

Literatura sobre eficiência na produção leiteira brasileira¹

Mariza de Almeida²
Carlos José Caetano Bacha³

Resumo – A produção de leite no Brasil melhorou muito nas últimas décadas. Entretanto, há grande heterogeneidade de produtores, a produtividade ainda está abaixo da de países grandes produtores, e a balança comercial do setor lácteo é deficitária. Além disso, a pecuária leiteira gera impactos negativos ao meio ambiente. O objetivo deste artigo é – via revisão sistemática da bibliografia – analisar, organizar, comparar e discutir diferentes estudos sobre as eficiências técnica, econômica ou ambiental da produção de leite no Brasil. Conclui-se que: 1) há grande número de estudos para Minas Gerais, mas poucos para os demais estados; 2) três métodos são usados para mensurar a eficiência (análise de fronteira estocástica, análise envoltória de dados e análise contábil); 3) são poucos os estudos relacionados à eficiência ambiental; e 4) há predominância de estudos sobre a ineficiência da produção brasileira de leite, mas poucos trabalhos mostram a eficiência em regiões específicas.

Palavras-chave: métodos, produtividade, revisão sistemática.

Bibliographic about Brazilian milk production efficiency

Abstract – Milk production in Brazil has experienced some improvements in recent decades. However, there is great heterogeneity among the farmers, Brazilian dairy productivity is below the largest producing countries and trade balance of the dairy sector is negative in Brazil. Moreover, milk production has generate negative impacts into the environment. In this context, this paper aims to analyze, organize, compare and discuss the different studies carried out to calculate technical, economic and/or environmental efficiency of milk production in Brazil, by using a systematic review of the literature. Among the findings, the following are worthy to mention: (1st) there is a large number of studies considering milk production efficiency in the state of Minas Gerais, however, few studies have been carried for other Brazilian states; (2nd) three methods have been used to measure efficiency (stochastic frontier analysis, data envelopment analysis and accounting analysis); (3rd) there is a lack of studies related to efficiency environment; (4th) most of the studies show the inefficiency in the Brazilian milk production, despite some specific regions show efficiency in this activity. At the end, the article suggests possible new issues to be explored in future studies.

Keywords: methods, productivity, systematic review.

¹ Original recebido em 4/5/2020 e aprovado em 28/7/2020.

² Graduada em Ciências Econômicas, mestre em Economia e Desenvolvimento, doutoranda em Economia Aplicada. E-mail: marizaalmeida@usp.br

³ Economista, doutor em Economia, professor titular do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP). E-mail: carlosbacha@usp.br

Introdução

A bovinocultura leiteira brasileira tem participação importante na geração de emprego e renda no setor agropecuário. Seu ambiente produtivo exibe grande heterogeneidade de produtores, tecnologias e técnicas de manejos, mas nas últimas décadas muitas normas e mudanças econômicas, sociais e políticas ocorreram, tornando a cadeia leiteira mais dinâmica, produtiva e com produtos de melhor qualidade. Contudo, há ainda alguns problemas: a balança comercial do leite é deficitária e há problemas gerados ao meio ambiente (gases de efeito estufa, queimadas e desmatamento), por exemplo. Assim, o crescimento da produção de leite deve ser de modo eficiente e sustentável.

Números da atividade mostram que a produção nacional de leite cresceu 376% de 1974 a 2018, passando de 7,1 bilhões para 33,8 bilhões de litros. No mesmo período, a taxa de crescimento do número de vacas ordenhadas foi de 51%, enquanto a produtividade (L/vaca/ano) cresceu 216%. As normativas, políticas públicas e incentivos governamentais propiciaram resultados positivos. O Brasil está entre os quatro maiores produtores mundiais de leite de vaca, atrás de Estados Unidos, Índia e China. Mas o País precisa avançar na produtividade, que em 2018 foi de 2.068 L/vaca/ano, aquém da de muitas nações – algumas da América Latina (Vilela et al., 2017; FAO, 2019; IBGE, 2019b).

Essa relativa baixa produtividade pode estar relacionada à heterogeneidade de seus produtores, à estrutura (mão de obra e terra) e à combinação inadequada dos insumos. Esses fatores podem induzir a ineficiência das propriedades: unidades de produção que fazem maior uso de modelos extensivos (baseados na expansão da fronteira agrícola ou no aumento do número de vacas) ou que não usam de forma correta as tecnologias para otimização da produção (Zoccal et al., 2005; Pereira et al., 2016; Vilela et al., 2017). Além da ineficiência, destacam-se os efeitos no meio ambiente. Um dos impactos ambientais mais discutido é a emissão de gases de efeito estufa (GEE), e a pecuária leiteira tem

contribuído de forma expressiva com emissões, por exemplo, de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e óxido nitroso (S_2O) (Martins-Costa, 2015; Brasil, 2017; IPCC, 2019).

Agências governamentais, como Food and Agriculture Organization (FAO), World Bank e Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), indicam que a redução das emissões de GEE e o aumento da produção de leite podem estar associados com a sinergia entre as eficiências, ou seja, quando houver eficiência técnica também haverá eficiência ambiental. A eficiência pode ser caracterizada como técnica, econômica ou ambiental. A técnica (ET) está relacionada com o uso mínimo de insumos para se obter certo nível de produção (otimização do uso dos insumos). A eficiência econômica (EE) considera os custos de produção, ou seja, por essa ótica uma firma é eficiente quando apresenta o máximo de produção com os menores custos possíveis (Coelli et al., 2005; Peña, 2008). E a eficiência ambiental (EA) é obtida quando se produz determinado nível de produto com o uso da menor quantidade de recursos naturais, com a menor emissão de GEE ou com a menor degradação ambiental (Reinhard et al., 1999).

Lopes et al. (2008), Nascimento et al. (2012), Sousa et al. (2012), Ferrazza et al. (2018) e Silva & Bragagnolo (2018) buscam mostrar a situação brasileira em relação à eficiência da produção de leite, e esses autores usaram diferentes métodos de mensuração: análise de fronteira estocástica, uma técnica econométrica paramétrica; Data Envelopment Analysis (DEA), técnica não paramétrica de programação matemática; e análise contábil, que considera a produtividade de leite, a margem bruta, a margem líquida, o lucro ou o prejuízo da propriedade.

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar, via revisão sistemática da bibliografia, organizar, comparar e discutir os diversos estudos da eficiência técnica, econômica ou ambiental da produção de leite no Brasil.

Evolução da pecuária leiteira brasileira

A produção de leite é uma das principais geradoras de renda do setor agropecuário nacional e está presente na maioria dos estabelecimentos rurais de todas as regiões. Nas últimas décadas, a produção do setor experimentou grande crescimento, mas muitos problemas persistem: baixa produtividade, balança comercial negativa e efeitos negativos ao meio ambiente (emissões de GEE).

A produção brasileira de leite em 2018 (33,8 bilhões de litros) foi obtida com um rebanho de 16,35 milhões de vacas ordenhadas – produtividade de 2.068 L/vaca/ano. Essa produção só foi alcançada graças a transformações no setor iniciadas a partir da década de 1990. Com o fim do tabelamento dos preços, com a menor intervenção do Estado, a abertura comercial e a implementação do Plano Real, houve maior tecnificação da produção, maior competitividade e aumento do consumo. Além disso, foram criados programas e normas relacionados à produção de leite no País. Aceleraram também transbordamentos positivos decorrentes sobretudo da instalação das grandes indústrias (Jank & Galan, 1998; Zoccal et al., 2005).

A Figura 1 mostra a produção e a produtividade de leite no País em 2018. Os maiores produtores foram Minas Gerais (8.939.159 mil litros), Paraná (4.375.422 mil litros) e Rio Grande do Sul (4.242.293 mil litros). Os dados preliminares do Censo Agropecuário de 2017 indicam que, dos 1.350.809 estabelecimentos que produzem leite de vaca, 381.561 eram de Minas Gerais, 291.978 da Bahia e 260.650 do Rio Grande do Sul, que também possuíam maior número de estabelecimentos agropecuários. Quanto à produtividade, os estados do Sul estão na frente: Santa Catarina (3.779 L/vaca/ano), Rio Grande do Sul (3.441 L/vaca/ano) e Paraná (3.225 L/vaca/ano). Em seguida, vem Minas Gerais (2.839 L/vaca/ano), que detém o maior número de vacas ordenhadas: 3.147.732 cabeças (IBGE, 2019a, 2019b).

Apesar de importantes mudanças no setor em 1974–2018⁴ e de a produtividade ter crescido 216%, ela ainda é considerada baixa (IBGE, 2019b). Além disso, a balança comercial brasileira de leite e derivados fechou 2018 com novo déficit, de US\$ 427,436 milhões – as importações totalizaram US\$ 485,748 milhões e as exportações somaram US\$ 58,311 milhões (Embrapa, 2019).

Para Vilela et al. (2017), o crescimento da produtividade da pecuária leiteira está atrelado

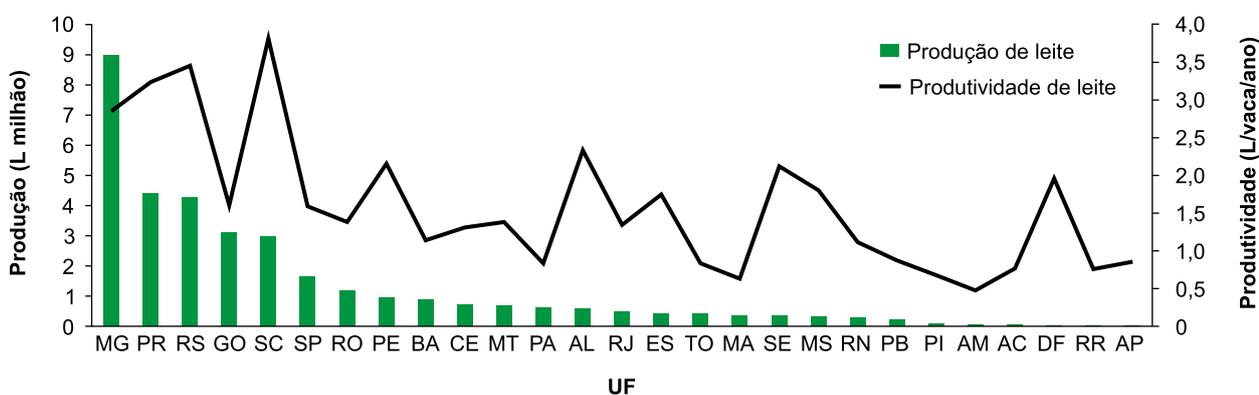


Figura 1. Produção e produtividade de leite no Brasil, por estado, em 2018.

Fonte: elaborado com base em IBGE (2019b).

⁴ Período para o qual a série histórica mais recente da produtividade da pecuária bovina leiteira é publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

às melhorias do uso dos fatores de produção (capital, mão de obra e terra) e a melhores tecnologias e rebanhos (melhoramento genético). Mas a heterogeneidade no País, tanto pelo tipo de produtor quanto pelas características geográficas, dificulta o aumento da produtividade e contribui também para um problema que tem instigado muitos cientistas e órgãos governamentais: os danos ambientais causados pela pecuária leiteira, pois o aumento no número de bovinos gera mais emissão de GEE e está associado a queimadas e desmatamento (Vilela et al., 2016; FAO, 2018).

O setor agropecuário é considerado, no Brasil, o maior emissor de metano. Em 2015, foram 12.887,4 Gg de CH₄, principalmente do Centro-Oeste e Sudeste. Do total dessas emissões, 90% é proveniente da fermentação entérica do gado de corte e do gado de leite (Brasil, 2017). Há uma busca constante, no Brasil e em outros países, por sistemas produtivos eficientes técnica, ambiental e economicamente, pois a demanda por mais produtos alimentícios, entre eles os derivados de bovinos, crescerá com o aumento populacional nas próximas décadas (FAO, 2018).

Portanto, existe uma crescente pressão sobre o setor leiteiro brasileiro para que ele forneça soluções práticas que resultem numa pecuária mais tecnificada, que eleve a qualidade do leite, com menores perdas na produção, e que seja sustentável ambientalmente.

Metodologia

Esta revisão bibliográfica sistemática sobre a eficiência da produção de leite brasileira alicerça-se nas principais bases de dados científicas e na coleta dos documentos. As bases analisadas foram Scopus, Science Direct, Google Scholar, Web of Science e Scielo; e o período selecionado, em que os artigos foram publicados, foi de 1990 até o primeiro semestre de 2019, que presencia mudanças estruturais na produção brasileira de leite.

Os trabalhos considerados são artigos científicos, capítulos de livros, relatórios e artigos de conferências, de autores brasileiros e estrangeiros. Os critérios de inclusão dos trabalhos foram: calcular a eficiência técnica, econômica ou ambiental; e estar escrito em inglês ou em português. Já os critérios de exclusão foram estes: não ser aplicado para o Brasil; não calcular a eficiência; e não adotar um método apropriado e habitual para calcular a eficiência.

As palavras-chave (*strings*) usadas na busca foram *Productivity Brazilian milk; Productivity milk cow; Efficiency Brazilian in milk production; Environmental, technical and economic efficiency of milk production; e Environmental, technical and economic efficiency of brazilian dairy production* – além de suas correspondentes em português.

A Figura 2 mostra as etapas da revisão sistemática, ou seja, o fluxo de inclusão e exclusão de documentos. A primeira etapa é a de identificação, que ocorre através da busca nas bases



Figura 2. Etapas da revisão sistemática (fluxo de inclusão e exclusão).

de dados científicas. Na seleção, segunda etapa, realiza-se a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. Na terceira etapa, leitura, faz-se uma nova revisão dos documentos, com inclusões e exclusões, se necessário. Na quarta e última etapa, selecionam-se os artigos para a revisão, ou seja, que vão compor a síntese narrativa.

Resultados e discussão

A produção científica sobre eficiência na produção de leite procura identificar o nível de eficiência/ineficiência⁵ técnica, econômica e ambiental, de modo a obter a otimização do uso dos insumos, os menores custos e a menor degradação ambiental/emissão de GEE. Existem várias formas de fazer a mensuração, sendo necessário que o pesquisador identifique de forma assertiva a combinação do método, o período de análise, a unidade de mensuração e as variáveis do modelo.

Das 29 pesquisas selecionadas, 26 basearam-se em métodos não paramétricos, especificamente dois: Análise Envoltória de Dados (DEA)

e análise contábil, com destaques para Lopes et al. (2004, 2005, 2008, 2009, 2016) e Ferrazza et al. (2015, 2018) pela frequência. Já Ferreira Júnior & Cunha (2004), Nascimento et al. (2012) e Silva & Bragagnolo (2018) adotaram o método paramétrico da Análise de Fronteira Estocástica (AFE).

As regiões de destaque são o Sudeste e o Nordeste, com concentração de 79,31% e 10,34% dos trabalhos analisados, respectivamente. No Sudeste, evidenciam-se Minas Gerais e São Paulo; no Nordeste, Pernambuco e Ceará.

A Tabela 1 mostra a síntese da revisão sistemática. Ela identifica as regiões, os períodos de análise, os dados, os tipos de eficiência, os métodos dos estudos e os principais resultados. Ressalta-se que as unidades de tomada de decisão (DMU) – de decision making units – em todos os documentos analisados foram os estabelecimentos agropecuários.

Tabela 1. Síntese de resultados da revisão sistemática sobre análise da eficiência técnica, econômica e ambiental na produção brasileira de leite.

| Estudo | Método | Publicação | Período | Região | Tipo de eficiência | Fonte dos dados | Principais resultados sobre os estabelecimentos |
|----------------------|---|---------------------------------------|---------|--------------|--|--|--|
| Alves & Gomes (1998) | Análise contábil | Revista Brasileira de Economia | 1995 | Minas Gerais | Eficiência econômica (custo e preço) | Dados primários | Eficientes economicamente |
| Campos et al. (2014) | Modelos não paramétricos e análise contábil | Organizações Rurais & Agroindustriais | 2005 | Minas Gerais | Eficiência técnica econômica e ambiental | Diagnóstico da Pecuária Leiteira no Estado de Minas Gerais | Ineficientes economicamente, tecnicamente e ambientalmente |

Continua...

⁵ As eficiências técnica e ambiental, pela teoria da produção, procuram incorporar uma função de produção entre bens desejáveis e não desejáveis para gerar um nível de produção e identificar o desempenho das unidades, que varia entre 0 e 1. A unidade de análise que apresentar valor mais próximo de 1 é considerada mais eficiente; com valor mais próximo de 0, é considerada mais ineficiente (Varian, 2000; Coelli et al., 2005).

Tabela 1. Continuação.

| Estudo | Método | Publicação | Período | Região | Tipo de eficiência | Fonte dos dados | Principais resultados sobre os estabelecimentos |
|-------------------------|---|--|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--|---|
| Costa & Bueno (2011) | Análise contábil e modelo não paramétrico | Revista Energia na Agricultura | 2008 | Pardinho, SP | Eficiência energética e econômica | Dados primários | Eficientes economicamente |
| Sousa et al. (2012) | Análise Envoltória de Dados | Revista Brasileira de Zootecnia | 2009 | Goiás | Eficiência técnica | Diagnóstico da Cadeia Produtiva de Leite de Goiás | Ineficientes tecnicamente |
| Santos et al. (2005) | Análise Envoltória de Dados | Organizações Rurais & Agroindustriais | 1999–2002 | Microrregião de Viçosa, MG | Eficiência técnica | Dados primários | Ineficientes tecnicamente |
| Fassio et al. (2005) | Análise contábil | Revista de Economia e Sociologia Rural | 1995/1996 a 2001/2002 | Minas Gerais | Eficiência econômica | Dados primários | Eficientes economicamente |
| Ferrazza et al. (2018) | Análise contábil | Semina: Ciências Agrárias | Janeiro de 2002 a dezembro de 2011 | Minas Gerais | Eficiência econômica | Dados primários | Ineficientes economicamente |
| Ferrazza et al. (2015) | Análise contábil | Ciência Animal Brasileira | Janeiro de 2002 a dezembro de 2011 | Minas Gerais e Rio de Janeiro | Eficiência econômica | Dados primários | Ineficientes economicamente |
| Ferreira & Gomes (2004) | Análise Envoltória de Dados | Congresso da SOBER | Outubro de 2000 a setembro de 2001 | Minas Gerais | Eficiência técnica | Dados primários | Ineficientes tecnicamente |
| Gonçalves et al. (2008) | Análise Envoltória de Dados | Economia Aplicada | 2005 | Minas Gerais | Eficiência técnica | Diagnóstico da Pecuária Leiteira no Estado de Minas Gerais | Ineficientes tecnicamente |
| Lima et al. (2012) | Análise contábil | Acta Veterinária Brasileira | 2011 | Limoeiro do Norte, CE | Eficiência econômica | Dados primários | Eficientes economicamente |
| Lopes et al. (2008) | Análise contábil | Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. | Janeiro de 2004 a dezembro de 2005 | Lavras, MG | Eficiência econômica | Dados primários | Ineficientes economicamente |
| Lopes et al. (2005) | Análise contábil | Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. | Janeiro de 2002 e junho de 2003 | Lavras, MG | Eficiência econômica | Dados primários | Ineficientes economicamente |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Estudo | Método | Publicação | Período | Região | Tipo de eficiência | Fonte dos dados | Principais resultados sobre os estabelecimentos |
|---------------------------|---------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--|---|
| Lopes et al. (2016) | Análise contábil | Semina: Ciências Agrárias | 2011 | Rio de Janeiro | Eficiência econômica | Programa Balde Cheio | Ineficientes economicamente |
| Lopes et al. (2009) | Análise contábil | Ciência e Agrotecnologia | Janeiro de 2004 e dezembro de 2005 | Lavras, MG | Eficiência econômica | Dados primários | Ineficientes economicamente |
| Lopes et al. (2004) | Análise contábil | Ciência e Agrotecnologia | Janeiro de 2002 a junho de 2003 | Lavras, MG | Eficiência econômica | Dados primários | Ineficientes economicamente |
| Macedo et al. (2006) | Análise Envoltória de Dados | Congresso da Sober | Primeiro quadrimestre de 2002 | Sudeste | Eficiência técnica e de escala | Dados primários | Eficientes tecnicamente |
| Magalhães & Campos (2006) | Análise Envoltória de Dados | Revista de Economia e Sociologia Rural | Abril e julho de 2004 | Sobral, CE | Eficiência técnica e de escala | Dados primários | Ineficientes tecnicamente |
| Mancio et al. (1999) | Análise contábil | Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. | 5/1995 a 4/1996 | São Carlos, SP | Eficiência econômica | Dados primários | Ineficientes economicamente |
| Mareth et al. (2019) | Análise Envoltória de Dados | <i>International Journal of Productivity and Performance Management</i> | 2010 | Corede Alto Jacuí, RS | Eficiência técnica | Dados primários | Ineficientes tecnicamente |
| Nascimento et al. (2012) | Modelo de fronteira estocástica | Revista Brasileira de Zootecnia | 2005 | Minas Gerais | Eficiência técnica | Projeto de Assistência Técnica Educampo | Ineficiência técnica entre os produtores |
| Novo et al. (2013) | Análise Envoltória de Dados | <i>Agricultural Systems</i> | De 2002 a 2008 | São Paulo | Eficiência técnica | Programa Balde Cheio | Ineficientes tecnicamente |
| Ramos et al. (2017) | Análise contábil | Custos e Agronegócio | 11/2014 a 4/2015 | Agreste Pernambucano | Eficiência econômica | Dados primários | Eficientes economicamente |
| Roberts & Gomes (2003) | Análise Envoltória de Dados | Congresso da Sober | 2001/2002 | Rondônia | Eficiência técnica | Diagnóstico do agronegócio do leite e seus derivados de Rondônia | Ineficientes tecnicamente |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Estudo | Método | Publicação | Período | Região | Tipo de eficiência | Fonte dos dados | Principais resultados sobre os estabelecimentos |
|--------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------|--|--------------------------------|-------------------------------------|---|
| Ferreira Júnior & Cunha (2004) | Modelo de fronteira estocástica | Organizações Rurais e Agroindustriais | 1996 | Minas Gerais | Eficiência técnica | Dados primários – Sebrae | Dois grupos são eficientes tecnicamente; um grupo é ineficiente |
| Santos et al. (2004) | Análise Envolvória de Dados | Revista de Economia e Agronegócio | 1999–2003 | Microrregião de Viçosa, MG | Eficiência técnica | Dados primários – UFV/Nestlé (PDPL) | Ineficientes tecnicamente |
| Silva & Bragagnolo (2018) | Modelo de fronteira estocástica adaptada | Revista de Economia e Agronegócio | 2016 | Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, MG | Eficiência técnica e ambiental | Dados do projeto Educampo/Sebrae | Eficientes tecnicamente e ambientalmente |
| Silva et al. (2015) | Análise contábil | Revista de Política Agrícola | 1988–1989 e 2011–2012 | Cajuri e Porto Firme, MG | Eficiência técnica e econômica | Estudo de caso – dados primários | Eficientes economicamente |
| Travassos et al. (2016) | Análise Envolvória de Dados | Revista de Economia e Agronegócio | 1/2010 a 8/2010 | Zona da Mata, MG | Eficiência técnica | Dados primários | Eficientes tecnicamente |

A análise da eficiência é uma importante ferramenta para a condução de melhorias nos estabelecimentos agropecuários. Quando se analisa a eficiência regional ou global, ela torna-se um instrumento relevante na condução de programas de melhorias da produção (aumento da disponibilidade de crédito, mais assistência técnica e mecanização, entre outras).

No Centro-Oeste, Sousa et al. (2012) buscaram identificar grupos de produtores de leite tecnologicamente homogêneos para Goiás, em 2009. Com o uso das variáveis como a receita com a venda de leite, área destinada à pecuária leiteira, capital e mão de obra, os autores constataram a eficiência técnica média estimada, a longo prazo, de 0,571, o que indica características da produção tradicional e menos especializada. A análise de longo prazo deve-se ao fato de os produtores poderem alterar (e se adaptar) ao uso de tecnologias e insumos que melhorem a produção.

Lima et al. (2012) e Ramos et al. (2017) analisaram a eficiência econômica no Ceará e Agreste Pernambucano, respectivamente. Lima et al. (2012) usaram a renda bruta e os custos da atividade e identificaram que as fazendas exibiram lucro no período analisado. Ramos et al. (2017) apontam que os pecuaristas são eficientes e que há viabilidade econômica para a atividade na região. Magalhães & Campos (2006) usaram a DEA em Sobral, CE. As análises apontaram o predomínio de produtores ineficientes, indicativo de graves problemas relacionados com os resultados econômicos e possíveis crises nesse grupo de produtores.

No Norte, Roberts & Gomes (2003) usaram a DEA em Rondônia. Com variáveis como valor da produção de leite, custos com volumosos e concentrados, mão de obra, área utilizada para gado, custo operacional total e número total de vacas do rebanho, o estudo aponta para a ineficiência técnica.

Dos 29 trabalhos da análise, 23 são do Sudeste: Minas Gerais (18 artigos), São Paulo (4) e Rio de Janeiro (1)⁶.

Para Minas Gerais, via AFE, Nascimento et al. (2012) apontam ineficiência e que grande parte da variação da produção se deve à ineficiência técnica dos produtores, enquanto Ferreira Júnior & Cunha (2004) dividiram os produtores em três tipos, de acordo com a raça do rebanho: o primeiro e o segundo, produtores de gado Europeu e de gado Mestiço, respectivamente, foram indicados como eficientes; o terceiro, produtores de gado Zebu, foi apontado como tecnicamente ineficientes.

Campos et al. (2014) e Silva & Bragagnolo (2018) analisaram as eficiências técnica e ambiental. Silva & Bragagnolo (2018) estimaram as eficiências por meio da AFE ampliada de Reinhard et al. (1999). Os resultados, usando variáveis técnicas e as emissões de metano (insumo indesejado), indicam que a média da eficiência técnica foi de 0,89 e que a eficiência ambiental média foi de 0,733. Além disso, os autores encontraram correlação positiva entre as eficiências técnica e ambiental. Campos et al. (2014), via DEA, apontam, como principais resultados, que os produtores⁷ extensivos e intensivos apresentam ineficiência técnica, econômica e ambiental. Entretanto, destacam que, no longo prazo, os produtores do sistema extensivo seriam mais eficientes economicamente e que os do sistema intensivo seriam mais eficientes ambientalmente. Esses resultados, para os autores, podem ser decorrentes da forma como os produtores usam a tecnologia e escolhem os insumos.

Ferreira & Gomes (2004), Santos et al. (2005) e Gonçalves et al. (2008) avaliaram, via DEA, a eficiência técnica em Minas Gerais. Santos et al. (2005) obtiveram, como resultado principal, pressupondo retornos constantes à

escala, que parte das propriedades é ineficiente tecnicamente, mas que as propriedades são mais homogêneas (semelhantes), em parte por causa da assistência técnica adotada nos municípios do estado. Ferreira & Gomes (2004) analisaram a eficiência em diferentes sistemas de produção, com gado holandês, mestiço e zebu no curto e longo prazos, e verificaram quais são mais eficientes em diferentes períodos. Já, Gonçalves et al. (2008) aplicaram um modelo econométrico Tobit para analisar os determinantes da eficiência. Nos três estudos, os autores destacam a ineficiência da produção, mas que há potencial para combinar eficientemente os insumos, implementar tecnologias e empregar novas técnicas de manejo.

Macedo et al. (2006) e Travassos et al. (2016) também analisaram a eficiência técnica para Minas Gerais via DEA. Entre as variáveis dos estudos, estão estas: valor da produção de leite, custos com volumosos e concentrados, mão de obra, área utilizada para gado, custo operacional total e número total de vacas do rebanho. Ambas as análises identificaram eficiência técnica em estabelecimentos agropecuários e apontaram que outros podem se tornar eficientes com algumas transformações na produção.

Alves & Gomes (1998) e Fassio et al. (2005) mensuraram a eficiência econômica para em Minas Gerais. Ambos usaram a análise contábil e consideraram as variáveis de custos e receitas do estabelecimento. Alves & Gomes (1998) rejeitaram a hipótese de eficiência. Fassio et al. (2005), que, além da análise contábil, estimaram um modelo econométrico, indicaram baixa eficiência técnica e problemas na administração do empreendimento.

Lopes et al. (2004, 2005, 2008, 2009)⁸ usaram a análise contábil para avaliar a rentabilidade da produção de leite em Minas Gerais.

⁶ Dos 23 artigos do Sudeste, um trabalho, Ferrazza et al. (2015), faz análise simultânea para Minas Gerais e Rio de Janeiro.

⁷ Produtores extensivos buscam aumentar a produção por meio da expansão da fronteira agrícola ou aumento do número de vacas. Produtores intensivos buscam aumentar a produção pelo uso de tecnologias, melhores insumos e melhoramento genético, entre outros fatores.

⁸ Lopes et al. (2008) analisaram no período de janeiro de 2004 a dezembro de 2005; Lopes et al. (2005), janeiro de 2002 a junho de 2003; Lopes et al. (2009), janeiro de 2004 a dezembro de 2005; e Lopes et al. (2004), janeiro de 2002 a junho de 2003.

Os principais resultados foram que a atividade tem condições de produzir em médio prazo; e que, no longo prazo, os pecuaristas estão se descapitalizando, mesmo com diferentes níveis tecnológicos (ainda que apresentem ineficiência).

Silva et al. (2015) avaliaram as eficiências técnica e econômica em Minas Gerais, e os resultados mostram que os produtores possuem sistemas de produção competitivos, atraentes e lucrativos. A eficiência nessas propriedades deve-se à profissionalização e à adoção de tecnologia.

Também em Minas Gerais, Ferrazza et al. (2015, 2018) analisaram a influência da escala de produção e dos tipos de mão de obra sobre a rentabilidade da atividade e identificaram os componentes de maior representatividade sobre o custo total e operacional efetivo. Ferrazza et al. (2018) constataram que os estabelecimentos possuíam escala de produção, mas estavam ineficientes economicamente.

Ferrazza et al. (2015), para Minas Gerais e Rio de Janeiro, indicaram que o tipo de mão de obra não influencia a eficiência econômica do sistema de produção. Para o Rio de Janeiro, Lopes et al. (2016) mostram que as propriedades, em virtude da sua pequena escala de produção leiteira, não dão lucro.

Mancio et al. (1999) e Costa & Bueno (2011) fizeram análises pra São Paulo, e com o método de análise contábil. Costa & Bueno (2011) analisaram os índices de eficiência energética/econômica e constataram que os índices de eficiência energética e cultural foram diferentes entre os produtores, mas que estes são eficientes economicamente. Mancio et al. (1999) avaliaram os índices zootécnicos, os custos de produção e a rentabilidade e concluíram que as empresas estão operando abaixo do potencial.

Novo et al. (2013) compararam, via DEA, produtores de leite de São Paulo. Os autores concluíram que existe ineficiência técnica entre os produtores e que eles devem introduzir tecnologias para obter uma produção mais intensiva.

Mareth et al. (2019) usaram a DEA e duas regressões (Tobit e mínimos quadrados ordinários) para medir e a eficiência técnica no Corede Alto Jacuí, RS. Os autores apontam que a maioria dos produtores analisados apresenta ineficiência técnica (níveis de eficiência técnica de 0,25 a 0,49).

A Tabela 1 mostra predominância de estabelecimentos que não têm eficiência técnica, econômica nem ambiental. Nos poucos casos de eficiência na produção de leite, constata-se também que a produção é elevada, há mecanização, emprega-se mão de obra profissionalizada e os rebanhos possuem melhoramento genético.

A Tabela 2 mostra vantagens e desvantagens dos três métodos empregados nas análises de eficiência – DEA, análise contábil e AFE.

O método paramétrico AFE é utilizado para avaliar a eficiência técnica e ambiental, e foi adotado em 10,34% dos trabalhos desta pesquisa. Ele usa técnicas econométricas, está relacionado com a teoria da produção, por meio da fronteira de possibilidade de produção (FPP), e indica o máximo que uma firma pode produzir para um dado nível de insumos. O método incorpora dois erros, um que captura os efeitos de medição, ruídos estatísticos e choques aleatórios fora do controle da propriedade, além dos efeitos das variáveis explicativas não especificadas na função de produção; o outro erro capta a ineficiência técnica de cada propriedade.

Já 51,72% dos trabalhos aqui estudados usaram o método não paramétrico de análise contábil. Esse método tem como base a teoria da produção e do custo e requer a contabilidade detalhada do estabelecimento. Pela análise dos custos e das receitas, obtém-se o lucro ou o prejuízo. Quando a propriedade gerar lucro (receitas cobrem os custos de produção), ela tem eficiência; caso contrário, se a propriedade incorrer em prejuízo (receitas não cobrem os custos de produção), o caso é de ineficiência econômica. Assim, o método é bastante utilizado por fornecer explicações sobre como os

Tabela 2. Síntese dos métodos para calcular as eficiências técnica, econômica e ambiental na produção de leite.

| Método | Vantagens | Desvantagens |
|--|--|--|
| Análise contábil – não paramétrico | <p>Não possui hipótese sobre a tecnologia</p> <p>Fácil aplicação</p> | <p>Requer informações detalhadas sobre a contabilidade da propriedade</p> <p>Requer informações sobre preços, e esses podem ser instáveis</p> <p>Funciona melhor se os estabelecimentos analisados forem homogêneos</p> |
| Análise Envoltória de Dados (DEA) – não paramétrico | <p>Não necessita de uma forma funcional explícita, estima a fronteira de produção por métodos de programação linear</p> <p>Contempla vários produtos e insumos</p> <p>As unidades com que os insumos/produtos são medidos não afetam a mensuração da eficiência</p> | <p>Precisa fazer pressuposição sobre os retornos de escala, se serão constantes ou variáveis (crescentes ou decrescentes)</p> <p>Quando um grande número de variáveis é utilizado no modelo, há a tendência de as firmas serem consideradas eficientes</p> |
| Análise de Fronteira Estocástica (AFE) – paramétrico | <p>Permite calcular dois erros, possibilitando a distinção dos efeitos do erro estatístico daqueles da ineficiência produtiva</p> <p>Permite testar a presença da ineficiência</p> <p>Permite rejeitar a hipótese de eficiência no modelo</p> <p>Permite analisar a unidade de tomada de decisão</p> | <p>Outliers podem distorcer os resultados</p> <p>Necessita de uma forma funcional que apresente as propriedades específicas na hora de relacionar os inputs e outputs – como Linear, Cobb-Douglas, Quadrática, Quadrática Normalizada, Translog, e Leontief Generalizada</p> <p>Requer a identificação da melhor forma funcional</p> |

estabelecimentos tomam decisões no momento de otimizar a alocação dos recursos produtivos.

A DEA foi adotada em 37,93% dos trabalhos. É um método não paramétrico de programação matemática, muito empregada para mensurar a eficiência técnica e ambiental. Como a AFE, a DEA consiste na estimação da FPP das unidades tomadoras de decisão e na obtenção dos escores de eficiência. Além disso, é um método de fácil manipulação das variáveis utilizadas na função de produção.

Portanto, conforme a Tabela 2, não há um método ideal para analisar se uma propriedade é eficiente. Mas, dependendo das variáveis disponíveis, do objetivo de cada trabalho e das limitações, pode haver um método mais adequado. Por exemplo, quando o objetivo é analisar a eficiência econômica usa-se a análise contábil; quando se busca analisar a eficiência técnica, então os

outros dois métodos são as opções, sendo necessário considerar as variáveis e as limitações de cada um. Enquanto a análise contábil usa dados referentes aos custos e receitas da propriedade, a AFE e a DEA consideram os insumos empregados na produção e o valor da produção.

Considerações finais

A revisão bibliográfica sistemática sobre a produção de leite no Brasil indicou a predominância de três métodos de análise de eficiência da produção: a análise de fronteira estocástica, a análise envoltória de dados e a análise contábil. A determinação do método ideal para o trabalho vai depender do objetivo, dos dados disponíveis e das limitações de cada um.

A revisão sistemática permitiu observar as regiões mais avaliadas quanto à eficiência da pro-

dução de leite, os métodos adotados, os tipos de eficiência analisados, as variáveis e as bases de dados utilizadas. Como contribuição principal, constatou-se a predominância de estudos para o Sudeste, especialmente Minas Gerais, o principal produtor de leite no Brasil, e que a maioria dos trabalhos usam a análise contábil para mensurar a eficiência, já que as variáveis empregadas são de fácil acesso (custos e receitas).

Esta pesquisa identificou que mais da metade dos trabalhos aponta para a ineficiência técnica e econômica da produção de leite, o que indica uma pecuária leiteira, na média, ineficiente técnica e economicamente. Esse resultado é reflexo também da baixa produtividade da atividade na maioria dos estados.

Destaca-se também que são poucos os estudos relacionados à eficiência ambiental na produção de leite, sendo difícil inferir sobre a eficiência ambiental da pecuária leiteira brasileira, e que é baixo número de estudos sobre a eficiência da produção de leite no Brasil, especialmente no Norte, Sul e Centro-Oeste.

Referências

- ALVES, E.; GOMES, A.P. Medidas de eficiência na produção de leite. **Revista Brasileira de Economia**, v.52, p.145-168, 1998. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbe/article/view/724/8084>>. Acesso em: 20 set. 2019.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 4.ed. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://sirene.mcti.gov.br/publicacoes>>. Acesso em: 3 ago. 2019.
- CAMPOS, S.A.C.; COELHO, A.B.; GOMES, A.P.; MATTOS, L.B. de. Eficiência e custos associados à adequação ambiental para a produção láctea em Minas Gerais. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v.16, p.324-342, 2014. Disponível em: <<http://revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/view/850>>. Acesso em: 26 set. 2019.
- COELLI, T.J.; RAO, D.S.P.; O'DONNELL, C.J.; BATTESE, G.E. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. 2nded. United States: Springer, 2005.
- COSTA, Z. da F.; BUENO, O. de C. Eficiência energética e econômica da produção de leite bovino em explorações familiares no município de Pardinho, região de Botucatu - SP. **Revista Energia na Agricultura**, v.26, p.126-140, 2011. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2011v26n1p126-140>.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Leite em números**. Disponível em: <<http://www.cileite.com.br/content/1-leite-em-numeros>>. Acesso em: 20 set. 2019.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat: livestock primary**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>>. Acesso em: 20 ago. 2019.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Shaping the future of livestock: sustainably, responsibly, efficiently**. [Rome], 2018. The 10th Global Forum for Food and Agriculture (GFFA) Berlin, 18–20 January 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/i8384en/i8384EN.pdf>>. Acesso em: 8 set. 2019.
- FASSIO, L.H.; REIS, R.P.; YAMAGUCHI, L.C.T.; REIS, A.J. dos. Custos e shut-down point da atividade leiteira em Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.43, p.759-777, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032005000400007>.
- FERRAZZA, R. de A.; LOPES, M.A.; BRUHN, F.R.P.; MORAES, F. de. Índices de desempenho zootécnico e econômico de sistemas de produção de leite com diferentes tipos de mão de obra. **Ciência Animal Brasileira**, v.16, p.193-204, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1089-6891v16i225878>.
- FERRAZZA, R. de A.; LOPES, M.A.; BRUHN, F.R.P.; MORAES, F. de. Zootechnical and economic performance indexes of dairy herds with different production scales. **Semina: Ciências Agrárias**, v.39, p.287-298, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n1p287>.
- FERREIRA JÚNIOR, S.; CUNHA, N.R. da S. Eficiência técnica na atividade leiteira de Minas Gerais: um estudo a partir de três sistemas de produção. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v.6, p.46-60, 2004. Disponível em: <<http://revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/view/218>>. Acesso em: 23 set. 2019.
- FERREIRA, A.H.; GOMES, A.P. Eficiência técnica no curto e no longo prazo em sistemas de produção de leite com gado holandês, mestiço e zebu. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 42., 2004, Cuiabá. **Dinâmicas setoriais e desenvolvimento regional**: [anais]. Brasília: SOBER, 2004.
- GONÇALVES, R.M.L.; VIEIRA, W. da C.; LIMA, J.E. de; GOMES, S.T. Analysis of technical efficiency of milk-producing farms in Minas Gerais. **Economia Aplicada**, v.12, p.321-335, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-80502008000200007>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**: resultados definitivos. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em: 15 ago. 2019a.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal**: produção de origem animal. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/74>>. Acesso em: 12 jul. 2019b.

IPCC. The Intergovernmental Panel On Climate Change. **Publications and Data**. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em: 20 set. 2019.

JANK, M.S.; GALAN, V.B. Competitividade do sistema agroindustrial do leite. In: FARINA, E.M.M.Q.; ZYLBERSZTAJN, D. (Coord.). **Competitividade no agribusiness brasileiro**. São Paulo: Pensa/USP, 1998.

LIMA, F.W.R.; OLIVEIRA, P.J.D. de; PEREIRA, E.S.; FONTENELE, R.M.; ARRUDA, P.C.L. de; PACHECO, W.F.; GUERREIRO, A.B. Índices de produtividade e análise econômica da produção de leite a pasto no interior do Ceará. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.6, p.186-191, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/acta/article/view/2966>>. Acesso em: 22 set. 2019.

LOPES, M.A.; CARDOSO, M.G.; CARVALHO, F.M.; LIMA, A.L.R.; DIAS, A.S.; CARMO, E.A. Resultados econômicos da atividade leiteira na região de Lavras (MG) nos anos 2004 e 2005: um estudo multicase. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, p.428-435, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000200023>.

LOPES, M.A.; DIAS, A.S.; CARVALHO, F. de M.; LIMA, A.L.R.; CARDOSO, M.G.; CARMO, E.A. do. Resultados econômicos de sistemas de produção de leite com diferentes níveis tecnológicos na região de Lavras MG nos anos 2004 e 2005. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.252-260, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000100035>.

LOPES, M.A.; LIMA, A.L.R.; CARVALHO, F. de M.; REIS, R.P.; SANTOS, I.C.; SARAIVA, F.H. Controle gerencial e estudo da rentabilidade de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG). **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, p.883-892, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000400022>.

LOPES, M.A.; LIMA, A.L.R.; CARVALHO, F.M.; REIS, R.P.; SANTOS, I.C.; SARAIVA, F.H. Resultados econômicos de sistemas de produção de leite com diferentes níveis tecnológicos na região de Lavras, MG. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, p.485-493, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352005000400009>.

LOPES, M.A.; MORAES, F. de; CARVALHO, F. de M.; PERES, A.A. de C.; BRUHN, F.R.P.; REIS, E.M.B. Effect of technical indexes on cost-effectiveness in dairy farms

participating in the “Balde Cheio” program at different stages of production. **Semina: Ciências Agrárias**, v.37, p.4235-4242, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n6p4235>.

MACEDO, M.A. da S.; STEFFANELLO, M.; OLIVEIRA, C.A. de. Eficiência Combinada dos Fatores de Produção: aplicação de Análise Envoltória de Dados (DEA) à produção leiteira. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44., 2006, Fortaleza. **Questões agrárias, educação no campo e desenvolvimento**: [anais]. Brasília: SOBER, 2006.

MAGALHÃES, K.A.; CAMPOS, R.T. Eficiência técnica e desempenho econômico de produtores de leite no Estado do Ceará, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.44, p.695-711, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032006000400004>.

MANCIO, A.B.; SCHIFFLER, E.A.; LONDOÑO HERNÁNDEZ, F.I. Eficiência técnica e econômica de quatro empresas de produção de leite da região de São Carlos, SP. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.51, p.283-286, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09351999000300015>.

MARETH, T.; SCAVARDA, L.F.; THOMÉ, A.M.T.; CYRINO OLIVEIRA, F.L.; ALVES, T.W. Analysing the determinants of technical efficiency of dairy farms in Brazil. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v.68, p.464-481, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2018-0234>.

MARTINS-COSTA, T.V.A. Produção de leite e emissões de metano na região do Corede, RS. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, p.1381-1389, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-7785>.

NASCIMENTO, A.C.C.; LIMA, J.E. de; BRAGA, M.J.; NASCIMENTO, M.; GOMES, A.P. Eficiência técnica da atividade leiteira em Minas Gerais: uma aplicação de regressão quantílica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.783-789, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000300043>.

NOVO, A.M.; SLINGERLAND, M.; JANSEN, K.; KANELLOPOULOS, A.; GILLER, K.E. Feasibility and competitiveness of intensive smallholder dairy farming in Brazil in comparison with soya and sugarcane: Case study of the Balde Cheio Programme. **Agricultural Systems**, v.121, p.63-72, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.06.007>.

PEÑA, C.R. Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método análise envoltória de dados (DEA). **Revista de Administração Contemporânea**, v.12, p.83-106, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-65552008000100005>.

PEREIRA, M.N.; RESENDE, J.C.; PEREIRA, R.A.N.; SILVA, H.C.M. Indicadores de desempenho de fazendas

- leiteiras de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, p.1033-1042, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8218>.
- RAMOS, J.E.S.; BORBA, M. da C.; MORAES FILHO, R.A. de; ALVES, M. do C.M.; CARVALHO, D. de M. Identifying benchmarks on milk production in the agreste region of Pernambuco. **Custos e @gronegocio on-line**, v.13, p.397-421, 2017. Disponível em: <<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v13/OK%2018%20benchmark.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2019.
- REINHARD, S.; LOVELL, C.A.K.; THIJSSSEN, G. Econometric estimation of technical and environmental efficiency: an application to dutch dairy farms. **American Journal of Agricultural Economics**, v.81, p.44-60, 1999. DOI: <https://doi.org/10.2307/1244449>.
- ROBERTS, D.B.; GOMES, A.P. Eficiência da pequena produção de leite no estado de Rondônia. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 41., 2003, Juiz de Fora. **Exportações, segurança alimentar e instabilidade dos mercados**: anais. Juiz de Fora: SOBER: Embrapa Gado de Leite, 2003.
- SANTOS, J.A. dos; VIEIRA, W. da C.; BAPTISTA, A.J.M. dos S. Eficiência técnica em propriedades leiteiras da microrregião de Viçosa-MG: uma análise não-paramétrica. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v.7, p.162-172, 2005. Disponível em: <<http://revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/view/197>>. Acesso em: 26 set. 2019.
- SANTOS, J.A. dos; VIEIRA, W. da C.; BAPTISTA, A.J.M. dos S. Eficiência técnica na produção de leite em pequenas propriedades da microrregião de Viçosa-MG. **Revista de Economia e Agronegocio**, v.2, p.261-290, 2004. DOI: <https://doi.org/10.25070/rea.v2i2.35>.
- SILVA, C.S. de S.; BRAGAGNOLO, C. Eficiência técnica e ambiental da pecuária leiteira na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. **Revista de Economia e Agronegocio**, v.16, p.242-261, 2018. DOI: <https://doi.org/10.25070/rea.v16i2.593>.
- SILVA, M.F. da; PEREIRA, J.C.; GOMES, S.T.; NASCIF, C.; GOMES, A.P. Avaliação dos indicadores zootécnicos e econômicos em sistemas de produção de leite. **Revista de Política Agrícola**, v.24, p.62-73, 2015. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/967>>. Acesso em: 23 set. 2019.
- SOUSA, L.O. de; CAMPOS, S.A.C.; GOMES, M.F.M. Technical performance of milk producers in the state of Goiás, Brazil, in the short and long terms. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.1944-1950, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000800020>.
- TRAVASSOS, G.F.; SOBREIRA, D.B.; GOMES, A.P.; CARNEIRO, A.V. Determinantes da eficiência técnica dos produtores de leite da Mesorregião da Zona da Mata - MG. **Revista de Economia e Agronegocio**, v.13, p.63-92, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/rea/article/view/7577>>. Acesso em: 22 set. 2019.
- VARIAN, H.R. **Microeconomia**: princípios básicos. Rio de Janeiro: Campus, 2000.
- VILELA, D.; FERREIRA, R. de P.; FERNANDES, E.N.; JUNTOLLI, F.V. (Ed.). **Pecuária de leite no Brasil**: cenários e avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa, 2016.
- VILELA, D.; RESENDE, J.C. de; LEITE, J.B.; ALVES, E. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de Política Agrícola**, v.26, p.5-24, 2017. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1243>>. Acesso em: 12 jul. 2019.
- ZOCCAL, R.; CARVALHO, L. de A.; MARTINS, P. do C.; ARCURI, P.B.; MOREIRA, M.S. de P. (Ed.). **A inserção do Brasil no mercado internacional de lácteos**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005.