

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

ÁGUIDA GARRETH FERRAZ ROCHA

**EFICIÊNCIA TÉCNICA E DE ESCALA EM DIFERENTES SISTEMAS
FAMILIARES DE PRODUÇÃO DE LEITE DA MICRORREGIÃO DE
UBERLÂNDIA (MG)**

**UBERLÂNDIA
2017**

ÁGUIDA GARRETH FERRAZ ROCHA

**EFICIÊNCIA TÉCNICA E DE ESCALA EM DIFERENTES SISTEMAS
FAMILIARES DE PRODUÇÃO DE LEITE DA MICRORREGIÃO DE
UBERLÂNDIA (MG)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, da Faculdade de Medicina Veterinária, da Universidade Federal de Uberlândia, como exigência parcial para obtenção do título de Doutora em Ciências Veterinárias.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ricarda Maria dos Santos

Co-orientador: Prof. Dr. Marcos Aurélio Lopes

UBERLÂNDIA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

R672e
2017

Rocha, Águida Gareth Ferraz, 1970-
Eficiência técnica e de escala em diferentes sistemas familiares de
produção de leite da microrregião de Uberlândia (MG) / Águida Gareth
Ferraz Rocha. - 2017.

45 f. : il.

Orientadora: Ricarda Maria dos Santos.

Coorientador: Marcos Aurélio Lopes.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa
de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2017.16>

Inclui bibliografia.

1. Veterinária - Teses. 2. Análise envoltória de dados - Teses. 3.
Alimentação - Teses. 4. Agricultura familiar - Teses. I. Santos, Ricarda
Maria dos. II. Lopes, Marcos Aurélio. III. Universidade Federal de
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. IV.
Título.

CDU: 619

**EFICIÊNCIA TÉCNICA E DE ESCALA EM DIFERENTES SISTEMAS
FAMILIARES DE PRODUÇÃO DE LEITE DA MICRORREGIÃO DE
UBERLÂNDIA (MG)**

Tese aprovada para a obtenção do título de Doutora no Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, pela banca examinadora formada por:

Uberlândia, 25 de agosto de 2017.

Profa. Dra. Ricarda Maria dos Santos (Orientadora) - FAMEV/UFU

Prof. Dr. Adriano Pirtouscheg - FAMEV/UFU

Prof. Dr. Marcelo Tavares - FAMAT/UFU

Prof. PhD. David George Francis – Professor Aposentado da UFU

Dr. Djalma Ferreira Pelegrini – EPAMIG/MG

Dedico esse trabalho aos meus filhos queridos
Túlia Alexandra e Thales Augusto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ser tão bom e maravilhoso e por estar em minha vida a todo momento.

Aos meus queridos filhos Túlia Alexandra e Thales Augusto, que sempre estão ao meu lado, na alegria e na tristeza, ajudando e ‘atrapalhando’, preenchendo minha vida de amor... vocês são minha razão de viver e ser melhor como ser humano! Daria minha vida por vocês...

Aos meus pais amados, Almerano e Corina, que me deram a linha e o anzol para buscar sabedoria, incentivo para não desistir diante dos obstáculos e apoio incondicional para que eu concluísse mais uma etapa em minha vida. Não há palavras para agradecê-los...

Aos meus irmãos, Almerano Filho e Alexsandro, que sempre estão presentes quando preciso. Amor que não tem fim!

À minha orientadora e colega de profissão, Ricarda, pelo apoio e orientação, pela oportunidade de realizar esse doutorado e pela amizade construída. Admiro muito você!

Ao meu co-orientador Prof. Marcos Aurélio pela valiosa orientação, paciência e presteza. Obrigada por sua ajuda, sem a qual não seria possível concluir o doutorado.

Às amizades de longa e pouca data, Célia Regina e Carla, vocês foram muito importantes naqueles momentos que o ‘lombo’ parecia não suportar o peso. Vocês são muito queridas!

Ao meu amigo Djalma com quem tive a imensurável experiência como pesquisadora, pela orientação, por abrir meus olhos ao mundo da pesquisa-ação, por sua paciência e retidão. Muito obrigada por tê-lo conhecido, por continuar desenvolvendo projetos em conjunto; desejo-lhe o melhor sempre!

Ao Prof. Ronaldo e a todos os colaboradores da UBC *Dairy Education and Research Centre*, pela acolhida e aprendizado durante minha estada no Canadá. Ao Prof. Marek pela amizade e elucidações em profícias conversas; meu respeito e apreço.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, em especial ao Prof. Ednaldo que sempre foi solícito nas orientações estatísticas. Professor, o que seria de nós sem os estatísticos?! Muitíssimo obrigada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado-sanduíche para o Canadá.

Aos professores e pesquisador convidados que aceitaram participar como membros da banca de defesa, Adriano, Marcelo, David, Djalma, Marcus Vinícius e Cristiano. Obrigada pelas contribuições em prol da melhoria deste trabalho.

*“É graça divina começar bem.
Graça maior é persistir na caminhada certa.
Mas a graça das graças é não desistir nunca”.*

Dom Hélder Câmara

RESUMO

Os sistemas de produção de leite adotados pelos produtores familiares na microrregião de Uberlândia (MG) não estão bem definidos, pois existem várias especificidades a serem consideradas; assim, neste estudo, objetivou-se caracterizar e avaliar o desempenho técnico e de escala dos sistemas de alimentação praticados por 22 produtores de leite familiares desta microrregião, durante o ano de 2013. O processo de amostragem foi não probabilístico por julgamento; os dados foram analisados por meio do *software* CU\$TO BOVINO LEITE 1.0 que possibilitou estimar o total anual dos custos de produção, das receitas, do preço médio, das margens bruta e líquida, resultado, lucratividade e rentabilidade, bem como o ponto de equilíbrio de cada propriedade estudada. Utilizou-se a Análise Envoltória de Dados – DEA (*Data Envelopment Analysis*), por meio do software SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão para analisar a eficiência técnica e de escala das unidades produtivas selecionadas (DMU's). As variáveis de *inputs* foram área, quantidade de animais, custo com alimentação, custo operacional efetivo menos o custo com alimentação e de *outpus* quantidade de leite produzida e receita com o leite. Dentre os sistemas de produção apontados, aquele com oferta de pastagem como única fonte de volumoso e suplementação com concentrados no período chuvoso, e silagens de milho ou sorgo como volumosos e suplementação dos animais com concentrados, no período seco, foi predominante em 40,91% das propriedades pesquisadas; 50% (11 fazendas) tiveram desempenho insatisfatório, ou seja, foram ineficientes; sendo 31,8% do total de fazendas (sete fazendas) ineficientes tanto tecnicamente quanto em escala; 13,6% do total (três fazendas) não tiveram eficiência em escala e 4,6% das fazendas analisadas (uma propriedade) foi eficiente em escala mas ineficiente tecnicamente. Foi observado que todas as unidades de tomadas de decisão (DMU's) eficientes apresentaram receita com leite maior que a soma do COE (Custo Operacional Efetivo) e custos com alimentação. As informações sobre desempenho técnico e de escala podem ser usadas tanto pelos produtores para tomada de decisão para incrementar sua performance e alcançar potencial máximo de eficiência quanto pelos órgãos governamentais para definir políticas públicas que incentivem o aumento da produtividade e renda das fazendas.

Palavras-chave: DEA. Alimentação. Agricultura Familiar. Custo Operacional Efetivo.

ABSTRACT

The milk production systems adopted by family producers in the microregion of Uberlândia (MG) are not well defined, since there are several specificities to be considered; thus, this study aimed to characterize and evaluate the technical and scale performance of the feeding systems practiced by 22 family milk producers of this microregion, during the year 2013. The sampling process was not probabilistic by trial; data were analyzed by means of the software CU\$TO BOVINO LEITE 1.0 which allowed to estimate the total annual production costs, revenues, average price, gross and net margins, profitability, as well as the break-even point of each property studied. Data Envelopment Analysis (DEA) was used through SIAD - Integrated Decision Support System software to analyze the technical and scale efficiency of selected production units (DMU's). The input variables were the area, the number of animals, feed cost, effective operational cost minus the cost with feeding and the output variables were the quantity of milk produced and revenue with the milk. Among the production systems pointed out, the one with the offer of pasture as the sole source of roughage and supplementation with concentrates in the rainy period, and corn or sorghum silages as bulky and supplementation of animals with concentrates, dry period, was prevalent in 40.91% of the properties surveyed; 50% (11 farms) had performance poorly, i.e., were inefficient; and 31.8% of the total number of farms (7) inefficient farms both technically and in scale; 13.6% of the total (three farms) did not have efficiency in scale and 4.6% of the farms analyzed (one property) was efficient in scale but technically inefficient. It was observed that all the efficient decision-making units (DMU's) presented milk revenue greater than the sum of the COE (effective operational cost) and feeding costs. Information about technical and scale performance can be used both by producers for decision-making to improve its performance and achieve maximum potential of efficiency as by governmental bodies to define public policies that encourage the increase of productivity and income of farms.

Key words: DEA. Feeding. Family Farming. Effective Operational Cost.

LISTA DE FIGURAS

Quadro 1. Localização das Unidades de Tomada de Decisão (*Decision Making Unit* – DMU) estudadas na microrregião de Uberlândia (MG). 24

Quadro 2. Classificação das variáveis de *inputs* e *outputs*. 25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização dos sistemas de alimentação dos rebanhos analisados na microrregião de Uberlândia (MG).	29
Tabela 2. Eficiência das 22 unidades produtivas de leite estudadas da microrregião de Uberlândia (MG), por sistema de alimentação, de acordo com a Análise Envoltória de Dados – modelo BCC com orientação a <i>inputs</i> (Jan a Dez 2013).	31
Tabela 3. Unidades produtivas ineficientes da microrregião de Uberlândia, situação atual e ideal (sugerido pelo Modelo DEA) e % de variação da situação atual para a ideal, conforme modelo DEA - BCC com orientação a <i>inputs</i> (Jan a Dez/2013).	34
Tabela 4. Eficiência técnica e de escala das unidades produtivas de leite, calculada pelo método DEA - modelo BCC com orientação a <i>inputs</i> (Jan a Dez/2013).	37

LISTA DE ABREVIATURAS

BCC - *Variable Returns to Scale* (VRS)

CA - Canadá

CAlim – Custo com Alimentação

CCR – *Constant Returns to Scale* (CRS)

COE – Custo Operacional Efetivo

DEA – Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis*)

DP – Desvio Padrão

Dez – Mês de Dezembro

DMU – Unidade de Tomada de Decisão (*Decision Making Unit*)

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais

EMBRAPA – Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária

FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais

ha – Hectares

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Jan – Mês de Janeiro

L - Litros

MG – Minas Gerais

Ne – Índice de Perda de Eficiência Econômica

Nf – Índice de Perda de Eficiência Técnica

Pi – Produção de Leite no Período Considerado

Pmax – Máxima produção de leite em determinado mês

PMU – Prefeitura Municipal de Uberlândia

PROPEC – Programa de Organização e Gestão da Pecuária Bovina em Minas Gerais

SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão

Unid - Unidade

USA – *United States of America* (Estados Unidos da América)

Vi – Valor Monetário Total do Leite Produzido em um Determinado Período

Vmax – Máximo Valor Monetário do Leite Produzido Durante Todo Período Avaliado

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 Eficiência em sistemas de produção de leite.....	14
2.2 Estratégias de alimentação em rebanhos leiteiros.....	16
2.3 Perda de eficiência.....	17
2.4 Análise envoltória de dados.....	19
3. METODOLOGIA.....	23
3.1 Caracterização e procedimentos da pesquisa.....	23
3.2 Coleta de dados.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
5.1 Principais conclusões.....	39
5.2 Sugestões para trabalhos futuros.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira representa um segmento importante para a economia de Minas Gerais e caracteriza-se pela diversidade de sistemas de produção correspondentes à pluralidade de ambientes, níveis de intensificação, uso de insumos, grupamentos genéticos, sistemas de alimentação e de manejo dos rebanhos. De acordo com dados do último Censo Agropecuário¹ (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2006), a atividade leiteira era praticada em 167.172 propriedades familiares do Estado de Minas Gerais, que ofertavam 44,55% do leite comercializado em 2006.

Tais dados são indicativos da importância social e econômica da pecuária leiteira familiar em Minas Gerais. A saber, uma propriedade familiar é considerada uma pequena gleba rural conforme a Lei nº 9.393, de 1996, art. 2º, parágrafo único; RITR/2002, art. 3º, § 1º; IN SRF nº 256, de 2002, art. 2º, § 1º, pois possui área igual ou inferior a 30 hectares, é explorada pelo proprietário e, por conseguinte, é imune do ITR (Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural) segundo a Constituição Federal, de 5 de outubro de 1988 - CF/1988, art. 150, VI, “a” e “c”, e §§ 2º a 4º, e art. 153, § 4º, com a redação dada pela Emenda Constitucional nº 42, de 19 de dezembro de 2003, art. 1º; Lei nº 9.393, de 1996, art. 2º; RITR/2002, art. 3º; IN SRF nº 256, de 2002, art. 2º (ITR, 2013).

Persiste um quadro de desinformação acerca da eficiência dos sistemas de produção de leite sob as condições microrregionais, cuja avaliação tem sido requerida, não apenas quanto aos aspectos tecnológicos, mas também a partir de indicadores socioeconômicos que demonstrem a sustentabilidade ou não destes sistemas. De acordo com Matos (2009), a falta de informação, principalmente sobre os aspectos socioeconômicos dos sistemas de produção, gera uma indefinição sobre qual o tipo de rebanho leiteiro e de sistema de produção mais adequado a cada localidade. Esta carência de informações é ainda mais evidente quando se trata dos sistemas familiares de produção de leite que, com frequência, dispõem de poucos recursos para investimentos e enfrentam dificuldades de acesso a tecnologias, gestão e comercialização. Tais adversidades seriam menores se houvessem políticas públicas que entendessem e atendessem os sistemas produtivos, conforme a especificidade de cada microrregião, visando o aumento da produtividade e renda aos produtores (CABRERA et al., 2010).

¹ O penúltimo Censo Agropecuário (AGRO) foi atualizado em 1995 e a periodicidade de coleta e divulgação dos resultados do AGRO é quinquenal, para ambas ações; ou seja, o próximo AGRO atualizado, possivelmente, foi finalizado em 2016 com publicação prevista para 2017.

A Prefeitura Municipal de Uberlândia - PMU, na microrregião de Uberlândia (MG), a exemplo de outras prefeituras do Estado, tem oferecido diversos incentivos aos produtores, na forma de apoio às operações de mecanização e correção de solos, plantio e ensilagem. Na tentativa de contribuir com o desenvolvimento da pecuária leiteira, alguns planos foram propostos, tanto em nível federal (“Programa Balde Cheio”/EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA), como estadual (“Minas Leite” e PROPEC/EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS - EMATER) e mesmo em nível local (“Leite a Pasto”). Aos produtores assistidos por tais programas tem sido proposto adotar um conjunto de tecnologias, que inclui a subdivisão de pastagens em piquetes para manejo rotacionado, práticas de adubação e irrigação, reprodução controlada entre outras. Desse modo, novos e variados arranjos produtivos tem sido implementados e operacionalizados diferentemente pelos produtores de uma microrregião ou em um mesmo município; configurando, conforme Garcia Filho (1999), o surgimento de sistemas de produção diferenciados, uma vez que cada produtor rural faz, particularmente, escolhas relacionadas às práticas agrícolas e econômicas.

Os sistemas de produção de leite adotados pelos produtores familiares na microrregião de Uberlândia (MG) não estão bem caracterizados, pois existem várias especificidades a serem consideradas. Miranda e Freitas (2009) entendem que a eficiência dos sistemas de produção está diretamente ligada às escolhas realizadas pelos proprietários decorrentes de tecnologias e modelos de gestão utilizados, ou seja, vários fatores que influenciam direta ou indiretamente os resultados. Entre eles, destaca-se o manejo alimentar do rebanho como uma das principais variações percebidas entre as propriedades; aliado ao impacto sobre a produtividade dos animais (BAILEY, 2005; GAWORSKI; DUMAS, 2012; TAUER; MISHRA, 2006) e, consequentemente, do sistema; sendo o custo operacional com alimentação, o componente com maior proporção (40 a 60%) do custo total de produção de leite (MATOS, 2002; LOPES et al., 2004; CABRERA et al., 2010; CORTEZ-ARRIOLA et al., 2014; HEMME; UDDIN; NDAMBI, 2014; PEREIRA et al., 2016; SINGBO; LARUE, 2016).

Com o intuito de conhecer os sistemas de produção que prevalecem na microrregião de Uberlândia (MG) a fim de contribuir com a melhoria do suporte técnico e econômico oferecido por instituições e organizações públicas e privadas e, ainda, com a forma de gestão das propriedades leiteiras familiares; objetivou-se, com esta pesquisa, caracterizar os sistemas de alimentação do rebanho leiteiro adotados por produtores de leite familiares da microrregião de Uberlândia (MG) e avaliar a eficiência técnica e de escala, durante o ano de 2013.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Eficiência em sistemas de produção de leite

A falta de lucratividade dos sistemas de produção de leite familiar é causa de preocupação; seja pela evasão do homem do campo para a cidade, e pela não continuidade da atividade, ou pela migração da pecuária leiteira para outra atividade agropecuária mais rentável. Obter essa lucratividade depende da relação entre o preço de venda do leite e o preço dos insumos e fatores de produção, e também da quantidade produzida em relação às quantidades dos fatores de produção utilizadas. Os produtores são capazes de perceber variações financeiras; contudo encontram dificuldades em quantificar e identificar os pontos de estrangulamento do processo produtivo, especialmente porque, com frequência, não adotam sistemas de registro de custos (OLIVEIRA et al., 2001).

Para Lopes et al. (2004), a análise econômica da atividade leiteira possibilita ao produtor utilizar os fatores de produção, quais sejam: terra, capital e trabalho; de forma otimizada para maximizar lucros e minimizar custos. Pensando em prazos, pode-se associar menores custos e maior retorno financeiro ao curto prazo, enquanto que a rentabilidade associa-se ao retorno do capital investido no longo prazo. Assim, potencializar a lucratividade e rentabilidade das propriedades leiteiras familiares diminui a probabilidade de abandono dessa atividade e sugere mantê-las sustentáveis, no sentido de permanecerem produzindo por muito mais tempo (HEMME; UDDIN; NDAMBI, 2014; JIANG; SHARP, 2014).

Os produtores de leite detêm maior controle de seu negócio da ‘porteira para dentro’, quer dizer, sobre a aquisição e uso de seus próprios recursos em relação à comercialização e preço praticados pelo mercado lácteo. Dessa forma, o cálculo de custos de produção de leite é uma ferramenta gerencial que auxilia na tomada de decisão de investimentos ao longo do tempo, além de ser um indicador de sustentabilidade da fazenda de leite que opera em um cenário inconstante; portanto, para manter-se competitivo, o produtor de leite deve buscar estratégias para reduzir seus custos operacionais e aumentar sua receita (HEMME; UDDIN; NDAMBI, 2014).

Entende-se redução de custos como a capacidade de produzir mais por menos, isto é, gerar maior volume de resultado ou produto final por meio da combinação ótima de insumos (PINDYCK; RUBINFELD, 2006). Por conseguinte, denomina-se eficiência como a utilização de recursos da melhor maneira à ausência de desperdícios. Nessa lógica, ineficiente seria uma propriedade que utiliza muitos insumos e obtém baixo resultado (LATRUFFE et al., 2016). A

proposta do uso de custo de eficiência tem o intuito de medir a capacidade produtiva de uma certa quantidade de produtos a custos menores (JIANG; SHARP, 2014). Para tanto, estudos têm analisado o desempenho dos sistemas produtores de leite com base na eficiência técnica (MOREIRA; BRAVO-URETA, 2016). Para Farrel (1957), essa eficiência é a obtenção de um volume máximo de produto dada uma determinada quantidade de recursos e, para Jiang e Sharp (2014), é a medida de quão bem as fazendas utilizam seus recursos físicos e tecnológicos.

Para determinar a eficiência de uma propriedade de leite faz-se necessário elencar e quantificar, com detalhes, os insumos empregados em todo o processo produtivo. Entretanto, conhecer apenas as perdas de eficiência que podem ser oriundas de má gestão ou falta de informação sobre o mercado (SOUZA; BRAGA; FERREIRA, 2011) não alcança a dimensão sistêmica deste estudo. Por isso, o cálculo da eficiência econômica da propriedade leiteira também é importante, pois possibilita tomar decisões mais assertivas e elaborar estratégias para desenvolver mecanismos de negociação e conseguir melhores valores por sua produção (ALMEIDA; SILVA, 2015). Para esses autores, a eficiência econômica de uma fazenda de leite pode ser medida pela comparação entre os valores recebidos por sua produção. Gaworski e Dumas (2012) corroboram ao considerar o cálculo da eficiência econômica baseado na comparação do valor recebido pelo leite cru em um período em relação ao valor máximo recebido pelo leite no mesmo período.

Um parâmetro para comparar a eficiência dos sistemas de produção de leite surgiria da comparação com propriedades mais eficientes e com o desempenho da própria fazenda ao longo do tempo (GOMES; ALVES, 1999; ALMEIDA; SILVA, 2015). Todavia, para comparar resultados é preciso medi-los e, para isso, é prudente usar uma base de cálculo que possibilite indicadores comparáveis (HEMME; UDDIN; NDAMBI, 2014). A estrutura de custo de produção de leite (LOPES; LOPES, 1999) viabiliza identificar, quantificar e gerar indicadores a partir do detalhamento das entradas (recursos) e saídas (resultados) de um sistema de produção de leite que, usualmente, envolve inúmeras variáveis dada a complexidade da atividade.

Segundo Lopes e Lopes (1999), é possível decompor os recursos disponíveis para produção de leite em grupos de despesas, sendo que o custo operacional efetivo (COE) é o somatório das despesas que são desembolsadas pelo produtor para efetivamente realizar tais operações; enquanto que o custo operacional total (COT) é o resultado da adição do COE à depreciação e à mão-de-obra. Nascif (2016) considera COE todos os custos variáveis, inclusive alimentação, e não leva em conta os custos fixos.

A produção de leite é altamente exigente em alimentação e esse fato explica o porquê do custo com alimentação apresentar o maior percentual do total das despesas operacionais (LOPES et al., 2005; ALMEIDA; SILVA, 2015). A partir desse entendimento, observa-se que é possível medir a eficiência de um sistema de produção pelos custos de alimentação em relação à produtividade de leite (ESPINOZA-ORTEGA et al., 2005; CORTEZ-ARRIOLA et al., 2014; HEMME; UDDIN; NDAMBI, 2014; PEREIRA et al., 2016).

2.2 Estratégias de alimentação em rebanhos leiteiros

Aumentar a produção de leite e oferecer um produto com alta qualidade sugere ser o propósito dos pecuaristas de leite, independentemente de seu porte, quer seja um grande produtor ou um produtor familiar. Dentre os fatores de um sistema de produção de leite, estão área da propriedade, quantidade de vacas em lactação em relação ao rebanho, composição genética dos animais, sistema de ordenha, método de reprodução, alimentação; sendo que, esse último é o componente mais oneroso e representa maior percentual dos custos operacionais efetivos (MATOS, 2002; LOPES et al., 2004; RENNÓ et al., 2008; CABRERA et al., 2010; CORTEZ-ARRIOLA et al., 2014; HEMME; UDDIN; NDAMBI, 2014; ALMEIDA; SILVA, 2015; PEREIRA et al., 2016; SINGBO; LARUE, 2016). Isso explica a grande preocupação, tanto dos produtores de leite quanto dos profissionais extensionistas rurais, pela busca de sistemas de alimentação cada vez mais eficientes e que promovam maior competitividade e sustentabilidade da atividade; não só do ponto de vista de negócio, ou seja, de manter o produtor de leite atuante no mercado lácteo, mas também no sentido de garantir que a exploração leiteira tenha longevidade, com animais saudáveis, solos férteis, água em abundância e alimentos de qualidade.

Para Ely (1992), há diferentes estratégias alimentares e a escolha sobre qual forrageira utilizar deve ser criteriosa, pois depende de muitas variáveis, como o tipo de rebanho, o tipo de solo, a época do ano, os recursos disponíveis e o estágio de lactação das vacas. O acréscimo de proteína e energia como suplementação para os animais alcançarem seu potencial leiteiro é uma estratégia nutricional eficiente; todavia, altamente dispendiosa (BATH; SOSNIK, 1992; BARGO et al., 2002; MAGALHÃES et al., 2007; RENNÓ et al., 2008). Segundo Holmes (1995), produzir leite a pasto é a estratégia alimentar mais viável e econômica por fornecer nutrientes necessários para vacas leiteiras em condições naturais, sobretudo em países em desenvolvimento.

Branco et al. (2002) alertam contudo que, no período seco, as vacas leiteiras não conseguem retirar do pasto todos os nutrientes necessários para atender a sua exigência nutricional, o que acaba refletindo na redução da produtividade do rebanho. Neste caso, a suplementação deve ser utilizada com o objetivo de complementar a dieta dos animais. Para enfrentar esse período, os produtores devem tomar alguns cuidados no manejo, como suplementação e análise bromatológica de alimentos, especialmente subprodutos da indústria. Destinar subprodutos da indústria, tais como farelo de soja, caroço de algodão, polpa cítrica, cevada e resíduo de abacaxi para a alimentação dos animais tem sido uma maneira alternativa de criar um ambiente de produção sustentável; haja vista que, segundo GOMES et al. (2009), tais subprodutos, em geral, têm grande potencial nutricional para alimentação animal. O uso da cana-de-açúcar, milho e sorgo como parte desta suplementação, tem se tornado prática comum e com resultados positivos para o sistema de produção de leite, porém bastante onerosos, devido à grande variação do preço de mercado.

Quando se trata de produção de leite existem vários sistemas de alimentação disponíveis para escolha do produtor, além de uma enorme variedade de produtos e subprodutos para compor esses sistemas. É de responsabilidade dos produtores e técnicos analisarem qual manejo alimentar se encaixa melhor em determinada propriedade, para garantir lucratividade e sustentação da atividade no mercado. Pelo fato de apresentar diferenças significativas entre os sistemas, é possível comparar as estratégias alimentares escolhidas e o resultado econômico obtido dentro de um grupo semelhante de produtores; diagnosticando qual sistema alimentar apresenta melhores resultados (LOPES et al., 2005).

Novas tecnologias adotadas na atividade leiteira, no Brasil, acarretam mudanças socioeconômicas que impulsionam a atividade, viabilizam melhores resultados e tornam os produtores mais competitivos, em especial os produtores de leite familiares com condições econômicas limitadas (EMBRAPA, 2002). Essa limitação justifica a busca por sistemas de produção cada vez mais eficientes.

2.3 Perda de eficiência

Foi proposto por Gaworski e Dumas (2012) calcular índices de perda de eficiência técnica e econômica a partir das quantidades de leite produzidas e respectivos valores monetários recebidos mensalmente, durante determinado período. Para eles, a variação da quantidade produzida, bem como do valor recebido, período a período, apresenta os limites máximo e mínimo no processo produtivo e, consequentemente, o potencial de utilização dos

recursos, tanto físicos (eficiência técnica), quanto financeiros (eficiência econômica) que teriam sido perdidos se considerar a máxima produtividade do período. De forma análoga, o Modelo dos Multiplicadores calcula a eficiência de um sistema de produção pela razão entre a quantidade produzida por um sistema produtivo e a quantidade produzida pelo sistema mais produtivo (com maior produção), durante um período determinado (MELLO et al., 2005).

A função para cálculo da eficiência técnica perdida é expressa pela relação entre o montante de leite produzido em determinado período, por exemplo: um ano, e a máxima produção de leite em um determinado mês durante o período observado (GAWORSKI; DUMAS, 2012).

O cálculo da eficiência econômica perdida segue o mesmo raciocínio acima; o índice de perda de eficiência econômica é dado pela relação entre o valor monetário recebido pelo leite cru produzido em um período considerado e o valor monetário máximo recebido pelo leite cru produzido em determinado mês durante o período analisado (GAWORSKI; DUMAS, 2012).

O método proposto por Gaworski e Dumas (2012) sugere apresentar índices de perdas de eficiência técnica e econômica para sistemas de produção com relação à quantidade de leite produzido e receita obtida pela venda do leite. Portanto, para cálculo da eficiência técnica e econômica bastaria encontrar o índice de perda desejado e subtrai-lo de 100, haja vista que a máxima eficiência equivale a 100%. Dessa forma, os índices encontrados apontariam a eficiência dos sistemas de produção conforme aquelas duas variáveis.

Essa metodologia evidencia, aos produtores, de forma simples, o quanto é preciso melhorar tanto em desempenho técnico quanto econômico com vistas a alavancar a lucratividade. Ainda, justifica-se pela busca dos produtores por tomada de decisão para continuar o negócio, no curto prazo, e alcançar competitividade no longo prazo; além de ser uma valiosa ferramenta gerencial de apoio ao planejamento e simulação de cenários. Todavia, para o alcance de uma análise completa, tal metodologia mostra-se parcial por considerar apenas duas variáveis (quantidade total produzida e receita total do leite) dada a complexidade da atividade. Os índices de perda de eficiência encontrados seriam apenas uma parte de um todo a ser analisado.

2.4 Análise envoltória de dados (DEA)

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) é uma ferramenta matemática que apoia tomadas de decisão com base na mensuração de eficiência de sistemas produtivos; geralmente utilizada para analisar processos produtivos com múltiplos insumos (STEENEVELD et al., 2012). A DEA é uma técnica não paramétrica que utiliza métodos de programação linear para determinar e comparar a eficiência de unidades produtivas, evidenciando o quanto uma unidade é mais ou menos eficiente que outra. Uma unidade produtiva cuja eficiência relativa está sendo analisada é chamada de ‘Unidade de Tomada de Decisão’ (*Decision Making Unit* – DMU) (MELLO et al., 2005).

O método não paramétrico DEA desenha uma fronteira que posiciona as DMU’s conforme sua eficiência; ou seja, as DMU’s com escores de eficiência 100% delimitam aquelas que estejam abaixo ou acima dessa fronteira (SOUZA; BRAGA; FERREIRA, 2011; STEENEVELD et al., 2012; PEREIRA; TAVARES, 2017). Para Souza, Braga e Ferreira (2011), a simplificação do DEA é sua principal vantagem, além de ser uma análise multiproduto e multi-insumo que se apresenta mais adequada que a metodologia proposta por Gaworski e Dumas (2012), visto que considera vários insumos (*inputs*) e resultados (*outputs*) (ALMEIDA; SILVA, 2015; PEREIRA; TAVARES, 2017). O fato da DEA ser mais adequada para avaliar a eficiência técnica e econômica dos sistemas de produção de leite, deve-se à complexidade de fatores que interferem no desempenho dos sistemas. Convenientemente, a abordagem DEA requer que a amostra seja homogênea e as DMU’s sejam comparáveis entre si (sistemas de produção de leite familiares, por exemplo), pertençam à mesma indústria (lácteos) e tenham os mesmos *inputs* e *outputs* para cada DMU (as entradas e saídas para produção de leite são as mesmas para os sistemas de produção, com quantidades e valores específicos a cada sistema) (PEREIRA; TAVARES, 2017).

Existem dois modelos clássicos da DEA: CCR (*Constant Returns to Scale* – CRS) (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978) e BCC (*Variable Returns to Scale* – VRS) (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984) ambos com orientação para *inputs* e para *outputs*. No modelo CCR orientado para *inputs*, a eficiência é atingida com redução do uso de recursos sem alterar o nível de *outputs*. O CCR com orientação para *outputs* determina a eficiência pela maximização das saídas mantendo inalteradas as entradas. O modelo BCC orientado para *inputs* preconiza que a DMU que tiver menor valor de entradas será eficiente, enquanto que o modelo BCC com orientação para *outputs* sugere o inverso, ou seja, a DMU que tiver menor

valor de um determinado *output* será eficiente (MELLO et al., 2005). A escolha do modelo dependerá do objetivo a ser alcançado e o *score* de eficiência dependerá da quantidade e da qualidade dos *inputs* e *outputs* considerados na análise.

A seguir, os modelos CCR e BCC e suas respectivas equações, conforme Mello et al. (2005).

CCR orientado para *inputs*:

$$\text{Max } Eff_o = \sum_{j=1}^s u_j y_{jo}$$

sujeito a

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k$$

$$v_i, u_j \geq 0, \forall i, j$$

Onde Eff_o é a eficiência da DMU o em análise; v_i e u_j são os pesos de *inputs* i , $i=1, \dots, r$, e *outputs* j , $j=1, \dots, s$ respectivamente; x_{ik} e y_{jk} são os *inputs* i e *outputs* j da DMU k , $k=1, \dots, n$; x_{io} e y_{jo} são os *inputs* i e *outputs* j da DMU o .

CCR orientado para *outputs*:

$$\text{Min } h_o = \sum_{i=1}^r v_i x_{io}$$

sujeito a

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jo} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k$$

$$u_j, v_i \geq 0, \forall j, i$$

Considerar $h_o = 1/Eff_o$

BCC com orientação para *inputs*:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } h_o \\
 & \text{sujeito a} \\
 & h_o x_{io} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \\
 & -h_o y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\
 & \sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\
 & \lambda_k \geq 0, \forall k
 \end{aligned}$$

BCC com orientação para *outputs*:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } h_o \\
 & \text{sujeito a} \\
 & x_{io} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \\
 & -h_o y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\
 & \sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\
 & \lambda_k \geq 0, \forall k
 \end{aligned}$$

A eficiência técnica global (modelo CCR) está relacionada à produção de um bem ou serviço com a menor utilização de recursos e menor (ou zero) desperdício possível. Nesta metodologia, os escores de eficiência serão decompostos em dois componentes: eficiência técnica ‘pura’ (modelo BCC) e eficiência de escala (CCR/BCC); ainda, Macedo et al. (2007) consideram a eficiência econômica obtida pelo modelo CCR. Dessa forma, serão obtidas informações importantes sobre as fontes de ineficiência das DMU’s analisadas; podendo a causa ser ineficiência do processo de transformação dos recursos em produtos (técnica) ou da ineficiência da escala de produção, ou até mesmo, de ambas (MACEDO et al., 2007; PEREIRA; TAVARES, 2017). Contudo, para uma DMU ser de fato eficiente é preciso que ela tenha eficiência técnica e de escala.

A utilização da metodologia não paramétrica DEA é crescente em diversas áreas, entre elas as de agronegócios e extensão rural (FRASER; CORDINA; 1999). Estudos comprovam

sua importância para determinar os níveis de eficiência de DMU's e seu uso como ferramenta gerencial que direciona as DMU's ineficientes a buscar melhoria contínua, seja por meio de planejamento estratégico, tomada de decisão ou *benchmark* das DMU's mais eficientes que passam a ser referência às demais (ARZUBI; BERBEL, 2002; GOMES; MANGABEIRA, 2004).

Na pecuária de leite, Fraser e Cordina (1999) analisaram a eficiência de propriedades de produção de leite na Austrália pelos modelos CCR e BCC, com *inputs*: quantidade de vacas, área utilizada para produção, custo de água para irrigação de pastagens, custos com alimentação e mão-de-obra; apenas um *output* foi usado: quantidade total de leite produzida. Arzubi e Berbel (2002) também empregaram os modelos CCR e BCC em fazendas de leite na Argentina, sendo os *inputs*: área de pastagem, quantidade de vacas, custo operacional; e *output*: quantidade de leite produzida. Gomes, Mangabeira e Soares de Mello (2005) optaram como *inputs*: área destinada à produção, quantidade de vacas e custos totais, tendo como *output*: produção anual de leite. Macedo et al. (2007) avaliaram a eficiência de sistemas de produção de leite, na região sudeste do Brasil e, para tal, aplicaram o modelo CCR orientado para *inputs* e as variáveis de entrada foram: custo com medicamentos, custo com mão-de-obra, custo com alimentação e despesas gerais (inclusive energia) e como *output*: a quantidade de leite produzido. Souza, Braga e Ferreira (2011) escolheram os modelos CCR e BCC com orientação a *outputs* para avaliarem a eficiência de cooperativas agropecuárias paranaenses e usaram mão-de-obra, despesas administrativas e ativo permanente como *inputs*; e como *output*: faturamento bruto. Steeneveld et al. (2012) compararam a eficiência técnica de fazendas leiteiras que usavam ordenhadeiras mecânica e automática, na Holanda, pelo modelo BCC orientado a *inputs* e escolheram as seguintes variáveis de entrada: quantidade de vacas, área, custos totais e custos com mão-de-obra, tendo como *output*: receita total. Almeida e Silva (2015) aplicaram os modelos CCR e BCC para avaliarem explorações leiteiras nos Açores, onde desenvolveram três modelos diferentes e os *inputs* comuns foram: área destinada à produção de leite, quantidade de vacas e custos totais para produção de leite; e como *output*: produção total de leite. Nas pesquisas citadas, verificou-se a repetição dos *inputs*: área destinada à produção de leite, quantidade de vacas e custos de produção; e como *output*: produção total de leite.

Vale ressaltar que os modelos da Análise Envoltória de Dados - DEA conjugam vários indicadores de diferentes medidas no cálculo de eficiência; o que facilita seu uso, pois não há necessidade de converter variáveis para um padrão comum de unidade e, por isso, sua característica mais marcante é ser capaz de modelar a complexa realidade (MACEDO, 2005).

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização e procedimentos da pesquisa

Esta pesquisa se caracteriza como descritiva e quantitativa, conforme Vergara (2004), fundamentando-se em pesquisa bibliográfica e documental. O método Análise Envoltória de Dados - DEA foi aplicado a 22 sistemas familiares produtores de leite, ao longo do ano de 2013, com o propósito de mensurar o desempenho de cada unidade produtiva quantificando sua eficiência técnica e de escala. O processo de amostragem é não probabilístico por julgamento, levando-se em consideração os seguintes critérios: disponibilidade e qualidade de dados zootécnicos; consentimento e interesse do pecuarista na realização da pesquisa; facilidade de acesso por parte do pesquisador às fontes de evidências (LOPES et al., 2015).

Os dados de custos foram analisados por meio do software CU\$TO BOVINO LEITE 1.0 (LOPES et al., 2002) que possibilitou estimar o total anual dos custos de produção, das receitas, do preço médio, das margens bruta e líquida, resultado, lucratividade e rentabilidade, bem como o ponto de equilíbrio da atividade de produção de leite de cada propriedade estudada. O referido *software* contempla as metodologias do custo operacional e custo total (LOPES et al., 2002).

Utilizou-se a Análise Envoltória de Dados – DEA (*Data Envelopment Analysis*), por meio do software SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão (ANGULO MEZA et al., 2005); e para analisar a eficiência técnica e de escala das unidades produtivas selecionadas (DMU's) foi fundamental escolher as variáveis de *inputs* e *outputs*, bem como o modelo de análise adequado. Cada propriedade, com sua respectiva localização, foi considerada uma DMU (Quadro 1); isso possibilitou identificar a DMU mais eficiente. As DMU's atendem aos pressupostos de homogeneidade citados por Dyson et al. (2001), pois as atividades são similares, atuam na mesma indústria láctea, produzem produtos comparáveis e o conjunto de entradas e saídas tem as mesmas características.

Quadro 1 – Localização das DMU's (Decision Making Unit – Unidade de Tomada de Decisão) estudadas na microrregião de Uberlândia (MG)

DMU	Município	Região
DMU 1	Uberlândia	Miraporanga
DMU 2	Monte Alegre de Minas	Região 1
DMU 3	Indianópolis	Região 2
DMU 4	Indianópolis	Região 3
DMU 5	Prata	Região 5
DMU 6	Uberlândia	Capela dos Martins 1
DMU 7	Tupaciguara	Bálsmo
DMU 8	Prata	Região 6
DMU 9	Uberlândia	Usina dos Martins
DMU 10	Indianópolis	Região 4
DMU 11	Monte Alegre de Minas	Banco da Terra
DMU 12	Uberlândia	Paciência
DMU 13	Canápolis	Avatinguara
DMU 14	Uberlândia	Tenda dos Morenos 1
DMU 15	Prata	Região 7
DMU 16	Uberlândia	Tapuirama
DMU 17	Prata	Região 8
DMU 18	Uberlândia	Tenda dos Morenos 2
DMU 19	Tupaciguara	Cajuru
DMU 20	Uberlândia	Capela dos Martins 2
DMU 21	Prata	Região 9
DMU 22	Prata	Região 10

Fonte: Elaborado pela autora

Para determinar a quantidade de variáveis de entrada e saída, seguiu-se o proposto por Dyson et al. (2001) em que o número de DMU's (n) está relacionado com o número de entradas (m) multiplicado pelo número de saídas (s), sendo representado por $n = 2m \cdot s$; substituindo na fórmula: $n = 22$, $m = 4$ e $s = 2$; logo, a quantidade de variáveis atende ao pressuposto.

No Quadro 2 estão relacionadas as variáveis que compõem o modelo DEA desta pesquisa, conforme classificação e definição. Foram escolhidas seis variáveis, classificando-se quatro como *inputs* e duas como *outputs*. As duas variáveis de *outputs* (quantidade de leite produzida e receita com leite) referem-se ao volume de produção da propriedade e o montante recebido por essa produção; a receita total (receita com leite + venda de animais + receita de

subprodutos) não foi considerada, pois a ideia é o sistema produtivo ser eficiente apenas com a produção de leite e ser capaz de cobrir seus custos de produção; assim, as receitas com vendas de animais e subprodutos seriam para investimentos na propriedade, na melhoria do processo e, sobretudo, para proporcionar qualidade de vida ao produtor. As variáveis de *inputs* se dão em função do processo produtivo do leite e, principalmente, pelo custo com alimentação que é o mote deste estudo; além de seguir o pressuposto de homogeneidade em que entradas similares estão disponíveis para todas as unidades produtivas (DYSON et al., 2001). Dessa maneira, a base de dados para análise compreende os valores de cada variável em cada uma das DMU's avaliadas, ou seja, cada variável apresenta 22 valores diferentes.

Quadro 2 – Classificação das variáveis de *inputs* e *outputs*

Variáveis	Unidade	Classificação	Definição
Área	há	<i>Input</i>	Quantidade total, em hectares, da área destinada à atividade leiteira
Quantidade de animais	Unid	<i>Input</i>	Quantidade total, em unidades, das vacas em lactação no ano de 2013.
Custo com Alimentação (CALim)	R\$	<i>Input</i>	Valor total anual, em reais, dos custos com alimentação no ano de 2013.
Custo Operacional Efetivo (COE) – Custo com Alimentação (CALim)	R\$	<i>Input</i>	Valor total anual, em reais, dos custos operacionais efetivos menos o valor dos custos com alimentação no ano de 2013.
Quantidade de leite produzida	L	<i>Output</i>	Quantidade total anual, em litros, de toda a produção de leite no ano de 2013.
Receita com Leite	R\$	<i>Output</i>	Valor total anual, em reais, da receita obtida pela venda do leite no ano de 2013.

Fonte: Elaborado pela autora

Para cálculo das medidas de eficiência, a *priore*, considerando a natureza dos sistemas de produção de leite, principalmente pela sazonalidade que impõe variações significativas entre as produções de leite no período chuvoso e período seco, bem como dos custos com alimentação nos diferentes períodos, optou-se por empregar o modelo BCC (inserir a fonte e data). Posteriormente, essa medida de eficiência foi decomposta em uma medida de ‘pura’ eficiência e uma eficiência de escala; assim, foi necessário calcular a eficiência tanto pelo modelo CCR quanto pelo BCC para obtenção da medida de eficiência de escala (CCR/BCC).

De acordo Mello et al. (2005), os modelos seguem duas orientações: para *inputs*, quando o objetivo é minimizar os recursos disponíveis, sem alterar o nível de produção; e,

para *outputs*, quando o intuito é aumentar os produtos, sem alterar os insumos utilizados. Como mencionado anteriormente, o produtor tem maior controle sobre os fatores de produção ‘porteira para dentro’ podendo minimizar o uso de recursos e diminuir custos; dessa forma, os modelos DEA propostos terão orientação para *inputs*, o que se justifica porque a ineficiência está mais correlacionada com a utilização de insumos.

3.2 Coleta de dados

Participaram do estudo 22 propriedades rurais familiares produtoras de leite localizadas nos municípios de Canápolis (1 propriedade), Indianópolis (3 propriedades), Monte Alegre de Minas (2 propriedades), Prata (6 propriedades), Tupaciguara (2 propriedades) e Uberlândia (8 propriedades). A escolha das propriedades participantes foi realizada por amostragem não probabilística, levando-se em consideração os seguintes critérios: disponibilidade dos proprietários para participar da pesquisa, bem como interesse na realização da mesma e facilidade de acesso por parte dos pesquisadores às fontes de evidências (LOPES et al., 2015). De janeiro a dezembro de 2013 foram coletados dados zootécnicos e socioeconômicos das propriedades. Os proprietários receberam orientação e foram treinados quanto ao preenchimento dos formulários de produção, receitas e despesas mensais da propriedade relativas à atividade leiteira.

Durante o período da coleta dos dados foram realizadas visitas técnicas, por uma equipe de pesquisadores, às propriedades com o objetivo de compreender as potencialidades dos sistemas de produção, as dificuldades e problemas enfrentados pelos produtores e suas demandas.

Aos produtores participantes foi oferecida assistência zootécnica, veterinária e de gestão, periódica. As atividades realizadas nas propriedades participantes são listadas a seguir: avaliações reprodutivas das fêmeas bovinas; diagnósticos de gestação; orientações sobre manejo e sanidade dos rebanhos, arraçoamento de vacas leiteiras, análise de solo, implantação e manejo de pastagens, boas práticas para produção de leite; medicação de bezerros; cirurgias de descorna de bovinos e para conversão de bois em rufiões; dentre outras. Foram realizadas análises bromatológicas dos alimentos resíduo de soja e resíduo de agroindústria do abacaxi, no Laboratório de Bromatologia da Universidade Federal de Uberlândia, destinadas a orientar as tomadas de decisão dos produtores, com respeito à alimentação dos rebanhos.

Em todas as propriedades participantes foram realizados inventários de instalações, máquinas, equipamentos e demais investimentos realizados pelos produtores (como também

dos rebanhos), conforme preconizado por Lopes et al. (2004). Estudo das técnicas adotadas nos diversos sistemas de produção de leite foi realizado simultaneamente às demais atividades realizadas. Os sistemas de produção de leite foram analisados a partir dos dados coletados, dos diagnósticos *in loco* e dos inventários das propriedades. Os dados relativos a despesas, receitas, inseminações, parições e descartes no rebanho, produção de leite, preços de venda dos produtos e investimentos, coletados mensalmente, constituíram o banco de dados.

A partir dos dados gerados pelas coletas mensais, foi possível calcular a produção total de leite, durante o período de um ano, e especificar os grupos de alimentação; assim, cada unidade produtora de leite com sua respectiva produção, custos e receita pôde ser avaliada e comparada em relação ao desempenho técnico e de escala. Neste trabalho, a eficiência é entendida como a razão entre o realizado e o máximo potencial que poderia ser alcançado se os recursos disponíveis fossem utilizados sem desperdícios.

No caso em estudo, os componentes dos sistemas de produção de leite podem ser descritos pelos seguintes elementos: área da propriedade, quantidade de vacas em lactação, percentual de vacas em lactação em relação ao rebanho total, composição genética do rebanho, sistema de ordenha, frequência de ordenhas, método de reprodução, sistema de criação de bezerros, tipo de mão-de-obra empregada, condição de posse da propriedade, estágio de sucessão familiar, fonte de renda, idade, habitação e escolaridade do proprietário, produção anual, custos operacionais e totais, margem bruta e líquida, resultado financeiro, índices de lucratividade e rentabilidade e sistema de alimentação, que é o foco principal deste estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas de produção de leite estudados estão implantados em propriedades rurais com área média de $33,61 \pm 22,88$ hectares, conduzidos por mão-de-obra familiar. A quantidade média de vacas em lactação foi de $23,73 \pm 15,74$ animais e a quantidade média produzida por dia foi $288,96 \pm 294,01$ kg de leite. Pereira et al. (2016), ao pesquisar fazendas produtoras de leite na mesorregião Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, encontraram médias maiores, 108,7 hectares de área ocupada com leite, 58,7 vacas em lactação e 36,1% de vacas em lactação em relação ao rebanho total e 769,6 kg de leite produzidos por dia. Essa diferença se dá em função da região pesquisada ser maior que a deste estudo e por ser uma das maiores bacias leiteiras do Estado de Minas Gerais. Contudo, os resultados deste estudo estão de acordo com Cabrera et al. (2010) quando afirmam não existir uma relação proporcional entre

tamanho das propriedades e nível de produção, implicando que o nível de produtividade depende de melhoramentos em tecnologia e eficiência, e não em tamanho da área; o que corrobora com Hemme, Uddin e Ndambi (2014) que, ao analisarem os custos de produção em 46 países, verificaram que as propriedades leiteiras têm diminuído em tamanho e aumentado em produtividade; por meio de tecnologia, melhoramento do rebanho e especialização da atividade.

Os rebanhos, aqui avaliados, não são homogêneos quanto à composição genética, uma vez que se encontram animais mestiços de zebu e holandês, em proporções variadas (oscilando de 1/4 a 7/8) com predomínio de genótipos das raças Holandesa e Gir. Apenas um rebanho é composto por animais da raça Jersey; contudo, outros três rebanhos contêm animais mestiços desta raça. De acordo com Ruas et al. (2008), a adoção das estratégias de cruzamento, invariavelmente, está relacionada ao tipo de alimentação e manejo adotado, resultando em sistemas de produção específicos. Afirmam, ainda, que os diversos cruzamentos entre raças taurinas e zebuínas têm sido utilizados há muitos anos no Brasil, visando associar as características de produção de leite de raças taurinas, a exemplo da holandesa, com a rusticidade e resistência aos ectoparasitas e ao calor dos zebuínos. Contudo, os produtores de leite que adotam sistemas de produção com gado mestiço encontram dificuldades na sequência a ser dada nos cruzamentos.

A produção média anual, considerando-se as 22 propriedades acompanhadas, foi de $105.471,55 \pm 107.312,37$ kg de leite alcançando receita média total de R\$ 106.417,18 \pm 128.518,56 pela venda do leite. O custo operacional efetivo médio total (COE) para alcance dessa produção durante o ano de 2013 foi de R\$ 84.059,34 \pm 98.581,36; sendo o custo médio total com alimentação no valor de R\$ 51.008,53 \pm 59.879,82, o que representou 59,69 % \pm 14,70 % do COE. Esse percentual de aproximadamente 60% condiz com o achado por Cabrera et al. (2010) e Singbo e Larue (2016); já Lopes et al. (2005) apresentaram percentuais diferentes, conforme o nível tecnológico, dos sistemas de produção avaliados 65%, 56%, 66% para níveis tecnológicos baixo, médio e alto, respectivamente. Enquanto que, Hemme, Uddin e Ndambi (2014) encontraram 51% de custo de alimentação em relação ao COE, percentual duas vezes mais alto que Almeida e Silva (2015) aferiram em explorações leiteiras, em sistema extensivo (pastejo), da Ilha de São Miguel em Açores (25%). Importante ressaltar que os valores do COE médio total e do custo médio total com alimentação, supracitados, correspondem ao valor total anual das 22 propriedades estudadas; valores diferentes, embora com a mesma nomenclatura, serão analisados adiante na tabela 3.

Para responder à questão: qual a eficiência das fazendas estudadas em relação ao sistema alimentar escolhido, fez-se necessário, primeiramente, caracterizar os sistemas de alimentação praticados pelas 22 propriedades estudadas. Para tal caracterização observou-se a composição do manejo alimentar de cada propriedade, tanto no período seco quanto chuvoso, e a frequência que se repetia entre as unidades produtoras de leite (PELEGRINI et al., 2014). A tabela 1 apresenta a classificação dos sistemas de alimentação do rebanho, em seis grupos distintos.

Tabela 1. Caracterização dos sistemas de alimentação dos rebanhos analisados na microrregião de Uberlândia (MG)

Sistema	Descrição dos manejos alimentares	DMU*	CAlim/COE
		(%)	(%)**
1	CHUVA: A pastagem é a principal fonte de nutrientes para os rebanhos. Não utilizam concentrados. SECA: A pastagem é a principal fonte de nutrientes para os rebanhos. Pequena suplementação com resíduo de soja.	9,09	23
2	CHUVA: A pastagem é a única fonte de volumosos para os rebanhos. Suplementação com concentrados proporcionalmente a produção de leite. SECA: A pastagem é a única fonte de volumosos para os rebanhos. Suplementação com concentrados proporcionalmente à produção de leite.	13,64	64
3	CHUVA: A pastagem é a única fonte de volumosos para os rebanhos. Suplementação dos animais com concentrados. SECA: A cana-de-açúcar é a principal fonte de volumosos. Suplementação dos animais com concentrados.	22,73	70
4	CHUVA: A pastagem é a única fonte de volumosos. Suplementação dos animais com concentrados SECA: As silagens (de milho ou sorgo) são as fontes de volumosos. Suplementação dos animais com concentrados.	40,91	61
5	CHUVA: A pastagem é a única fonte de volumosos. Suplementação dos animais com concentrados. SECA: A pastagem irrigada é a principal fonte de volumosos. Suplementação dos animais com concentrados.	9,09	65
6	CHUVA: Utilizam pastagens e silagens como fonte de volumosos. Suplementação dos animais com concentrados. SECA: Utilizam pastagens e silagens como fonte de volumosos. Suplementação dos animais com concentrados. Os animais são divididos em lotes e alimentados de acordo com a produção.	4,54	52

*DMU's (Decision Making Unit – Unidade de Tomada de Decisão)

**Percentual do Custo com Alimentação em relação ao Custo Operacional Efetivo menos o valor do Custo com Alimentação

Fonte: Adaptado de Pelegrini et al. (2014)

Conforme descrito na tabela 1, os sistemas de alimentação que se destacaram, em razão de maior ocorrência, foram os sistemas de alimentação com uso de pastagens no período chuvoso, com suplementação volumosa a base de silagens no período seco, havendo também suplementação com concentrados tanto no período chuvoso como no período seco, que corresponderam a 40,91% dos sistemas de produção estudados. A adoção de sistemas de pastejo rotacionado com irrigação no período de inverno foi verificado em 9,09% das propriedades e, à semelhança dos resultados alcançados por Costa et al. (2012), pode ser considerado um aspecto positivo, uma vez que repercute na redução dos custos de alimentação dos rebanhos.

Observa-se que o grupo 1 é composto por propriedades cujo manejo alimentar é mais simples e o grupo 6 corresponde ao sistema mais complexo. Essa diferenciação entre sistemas foi apresentada por Martins et al. (2007) ao classificarem os sistemas de produção em três categorias: a) Sistema especializado (ES) - alimentação constante ao longo do ano, pastagem com qualidade, oferta de concentrado, silagem de milho ou sorgo, mais de 25 vacas em lactação; b) Sistema semi-especializado (SE) – oferta de concentrado, silagem de milho ou sorgo, alteração da constância e qualidade da pastagem ao longo do ano, entre 15 e 20 vacas em lactação e c) Sistema não-especializado (NE) – sem oferta de concentrado, sem silagem, cultivo irregular da pastagem, até 10 vacas lactantes. Percebe-se que as três categorias também foram classificadas conforme o grau de intensificação, o que corrobora com a caracterização de Pelegrini et al. (2014) mostrada na tabela 1.

Para Baroni et al. (2007), uma estratégia de manejo alimentar que vise melhorar a quantidade e qualidade do leite é associar suplementação com concentrado ao volumoso pastagem; no entanto, nesse modelo, os custos com alimentação podem chegar a 70% do custo de produção, em função do tipo de forrageira e da necessidade de maior quantidade de concentrado para equilibrar o ajuste nutricional do rebanho ao longo do ano; o que ocorreu com o sistema 3. Cabrera et al. (2010) reforçam que os sistemas de pastagem resultam em menores rendimentos do leite devido ao seu efeito negativo na eficiência alimentar, isso resulta em melhor suplementação do rebanho.

Muito embora o sistema 6 fosse mais complexo, ainda apresentou baixo percentual do custo com alimentação em relação ao COE (52%); ou seja, 52% do desembolso do produtor para produção de leite é custo com alimentação. Segundo Nussio e Nussio (2003), isso se deve ao fato de fornecer silagem, juntamente com pasto, o que diminui o uso de concentrado na formulação de ração e que reflete diretamente no preço de aquisição dos insumos.

Os resultados de eficiência técnica das unidades produtivas, deste estudo (DMU), foram obtidos pelo modelo DEA - BCC com orientação a *inputs* e estão expostos na tabela 2, separados por sistema de manejo alimentar. Como disposto por Mello et al. (2005), o índice apresentado pela fronteira padrão é calculado de forma extremamente benevolente, ou seja, a DMU em análise pode ser eficiente em algumas variáveis, apenas nas mais favoráveis; por isso, pode-se chamá-la de eficiência otimista. No cálculo da fronteira invertida os *inputs* e *outputs* são invertidos, assim, aquela DMU que era ineficiente na fronteira padrão passa a ser eficiente na fronteira invertida e esta pode ser considerada fronteira ineficiente. A composta normalizada é usada para equilibrar e verificar qual a DMU mais eficiente, tanto na fronteira padrão quanto na invertida.

Tabela 2. Eficiência das 22 unidades produtivas de leite (DMU's) estudadas da microrregião de Uberlândia (MG), por sistema de alimentação, de acordo com a Análise Envoltória de Dados – modelo BCC com orientação a *inputs* (Jan a Dez 2013).

Sistema	DMU*	Fronteira padrão	Fronteira invertida	Composta normalizada
1	DMU 1	1,00	1,00	0,70
	DMU14	0,77	1,00	0,54
2	DMU 2	0,99	0,98	0,71
	DMU 8	1,00	0,68	0,92
	DMU 18	0,83	1,00	0,58
3	DMU 3	1,00	0,62	0,87
	DMU 5	0,98	0,79	0,83
	DMU 6	1,00	0,99	0,71
	DMU 7	0,73	1,00	0,51
	DMU 15	1,00	1,00	0,70
4	DMU 9	1,00	0,85	0,81
	DMU 10	0,85	0,84	0,71
	DMU 11	1,00	0,57	1,00
	DMU 16	0,98	1,00	0,69
	DMU 17	1,00	1,00	0,70
	DMU 19	1,00	1,00	0,70
	DMU 20	1,00	1,00	0,70
	DMU 21	1,00	0,97	0,72
	DMU 22	1,00	1,00	0,70
5	DMU 4	0,75	1,00	0,52
	DMU 13	1,00	1,00	0,70
6	DMU 12	1,00	0,70	0,91
	Média	0,95	0,91	0,72

*DMU (Decision Making Unit – Unidade de Tomada de Decisão)

Fonte: Elaborada pela autora

Dentre as 22 DMU's analisadas, 14 se mostraram eficientes na fronteira padrão (64%) das quais 50% utilizam o sistema 4, descrito na tabela 1; isso indica que esse sistema alimentar prevalece como eficiente na microrregião de Uberlândia-MG. No entanto, para cada sistema de alimentação observado, pode-se destacar uma DMU que seria referência ou *benchmark* para outras unidades produtivas que se interessem em implantar ou implementar o mesmo manejo para seu rebanho leiteiro. A saber, sistema 1 – DMU 1; sistema 2 – DMU 8; sistema 3 – DMU 3; sistema 4 – DMU 11; sistema 5 – DMU 13 e sistema 6 – DMU 12. Para identificar a '*the best of the best*' DMU, obteve-se um índice combinado entre a fronteira padrão e a fronteira invertida que gerou a composta normalizada e esta fornece uma estimativa precisa da DMU mais eficiente, conforme o modelo escolhido neste estudo (MELLO et al., 2005). Nessa perspectiva, a DMU mais eficiente entre todas foi a DMU 11 pois teve uma performance equilibrada considerando o uso dos insumos e o resultado alcançado; ou seja, essa DMU é capaz de se aperfeiçoar na produção de leite gastando pouco, ou sob medida, os recursos disponíveis e, ainda, não mostrou desempenho ruim em outras atividades ligadas ao leite, como a venda de animais ou de subprodutos. Em qualquer modelo DEA, a DMU que apresentar a melhor relação *outputs/inputs* será sempre eficiente (MELLO et al., 2005).

Com base nos resultados da fronteira padrão apresentados na tabela 2, verificou-se que a eficiência técnica média das DMU's foi 95% apontando que se a quantidade de leite produzida for mantida, ainda assim, seria possível diminuir o uso de insumos em torno de 5%; considerando a máxima eficiência 100%. Resultado menor, 88%, foi observado por Cabrera et al. (2010) para o valor médio de eficiência técnica ao estudarem 273 fazendas produtoras de leite, em Wisconsin (USA); o cálculo dessa eficiência foi estimado pelo método de Fronteira Estocástica de Produção (*Stochastic Production Frontier*), abordagem paramétrica que utiliza métodos econômétricos. O mesmo valor (88%) foi encontrado por Singbo e Larue (2016), em fazendas de Quebec (CA). Na Nova Zelândia, Sharp e Jiang (2014) estimaram em 83% a eficiência técnica em fazendas de leite. Almeida e Silva (2015) usaram análise não paramétrica de eficiência (DEA) com retornos variáveis (BCC) e simularam dois modelos para análise de eficiência de 91 sistemas de produção de leite, na Ilha de São Miguel em Açores; os modelos 1 e 2 atingiram, respectivamente, 81,5% e 78,5% de eficiência técnica. Zeng et al. (2016) avaliaram fazendas de leite americanas e observaram uma eficiência técnica média de 90%, valor próximo ao encontrado nesta pesquisa.

A comparação dos desempenhos de eficiência técnica encontrados em diferentes estudos só é possível porque são expressos em percentuais, mas ainda assim requerem atenção; primeiro, porque os métodos de cálculo não foram os mesmos e, segundo, mesmo que se fossem todos baseados na análise não paramétrica (DEA), ainda assim, seriam obtidos resultados diferentes em função dos diferentes modelos (retornos variáveis ou constantes) e dos *inputs* e *outputs* que são escolhidos conforme o interesse de cada pesquisador.

As informações geradas pelo método DEA orientam o produtor ao que pode ser feito para alcançar a eficiência, ou seja, apresentam o valor atual de cada *inputs* e *outputs* e os percentuais que devem ser diminuídos ou aumentados para atingir o alvo proposto. Na tabela 3 são apresentadas as variações necessárias para cada DMU ineficiente inverter sua situação e, ainda, quais DMU's podem ser referências para esse processo de melhoria. Neste estudo, as DMU's foram divididas em diferentes sistemas de alimentação, cada sistema tem uma ou mais DMU's eficientes, como foi apresentado na tabela 2. Assim, as DMU's ineficientes que intencionem preservar seu manejo alimentar poderiam se espelhar na DMU que obteve índice de eficiência 100% dentro de seu grupo; por exemplo, a DMU 14 teria as DMU's 1 e 11 como “modelos de eficiência”. É importante ressaltar que as sugestões de *benchmarks* apresentadas pelo DEA não estão condicionadas ao sistema alimentar que a DMU está classificada e isso pode fazer com que essa DMU mude de sistema de alimentação entre outras alternativas.

Tabela 3. Unidades produtivas ineficientes da microrregião de Uberlândia, situação atual e ideal (sugerido pelo Modelo DEA) e % de variação da situação atual para a ideal, conforme modelo DEA - BCC com orientação a *inputs* (Jan a Dez/2013).

Sistema	DMU**	Inputs	Situação atual	Situação ideal	Variação (%)*)	Benchmarks
1	DMU 14	Área (ha)	32,00	18,00	44 <	DMU 1
		Quant. de vacas lactantes (unid)	17,00	10,00	41 <	DMU 11
		Custo com alimentação (R\$)	3.976,51	3.061,97	23 <	
		COE – Custo com alimentação (R\$)	26.503,27	3.334,68	87 <	
		Quantidade de leite produzida (L)	21.027,00	21.027,00	0	
		Receita com leite (R\$)	16.169,00	21.414,89	32 >	
2	DMU 2	Área (ha)	35,00	35,00	0	DMU 3
		Nº vacas lactantes (unid)	30,00	25,00	17 <	DMU 9
		Custo com Alimentação (R\$)	86.906,14	82.858,64	5 <	DMU 21
		COE – Custo com alimentação (R\$)	44.140,16	44.133,35	0	DMU 22
		Quantidade de leite produzida (L)	155.227,00	155.227,00	0	
		Receita com Leite (R\$)	169.339,54	169.339,54	0	
DMU 18		Área (ha)	66,00	34,00	48 <	DMU 11
		Nº vacas lactantes (unid)	27,00	23,00	15 <	DMU 12
		Custo com Alimentação (R\$)	34.018,99	28.419,73	16 <	DMU 19
		COE – Custo com alimentação (R\$)	19.297,96	16.121,67	16 <	DMU 21
		Quantidade de leite produzida (L)	86.507,00	86.507,00	0	
		Receita com Leite (R\$)	81.037,67	83.613,88	3 >	
3	DMU 5	Área (ha)	35,23	15,00	57 <	DMU 8
		Nº vacas lactantes (unid)	15,00	15,00	0	DMU 9
		Custo com alimentação (R\$)	30.735,19	29.995,16	2 <	DMU 12
		COE – Custo com alimentação (R\$)	24.439,01	23.850,58	2 <	DMU 22
		Quantidade de leite produzida (L)	76.526,00	76.526,00	0	
		Receita com Leite (R\$)	78.707,86	79.917,20	2 >	
DMU 7		Área (ha)	22,00	16,00	27 <	DMU 3
		Nº vacas lactantes (unid)	11,00	8,00	27 <	DMU 8
		Custo com alimentação (R\$)	28.538,27	13.946,29	51 <	DMU 9
		COE – Custo com alimentação (R\$)	11.059,28	8.077,07	27 <	
		Quantidade de leite produzida (L)	30.973,00	31.347,09	1 >	
		Receita com Leite (R\$)	29.054,57	35.237,60	21 >	
4	DMU 10	Área (ha)	14,00	12,00	14 <	DMU 1
		Nº vacas lactantes (unid)	17,00	13,00	24 <	DMU 3
		Custo com alimentação (R\$)	24.653,50	21.054,63	15 <	DMU 11
		COE – Custo com alimentação (R\$)	11.990,69	10.240,31	15 <	DMU 12
		Quantidade de leite produzida (L)	52.956,00	52.956,00	0	
		Receita com Leite (R\$)	48.877,89	48.928,07	0	
DMU 16		Área (ha)	22,80	16,00	30 <	DMU 8
		Nº vacas lactantes (unid)	8,00	8,00	0	DMU 9
		Custo com alimentação (R\$)	26.186,05	16.778,44	36 <	
		COE – Custo com alimentação (R\$)	31.281,33	12.915,09	59 <	
		Quantidade de leite produzida (L)	36.452,00	36.452,00	0	
		Receita com Leite (R\$)	31.722,85	48.042,68	51 >	
5	DMU 4	Área (ha)	54,36	26,00	52 <	DMU 11
		Nº vacas lactantes (unid)	27,00	20,00	26 <	DMU 12
		Custo com alimentação (R\$)	43.781,55	32.758,85	25 <	DMU 19
		COE – Custo com alimentação (R\$)	28.478,52	21.308,60	25 <	DMU 21
		Quantidade de leite produzida (L)	92.651,00	92.651,00	0	
		Receita com Leite (R\$)	87.723,55	90.719,85	3 >	

*Variação (%) da situação atual para a ideal - > (para mais) e < (para menos)

**DMU (Decision Making Unit – Unidade de Tomada de Decisão)

Fonte: Elaborada pela autora

Na Tabela 3, observa-se os resultados atingidos por cada DMU e os valores ideais a serem alcançados. “Em relação aos alvos, destaca-se uma das principais contribuições dos modelos DEA para a agricultura, qual seja, informar ao agricultor quais são as fontes de ineficiência e o que deve ser feito para a busca da eficiência” (GOMES; MANGABEIRA; SOARES DE MELLO, 2005, p. 615). Assim, é possível conhecer o insumo que está mal aplicado e o resultado que pode ser melhorado, verificando os índices ideais para cada DMU ineficiente para que a mesma possa atingir a eficiência 100%. Gomes, Mangabeira e Soares de Mello (2005) enfocam que o produtor pode não alcançar, imediatamente, o ideal a ser perseguido; nesse caso, sugere-se atingir alvos intermediários mais próximos de sua realidade.

O menor valor de eficiência técnica obtido neste estudo foi de 73% para a DMU 7 (Tabela 2) que utiliza um sistema de alimentação com nível intermediário de complexidade; para essa DMU chegar ao nível de eficiência 100%, mantendo o mesmo nível de produção: deveria diminuir a área destinada à produção de leite em 27%, que poderia ser destinada a outra cultura como forma de diversificação de atividade; reduzir em 27% o rebanho e melhorá-lo geneticamente para aumento de produtividade; eliminar 51% do custo com alimentação e, para isso, talvez o produtor migrasse do sistema 3 para o sistema de alimentação 4 (por ter menor percentual do custo de alimentação em relação ao COE), ou para o sistema 2 (por ser menos complexo), pois uma produção de leite intensificada gera aumento dos custos de produção (BARONI et al., 2007) e, ainda, enxugar o COE em 27%. O valor da receita oriunda do leite poderia ser acrescido em 21%, mas esta variável depende do mercado e não está sob controle do produtor, exceto no que diz respeito à qualidade do leite que, segundo Lopes *et al.* (2011), pode gerar um aumento na receita, pela bonificação praticada por muitos laticínios, que refletirá no aumento da rentabilidade. Mesmo assim seria viável que buscasse novos compradores com melhores preços para seu leite. Um resultado relevante é que a receita com leite foi maior que a soma do COE e custos com alimentação em todas as DMU's eficientes.

O intuito do modelo DEA BCC (retornos variáveis) orientado a *inputs*, no presente estudo, é manter o nível de produção de leite e identificar as variações (em percentuais) para diminuir os fatores de produção; ou seja, a quantidade de leite produzida é entendida como uma constante e as demais variáveis de insumo ou resultado são alteradas para manter a quantidade de leite produzida com o menor consumo de recursos. Observando as metas de cada DMU ineficiente (Tabela 3), o *input* área (ha) aparece com elevados percentuais a serem alterados; todavia, deve ser interpretado com cuidado, já que reduzir a área destinada à produção de leite não, necessariamente, implica na venda da terra. Uma DMU tem opção de

reduzir a área destinada ao leite por meio de arrendamento e, a partir dessa nova configuração de área, melhorar o rebanho para aumentar a produtividade por animal, modificar o sistema alimentar, além de reduzir outras despesas inerentes à produção do leite desde que o uso racional dos fatores de produção seja otimizado em seu ponto máximo. Moreira e Bravo-Ureta (2016) concluíram que fazendas de leite direcionam seu crescimento para maiores retornos financeiros que baixos custos de produção; ainda, que pequenas fazendas, no Chile, complementam suas rendas com atividades não agrícolas ou abandonam a produção de leite atraídos por atividades lucrativas fora da agricultura. Os autores citam que as grandes fazendas, aptas a gerar retornos positivos, incorporarão as pequenas propriedades leiteiras e seguirão em menor quantidade mas grandes em extensão e operação leiteira. O que não é tão diferente da realidade brasileira.

Na tabela 4 estão identificadas e apresentadas as principais ineficiências de uma DMU que podem ser: técnica, em escala ou em ambas. Para melhor entendimento, caso uma DMU seja eficiente em escala, o problema está na relação de uso dos insumos para obter o produto e, por isso, não é eficiente tecnicamente. Sendo eficiente apenas tecnicamente, há ineficiência na escala produtiva; e se for eficiente tanto em escala quanto tecnicamente, não há ineficiência a ser apresentada.

O uso do *software* SIAD permite o cálculo da eficiência técnica ‘pura’ pelo modelo BCC – orientação para *inputs*, esse índice significa que a DMU possui eficiência técnica. Para cálculo do índice de eficiência de escala é necessário obter o índice de eficiência técnica pelo modelo CCR – orientação para *inputs* (segue a mesma orientação do modelo pré-estabelecido para análise) que também é fornecido pelo *software*. É possível obter o índice de eficiência de escala pela divisão do índice de eficiência técnica pelo índice de eficiência técnica ‘pura’ e, assim, identificar a ineficiência de determinada DMU.

Tabela 4. Eficiência técnica e de escala das unidades produtivas de leite, calculada pelo método DEA - modelo BCC com orientação a *inputs* (Jan a Dez/2013).

Sistema	DMU*	Eficiência Técnica (CCR)	Eficiência Técnica 'Pura' (BCC)	Eficiência de Escala (CCR/BCC)	Ineficiência
1	DMU 1	1,00	1,00	1,00	-
	DMU14	0,67	0,77	0,87	Técnica e Escala
2	DMU 2	0,96	0,99	0,97	Técnica e Escala
	DMU 8	0,82	1,00	0,82	Escala
	DMU 18	0,77	0,84	0,92	Técnica e Escala
3	DMU 3	1,00	1,00	1,00	-
	DMU 5	0,95	0,98	0,97	Técnica e Escala
	DMU 6	1,00	1,00	1,00	-
	DMU 7	0,58	0,73	0,79	Técnica e Escala
	DMU 15	1,00	1,00	1,00	-
4	DMU 9	1,00	1,00	1,00	-
	DMU 10	0,85	0,85	1,00	Técnica
	DMU 11	1,00	1,00	1,00	-
	DMU 16	0,69	0,98	0,70	Técnica e Escala
	DMU 17	1,00	1,00	1,00	-
	DMU 19	1,00	1,00	1,00	-
	DMU 20	0,74	1,00	0,74	Escala
	DMU 21	1,00	1,00	1,00	-
5	DMU 22	1,00	1,00	1,00	-
	DMU 4	0,73	0,75	0,97	Técnica e Escala
	DMU 13	0,92	1,00	0,92	Escala
6	DMU 12	1,00	1,00	1,00	-
Média		0,89	0,95	0,94	

*DMU (Decision Making Unit – Unidade de Tomada de Decisão)

Fonte: Elaborada pela autora

Como supracitado, considerando a eficiência máxima de uma DMU 100%, pela média de eficiência técnica 'pura' das DMU's em 95% (tabela 4 – coluna eficiência técnica 'pura' BCC), entende-se que aquelas ineficientes poderiam reduzir os custos com alimentação e COE em 5% que continuariam produzindo sem alterar a quantidade de leite total; visto que os inputs área e quantidade de animais não seriam alterados. Já para as DMU's ineficientes operarem em escala ótima de produção, precisariam aumentar em 6% a quantidade de leite produzida, conforme índice de eficiência de escala (CCR/BCC) apresentado na tabela 4.

Ao contrário dos achados deste estudo, a média de eficiência de escala encontrada por Singbo e Larue (2016), em fazendas canadenses, foi 92,27%; esse percentual foi maior que a eficiência técnica 'pura' (87,60%) encontrada pelos autores naquele estudo e menor que os

valores deste trabalho (94% eficiência de escala e 95% eficiência técnica ‘pura’). Percebe-se que os índices encontrados no Canadá foram baixos se levar em conta a riqueza de insumos, inclusive tecnologia, e a capacidade das DMU’s daquele país, pois pelo potencial que podem alcançar estariam a desejar. Entende-se que as DMU’s que precisem melhorar tecnicamente utilizam seus insumos abaixo do seu potencial, isto é, são capazes de reduzir o uso de recursos e, ainda, manter a quantidade de leite produzida (ALMEIDA; SILVA, 2015).

Os resultados mostram que as DMU’s ineficientes em escala precisam fortemente aumentar a produção de leite para cobrir tanto os custos com alimentação quanto o COE; às DMU’s com ineficiência de escala, sugere-se identificar em qual nível de produção podem expandir sua atividade a custos decrescentes até que se tornem 100% eficientes (PEREIRA; TAVARES, 2017). Assim, alcançariam seu ótimo operacional e passariam a atuar no ponto de retornos constantes, em que a mesma produção se sustenta com custos mínimos; ou seja, o produtor adquire capacidade (por aprendizado ou especialização) de produzir mais com os mesmos recursos.

Dentre as DMU’s ineficientes, a DMU 7 apresentou menor percentual de eficiência técnica (73%) devido ao alto custo com alimentação que foi maior que o COE e baixo valor da receita com leite. Neste estudo, foi subtraído o custo com alimentação do valor total do custo operacional efetivo (COE) para enfatizar a importância do custo com alimentação em relação aos custos de produção. A DMU 16 obteve menor índice de eficiência em escala o que comprova a necessidade de aumentar a quantidade de leite produzida e, necessariamente, a receita total do leite para cobrir os custos com alimentação e custos operacionais efetivos que são muito altos e, possivelmente, remanejar área para outras culturas ou aumentar a quantidade de animais. Para Moreira e Bravo-Ureta (2016), uma baixa eficiência técnica sugere que há melhorias de gerenciamento a serem feitas como é, também, o caso da DMU 14, cujo COE é altíssimo em função do alto custo com mão-de-obra. Nesta unidade produtiva, além do produtor, que é considerado mão-de-obra familiar, há empregados contratados permanentemente e temporariamente; o que confirma as pesquisas de Cabrera et al. (2010), ao mostrar que uma maior proporção de mão-de-obra familiar em relação à mão-de-obra total contribui para aumentar a eficiência da propriedade e não o contrário.

Uma análise complementar permite que os resultados obtidos por meio da DEA proporcionem melhores condições de competitividade aos produtores, sobretudo, quando interpretadas e utilizadas com os conhecimentos dos proprietários e de extensionistas, sobre todas as operações, para gerar valor e novas oportunidades de negócios (MACEDO et al., 2007).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. Principais conclusões

Durante a realização deste trabalho, foi possível caracterizar os sistemas de alimentação, adotados por produtores de leite familiares na microrregião de Uberlândia em seis grupos. Em ordem crescente, as propriedades em manejo alimentar mais simples compõem o grupo 1 e o grupo 6 mostrou-se o mais complexo; entre os grupos estudados, há significativas variações na alimentação dos rebanhos, principalmente durante o período seco. As pastagens como fonte de volumosos para os animais, fez-se presente em todos os grupos no período de chuva.

Das 22 propriedades pesquisadas, 14 fazendas foram eficientes e, destas, 50% (sete fazendas pertenciam ao grupo 4, com oferta de pastagem e concentrado no período das chuvas e, na seca, silagem de milho ou sorgo e suplementação com concentrados). O manejo alimentar do grupo 4 foi predominante em 40,91%, nove das 22 propriedades e, por isso, pode-se aferir que este é o sistema de alimentação que prevalece na região examinada.

Por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA) desenvolvida neste estudo; avaliou-se que das 22 propriedades, 50% (11 fazendas) tiveram desempenho insatisfatório, ou seja, foram ineficientes; sendo 31,8% do total de fazendas (sete fazendas) ineficientes tanto tecnicamente quanto em escala; 13,6% do total (três fazendas) não tiveram eficiência em escala e 4,6% das fazendas analisadas (uma propriedade) era eficiente em escala mas ineficiente tecnicamente. Foi observado que todas as unidades de tomadas de decisão (DMU's) eficientes apresentaram receita com leite maior que a soma do COE (Custo Operacional Efetivo) e custos com alimentação.

Por ser um estudo descritivo, exploratório e não-paramétrico; os resultados encontrados não podem ser generalizados para o universo das propriedades familiares, principalmente pelas especificidades de cada região. No entanto, isso não invalida as análises realizadas e as informações geradas pelo DEA neste estudo.

As informações provenientes da Análise Envoltória de Dados, sobre desempenho técnico e de escala de propriedades familiares produtoras de leite, podem ser usadas tanto pelos produtores para tomada de decisão para incrementar sua performance e alcançar potencial máximo de eficiência quanto pelos órgãos governamentais para definir políticas públicas que incentivem o aumento da produtividade e renda das fazendas.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

No decorrer deste estudo, observou-se que outros *softwares* como Solver® no Microsoft Excel®; DEAFrontier™ Free Version; Open Source DEA (OSD); PIM-DEAsoftv3; DEA Online Software (DEAOS); Frontier Analyst Software poderiam ser empregados para análise de multicritérios, com distintas variações de recursos e análises conforme o software escolhido.

Ao utilizar o método de Análise Envoltória de Dados (DEA), percebeu-se que o Método de Monte Carlo (MMC), contribuiria para aguçar os resultados por melhores aproximações numéricas enriquecendo mais ainda o estudo.

Finalmente, a partir das análises realizadas para avaliar a eficiência técnica e de escala das 22 propriedades familiares, estudos da viabilidade de implementação dos resultados encontrados, e seus impactos a médio e longo prazos, poderiam ser empreendidos como continuação deste trabalho. Além da análise de *benchmarking* que ao ser efetivada, também, seria sugestão para novas pesquisas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, B. A. S.; SILVA, E. L. D. G. S. A eficiência das explorações leiteiras micaelenses (Açores). **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, vol.53, supl.1, p. S129-S142, mar 2015.
- ANGULO MEZA, L. et al. - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v.25, n.3, p. 493-503, Sept./Dec. 2005.
- ARZUBI, A.; BERBEL, J. Determinación de Índices de Eficiencia mediante DEA en explotaciones lecheras de Buenos Aires. **Investigación Agraria Producción y Sanidad Animales**. Madrid, v.17, n.1-2, p. 103-123, 2002.
- BAILEY, K. W., JONES, C. M., HEINRICH, A. J. Economic returns to Holstein and Jersey herds under multiple component pricing. **Journal of Dairy Science**, Champaign, vol.88, n.6, p. 2269-2280, 2005.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, Catonsville, v.30, n.9, p. 1078-1092, 1984.
- BANKER, R. D.; THRALL, R. M. Estimation of returns to scale using data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 62, p. 7484, 1992.
- BARGO, F. et al. Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, Champaign, vol.85, n. 11, p. 2948-2963, 2002.
- BARONI, C. E. S.; LANA, R. P.; FERNANDES, H. J. Respostas biológicas (crescimento de boninos e produção de leite) em nível variável de nutrientes. In: **Respostas biológicas aos nutrientes**. Viçosa, CPD, p. 177, 2007.
- BATH, D.L.; SOSNIK, U. Formulation, delivery and inventory control of cost-effective rations. In: Van HORN, H.H.; WILCOX, C.J. **Large dairy herd management**: American Dairy Science Association, Savoy, p.709-719, 1992.
- BRANCO, A.F.; CECATO, U.; MOURO, G.F. Avaliação técnico-econômica da suplementação de vacas leiteiras em pastagem. In: **SIMPÓSIO SOBRE SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA LEITEIRA NA REGIÃO SUL DO BRASIL**, 2002, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO-NUPEL, 2002. p. 123-142.
- CABRERA, V.E; SOLÍS, D.; CORRAL, J. Determinants of technical efficiency among dairy farms in Wisconsin. **Journal of Dairy Science**, Champaign, vol.93, n.1, p. 387–393, 2010.
- CARVALHO, G.R. et al. Avaliação de impactos do preço de alimentos concentrados de produção de leite no Estado do Paraná. In: **XLV CONGRESSO DA SOBER**, 2007, Londrina. **Anais...** Londrina, UEL, 2007.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

CORTEZ-ARRIOLA, J., et al. Resource use efficiency and farm productivity gaps of smallholder dairy farming in North-west Michoacán, Mexico. **Agricultural Systems**, Amsterdam, vol.126, p. 15-24, 2014.

COSTA, J.H.C. et al. A survey of management practices that influence production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, vol.96, p.307-317, 2012.

DYSON, R. G. et al. A. Pitfalls and protocols in DEA. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 132, n. 2, p. 245-259, 2001.

ELY, L. O. Economics of forage programs. In: Van Horn, H. H.; Wilcox, C. J. (Eds.) **Large dairy herd management**: American Dairy Science Association, Savoy, p. 720-730, 1992.

ESPINOZA-ORTEGA, A. et al. Small-holder (campesino) milk production systems in the highlands of Mexico. **Técnica Pecuária México**, México, v. 43, n. 1, p. 39-56, 2005.

FARREL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, series A, part III, p. 253-290, 1957.

FRASER, I.; CORDINA, D. An Application of Data Envelopment Analysis to Irrigated Dairy Farms in Northern Victoria, Australia. **Agricultural Systems**, Amsterdam, v. 59, p. 267-282, 1999.

GARCIA FILHO, D. P. Análise diagnóstico de sistemas agrários: guia metodológico. **Projeto de cooperação Técnica INCRA/FAO**, Brasília, 1999.

GAWORSKI, M.; DUMAS, F. Assessment of technical potential use in dairy production on na example of comparative analysis covering French and Polish conditions. **Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture**, Poland, n. 60, p. 89-96, 2012.

GOMES, A. P.; ALVES, E. Identificando ineficiências na produção de leite. **Boletim Leite**, Piracicaba, v. 6, p. 1-2, 1999.

GOMES, E. G.; MANGABEIRA, J. A. C. Uso de Análise Envoltória de Dados em Agricultura: o caso de Holambra. **ENGEVISTA**, Niterói, v. 6, n. 1, p. 19-27, 2004.

GOMES, E. G.; MANGABEIRA, J. A. C.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Análise envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso. **Revista de Economia Rural**, Brasília, v. 43, n. 4, p. 607-631, out./dez., 2005.

GOMES, M.G.G. et al. Conservação e utilização do resíduo de abacaxi na alimentação de ovinos no Curimataú Ocidental da Paraíba. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.3, n.3, p.55-62, set. 2009.

HEMME, T.; UDDIN, M. M.; NDAMBI, O. A. Benchmarking cost of milk production in 46 countries. **Journal of Reviews on Global Economics**, Oxford ,vol.3, p. 254-270, 2014.

HOLMES, C. W. Produção de leite a baixo custo em pastagens: uma análise do sistema neozelandês. In: Congresso Brasileiro de Gado Leiteiro, 2, 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 69-95.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 dez. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa pecuária municipal 2013**. Disponível em: <http://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 16 mar. 2015.

ITR. **Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural**. Disponível em <<http://www.receita.fazenda.gov.br/publico/itr/2013/PerguntasRespostasITR2013.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2014.

JIANG, N.; SHARP, B. Cost efficiency of dairy farming in New Zealand: a stochastic frontier analysis. **Agricultural and Resource Economics Review**, Cambridge, v. 43, n. 3, p. 406-418, 2014.

LATTRUFFE, L. et al. Subsidies and technical efficiency in agriculture: evidence from european dairy farms. **American Journal of Agricultural Economic**, Oxford, v. 99, n. 3, 2016. p. 783-799.

LOPES, M. A.; LOPES, D. C. F. Desenvolvimento de um sistema computacional para cálculo do custo de produção do leite. **Revista Brasileira de Agroinformática**, [S.I.], v. 2, n. 1, 1999. p. 1-12.

LOPES, M.A. et al. CU\$TO BOVINO LEITE 1.0: software de controle de custos para a atividade leiteira. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v. 4, n.2, p. 102-115, 2002.

LOPES, M. A. et al. Controle gerencial e estudo da rentabilidade de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG). **Ciência e Agroecologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 883-892, 2004.

LOPES, M. A. et al. Resultados econômicos de sistemas de produção de leite com diferentes níveis tecnológicos na região de Lavras, MG. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 57, n. 4, p. 485-493, 2005.

LOPES, M. A. et al. A. Influência da contagem de células somáticas no impacto econômico da mastite em rebanhos bovinos leiteiros. **Arquivos do Instituto Biológico**. São Paulo. v.78, n.4, p.493-499. 2011.

LOPES, M.A. et al. The effect of technological levels on profits of milk production systems participating in the “full bucket” program: a multicase study. **Semina: ciências agrárias**. Londrina, v.36, n.4. p.2909-2922. 2015.

MACEDO, M. A. S. Eficiência Produtiva de Unidades Agrárias: o uso de Análise Envoltória de Dados na avaliação do desempenho de conversão de insumos em produtos. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 5, 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: ABAR, 2005. CD-ROM.

MACEDO, M. A. S.; STEFFANELLO, M.; OLIVEIRA, C. A. Eficiência combinada dos fatores de produção: aplicação de análise envoltória de dados (DEA) à produção leiteira. **Custos e @agronegócio online**, Recife, v. 3. n. 2, jul./dez., p. 59-86, 2007. Disponível em: <<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero2v3/eficiencia%20de%20producao.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

MAGALHÃES, J. A. et al. Considerações sobre a produção de leite a pasto. **Revista Eletrônica de Veterinária**, [S.I.], v. 8, n. 9, 2007. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907.html#090718>> Acesso em: 10 jul. 2017.

MARTINS, P. R. G. et al. Produção e qualidade do leite em sistemas de produção da região leiteira de Pelotas, RS, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p.212-217, jan/fev, 2007.

MATOS, L.L. Produção de leite a pasto em bases sustentáveis. IN: VILELA, D. et al. Fórum das Américas: leite e derivados: 7º Congresso Internacional do Leite. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA, 2009. p. 45-78.

MELLO, J. C. C. B. S. et al. Curso de Análise de Envoltória de Dados. In: **XXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**. Gramado, 2005. Disponível em <http://www.uff.br/decisao/>. Acesso em 10 jul 2017.

MENEGHETTI, C.C.; DOMINGUES, J.L. Características nutricionais e uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v.5, n. 2, p.512-536, mar/abr, 2008.

MOREIRA, V. H.; BRAVO-URETA, B. E. Total factor productivity change in dairy farming: empirical evidence from Southern Chile. **Journal of Dairy Science**. Champaign, vol.99, p.8356-8364, 2016.

NASCIF, C. Preço x custos, o clássico da atividade leiteira. **Folha Virtual do Leite**. Belo Horizonte, 2016. Disponível em <http://www.ccprleite.com.br/br/p/165/preco-x-custos--o-classico-da-atividade-leiteira.aspx> . Acesso em 11 ago 2017.

NUSSIO, L. G.; NUSSIO, C. M. B. Aspectos técnicos e econômicos que afetam a escolha da fonte de forragem suplementar. In: Simpósio Internacional de Produção Intensiva de Leite – Interleite 6. **Anais...** Uberaba: FMVZ – USP, 2003. p. 123-135.

OLIVEIRA, T.B.A. et al. Indices técnicos e rentabilidade da pecuária leiteira. **Scientia Agricola**, São Paulo, v.58, n.4, p. 687-692, out./dez. 2001.

PELEGRINI, D. F. et al. Diagnóstico dos sistemas familiares de produção de leite da microrregião de Uberlândia (MG). X CONGRESSO SBSP. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2014. Disponível em <http://www.sbsp.org.br/z1files/pub/147403629942442_Anais-SBSP-Sociedade-Brasileira-de-Sistema.pdf> Acesso em 10 jul 2017.

PEREIRA, M. N. et al. Indicadores de desempenho de fazendas leiteiras de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 68, n. 4, p. 1033-1042, 2016.

PEREIRA, N. A.; TAVARES, M. Eficiência das principais regiões produtoras de cana-de-açúcar por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA). **Custos e @gronegócio on line**, Recife, v. 13, Edição Especial, abr., 2017. Disponível em: www.custoseagronegocioonline.com.br. Acesso em: 12 jul 2017.

PINDYCK, R.; RUBINFELD, D. **Microeconomia**. 6^a ed. São Paulo, Pearson Prentice Hall, p. 641, 2006.

RENNÓ, F. P. et al. Eficiência bioeconômica de estratégias de alimentação em sistemas de produção de leite. 1. Produção por animal e por área. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 743-753, 2008.

RUAS, J. R. M. et al. Importância da raça Gir na formação do rebanho leiteiro nacional. **Revista Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.29, n.243, p. 53-61, 2008.

SINGBO, A.; LARUE, B. Scale economies, technical efficiency, and the sources of total factor productivity growth of Quebec dairy farms. **Canadian Journal of Agricultural Economies**, Victoria, v. 64, p. 339-363, 2016.

SOUZA, U. R.; BRAGA, M. J.; FERREIRA, M. A. M. Fatores associados à eficiência técnica e de escala das cooperativas agropecuárias paranaenses. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 49, n. 3, p. 573-598, 2011.

STEENEVELD, W. et al. Comparing technical efficiency of farms with an automatic milking system and a conventional milking system. **Journal Dairy Science**, Champaign, vol.95, p.7391-7398, 2012.

TAUER, L.W.; MISHRA, A.K. Dairy farm cost efficiency. **Journal Dairy Science**, Champaign, vol.89, p. 4937-4943, 2006.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2004.

ZENG, S.; GOULD, B. W.; DU, X. Evaluation of dairy farm technical efficiency: production of milk components as output measures. In: **Agricultural & Applied Economics Association Annual Meeting**, Boston, july 31-August 2, 2016.