Agriculture Organization of the United States Nations (FAO)**, 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/dairy-production-products/production/en/>>. Acesso em: 09 abr. 2020.
- FGV. Fundação Getúlio Vargas. Correção de Valores. **Calculadora do Cidadão**, 2021. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice>>. Acesso em: 27 jul. 2021.
- GIL, A. C. **Como classificar pesquisas**. São Paulo: Atlas, 2002.
- 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. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1414/pdf>>.
- HAIR JÚNIOR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produto Interno Bruto - PIB. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

LAZARINI, G. P.; LOPES, M. A.; CARDOSO, M. G. 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**, v. 15, p. 49-57, 2017.

LOPES, M. A.; LIMA, A. L. R.; CARVALHO, F. M.; REIS, R. P.; SANTOS, Í. C.; SARAIVA, F. H. Controle gerencial e estudo da rentabilidade de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG). **CIências e Agrotecnologia**, v. 28, n. 4, p. 883-892, 2004.

\_\_\_\_\_. Efeito do tipo de mão-de-obra nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG): um estudo multicaseos. **Revista Ceres**. v.54, n.312, p.173-182. 2007

LOPES, M. A.; LAGE, L. A.; LOPES, F. C. F.RIBEIRO, C. G. S.; GAMA, M. A. S. G.; RODRIGUEZ, N. M. Economic viability of feeding dairy cows on diet containing different levels of soybean oil. **Rev. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 41, n. 9, p. 2085-2091, sept. 2012.

LOPES, M. A.; REIS, E. M. B.; DEMEU, F. A.; MESQUITA, A. A.; ROCHA, A. G. F.; BENEDICTO, G. C. Uso de ferramentas de gestão na atividade leiteira: um estudo de caso no sul de Minas Gerais. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 18, n. 1, p. 26-44, 2016.

LOPES, M. A.; DEMEU, F. A.; REIS, E. M. B.; CARVALHO, F. M.; LIMA, A. L. R.; BENEDICTO, G. C.; BARBOSA, G. L.; DEMEU, A. A.; LOPES FILHO, M. A.; BARBARI, M. Impact of the adoption of environmentally correct technologies on the cost of dairy production and profitability of a total confinement production system. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, 2021.

LUCCA, E. J.; AREND, S. C. A pecuária leiteira e o desenvolvimento da Região Noroeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, v. 7, n. 3, p. 107-142, 2019.

LUDOVICO, A.; TRENTIN, M.; RÊGO, F. C. A. Fontes de variação da produção e composição de leite em vacas Holandesa, Jersey e Girolando. **Archivos de zootecnia**, v. 68, n. 262, p. 236-243, 2019.

MARTINS, A. G.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizado pela IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

MATTE, A.; SPANEVELLO, R. M.; LAGO, A.; ANDREATTA, T. Agricultura Familiar e Pecuária Leiteira: (Des) continuidade na reprodução social e na gestão de negócios. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 15, n. 1, p. 19-33, jan./abr. 2019. Disponível em: <<https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/4317>>.

- MONDAINI, I.; VIEIRA, A. P.; VEIGA, R. D.; TEIXEIRA, S. R. A rentabilidade da atividade leiteira: um caso de produtores no médio paranaíba do estado do Rio de Janeiro. **Cad. Adm. Rural**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 43-52, jan./jul. 1997.
- MORAES, F.; LOPES, M. A.; BRUHN, R. P.; CARVALHO, F. M.; LIMA, A. L. R.; REIS, E. M. B. Efeito da irrigação de pastagens na rentabilidade de sistemas de produção de leite participantes do programa "Balde Cheo". **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 24, n. 3, p. 155-165, 2016.
- MORAIS, S. B.; ORLANDI, C. B.; GASPAROTTO, P. H. G.; DANTAS FILHO, J. V.; CAVALI, J.; CAMPEIRO JÚNIOR, L. D.; DAUDT, C. Custos e Benefícios da Inseminação Artificial em Pequenas Propriedades Leiteiras. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 13, n. 48, p. 249-264, 2020.
- MOREIRA, S. DA L.; SPANEVELLO, M. R.; BOSCARDINI, M.; LAGO, A. Estratégias paternas para a manutenção da sucessão gerencial em propriedades rurais. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 28, n. 2, p. 413-433, 2020.
- NORTH, D. C. **Institutions, Institutional change and economic performance**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- PEROBELLI, F. S.; ARAÚJO JÚNIOR, I. F. D.; CASTRO, L. S. D. As dimensões espaciais da cadeia produtiva do leite em Minas Gerais. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 28, n. 1, p. 297-337, 2018.
- RAIMUNDO, J. Z.; ECHEIMBERG, J. O.; LEONE, C. Tópicos de metodologia de pesquisa: Estudos de corte transversal. **Journal of Human Growth and Development**, v. 28, n. 3, p. 356-360, 2018.
- RAMOS, J. E. S.; BASBA, M. C.; MELO, A. P. S.; XAVIER, L. F.; CARVALHO, D. M. Benchmarks em Sistemas de Produção de Leite: Uma aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA). **Revista de Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 13, n. 2, p. 449-474, abr./jun. 2020.
- REIS, E. M. B.; LOPES, M. A.; SANTOS, G.; GUIMARÃES, A. M. Custo de produção de fêmeas bovinas leiteiras durante a fase de cria e recria: um estudo de caso. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, v. 12, n. 1, p. 37-45, jan./mar. 2018.
- RODRIGUES, L. G.; ALBAN, L. Tecnologias de produção de leite utilizadas no Extremo-Oeste Catarinense. **Race: revista de administração, contabilidade e economia**, v. 12, n. 1, p. 171-198, 2013.
- SANTOS, G.; LOPES, M. A. Indicadores de rentabilidade do centro de custos produção de leite em sistemas intensivos de produção. **Boletins da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 69, n. 1, p. 1-11, Jan./jun. 2012.

SCHOEPS, W. O Metodo do Custeio Direto. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 58-66, Jul./Ago. 1992.

SOUZA, M. A. G. Alfred Marshall: a questão dos rendimentos crescentes. **Ensaio FEE**, v. 1, n. 1, p. 123-138, 1980.

STEIDLE NETO, A. J.; LOPES, D. C. Technical analysis of photovoltaic energy generation for supplying the electricity demand in Brazilian dairy farms. **Environment Developmet and Sustainability**, p. 1-16, 2020.

VASCONCELLOS, M. A. S.; GARCIA, M. E. **Fundamentos de Economia**. São Paulo: Saraiva, 2009.

VILELA, D.; FERREIRA, R. P.; FERNANDES, E. N.; JUNTOLLI, F. V.. **Pecuária de Leite no Brasil: Cenários e avanços tecnológicos**. 1. ed. Brasília/DF: [s.n.], v. 1, 2016.

YAN, B.; LI, Y.; QIN, Y.; YAN, J.; SHI, W. Spatial-temporal analysis of the comparative advantages of dairy farming: Taking 18 provinces or municipalities in China as an example. **Computers and Eletronics in Agriculture**, v. 180, p. 105846, 2021.

## **TERCEIRO ESTUDO - RISCOS NA PECUÁRIA LEITEIRA: EFEITOS DA VARIAÇÃO DO PREÇO DO LEITE NO DESEMPENHO ECONÔMICO DE PROPRIEDADES DE MINAS GERAIS**

**Resumo:** Risco é um tema relevante e que carece de maiores estudos dentro do contexto da pecuária leiteira. Entre os diferentes tipos de riscos a que propriedades leiteiras estão expostas, a volatilidade dos preços do leite se destaca por sua capacidade em impactar significativamente no desempenho econômico desses negócios. Esta pesquisa teve por objetivo investigar como a variação dos preços do produto (leite) impacta o desempenho econômico, bem como propor um indicador para analisar o risco de propriedades leiteiras de Minas Gerais. Com a utilização da Simulação Monte Carlo, realizaram-se 10.000 simulações de possíveis preços do leite em 485 propriedades leiteiras no Estado de Minas Gerais, a partir das variações ocorridas no referido estado, de 2015 a 2021. As propriedades leiteiras com menores custos de produção foram aquelas que apresentaram maior tolerância à variação dos preços do leite. Com isso, propriedades com maior eficiência e lucratividade tiveram menores riscos advindos da variação dos preços do leite. Por meio dos indicadores propostos nesta pesquisa, denominados Preço de Equilíbrio e Índice de Tolerância do Preço do Leite (ITPL), foi possível mensurar a capacidade dessas propriedades em suportarem reduções nos preços do leite. Embora a maioria das propriedades analisadas tenha apresentado um desempenho econômico positivo, parece haver grande dependência dos preços de mercado para que muitas delas consigam obter lucro.

**Palavras-chave:** Eficiência. Risco. Bovinocultura leiteira. Preços de mercado. Método Monte Carlo.

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto em que a pecuária leiteira está inserida, fatores interferem no desenvolvimento do setor agropecuário. Entre eles, destaca-se o preço do leite, que expõe propriedades leiteiras a riscos advindos do mercado, condições extrínsecas ao controle de tomadores de decisão. Segundo Schulte, Musshoff e Meuwissen (2018), a alta volatilidade dos preços do leite impactam em propriedades leiteiras, elevando seus riscos.

A variação dos preços do leite pode interferir inclusive no desempenho econômico de propriedades leiteiras, pela redução das receitas com a venda da produção. Mirza *et al.* (2020) salientam que propriedades que vendem o leite a preços mais baixos sofrem uma deterioração da liquidez financeira. Segundo Frick e Sauer (2020), o efeito disso é a redução do desempenho econômico de propriedades leiteiras. Com isso, são forçadas a buscar financiamentos para honrar suas obrigações financeiras, elevando os riscos da atividade.

Alves, Souza e Ervilha (2014), ao analisarem o preço do leite de 2000 a 2014 em Minas Gerais, constataram que o mercado do leite no referido estado é volátil, com influência do mercado internacional. Costa, Oliveira Neto e Figueiredo (2020), corroboram com este entendimento, mas advertem que maior parte da volatilidade do preço do leite advém do mercado doméstico (do próprio estado). Os autores acrescentam que os efeitos disso para o mercado nacional são grandes, em função de que Minas Gerais é o principal estado formador do preço do leite pago ao produtor no Brasil, influenciando nos demais estados.

Na definição de Buainain e Silveira (2017), o risco é entendido como a possibilidade de os resultados alcançados serem diferentes do planejado, devido à interferência de fatores não controláveis. Com base nesse conceito, propriedades leiteiras estão expostas as mais variadas formas de risco. Guo, Egozcue e Wong (2020) enfatizam que elevados riscos diminuem a estabilidade de processos produtivos e, com isso, expõem organizações a maiores níveis de incerteza. Por isso, é fundamental que se compreenda como os riscos impactam as propriedades leiteiras.

Além dos riscos, a eficiência do processo produtivo do leite é outro fator que contribui significativamente para que a atividade se desenvolva. Na literatura pesquisada têm estudos apontando que propriedades leiteiras precisam ser eficientes para que otimizem seus resultados econômicos (EVINK; ENDRES, 2017; LOPES *et al.*, 2011; 2019). Contudo, poucos estudos se

dedicam a discussão sobre a relação entre eficiência e risco na pecuária leiteira (GEBREEGZIABHER; TADESSE, 2014; FINGER *et al.*, 2018). Do mesmo modo, existem pesquisas que abordam a questão da volatilidade dos preços do leite em propriedades leiteiras (MIRZA *et al.*, 2020; GUO; EGOZCUE; WONG, 2020). Porém, não foram encontradas pesquisas na literatura que investiguem como essa volatilidade interfere no desempenho econômico de propriedades leiteiras, bem como se dá a relação entre eficiência e risco no setor.

Diante disso, a relevância deste estudo se justifica em função de como a volatilidade dos preços do leite pode interferir no desempenho econômico de propriedades leiteiras. Com efeito, tem-se a seguinte questão de pesquisa: como a volatilidade dos preços do leite impacta no desempenho econômico de propriedades leiteiras de Minas Gerais? Esta pesquisa tem por objetivo investigar como a variação dos preços do produto (leite) impacta o desempenho econômico, bem como propor um indicador para analisar o risco de propriedades leiteiras de Minas Gerais.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Com o intuito de melhor apresentar o arcabouço teórico que sustenta a presente pesquisa, são apresentados a seguir aspectos relacionados à Teoria da Firma e ao risco no contexto da pecuária leiteira.

### **2.1 Teoria da Firma**

A Teoria da Firma se dedica a estudar diferentes aspectos ligados às organizações, em seu contexto interno e externo (ARTUZO *et al.*, 2018). Ronald H. Coase propôs, em 1937, o conceito de Firma, definindo que são organizações de elevada complexidade e dependentes tanto do ambiente interno como externo (COASE, 1937). A literatura apresenta um vasto acervo de publicações que tratam da Teoria da Firma. Tigre (2005) adverte que essa teoria foca demasiadamente com os preços e a alocação de recursos nas empresas, deixando de lado questões relevantes, tais como o desempenho operacional do processo produtivo.

Souza (1980) enfatiza que, grande parte da literatura relacionada à Teoria da Firma está, na verdade, inserida dentro do contexto de uma teoria de mercados, de modo que a firma seja vista apenas como um elemento participante desse processo, responsável por transformar insumos em

produtos e comercializá-los no mercado. Tais visões permitem a (errônea) compreensão de que a firma seja uma organização simples e de baixa complexidade.

Entre os diferentes contextos a que a Teoria da Firma se dedica a estudar, tem a eficiência do processo produtivo, fundamental para que organizações e, em especial, propriedades leiteiras possam se desenvolver. Segundo Dormady, Henriquez e Rose (2019), a Teoria da Firma estuda, entre outros, como as organizações funcionam, analisando diferentes aspectos relacionados ao processo produtivo. Contudo, esta teoria parece ser ainda muito incipiente, quando considerada suas aplicações e possibilidades dentro da pecuária leiteira.

Na literatura pesquisada, identificou-se apenas dois artigos que fazem alusão à Teoria da Firma na pecuária leiteira. O primeiro, de Zylbersztajn (2005), se dedicou a estudar a relação entre o mercado e os custos de transação, que ocorrem por meio dos contratos firmados no setor. Essa obra relaciona os conceitos da Teoria da Firma na pecuária leiteira sob perspectivas do ambiente externo. No segundo trabalho, escrito por Mondaini *et al.* (1997), são aplicadas as metodologias do Custo Total e dos Custos Operacionais como componentes importantes ligados à Teoria da Firma que contribuem com a análise do desempenho econômico de propriedades leiteiras. Entretanto, essa obra analisou com superficialidade a Teoria da Firma em si, se dedicando a aprofundar os conceitos das metodologias supracitadas. Segundo Artuzo *et al.* (2018), a preocupação existente sobre a dificuldade de se gerir organizações resgata conceitos centrais da Teoria da Firma que visa, no ambiente interno, analisar a produção, os custos e a rentabilidade de atividades produtivas.

## **2.2 Riscos na pecuária leiteira**

De forma geral, o risco é a possibilidade de que resultados esperados serem diferentes dos alcançados, ocasionados em ambientes incertos, ou seja, que não se sabe o que esperar (ARAÚJO; ASSAF NETO, 2004; BUAINAIN; SILVEIRA, 2017). Nesse sentido, a variação dos preços do leite, ou volatilidade (FRICK; SAUER, 2020) dos preços de comercialização de produtos advém de incertezas existentes no mercado, dificultando em práticas de gestão e de processos produtivos agrícolas, tais como o caso da pecuária leiteira (COSTA; OLIVEIRA NETO; FIGUEIREDO, 2020).

Os riscos podem ser classificados em externos e internos. O risco interno está ligado ao processo produtivo, podendo ser de produção, de mercado e de ambiente de negócios (BUAINAIN; SILVEIRA, 2017). Nesse contexto, os riscos dessa natureza possibilitam expor propriedades leiteiras à necessidade de se readaptarem ao mercado e às questões legais à medida que modificações forem surgindo, condição que, muitas vezes, interfere em negócios com elevada complexidade.

Os riscos sociais também são questões que merecem ser consideradas. Moreira *et al.* (2020) enfatizam que é comum encontrar no meio rural jovens vislumbrados com a vida (e altos rendimentos) nos centros urbanos e, para isso, decidem abandonar o campo. Esse entendimento é compartilhado por Spanevello *et al.* (2019) ao constatarem que a sucessão geracional é uma questão emblemática na pecuária leiteira. O desenvolvimento tecnológico é outro fator que pode expor propriedades leiteiras a elevados riscos de continuidade. Sauer e Lohmann (2015) explicam que poucos investimentos (abaixo do necessário para se produzir leite) é um dos (possíveis) fatores que ajudam a explicar a ineficiência de propriedades leiteiras. Lopes *et al.* (2019) ressaltam que o aumento dos investimentos, quando a infraestrutura está ociosa, impacta negativamente nos custos de produção da atividade leiteira. Gebreegziabher e Tadesse (2014) chamam a atenção para os riscos relacionados ao capital humano. Os autores explicam que a pecuária leiteira necessita de mão de obra disponível e qualificada. A mão de obra na pecuária leiteira é um dos gargalos que assolam o setor, dificultando as práticas de gestão e produção (EVINK; ENDRES, 2017; BÁNKUTI *et al.*, 2018).

Os riscos também podem advir dos processos de gestão. Tal preocupação é premente, pois Lopes *et al.* (2016) propuseram a utilização de diferentes ferramentas de gestão como possibilidade de incremento do desenvolvimento gerencial de propriedades leiteiras. Nesse estudo, os autores enfatizam a necessidade de uma gestão eficiente para que a atividade leiteira alcance resultados satisfatórios. Com efeito, a gestão em propriedades leiteiras é considerada uma condição que, se ineficiente, elevará os riscos da atividade, possibilitando, conforme destaca Metodieva, Ivanova e Gaidarska (2018), comprometer sua liquidez e perspectivas futuras mais promissoras.

Quanto aos riscos operacionais, Gebreegziabher e Tadesse (2014) advertem sobre a grande possibilidade de danos à atividade leiteira devido à escassez de alimentação aos animais, doenças, problemas de (má) qualidade do leite, ineficiência na inseminação artificial e animais pouco especializados na produção de leite. Outro fator apontado pelos autores está atrelado à utilização

dos insumos necessários para a produção de leite. Ferrazza *et al.* (2020) reforçam a importância da utilização dos insumos como alimentação, energia, manutenções, sanidade e inseminação artificial para propriedades leiteiras. A utilização eficiente desses insumos contribui com a maximização da rentabilidade da atividade leiteira (LOPES *et al.*, 2006). Por isso, é importante que haja especial atenção para esses insumos, tendo em vista que as ineficiências nas suas utilizações contribuem para elevar os riscos da atividade leiteira. Ogachi *et al.* (2020) destacam que riscos operacionais interferem na possibilidade de falência de processos produtivos.

Os riscos externos envolvem os aspectos macroeconômicos, tais como, taxa de câmbio, inflação, questões ambientais, conjuntura político/econômica, entre outros, que comprometem o desempenho de propriedades leiteiras. Gupta, e Mahakud (2020) afirmam que as questões macroeconômicas, embora não sejam controladas pelos produtores, precisam ser muito compreendidas e analisadas para que haja maior possibilidade de adaptação frente às suas adversidades. A macroeconomia aumenta os riscos do setor, partindo do pressuposto que haja elevação dos custos de produção e alteração das políticas de comercialização de insumos e produtos do negócio do leite.

Quanto aos riscos de mercado, destacam-se as questões relacionadas à comercialização de insumos e da produção. A cadeia produtiva do leite é uma estrutura bastante fragilizada e com elevados custos de transação. A esse respeito, Buainain e Silveira (2017) afirmam que a elevada complexidade de propriedades rurais, caso da atividade leiteira, contribui com o aumento dos riscos da cadeia produtiva. Tal condição influencia, inclusive, em vários segmentos da agropecuária nacional, pois a pecuária leiteira está inter-relacionada com vários outros setores econômicos.

No caso do leite, os preços de mercado costumam expor propriedades leiteiras a elevados riscos. Schulte, Musshoff e Meuwissen (2018) destacam que o maior risco para a atividade não está ligado ao valor de mercado do leite em si, mas à variação dos preços, que ocorrem no decorrer do tempo. Os autores acrescentam que isso expõe propriedades leiteiras a elevados riscos de continuidade. Mirza *et al.* (2020) enfatizam que a baixa nos preços do leite é um problema sério para atividade leiteira, em função da instabilidade financeira, elevando os riscos do negócio devido à possibilidade de prejuízo, pela redução das receitas.

Além disso, a redução dos preços do leite interfere na lucratividade. Frick e Sauer (2020) advertem que a volatilidade dos preços do leite compromete a lucratividade e reduz a liquidez de propriedades leiteiras, expondo-as a maiores riscos. A questão da volatilidade é consenso na

literatura, considerada um grande problema para a atividade leiteira (SCHULTE; MUSSHOFF; MEUWISSEN, 2018; FRICK; SAUER, 2020).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Conforme apontam Hair Júnior *et al.* (2005), esta pesquisa é classificada como descritiva com abordagem quantitativa, devido a sua natureza de ancoragem em pressupostos estatísticos. Possui ainda temporalidade transversal, uma vez que os dados analisados se referem ao ano de 2018. Raimundo, Echeimberg e Leone (2018) salientam que a transversalidade contribui com a compreensão de um determinado fenômeno de forma mais precisa. Conforme definições apresentadas por Gil (2002), esta pesquisa utilizou o método não experimental, pois não existe controle do pesquisador sobre o objeto de estudo, com amostragem não probabilística intencional, quando se define os critérios para seleção da amostra.

A técnica de coleta dos dados utilizada foi a documental (MARTINS; THEÓPHILO, 2016) e *ex-post-facto*, por analisar dados do passado (GIL, 2002), disponibilizados pelo Sebrae Minas. Os dados analisados são oriundos de 485 propriedades leiteiras, localizadas no Estado de Minas Gerais e participantes do projeto de assistência técnica e gerencial Educampo, do Sebrae Minas. Embora esses dados sejam classificados como secundários (GIL, 2002), foram disponibilizados na íntegra, conforme coletados diretamente nas propriedades, não tendo sido, portanto, estudados por outros pesquisadores.

Utilizou-se a Simulação Monte Carlo (SMC) para gerar valores randômicos com o intuito de identificar quais seriam os limites toleráveis de oscilação nos preços de mercado do leite a ser comercializado a ponto de inviabilizar a produção de leite. Após a formulação do modelo determinístico, Shamblin e Stevens (1979) recomendam que se realizem as seguintes etapas: (i) estabelecer a distribuição de probabilidades que melhor representa os dados; (ii) criar a função de distribuição acumulada (FDA) para cada uma das variáveis a serem analisadas; (iii) estabelecer a quantidade de etiquetas ou intervalos de classe; (iv) gerar valores aleatórios; e (v) realizar a simulação com os dados em estudo.

A primeira etapa realizada foi a construção do modelo determinístico, quando se conhece as variáveis de entrada (custos) e, partir delas, calcula-se a variável de saída (lucratividade), que permite analisar a variação da lucratividade em relação às oscilações do preço de venda. Em uma

planilha eletrônica do *Microsoft Excel*<sup>®</sup>, fez a análise dos custos de produção e do desempenho econômico das propriedades analisadas, utilizando a metodologia dos Custos Operacionais (MATSUNAGA *et al.*, 1976). Calculou-se o custo operacional total (COT), ou seja, o somatório dos dispêndios, da remuneração da mão de obra familiar e das depreciações (LOPES *et al.*, 2019). A diferença entre as receitas totais (venda de leite, animais e subprodutos) e o COT é a margem líquida (MATSUNAGA *et al.*, 1976), utilizada no cálculo da lucratividade da atividade, conforme recomendam Lopes *et al.* (2011).

Definiu-se as variáveis envolvidas (de entrada e saída) a partir dos dados a serem analisados (SHAMBLIN; STEVENS, 1979). Foi utilizada como única variável de risco (de entrada), os preços do leite para comercialização. Optou-se por trabalhar com apenas uma variável de modo que a estrutura de custos das propriedades analisadas fosse preservada sem quaisquer alterações que, eventualmente, pudessem interferir nos resultados. Além disso, com uma única variável, o desempenho econômico das propriedades oscilaria em função apenas dos preços do leite comercializado.

A segunda etapa, recomendada por Shamblin e Stevens (1979), é a definição da função de distribuição que melhor capturaria as oscilações do preço. Fez-se uma pesquisa na literatura, com o intuito de verificar qual seria a mais apropriada. Com isso, adotou-se variáveis que analisam comportamentos ligados a inflações e flutuações do mercado. Além disso, no caso desta pesquisa, é recomendado que se utilize a curva de distribuição uniforme, que define que qualquer valor dentro de um determinado intervalo possua a mesma probabilidade de ocorrer (HYDE; ENGEL, 2002; NOURI; ABBASI, 2017).

A próxima etapa foi a definição dos limites inferior e superior da variável de entrada (preço do leite), denominados intervalo de classes, utilizados como referência para a geração dos valores randômicos (SHAMBLIN; STEVENS, 1979). Para isso, foi realizada uma pesquisa junto ao Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA)/Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz (Esalq/USP), instituição que se dedica, entre outros, a acompanhar as variações dos preços do leite comercializado no Brasil (CEPEA, 2021). Foram coletados os valores médios, mínimos e máximos do indicador em Minas Gerais, de janeiro/2015 a julho/2021 (CEPEA, 2021). Definiu-se esta temporalidade considerando-se o mesmo período (três anos) antes e depois do ano de referência dos dados desta pesquisa (2018). Posteriormente, esses valores, juntamente com os demais dados monetários das propriedades, foram atualizados para julho/2021, utilizando-se o

indexador Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI - FGV, 2021), considerado um importante indicador para correções monetárias no Brasil (ARAÚJO; LUSTOSA; PAULO, 2018). Assumiu-se como variação máxima possível, o menor e o maior valor da série histórica (2015 a 2021), por conferirem a máxima amplitude dos preços pagos ao produtor no período supracitado.

Definida a variação (%) máxima e mínima do preço do leite, multiplicou-se tais valores pelo preço observado do leite comercializado em cada uma das 485 propriedades analisadas em 2018. Desse modo, assumiu-se que a variação máxima e mínima do preço do leite ocorreu em uma escala variável, conforme cada propriedade analisada.

Na última etapa, para a geração dos valores randômicos (SHAMBLIN; STEVENS, 1979), foi utilizado o *Crystal Ball*<sup>®</sup>, *software add in* que funciona por meio de uma planilha eletrônica do *Microsoft Excel*<sup>®</sup>. Utilizou-se intervalo de confiança de 95% e 10.000 iterações (GUO *et al.*, 2021). Shamblin e Stevens (1979) salienta que esta etapa é fundamental e que elevadas quantidades de iterações contribuem com a redução da variância e aumento da confiabilidade da amostra. Dalle (2005) recomenda que se faça o máximo de iterações possível, de modo que se reduza os riscos de erros da SMC.

Calculou-se o percentual de vezes que o preço do leite conferiu lucratividade superior a 0% sobre o total de simulações realizadas (10.000 iterações), indicador denominado probabilidade de lucro. Posteriormente, as propriedades foram agrupadas em quatro *clusters*, segundo a probabilidade de lucro. Para tanto, estratificou-se as propriedades que não conseguiram obter lucro em nenhuma das simulações realizadas, denominadas alto risco. Logo após, utilizou-se o *software IBM SPSS*<sup>®</sup> que, por meio da análise dos *Clusters* Discriminantes (hierárquica), definiu os demais agrupamentos (alto, baixo e muito baixo). Utilizou-se o método *Ward* com Distância Euclidiana ao Quadrado (HAIR JÚNIOR *et al.*, 2005). Posteriormente, realizou-se uma análise descritiva com teste *Tukey* ao nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ) para analisar as diferenças de médias dos quatro *clusters* (ANASTASIOU; GAUNT, 2020). Nesta pesquisa, foi proposta uma equação para analisar o preço de equilíbrio (preço mínimo para que a lucratividade seja igual a zero) e o percentual da variação do preço do leite que é suportável para propriedades leiteiras, antes que comecem a gerar prejuízo, denominado Índice de Tolerância do Preço do Leite (ITPL).

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O menor coeficiente de variação do preço médio do leite foi observado em 2015 (3,97%), ano em que o preço do leite foi menos volátil; e o maior, em 2016 (14,31%; Tabela 7). Em 2016, houve a maior oscilação da série histórica (14,31%). Este indicador apresentou valores superiores e inferiores ao coeficiente de variação médio (8,54%) intercaladamente a cada dois anos. Contudo, tal comportamento não ocorreu nos preços mínimo e máximo, indicando que a oscilação média do preço do leite no Estado de Minas Gerais pode apresentar comportamento cíclico.

Tabela 7 – Preços do leite pago ao produtor no Estado de Minas Gerais de 2015 a 2021.

Ano	Preços de mercado em Minas Gerais (R\$/litro) <sup>1</sup>									Variação (%)	
	Médio			Mínimo			Máximo			Mínima	Máxima
	MA	DP	CV	MA	DP	CV	MA	DP	CV		
2015	1,75	0,07	3,97	<b>1,44</b>	0,06	4,01	1,98	0,05	2,73	-21,65	13,64
2016	2,11	0,30	14,31	1,72	0,25	14,28	2,38	0,33	13,85	-22,67	12,65
2017	1,96	0,16	8,41	1,59	0,17	10,57	2,26	0,18	7,85	-23,53	15,11
2018	<b>2,05</b>	0,25	12,06	1,77	0,27	15,35	2,29	0,23	10,18	-16,14	11,65
2019	2,08	0,11	5,44	1,79	0,10	5,74	2,25	0,13	5,75	-16,03	7,96
2020	2,25	0,25	11,30	2,00	0,25	12,67	<b>2,41</b>	0,25	10,24	-12,91	6,84
2021	2,20	0,09	4,29	1,94	0,10	5,07	2,35	0,09	3,96	-13,08	6,77
Média	2,06	0,18	8,54	1,75	0,17	9,67	2,27	0,18	7,80	-18,00	10,66
Utilizado	<b>2,05</b>	-	-	<b>1,44</b>	-	-	<b>2,41</b>	-	-	<b>-42,93</b>	<b>17,38</b>

Notas: MA: Média anual; DP: Desvio padrão; CV: Coeficiente de variação; Números em negrito foram utilizados para definir os limites inferior e superior (intervalo de classes) para realizar as simulações; <sup>1</sup>Valores disponibilizados pelo Cepea (2021) e corrigidos para julho/2021 pelo indexador IGP-DI (FGV, 2021).

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

A variação dos valores mínimos e máximos em relação à média de 2018 foi de -42,93% a 17,38% (TABELA 7), utilizados no intervalo de classes para realizar as simulações da variação dos preços do leite nesta pesquisa. Desse modo, compreende-se que tais valores sejam os do intervalo de classes ou as variações máximas para o preço do leite a ser comercializado em Minas Gerais a partir da série histórica (2015 a 2021).

As propriedades foram classificadas segundo a probabilidade de lucro em diferentes níveis de risco (NR): muito alto, alto, baixo e muito baixo; compostos por 16,49%, 37,94%, 38,97% e 6,60% das propriedades da amostra, respectivamente. As propriedades com baixo risco foram as que apresentaram maior produção diária de leite (1.969 litros/dia; TABELA 8), cujos valores médios foram 28,78% e 111,72% superior às propriedades com nível de risco alto e muito alto, respectivamente.

A escala de produção possibilita a redução dos custos de produção, aumentando a eficiência de propriedades leiteiras (FERRAZZA *et al.*, 2020; FERRARI; BRAGA, 2021). Além disso, maiores escalas de produção contribuem para que se consigam melhores preços do leite (EVINK; ENDRES, 2017). Nesta pesquisa, não se pode afirmar que o aumento da escala de produção contribuiu com a redução dos riscos do mercado sobre a atividade leiteira, quanto à variação dos preços do leite, pois não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre as propriedades com NR muito baixo e as demais (TABELA 8).

Tabela 8 – Desempenho econômico das propriedades leiteiras.

Item	Nível de risco											
	Muito alto			Alto			Baixo			Muito baixo		
	Média	% <sup>1</sup>	DP	Média	% <sup>1</sup>	DP	Média	% <sup>1</sup>	DP	Média	% <sup>1</sup>	DP
Leite prod. <sup>2</sup>	930 <sup>a</sup>	-	753	1.529 <sup>b</sup>	-	1.513	1.969 <sup>c</sup>	-	1.851	1.487 <sup>abc</sup>	-	1.263
Leite vend. <sup>2</sup>	862 <sup>a</sup>	-	729	1.443 <sup>b</sup>	-	1.455	1.869 <sup>c</sup>	-	1.775	1.404 <sup>abc</sup>	-	1.219
Receitas totais <sup>3</sup>	1,80 <sup>a</sup>	100,0	0,24	1,90 <sup>b</sup>	100,0	0,22	1,86 <sup>ab</sup>	100,0	0,27	2,24 <sup>c</sup>	100,0	0,48
Leite <sup>3</sup>	1,45 <sup>a</sup>	81,14	0,19	1,58 <sup>b</sup>	83,56	0,15	1,5 <sup>a</sup>	81,16	0,23	1,50 <sup>ab</sup>	69,45	0,26
Bonificações <sup>3</sup>	0,17 <sup>a</sup>	9,75	0,13	0,15 <sup>a</sup>	7,93	0,12	0,19 <sup>ab</sup>	9,96	0,14	0,25 <sup>b</sup>	11,33	0,16
Animais <sup>3</sup>	0,14 <sup>a</sup>	7,38	0,19	0,14 <sup>a</sup>	7,05	0,15	0,15 <sup>a</sup>	7,73	0,16	0,47 <sup>b</sup>	18,13	0,49
Outros <sup>3</sup>	0,03 <sup>a</sup>	1,73	0,08	0,03 <sup>a</sup>	1,46	0,09	0,02 <sup>a</sup>	1,15	0,08	0,03 <sup>a</sup>	1,09	0,05
COT <sup>3</sup>	2,71 <sup>a</sup>	151,53	0,44	2,16 <sup>b</sup>	114,13	0,25	1,85 <sup>c</sup>	100,76	0,22	1,75 <sup>cd</sup>	79,07	0,40
COE <sup>3</sup>	2,20 <sup>a</sup>	122,56	0,40	1,77 <sup>b</sup>	93,34	0,29	1,56 <sup>c</sup>	85,16	0,24	1,48 <sup>cd</sup>	66,35	0,38
Depreciações <sup>3</sup>	0,39 <sup>a</sup>	21,65	0,20	0,28 <sup>b</sup>	14,98	0,14	0,19 <sup>c</sup>	10,48	0,08	0,17 <sup>cd</sup>	7,72	0,09
MOF <sup>2</sup>	0,12 <sup>a</sup>	7,32	0,14	0,11 <sup>a</sup>	5,81	0,11	0,09 <sup>a</sup>	5,12	0,09	0,11 <sup>a</sup>	5,00	0,08
Margem líquida <sup>3</sup>	-0,70 <sup>a</sup>	-39,65	0,38	-0,03 <sup>b</sup>	-1,89	0,14	0,35 <sup>c</sup>	19,35	0,12	0,73 <sup>d</sup>	33,71	0,16
Lucratividade (%)	-35,42 <sup>a</sup>	-	20,06	-1,67 <sup>b</sup>	-	6,55	16,05 <sup>c</sup>	-	5,36	29,66 <sup>d</sup>	-	5,68

Notas: DP: Desvio padrão; <sup>1</sup>Percentual calculado sobre as receitas totais; <sup>2</sup>Valores expressos em litros/dia; <sup>3</sup>Valores expressos em R\$/litro de leite produzido.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

As receitas totais das propriedades com NR muito baixo (R\$2,24/litro; TABELA 8) foram 24,44%, 17,89% e 20,43% superiores àquelas com NR muito alto, alto e baixo, respectivamente ( $p<0,05$ ). O aumento das receitas totais parece ter contribuído com a redução dos riscos das oscilações dos preços do leite. Entre seus componentes, a qualidade do leite, composta por bonificações por volume, composição e qualidade do produto, apresentou diferença estatística ( $p<0,05$ ) com a redução do nível de risco da atividade leiteira. As bonificações por qualidade são fundamentais para o aumento das receitas de propriedades leiteiras (LOPES *et al.*, 2011; 2019; FERRAZZA *et al.*, 2020). As propriedades com NR muito alto, alto, baixo e muito baixo tiveram, em média um acréscimo de 12,07%, 9,72%, 12,56% e 16,66% sobre o preço do leite recebido,

respectivamente. A diferença estatística ( $p < 0,05$ ) identificada nas propriedades com NR baixo, em relação às demais, indica que tenham elevadas remunerações advindas da melhoria da qualidade e composição do leite, estando menos expostas a riscos provenientes da variação dos preços de mercado do leite comercializado.

Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) da venda de animais entre as propriedades com NR muito baixo e as demais (TABELA 8); aumento de 166,28% em relação à média dos outros *clusters*. Este comportamento ajuda a explicar a maior estabilidade dessas propriedades diante das oscilações do preço do leite no mercado, em função de que tiveram, em média, 20,77% das receitas advindas da comercialização de animais. Um estudo realizado por Lopes *et al.* (2011), cujas propriedades analisadas apresentaram, em média, 26,08% das receitas totais com a venda de animais, indicou que este comportamento ocorreu em propriedades pouco eficientes e que tinham elevados custos de produção, necessitando vender mais animais para complementar as receitas. Em casos como este, descrito pelos autores, elevadas receitas oriundas da venda de animais podem causar descapitalização no longo prazo, caso a venda de animais seja maior do que o necessário.

Contudo, diferente dos resultados de Lopes *et al.* (2011), nesta pesquisa, as propriedades com NR muito baixo apresentaram os menores COT's, em comparação à média dos demais *clusters* (TABELA 8), indicando que possuem elevada eficiência operacional. Desse modo, propriedades tecnicamente eficientes conseguem vender mais animais, mantendo elevadas lucratividades e reduzindo seus riscos provenientes das oscilações dos preços de mercado. Ademais, a venda de animais em propriedades tecnicamente eficientes contribui para que os riscos advindos da oscilação dos preços do leite sejam mitigados.

O custo operacional total (COT) é a soma dos desembolsos com os gastos não desembolsáveis, cujos valores foram menores à medida que se diminuiu o nível de risco dos *clusters* analisados (TABELA 8). As propriedades NR muito baixo tiveram COT de R\$1,75/litro, 35,42%, 18,98% e 6,40% inferior àquelas com NR muito alto, alto e baixo, respectivamente ( $p < 0,05$ ). Este é considerado um indicador de eficiência operacional da atividade, pois atividades com menores COT's apresentam melhores lucratividades (LOPES *et al.*, 2006; 2011; 2019; FERRAZZA *et al.*, 2020; FERRARI; BRAGA, 2021). Tal indicador permite inferir que propriedades mais expostas a riscos advindos da oscilação dos preços de mercados são tecnicamente menos eficientes e que apresentam custos operacionais mais elevados. É importante

que produtores se atentem para a importância de se reduzir os custos de produção visando diminuir os efeitos (negativos) da oscilação dos preços do leite sobre a atividade.

O custo operacional efetivo (COE) é o somatório dos desembolsos da atividade (LOPES *et al.*, 2011). Nesta pesquisa, seu valor nas propriedades com NR muito baixo (R\$1,48/litro) foi, em média, 32,73%, 16,38% e 5,13% inferior àquelas com NR muito alto, alto e baixo, respectivamente. A diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os *clusters* analisados (TABELA 8) sugere que propriedades com menores COE's estejam menos expostas a riscos advindos da variabilidade dos preços de mercado do leite comercializado. O aumento da eficiência do processo produtivo contribui com a redução dos riscos na atividade leiteira.

As depreciações apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os *clusters* analisados (TABELA 8). As propriedades com NR muito baixo gastaram, em média, R\$0,17/litro com depreciação; com 56,41%, 39,29% e 10,53% menor que aquelas com NR muito alto, alto e baixo, respectivamente. O aumento do capital investido na atividade leiteira contribuiu para que as propriedades com NR muito alto estivessem mais expostas a riscos advindos da oscilação dos preços do leite comercializado. Isso ocorre devido à elevação do COT que, por sua vez, reduz a lucratividade da atividade leiteira (FERRAZZA *et al.*, 2020).

As propriedades com NR alto e muito alto apresentaram margem líquida negativa, cujos valores foram -R\$0,70/litro e -0,03/litro ( $p < 0,05$ ; TABELA 8), indicando que não conseguiram sobrepor todos os custos operacionais da atividade. As propriedades com NR muito alto apresentaram valores piores que aquelas com NR alto. Com os preços do leite observados, ocorridos nessas propriedades, percebe-se o baixo desempenho econômico, pois as receitas geradas nas propriedades não conseguiram superar os custos operacionais para a produção de leite. A margem líquida das propriedades com NR baixo e muito baixo foi maior do que a dos demais *clusters*; 108,57% superior que aquelas do *cluster* baixo.

De forma geral, a lucratividade é a representatividade (%) da margem líquida sobre as receitas totais (LOPES *et al.*, 2011), cuja diferença significativa ( $p < 0,05$ ) indica a variação conforme o nível de risco das propriedades analisadas (TABELA 8). O pior resultado ocorreu nas propriedades com NR muito alto, cuja média foi de -35,42%, oscilando de -96,90% a -13,26%. As propriedades NR alto apresentaram lucratividade média de -1,67%, oscilando de -15,92% a 8,72%. Conforme mostra o desvio padrão (maior que a média), este foi o mais heterogêneo dos quatro *clusters* analisados. Além disso, 51,63% das propriedades do *cluster* com NR alto estão com

lucratividade negativa. Esses resultados reforçam o entendimento de que o aumento do risco de propriedades leiteiras, advindo da variação dos preços do leite interfere no desempenho econômico de propriedades leiteiras, ocasionando menores lucratividades. As propriedades com menores riscos advindos da volatilidade do preço do leite foram aquelas que apresentaram maiores lucratividades.

A lucratividade das propriedades com NR baixo foi, em média, 16,05% (TABELA 8). Não houve nenhuma propriedade neste *cluster* que apresentou lucratividade negativa, cujos valores oscilaram de 6,05% a 28,61%. Já o *cluster* com NR muito baixo apresentou lucratividade média de 29,66%, oscilando de 19,69% a 40,27%. Esses resultados evidenciam que o aumento da lucratividade contribuiu para que essas propriedades tivessem seus níveis de risco reduzidos, ocasionados pela variação do preço do leite. Esses resultados corroboram com estudos realizados por Schulte, Musshoff e Meuwissen (2018), de que a lucratividade de propriedades leiteiras está (inversamente) relacionada à volatilidade dos preços do leite, ou seja, o aumento de um está relacionado com a redução do outro.

Para minimizar os impactos da variação dos preços de mercado do leite na atividade leiteira, tomadores de decisão devem se preocupar com o aumento da lucratividade, como forma de minimizarem seus efeitos sobre a rentabilidade de propriedades leiteiras. Para isso, práticas como o aumento da eficiência técnica e consequente redução dos custos de produção, aumento da escala de produção e melhoria dos padrões de qualidade e composição do leite podem ser alternativas favoráveis para se aumentar a lucratividade em propriedades leiteiras. Implica dizer que o aumento da eficiência do processo produtivo contribui para que essas propriedades apresentem menores níveis de riscos, frente à volatilidade do preço do leite.

As propriedades com NR muito alto foram as que venderam o leite pelo preço mais baixo (R\$1,82/litro), quando comparadas aos demais *clusters* (TABELA 9). Contudo, isto parece não ter sido a condição determinante para que o risco dessas propriedades fosse maior, pois elas não conseguiram obter lucro em nenhuma das 10.000 simulações realizadas em cada propriedade. Schulte, Musshoff e Meuwissen (2018) afirmam que isso é um fator de risco com grande potencial para impactar na lucratividade da atividade. Um dos fatores que explicariam o fato dessas propriedades terem apresentado elevados níveis de risco, se deve, entre outros, aos baixos preços recebidos pelo litro de leite vendido.

Tabela 9 – Indicadores do preço do leite de propriedades leiteiras no Estado de Minas Gerais de 2015 a 2021.

Item	Nível de risco							
	Muito alto		Alto		Baixo		Muito baixo	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Preço do litro recebido (R\$/litro)	1,82 <sup>a</sup>	0,21	1,94 <sup>bc</sup>	0,16	1,96 <sup>bc</sup>	0,17	1,86 <sup>ab</sup>	0,24
Menor preço por litro (R\$/litro)	1,04 <sup>a</sup>	0,12	1,10 <sup>bc</sup>	0,09	1,12 <sup>bc</sup>	0,10	1,06 <sup>ab</sup>	0,14
Maior preço por litro (R\$/litro)	2,14 <sup>a</sup>	0,25	2,27 <sup>bc</sup>	0,18	2,30 <sup>bc</sup>	0,20	2,19 <sup>ab</sup>	0,28
Amplitude do preço (R\$/litro)	1,10 <sup>a</sup>	0,13	1,17 <sup>bc</sup>	0,09	1,18 <sup>bc</sup>	0,10	1,12 <sup>ab</sup>	0,14
Preço de equilíbrio (R\$/litro) <sup>1</sup>	-	-	1,97 <sup>a</sup>	0,22	1,58 <sup>b</sup>	0,18	1,14 <sup>c</sup>	0,17
ITPL (%) <sup>2</sup>	-	-	-1,85 <sup>a</sup>	7,62	19,18 <sup>b</sup>	6,30	39,10 <sup>c</sup>	3,05
Probabilidade de lucro (%)	0,00 <sup>a</sup>	0,00	25,75 <sup>bc</sup>	3,30	60,65 <sup>c</sup>	7,65	93,66 <sup>d</sup>	9,96

Notas: DP: Desvio padrão; <sup>1</sup>Preço mínimo do leite para que a lucratividade das propriedades fosse zero; <sup>2</sup>Índice de Tolerância do Preço do Leite: indica o valor médio de oscilação do preço do leite que as propriedades tolerariam para ter lucratividade igual a zero, cujos valores positivos indicam necessidade de aumento do preço do leite e, negativo, redução.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Conforme demonstrado na análise do desempenho econômico dessas propriedades (TABELA 8), maior risco pode estar atrelado à baixa eficiência do processo produtivo, cujos resultados sugerem ser baixos. Assim, a baixa eficiência do processo produtivo, como, por exemplos custos de produção elevados, expôs as propriedades leiteiras analisadas a riscos maiores do que às oscilações do preço de comercialização da produção (TABELA 9). Isso reforça o entendimento de outros autores que advertem para a necessidade de se ter processos produtivos eficientes, visando a redução dos custos de produção (LOPES *et al.*, 2011; 2019; MARETH; ALVES, 2020) e a maximização dos recursos produtivos (EVINK; ENDRES, 2017; AYDEMIR; GÖZENER; PARLAKAY, 2020).

Nas propriedades com NR muito alto, a variação do preço do leite não foi o principal fator de risco, tendo em vista que a amplitude de variação dos preços recebidos (R\$1,10/litro) foi a menor entre os quatro *clusters* analisados (TABELA 9). Neste *cluster*, o principal risco identificado foram os custos operacionais elevados (COE e COT), superiores aos preços do leite. Em propriedades cujos custos de produção forem muito elevados, a eficiência técnica deve ser considerada uma prioridade para a redução dos riscos de propriedades leiteiras, quando comparada à variação do preço do leite. Schulte, Musshoff e Meuwissen (2018) corroboram acrescentam que o preço do leite comercializado em si, embora interfira no desempenho econômico de propriedades leiteiras,

não é o principal fator de risco do mercado sobre o negócio do leite. Para os autores, o principal fator de risco é a alta volatilidade existente no mercado, que faz com que os preços do leite oscilem.

Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as propriedades com NR alto e baixo quanto aos valores médio, mínimo, máximo e amplitude da oscilação do preço do leite recebido (TABELA 9). Esses resultados evidenciam que o preço do leite também não foi decisivo para definir o nível de risco das propriedades analisadas. Esses *clusters* (NR alto e baixo) foram os que obtiveram preços médios, mínimos e máximos mais elevados, em comparação aos demais *clusters* analisados. Tal comportamento ocorreu devido aos maiores custos operacionais (COE e COT; TABELA 8), indicativo de menor eficiência operacional do processo produtivo.

A partir das simulações realizadas, é proposto o preço de equilíbrio do leite, definido a partir do menor preço do leite que conferiu lucratividade zero para as propriedades analisadas. Nesta pesquisa, o preço de equilíbrio foi o valor simulado pelo *software* que conferiu margem líquida igual a zero. Contudo, em propriedades leiteiras, o preço de equilíbrio pode ser obtido da seguinte maneira:

$$\text{Preço de equilíbrio do leite} = \frac{(\text{Custos fixos} + \text{custos variáveis} + \text{despesas})}{\text{Produção}}$$

Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) das médias desse indicador nos *clusters* com NR alto, baixo e muito baixo (TABELA 9). As propriedades com NR muito alto não conseguiram obter lucro em nenhuma das simulações realizadas, considerando a variação do preço do leite de 2015 a 2021 (TABELA 7), motivo pelo qual este indicador não pôde ser calculado. Nas propriedades com NR alto, o preço de equilíbrio foi o mais elevado entre os *clusters* analisados (R\$1,97/litro), indicando que, para atingir a lucratividade de 0%, seria necessário que o preço do litro de leite aumentasse R\$0,03/litro (TABELA 9). Percebe-se que, nessas propriedades, o aumento do preço do leite é fundamental para que consigam maximizar o lucro das atividades leiteiras. Depreende-se que os riscos da oscilação do preço do leite são altos, expondo essas propriedades a resultados econômicos negativos (prejuízo), caso não ocorra valorização da *commodity* no mercado, elevando os preços pagos aos produtores.

Nas propriedades com NR baixo, o preço de equilíbrio foi menor com valor de R\$1,58/litro (TABELA 9), indicando menor dependência dessas propriedades às oscilações dos preços de mercado do leite para se manterem lucrativas. Contudo, caso os preços do leite apresentem queda

significativa, ficando abaixo do preço de equilíbrio, essas propriedades terão prejuízo. O preço de equilíbrio é especialmente importante para que produtores de leite consigam identificar qual é o menor valor suportável para sobreviverem na atividade leiteira sem prejuízo. De posse dessa informação, caso tomadores de decisão percebam que os preços do leite estejam muito próximos do preço de equilíbrio, tenham condições de adotar antecipadamente, estratégias que ajudem a minimizar seus efeitos sobre a atividade. Cita-se, como exemplo, a possibilidade de venda de animais excedentes, aumento da eficiência na utilização de insumos que estejam, eventualmente, sendo superutilizados ou a seleção de animais mais aptos para a produção de leite (melhor produção, sanidade, persistência de lactação, entre outros).

Nas propriedades com NR muito baixo, a variação do preço do leite não conferiu prejuízo, em função de que as propriedades, em todas as simulações, apresentaram lucratividade maior que zero. Neste *cluster*, o preço de equilíbrio foi o mais próximo do preço mínimo do leite recebido (TABELA 9). Isso indica que, mesmo com a possibilidade de redução dos preços de mercado, essas propriedades estariam protegidas, condição em que os preços do leite exercem efeito pequeno no desempenho econômico das propriedades para que a lucratividade se iguale a zero. Um fator que explica isso é a maior eficiência dessas propriedades quanto à utilização dos insumos, condição que contribuiu para que os custos de produção reduzissem, conforme apresentado na Tabela 8.

Além do preço de equilíbrio, é sugerido, também, o Índice de Tolerância do Preço do Leite (ITPL), indicador responsável por demonstrar o percentual de redução dos preços recebidos pelo litro de leite que impactam o preço de equilíbrio, calculado da seguinte forma:

$$ITPL = \left[ 100 - \left( \frac{PEL}{PL} \right) \right] \times 100$$

Em que:

- ITPL: Índice de tolerância do leite, em percentual (%);
- PEL: Preço de equilíbrio do leite, em R\$/litro; e
- PL: Preço do leite (pago ao produtor), em R\$/litro

Se o ITPL for positivo (condição favorável), o preço recebido é superior ao preço de equilíbrio. Nessa situação, quanto mais alto for o índice, menor é o risco da variação dos preços de mercado do leite sobre a propriedade. Quando negativo (condição desfavorável), o ITPL indica que o preço do leite recebido pelo produtor é inferior ao preço de equilíbrio. Nessa situação, existem elevados riscos de prejuízo para a atividade leiteira, atrelados aos preços de mercado do leite, partindo da premissa que a lucratividade será negativa.

Não foi possível calcular o ITPL das propriedades com NR muito alto, por terem apresentado probabilidade de lucro igual a zero (TABELA 9). Nas propriedades com NR alto, o ITPL foi de -1,85%, indicando que o preço de equilíbrio das propriedades é superior ao preço recebido pelo litro de leite e a lucratividade é negativa. O risco dessas propriedades em não obter lucro com a atividade leiteira é alto, tendo em vista que seria necessária uma elevação, em média, superior a 1,55% dos preços de mercado para que as propriedades se tornem lucrativas. Em casos como este, é necessário que estratégias de redução dos custos sejam tomadas imediatamente, para que o risco dessas propriedades seja minimizado, evitando a geração de prejuízo.

O ITPL indicou que as propriedades com NR baixo tolerariam uma redução de até 19,18% nos preços de mercado do leite para que o preço de equilíbrio seja atingido (TABELA 9). Percebe-se que este *cluster* possui uma margem de tolerância maior às variações impostas pelo mercado sobre o leite a ser comercializado. Uma explicação para isso está atrelada à maior eficiência produtiva, pois propriedades que consigam otimizar seus insumos, tendem a maximizar a lucratividade e, conseqüentemente, estarem menos expostas aos riscos advindos da volatilidade dos preços de mercado.

As propriedades com NR muito baixo foram as que apresentaram maior ITPL entre os quatro *clusters* analisados (TABELA 9). Com isso, seria tolerada uma redução de até 39,10% no preço do litro de leite pago ao produtor até que o preço de equilíbrio seja atingido. O ITPL dessas propriedades é tão elevado que o preço de equilíbrio médio foi 7,55% superior ao menor preço do leite pago aos produtores deste *cluster*, enquanto que, naqueles com NR baixo e alto, este valor foi de 41,07% e 79,09%, respectivamente. Este resultado reforça o entendimento de que tais propriedades possuem elevada capacidade de sobreviverem às reduções do preço do leite, indicando que os riscos que o mercado exerce para essas propriedades é muito pequeno. Embora essas propriedades tenham apresentado o melhor ITPL médio, estratégias que contribuam com o aumento da eficiência da atividade leiteira são fundamentais para que o indicador seja ainda maior e, conseqüentemente, se diminua os riscos do mercado no negócio do leite.

A probabilidade de lucro das propriedades foi calculada a partir do percentual de simulações do preço do leite que fizeram com que a lucratividade fosse maior que zero, cujas médias dos *clusters* apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ; TABELA 9). As propriedades com NR muito alto apresentaram 0% de probabilidade de obterem lucro, independente de qual fosse a variação do preço do leite nas simulações. Em situações como esta, é necessário que tomadores de

decisão desenvolvam estratégias de curto, médio e longo prazos para que haja aumento da eficiência do processo produtivo, pois o maior preço médio de venda do leite dessas propriedades não foi suficiente para gerar lucro.

As propriedades com NR alto apresentaram 25,75% de probabilidade de obterem lucro na atividade leiteira com a variação do preço do leite. Esses resultados sugerem que existem grandes riscos de prejuízo para essas propriedades, caso o preço do leite se mantenha em patamares mais baixos. Para esses produtores, o sucesso da atividade pode estar fortemente atrelado às variações do preço de mercado do leite comercializado. Conforme mostrado na Tabela 9, se mantiverem comportamentos da volatilização do preço do leite no futuro, conforme foi nos últimos anos (de 2015 a 2021; TABELA 7), há maior probabilidade de os preços do leite caírem mais do que subirem em Minas Gerais. Isso aumenta ainda mais o risco dessas propriedades. Ou seja, existe certa dependência do preço de mercado para conseguirem obter lucro com a atividade leiteira.

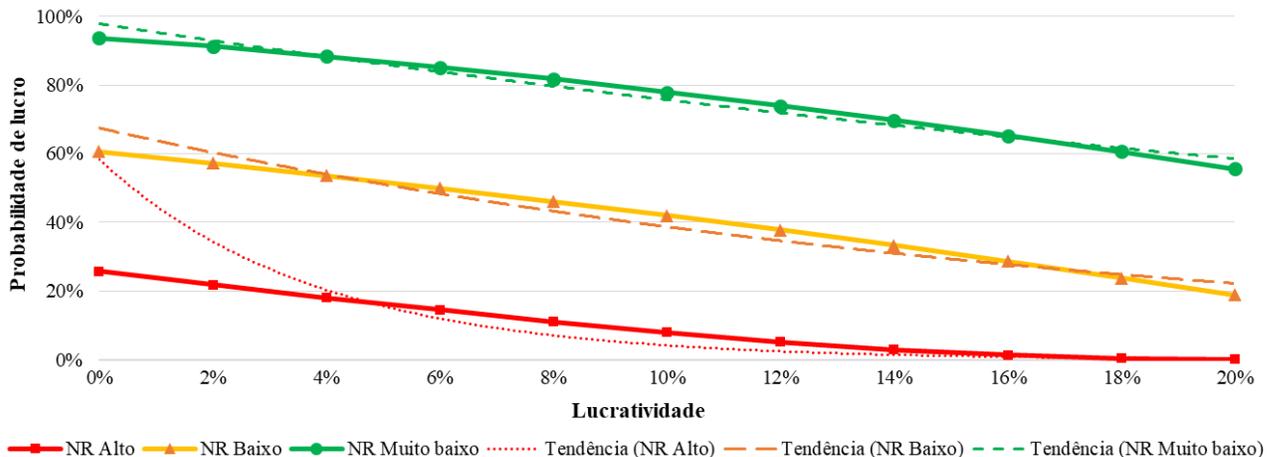
As propriedades com NR baixo apresentaram probabilidade de 60,65% de obterem lucro com a oscilação do preço de venda (TABELA 9). Isso indica que, nessas propriedades, a eficiência do processo produtivo garante maior reserva financeira, que permite reduzir o preço de equilíbrio e, conseqüentemente, tolerar preços do leite mais baixos. Tal condição sugere que essas propriedades estão menos expostas aos riscos da atividade leiteira advindos do mercado do leite. Desse modo, é importante que tomadores de decisão pensem em estratégias de gestão e produção que aumentem a eficiência do processo produtivo nos médio e longo prazos, para que esse cenário não se reverta e novos riscos às atividades venham a surgir.

Diferente dos demais *clusters*, o NR muito baixo se mostrou o menos impactado pela oscilação do preço do leite. Em 93,66% das simulações realizadas (TABELA 9), essas propriedades obtiveram margem líquida positiva, sugerindo que, dificilmente, o preço do leite interferirá nos lucros dessas propriedades. Em casos como este, é fundamental que tomadores de decisão se preocupem com estratégias de gestão e produção de longo prazo, com vistas a fortalecer e aumentar o desenvolvimento da atividade leiteira. A implementação de novas tecnologias é um fator relevante para que essas propriedades consigam se fortalecer ainda mais. Evink e Endres (2017) salientam que o desenvolvimento tecnológico é fundamental para o crescimento e melhoria da eficiência de propriedades leiteiras.

A menor incidência dos riscos é analisada por meio da probabilidade de lucro das propriedades, considerando uma lucratividade mínima (GRÁFICO 7). As propriedades com NR

muito alto não foram consideradas por terem os resultados da série iguais a zero. As propriedades com NR muito baixo foram as mais homogêneas, quando se compara a probabilidade de lucro com a tendência, indicando que essas propriedades possuem maior estabilidade econômica quanto à oscilação da lucratividade em detrimento da variação do preço do leite. Neste caso, há probabilidade de 55,54% das propriedades com NR muito baixo obterem lucratividade superior a 20%. A redução da probabilidade de lucro, quando a lucratividade passa de 0% para 20%, foi de 40,59%. Percebe-se a existência de elevados desempenhos econômicos, condição que contribui com a redução dos riscos dessas propriedades.

Gráfico 7 – Probabilidade de lucro com diferentes lucratividades das propriedades leiteiras, agrupadas em função do nível de risco (NR).



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

As propriedades com NR baixo tiveram suas probabilidades de lucro reduzidas de 60,65% para 18,89%, quando a lucratividade passou de 0% para 20% (GRÁFICO 7). Em relação ao *cluster* com menor risco (NR muito baixo), apresentaram um desempenho 69,62% inferior. A linha de tendência (NR baixo) foi menos uniforme neste *cluster*, sugerindo maior variabilidade da amostra e, conseqüentemente, maior exposição a riscos.

As propriedades com NR alto foram as mais heterogêneas dos *clusters* analisados, uma vez que a lucratividade média e a linha de tendência foram as que mais oscilaram (GRÁFICO 7). Ademais, passaram de 25,75% para 0,05% com lucratividades de 0% e 20%, respectivamente, cuja redução (99,79%) foi a maior entre os *clusters* analisados. Nesse contexto, percebe-se que o impacto do aumento dos riscos deixou essas propriedades mais expostas a menores probabilidades de lucro em lucratividades maiores.

Identificou-se que 63,92% das propriedades deste estudo apresentaram lucratividade positiva e juntas, produziram 19.275.688 litros, ou 71,02% do total produzido, indicando que a maioria delas foi economicamente viável. A produção de leite, se conduzida de forma eficiente, conduz a maiores lucros para os proprietários e, conseqüentemente, menores riscos advindos de fatores extrínsecos à atividade.

De forma geral, publicações sugerem que produtores de leite costumam se sentir desmotivados da atividade devido, entre outros, por questões financeiras, condição que prejudica a sucessão geracional (SPANVELLO *et al.*, 2011; MATTE *et al.*, 2019; MOREIRA *et al.*, 2020), considerado um risco social. Essas pesquisas evidenciam que produtores desacreditam da atividade leiteira como fonte geradora de renda. Bassotto *et al.* (2019) enfatizam que é comum encontrar propriedades que não realizam práticas gerenciais básicas, como o registro das informações, indicando falhas de gestão (riscos de negócio). Os resultados desta pesquisa evidenciam que a atividade leiteira possibilita a geração de lucratividade, contribuindo para a redução de outros riscos e incertezas existentes no setor.

Das propriedades analisadas, 83,50% conseguiram obter lucro em pelo menos uma das simulações realizadas. Contudo, a probabilidade de que possam realmente ter resultados positivos é de 47,40% (média das simulações). Tais resultados evidenciam que a pecuária leiteira de Minas Gerais parece estar muito exposta a riscos de volatilidade dos preços do leite impostos pelo mercado, dependendo disso para a geração de lucro. Tal condição é preocupante, tendo em vista que isso denota baixa eficiência dos processos produtivos e necessidade de maiores auferimentos de renda às propriedades analisadas.

O preço médio do litro de leite em Minas Gerais foi de R\$1,92/litro ( $\pm$  R\$0,19/litro). Caso esse preço reduza para R\$1,73/litro, apenas 216 (44,54%) propriedades obteriam lucro, produzindo 148.759.791 litros de leite (52,56%). Sendo assim, implica dizer que uma redução do preço do leite em Minas Gerais de 10% faria com que 55,46% das propriedades tivessem prejuízo. Esses resultados reforçam o entendimento de que a pecuária leiteira em Minas Gerais possui fragilidades operacionais, com pouca capacidade de suporte às oscilações do mercado do leite. É recomendável que empresas compradoras de leite se mobilizem para propor estratégias que contribuam com o aumento da eficiência das propriedades leiteiras. Além disso, políticas públicas que contribuam com o fortalecimento do setor são relevantes para o futuro do negócio do leite em Minas Gerais.

Caso o preço do litro de leite se eleve em 10%, então 366 (75,46%) propriedades obteriam lucro e produziriam 237.280.433 (83,84%) litros de leite. A valorização do preço do leite, em Minas Gerais, parece ser fundamental para que haja aumento expressivo na quantidade de propriedades com potencial para obterem lucro, reforçando o entendimento de que há vulnerabilidade no setor quanto a volatilidade dos preços do leite. Tal valorização pode ocorrer pela elevação da demanda por lácteos, que eleva os preços do leite e pela melhoria da qualidade, composição e volume do leite produzido nessas propriedades. Do mesmo modo, compete a tomadores de decisão avaliarem e adotarem estratégias que minimizem tais riscos, bem como de órgãos públicos e empresas compradoras do leite em elaborarem planos de fortalecimento da cadeia produtiva do leite em Minas Gerais.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com esta pesquisa, objetivou-se investigar como a variação dos preços do produto (leite) impacta o desempenho econômico, bem como propor um indicador para analisar o risco de propriedades leiteiras de Minas Gerais. As propriedades leiteiras em Minas Gerais se mostraram muito diferentes quanto aos riscos que a volatilidade dos preços do leite impõe sobre a atividade. As propriedades que conseguiram otimizar os recursos produtivos e, conseqüentemente, reduzirem seus custos de produção, foram as que apresentaram menores riscos de prejuízo, evidenciando que a lucratividade pode ser utilizada como indicador de mensuração do nível de risco dessas propriedades. Além disso, a venda de animais em situações em que há eficiência técnica, contribuiu com a redução dos riscos advindos da oscilação do preço do leite.

Percebe-se que existem propriedades que necessitam de estratégias de melhorias, tendo em vista que, independentemente do preço do leite, dificilmente conseguirão obter lucro. Observa-se também que outras propriedades parecem estar estabilizadas, sofrendo minimamente os efeitos da volatilização dos preços do leite. Em todos os casos, é evidente que estratégias de fortalecimento da cadeia produtiva do leite sejam necessárias, para dar suporte aos produtores e contribuir com o desenvolvimento do setor.

Esta pesquisa se limitou a analisar os efeitos apenas da variação dos preços do leite no desempenho econômico de propriedades leiteiras, sem considerar outros fatores macroambientais que interferem na atividade, como, por exemplo, o caso da variação dos preços dos insumos.

Sugere-se também, como agenda para estudos futuros, novas pesquisas que analisem os riscos da variação dos preços do leite em propriedades com diferentes níveis de desenvolvimento tecnológico, escala de produção, sistemas de produção e nível de tecnificação, com mão de obra familiar, mista e contratada, entre outros. Tais pesquisas são relevantes para que se compreenda qual o perfil de propriedades que estaria mais vulnerável à volatilidade dos preços do leite.

## REFERÊNCIAS

ALVES, F. F.; SOUZA, L. V. C.; ERVILHA, G. T. Planejamento e previsão do preço do leite em Minas Gerais: Análise empírica com base no modelo X12-ARIMA. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 12, n. 1, p. 115-134, 2014.

ANASTASIOU, A.; GAUNT, R. E. Multivariate normal approximation of the maximum likelihood estimator via the delta method. **Brazilian Journal of Probability and Statistics**, v. 34, n. 1, p. 136-149, 2020.

ARAÚJO, A. M. B.; LUSTOSA, P. R. B.; PAULO, E. A ciclicidade da provisão para créditos de liquidação duvidosa sob três diferentes modelos contábeis: Reino Unido, Espanha e Brasil. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 29, n. 76, p. 97-113, 2018.

ARAÚJO, A. M. P.; ASSAF NETO, A. Finanças Empresariais e a Contabilidade. **FACEF PESQUISA**, v. 7, n. 3, p. 1-21, 2004.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SOUZA, Â. R. L.; SILVA, L. X. Gestão de custos na produção de soja e milho. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 279-294, apr. 2018.

AYDEMIR, A.; GÖZENER, B.; PARLAKAY, O. Cost analysis and technical efficiency of dairy cattle farms: a case study of Artvin Turkey. **Custos e Agronegócio Online**, Fortaleza, v. 16, n. 1, p. 461-481, Jan./Mar. 2020.

BÁNKUTI, I. F.; DAMASCENO, J. C.; SCHIAVI, S. M.; KUWARAHA, K. C.; PRIZON, R. C. Structural features, labor conditions and family succession in dairy production systems in Paraná State, Brazil. **Cahiers Agricultures**, v. 27, n. 4, p. 1-11, 2018.

BASSOTTO, L.C.; LOPES, M.A.; ALMEIDA JÚNIOR, G.A.; BENEDICTO, G.C. Gestão estratégica de custos de propriedades leiteiras familiares de Minas Gerais. **Custos e @gronegócio on line**, Fortaleza, v. 17, n. 2, p. 144-169, abr./Jun. 2021.

BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, R. L. F. **Manual de avaliação de riscos na agropecuária: um guia metodológico**. Rio de Janeiro: ENS-CPES, 2017.

CEPEA - Centro de Pesquisas Econômicas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP. Leite ao Produtor CEPEA/ESALQ (R\$/litro) - Líquido. **CEPEA - Centro de Pesquisas Econômicas em Economia Aplicada**, 2021. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/leite.aspx>>. Acesso em: 10 set. 2021.

COASE, R. H. The nature of the firm. **Economica**, v. 4, n. 16, p. 386-405, 1937.

COSTA, A. C. G. O.; OLIVEIRA NETO, O. J.; FIGUEIREDO, R. S. Mercado internacional e brasileiro de leite: volatilidade e transmissão de leite. **Alcance**, v. 27, n. 1, p. 82-98, Jan./Abr. 2020.

DALLE, H. M. **Simulação do Reator Triga IPR - R1 utilizando métodos de transporte por Monte Carlo**. Tese (doutorado em Engenharia Química). Campinas: Universidade de Campinas - UNICAMP, 2005.

DORMADY, N.; HENRIQUEZ, A. R.; ROSE, A. Economic Resilience of the firm: a productions theory approach. **International Journal of Production Economics**, v. 208, p. 446-460, Feb 2019.

EVINK, T. L.; ENDRES, M. I. Management, animal health, and economic characteristics of large dairy herds in 4 states in the Upper Midwest of the United States. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 11, p. 9466-9475, 2017.

FERRARI, M. C.; BRAGA, M. J. A eficiência técnica dos produtores leiteiros no Uruguai. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 59, n. 2, p. e221319, 2021.

FERRAZZA, R. A.; LOPES, M. A.; PRADO, D. G. O.; LIMA, R. R.; BRUHN, F. R. P. Association between technical and economic performance indexes and dairy farm profitability. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 49, p. 1-12, apr. 2020.

FINGER, R.; DALHAUS, T. A. J.; HIRSCH, S. Determinants of downside risk exposure of dairy farms. **European Review of Agricultural Economics**, v. 45, n. 4, p. 641-674, 2018.

FRICK, F.; SAUER, J. Technological change in dairy farming with increased price volatility. **Journal of Agricultural Economics**, v. 72, n. 2, p. 564-588, 2020.

FGV. Fundação Getúlio Vargas. Correção de Valores. **Calculadora do Cidadão**, 2021.

Disponível em:

<<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPUBLICO/corrigerPorIndice.do?method=corrigerPorIndice>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

GEBREEGZIABHER, K.; TADESSE, T. Risk perception and management in smallholder dairy farming in Tigray, Northern Ethiopia. **Journal of Risk Research**, v. 17, n. 3, p. 367-381, 2014.

GIL, A. C. **Como classificar pesquisas**. São Paulo: Atlas, 2002.

GUO, P.; LI, H.; ZHANG, G.; TIAN, W. Contaminated site-induced health risk using Monte Carlo simulation: evaluation from the brownfield in Beijing, China. **Environmental Science and Pollution Research**, 2021.

GUO, X.; EGOZCUE, M.; WONG, W. K. Production Theory under price uncertainty for firms with disappointment aversion. **International Journal of Production Research**, p. 1-14, 2020.

GUPTA, G.; MAHAKUD, J. The impact of macroeconomic condition on investment cash flow sensitivity of Indian firms. **South Asian Journal of Business Studies**, v. 9, n. 1, p. 19-42, 2020.

HAIR JÚNIOR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C.. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HYDE, J.; ENGEL, P. Investing in a Robotic Milking System: A Monte Carlo Simulation analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 9, p. 2207-2214, 2002.

LOPES, M. A.; LIMA, A. L. R.; CARVALHO, F. M.; REIS, R. P.; SANTOS, Í. C.; SARAIVA, F. H. Efeito da escala de produção nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de lavras (MG): um estudo multicaso. **Boletim de Indústria Animal**, v. 63, n. 3, p. 177-188, 2006.

LOPES, M. A.; SANTOS, G.; RESENDE, M. C.; CARVALHO, F. M.; CARDOSO, M. G. Estudo da rentabilidade de sistema de produção de leite no município de Nazareno, MG. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 56-69, 2011.

LOPES, M. A.; REIS, E. M. B.; DEMEU, F. A.; MESQUITA, A. A.; ROCHA, A. G. F.; BENEDICTO, G. C. Uso de ferramentas de gestão na atividade leiteira: um estudo de caso no sul de Minas Gerais. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 18, n. 1, p. 26-44, 2016.

LOPES, M. A.; MORAES, F.; CARVALHO, F. M.; BRUHN, F. R. P.; LIMA, A. L. R.; REIS, E. M. B. Effect on workforce diversity on the cost-effectiveness of milk production systems participating in the "full bucket" program. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 1, p. 323-338, jan./fev. 2019.

MARETH, T.; ALVES, T. W. Analysing the determinants of technical efficiency of dairy farms in Brazil. **International Journal of Productivity and Performance Management**, p. 1-19, 2020.

MARTINS, A. G.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizado pela IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

MATTE, A.; SPANEVELLO, R. M.; LAGO, A.; ANDREATTA, T. Agricultura Familiar e Pecuária Leiteira: (Des) continuidade na reprodução social e na gestão de negócios. **Revista**

**Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 15, n. 1, p. 19-33, jan./abr. 2019. Disponível em: <<https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/4317>>.

METODIEVA, T. H.; IVANOVA, T.; GAIDARSKA, V. Cash Flows from operating activities and effectiveness of dairy cattle farms in Bulgaria. **Scientifica Papers Series Management, Economic, Engineering in Agriculture and Rural Development**, v. 18, n. 3, p. 165-170, 2018.

MIRZA, N.; REDDY, K.; HASNAOUI, A.; YATES, P. A comparative analysis of the Hedging Effectiveness of farmgate milk prices for New Zealand and United States dairy farmers. **Journal of Quantitative Economics**, v. 18, n. 1, p. 129-142, 2020.

MONDAINI, I.; VIEIRA, A. P.; VEIGA, R. D.; TEIXEIRA, S. R. A rentabilidade da atividade leiteira: um caso de produtores no médio paranaíba do estado do Rio de Janeiro. **Cad. Adm. Rural**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 43-52, jan./jul. 1997.

MOREIRA, S. L.; SPANEVELLO, M. R.; BOSCARDINI, M.; LAGO, A. Estratégias paternas para a manutenção da sucessão gerencial em propriedades rurais. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 28, n. 2, p. 413-433, 2020.

NOURI, K.; ABBASI, B. Implementation of the modified Monte Carlo simulation for evaluate the barrier option prices. **Journal of Taibah University for Science**, v. 11, n. 1, p. 233-240, 2017.

OGACHI, D.; NDEGE, R.; GATURU, P.; ZOLTAN, Z. Corporate Bankruptcy Prediction Model, a Special Focus on Listed Companies of Kenya. **Journal of Risk and Financial Management**, v. 13, n. 3, p. 47-60, 2020.

RAIMUNDO, J. Z.; ECHEIMBERG, J. O.; LEONE, C. Tópicos de metodologia de pesquisa: Estudos de corte transversal. **Journal of Human Growth and Development**, v. 28, n. 3, p. 356-360, 2018.

SAUER, J.; LOHMANN, U. L. Investment, technical change and efficiency: empirical evidence from German dairy production. **European Review of Agricultural Economics**, v. 42, n. 1, p. 151-175, 2015.

SCHULTE, H. D.; MUSSHOF, O.; MEUWISSEN, M. P. M. Considering milk price volatility for investment decisions on the farm level after European milk quota abolition. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 8, p. 7531-7539, 2018.

SHAMBLIN, J. E.; STEVENS, G. T. **Pesquisa Operacional**. São Paulo: Atlas, 1979.

SOUZA, M. A. G. Alfred Marshall: a questão dos rendimentos crescentes. **Ensaio FEE**, v. 1, n. 1, p. 123-138, 1980.

SPANEVELLO, R. M.; AZEVEDO, L. F.; VARGAS, L. P.; MATTE, A. A. A migração juvenil e implicações sucessórias na agricultura familiar. **Revista de Ciências Humanas UFSC**, v. 45, n. 2, p. 291-304, 2011.

SPANVELLO, R. M.; DUARTE, L. C.; SCHNEIDER, C. L. C.; MARTINS, S. P. 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)**, v. 24, n. 3, p. 198-216, set./out. 2019.

TIGRE, P. B. Paradigmas tecnológicos e teorias econômicas da firma. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 4, n. 1, p. 187-223, 2005.

ZYLBERSZTAJN, D. Papel dos contratos na ordenação agroindustrial: um olhar além dos mercados. **RER**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 385-420, jul./set. 2005.