



EFICIÊNCIA E MUDANÇAS TECNOLÓGICAS DA AGROPECUÁRIA NOS MUNICÍPIOS DO NORDESTE BRASILEIRO: UMA ANÁLISE APLICANDO DEA E ÍNDICE DE MALMQUIST NOS ANOS DE 2006 E 2017

Efficiency and technological change of agriculture & animal farming in the municipalities of the Brazilian Northeastern Region: an analysis using Data Envelopment Analysis and Malmquist Index in the years 2006 and 2017

Autoras: Renata Benicio de Oliveira¹, Janaina da Silva Alves², Eliane Pinheiro de Sousa³

Filiação: ¹Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP); ² Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN); ³Universidade Regional do Cariri (URCA)

E-mail: ¹renatabenicio086@gmail.com; ²janaina.alves@ufrn.br ³pinheiroeliane@hotmail.com

Grupo de Trabalho 3: Evolução, estrutura e dinâmica dos complexos agroindustriais

Resumo

O setor agropecuário brasileiro possui a heterogeneidade como uma de suas principais características, de modo que cada agente se encontra em condições específicas que são capazes de determinar se há ou não possibilidade de permanência no setor. Nesse sentido, fatores como competitividade, qualidade, produtividade, eficiência e tecnologia se revelam com grande importância, porém, diante da inviabilidade de tratar de todas estas questões, a presente pesquisa tem seu foco direcionado às análises da eficiência e das mudanças tecnológicas. Dessa forma, este estudo busca mensurar os escores de eficiência técnica do setor agropecuário dos municípios do Nordeste brasileiro, em 2006 e 2017, e analisar a influência das mudanças tecnológicas e de eficiência sobre os resultados obtidos. Para tal, utilizaram-se o modelo de Análise Envoltória dos Dados (DEA), juntamente com o Índice de Malmquist, para uma amostra de 1.263 municípios. Os resultados evidenciaram que, em ambos os anos, parcela majoritária destes obteve escores de eficiência menores que 0,25, indicando, portanto, que os produtores, em nível municipal, estão desperdiçando insumos durante seu processo produtivo. Ademais, o Índice de Malmquist revelou que o maior obstáculo para o aumento da eficiência é o atraso tecnológico, que permanece presente mesmo considerando-se um hiato temporal superior a 10 anos. Assim, concluiu-se que é necessário que o poder público fortaleça seus instrumentos promotores do desenvolvimento agropecuário no Nordeste e amplie o alcance destes, de modo a atingir uma maior quantidade de produtores.

Palavras-chave: Agropecuária nordestina; Análise Envoltória dos Dados; Índice de Malmquist.

Abstract

The Brazilian agricultural and animal farming sector has heterogeneity as one of its main characteristics, in such a way that each agent is at specific conditions which are capable of determining whether there is or not the possibility of permanence in the sector. Thus, factors such as competitiveness, quality, productivity, efficiency and technology are very important. However, in view of the impossibility of addressing all these issues, this study is focused on the analyses of efficiency and technological change. Thus, it seeks to measure the technical efficiency scores of the agriculture and animal farming sector of the municipalities of the Brazilian Northeastern region, in 2006 and 2017, and to analyze the influence of technological change and of efficiency on the obtained results. In order to achieve that, it was used the Data Envelopment Analysis model (DEA), along with the Malmquist Index, for a sample of 1,263 municipalities. The results showed that, in both years, the majority of these obtained efficiency scores lower than 0.25, therefore indicating that the producers/farmers, at the municipal level, are wasting raw material during their production process. In addition, the Malmquist Index revealed that the greatest obstacle for the increase of efficiency is technological backwardness, which is still present even in view of a time gap higher than 10 years. Thus, it was concluded that it is necessary that public authorities strengthen their tools to promote the development of agriculture and animal farming in the Northeast and expand their reach, so as to encompass a larger number of producers/farmers.

Key words: Northeastern Agriculture and Animal Farming; Data Envelopment Analysis; Malmquist Index.



1. Introdução

O Brasil dispõe de diversas vantagens naturais, decorrentes de sua benéfica localização geográfica, que, juntamente às inversões feitas em prol do desenvolvimento da pesquisa e tecnologia agrícola, contribuíram para que o país viesse a se tornar um grande exportador de bens agropecuários (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, CGEE, 2018). Entre tais vantagens, podem ser mencionadas o clima favorável, que contribui para um custo de produção relativamente menor que em outras nações; a existência de largas extensões de terra adequadas para cultivo; e o apoio fornecido por instituições de pesquisa agropecuária conceituadas, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (GUIMARÃES; PEREIRA, 2014). Assim, o papel da agropecuária nacional é extremamente relevante, tanto socialmente, a partir do fornecimento de gêneros alimentícios, como economicamente, sobretudo no que se refere ao crescimento do agronegócio (PINTOR; PIACENTI, 2016).

A agropecuária brasileira tem representado tanto uma parcela expressiva do Produto Interno Bruto (PIB) como das exportações nacionais. Considerando o ano de 2017, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), esse segmento obteve uma participação de 5,7% no PIB, enquanto, paralelamente, conforme o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC, 2022), esse setor também foi responsável por 17,94% do valor total das exportações, tornando o Brasil o terceiro maior exportador de produtos agropecuários no mundo. Além disso, segundo o IBGE (2019), no ano de 2017, o Brasil possuía 5.073.324 estabelecimentos agropecuários, que ocupavam aproximadamente 41% da área do país.

Em âmbito regional, percebe-se que a distribuição dos estabelecimentos é semelhante ao longo do país, com exceção do Nordeste, onde há maior concentração. De acordo com o Banco do Nordeste do Brasil e o Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste (BNB; ETENE, 2018), essa região abriga 2,2 milhões de unidades agropecuárias, o que corresponde a 45,8% do total nacional, que estão alocadas em 45,31% da área nordestina. Ademais, conforme o BNB (2021), em 2019, as vendas do agronegócio corresponderam a 46,3% do total exportado pela região. Do ponto de vista da balança comercial, o BNB (2020) ressalta que, ainda em 2019, esta apresentou um superávit equivalente a mais de US\$5 bilhões, resultantes das exportações de quase 15,5 milhões de toneladas de *commodities*. Já ao se observar os valores da produção agrícola, em 2021, os dados da Produção Agrícola Municipal (PAM), pesquisa realizada pelo IBGE (2022a), apontam que as lavouras temporárias e permanentes somaram pouco mais de 80 milhões de reais, o que representa cerca de quase 11% do valor total registrado pelo Brasil. Por outro lado, segundo os dados da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM), divulgada pelo IBGE (2022b), o valor da produção agropecuária nordestina em 2021 correspondeu a cerca de 15,6 milhões de reais (ou 17,15% do valor total nacional).

Apesar da boa *performance* da agricultura e da pecuária nordestinas, algumas características geográficas da região Nordeste – em especial, a quantidade e a irregularidade da frequência das chuvas, o que resulta em períodos de seca; altas temperaturas, o que facilita a perda de água por parte dos solos e das plantas; pouca permeabilidade dos solos; e riscos de erosão – (AQUINO; ALVES; VIDAL, 2020) dificultam a produção agropecuária. Além disso, mesmo os produtores nordestinos não são homogêneos, o que atribui uma certa complexidade às características do setor da região. Nesse sentido, Silva *et al.* (2019b) citam o exemplo dos agricultores nordestinos das regiões semiáridas e não semiáridas, que se diferenciam em seus contextos geográficos, culturais, econômicos, ambientais, históricos, sociais e institucionais, o que faz com que estes possuam distintas oportunidades de produção.



Diante desse conjunto de obstáculos, a utilização eficiente de seus recursos produtivos se torna de extrema relevância, ao otimizar os recursos, que são escassos. Em consonância com Guesmi *et al.* (2012), na presença de ineficiências técnicas, os produtores possuem condições de elevar a quantidade produzida, sem a necessidade de aumentar seu nível de insumos, que, geralmente, são escassos, ou adotar novas tecnologias ou práticas. Assim, pode-se evitar que os recursos disponíveis sejam desperdiçados, o que é um requisito para a sustentabilidade econômica. Ademais, é comum que agricultores mais eficientes tenham resultados econômicos melhores do que os menos eficientes.

A definição de eficiência econômica é constituída a partir da junção de dois conceitos: eficiência técnica e alocativa. A primeira analisa a razão entre o produto observado e o potencial máximo atingível, considerando-se um dado nível de insumos; enquanto a segunda avalia a razão entre o nível de insumos empregado e o mínimo necessário para se produzir determinada quantidade de produto (LOVELL, 1992), considerando os preços relativos e visando maximizar o lucro (REIS; RICHETTI; LIMA, 2005). Isso implica dizer que uma unidade ineficiente tem capacidade de produzir mais, com uma certa quantidade de insumos, ou de manter o nível de produção vigente, utilizando menos insumos (CGEE, 2018). No que tange aos estudos realizados com foco nas atividades agropecuárias, é comum a mensuração da eficiência técnica, objetivando diagnosticar e identificar as ineficiências presentes no processo produtivo, suas causas e quais unidades podem servir de referência para as demais (BARBOSA; SOUSA, 2014). Nesse sentido, podem ser mencionados os estudos recentes de Scherer e Porsse (2017), Effendy *et al.* (2019), Silva *et al.* (2019a), Reis *et al.* (2020), Gaviglio *et al.* (2021) e Santos, Braga e Mohamed (2022).

Considera-se que o setor agropecuário é um dos que colabora para a geração de empregos¹ e de excedente exportável². Dessa forma, elevar os níveis de eficiência da produção rural é uma das metas mais relevantes que os governos têm buscado ao longo dos anos, em razão dos benefícios proporcionados, como aumento da produção e da renda dos produtores rurais, o que desestimula o êxodo rural; elevação do saldo da balança comercial (GOMES; BAPTISTA, 2004); aumento da segurança alimentar e a criação de excedentes que contribuem de forma considerável para o crescimento industrial (SCHERER; PORSSE, 2017).

Diante do exposto, infere-se que análises direcionadas à eficiência permitem a identificação de gargalos no processo de produção e, assim, facilitam o planejamento e a tomada de decisão, de modo a melhorar o desempenho de determinado setor e, conseqüentemente, das condições de vida da parcela da população que está envolvida nessas atividades. Logo, se propõe nesta pesquisa mensurar a eficiência do setor agropecuário nos municípios localizados na região Nordeste do Brasil, em 2006 e 2017, e analisar a influência das mudanças tecnológicas e de eficiência sobre os resultados obtidos.

2. Revisão de Literatura

Considerando-se a relevância de se avaliar a eficiência do setor agropecuário e seus condicionantes, vários estudos direcionados a essa temática têm sido realizados ao longo dos anos. No caso da literatura internacional recente, podem ser mencionados Fernández *et al.* (2019), Gaviglio *et al.* (2021), Zárate *et al.* (2021) e Chaubey *et al.* (2022).

Fernández *et al.* (2019) almejam quantificar o efeito dos fatores de produção sobre a produção agrícola mexicana no período 1979-2014. A metodologia utilizada consistiu na

¹ O número de pessoas ocupadas, em 2017, correspondeu a 1,5 milhões, no setor agropecuário (IBGE, 2019a); a 7,7 milhões, na indústria (IBGE, 2019b); e a 12,3 milhões, no setor de serviços (GANDRA, 2019).

² Em 2017, a participação do agronegócio nas exportações totais do Brasil foi de 44% (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA, CEPEA, 2018).



estimação de uma função Cobb-Douglas e o método DEA em conjunto com o Índice de Malmquist. No caso do modelo de regressão, a variável dependente correspondeu ao PIB e os regressandos foram uso de irrigação, população economicamente ativa e uso de fertilizantes. Já em relação ao DEA-Malmquist, consideraram o PIB agrícola como *output*, enquanto os *inputs* foram: área total irrigada, área total cultivada, população economicamente ativa do setor agrícola, uso de fertilizantes e quantidade de tratores empregados. Contudo, os autores não fazem menção às especificações adotadas no modelo. Os resultados indicaram que a área irrigada e a mão de obra foram as variáveis que mais contribuíram para o crescimento do setor agrícola, porém tais fatores estão sendo empregados de forma ineficiente. Ademais, o uso de fertilizantes gerou retornos decrescentes e a eficiência técnica do setor diminuiu durante a década de 1990, logo após o período em que o Acordo de Livre Comércio da América do Norte (NAFTA) entrou em vigor. Outro achado se refere ao uso inadequado da tecnologia, conforme apontado pelo Índice de Malmquist, no período 1995-2010. Assim, concluíram que a aplicação de políticas de dotação de tecnologia deve ser acompanhada por programas de extensão e assessoria técnica, a fim de que se possa desenvolver um setor agrícola produtivo e competitivo.

Gaviglio *et al.* (2021) objetivaram mensurar a eficiência técnica de estabelecimentos agrícolas e pecuários localizados em áreas periurbanas, em Milão, Itália, a partir de uma amostra de 44 produtores entrevistados, entre 2015-2016. A metodologia utilizada foi a Análise Envoltória de Dados, seguindo a orientação produto e adotando os modelos com retornos constantes e variáveis de escala. No que tange às variáveis empregadas, o produto foi representado pela receita total, enquanto os insumos consistiram na área da terra, custos variáveis e as respectivas quantidades de mão de obra familiar e não familiar. Ademais, observaram a influência de aspectos econômicos - vendas em cadeias curtas de abastecimento de alimentos (%), vendas em cadeias alimentares convencionais (%) e receita que deriva da atividade multifuncional (%) - e demográficos - trabalhadores empregados com menos de 40 anos de idade (%) e trabalhadores que possuem diploma (%) - sobre os níveis de eficiência obtidos, utilizando o teste t como método. Após analisarem os escores de eficiência, constataram que as fazendas agrícolas se revelaram mais eficientes do que as fazendas de gado, mas possuíam uma tecnologia produtiva. A participação em cadeias curtas de abastecimento de alimentos e na agricultura multifuncional não afeta os níveis de eficiência técnica das propriedades. Portanto, concluíram que são necessárias políticas que almejem melhorar o nível de educação dos agricultores e sustentar a eficiência das propriedades, bem como um conhecimento mais profundo da agricultura praticada no entorno das cidades e das condições para sua manutenção econômica sustentável.

Assim como Fernández *et al.* (2019), Zárate *et al.* (2021) tiveram o México como sua área de estudo. Contudo, a análise destes últimos possuiu uma perspectiva microeconômica. Os autores tiveram como objetivo investigar a produtividade total dos fatores, a eficiência técnica e a mudança tecnológica em usinas de cana-de-açúcar. Para tanto, o método utilizado foi o DEA-Malmquist, assumindo orientação insumo e rendimentos constantes de escala. A análise fez uso de dados em painel balanceados para o período de safras 2006/2007-2015/2016, a partir de uma amostra com 50 engenhos. Os *inputs* considerados foram consumo total de energia, quantidade de veículos de transporte, quantidade líquida de cana moída, cortadores, frentes de corte e tempo de colheita perdido. Em contrapartida, os *outputs* analisados foram o açúcar produzido por hectare e a produção de cachaça. Os resultados evidenciaram que a usina El Dorado, em Sinaloa, se destacou entre as demais, registrando uma variação percentual cumulativa de 4,4% em sua eficiência técnica e de 21,7% em progresso técnico, de modo que sua produtividade total dos fatores atingiu os 27%. Por outro lado, a usina de açúcar San Miguel del Naranjo obteve o pior desempenho, com uma variação percentual acumulada de -10,2% em sua eficiência técnica e de -0,3% em termos de mudanças tecnológicas, o que resultou em um



decréscimo de -10,4% na sua produtividade total dos fatores. Ao final do estudo, concluíram que 20 usinas de açúcar operavam durante o período do estudo, a produtividade cresceu a taxas negativas e por 30 anos cresceu a taxas positivas.

Chaubey *et al.* (2022) se propuseram a avaliar o desempenho do setor agrícola de 31 estados e territórios da união (TUs), na Índia, a partir de dados referentes ao período 2012-2017. Para atingir tal objetivo, empregaram a abordagem DEA-Malmquist, fundamentado no modelo com retornos constantes à escala e orientação insumo. Para sua operacionalização, os insumos foram representados pelos dados de precipitação anual, população total, PIB, número de trabalhadores e área cultivada líquida, enquanto o produto foi dado pela produção de arroz, trigo, cereais grossos, leguminosas, oleaginosas e cana-de-açúcar. Segundo os resultados encontrados, os estados de Punjab, Rajasthan, Sikkim e Uttar Pradesh foram os mais eficientes, ao passo em que Kerala e Goa foram os menos eficientes. Além disso, ao observarem as variações no Índice de Malmquist, ano a ano, verificaram que o intervalo de 2015 para 2016 foi aquele em que houve a maior participação relativa (61,25%) de estados e territórios da união com variações positivas, enquanto o período de 2012-13 foi aquele em que a participação relativa destes, em termos de registro de variações negativas, atingiu seu maior valor (62,52%). Dessa forma, concluíram que a metodologia adotada conseguiu evidenciar quais estados precisam melhorar seu nível de eficiência e, portanto, são úteis para direcionar possíveis mudanças nas políticas agrícolas voltadas às regiões indianas estudadas.

Assim como em âmbito internacional, a eficiência do setor agropecuário também é bastante discutida nacionalmente, como os estudos recentes de Scherer e Porsse (2017), Silva *et al.* (2019a), Reis *et al.* (2020) e Santos, Braga e Mohamed (2022).

Scherer e Porsse (2017) buscaram analisar a eficiência do setor agropecuário, tendo como área de estudo as 35 microrregiões do Estado do Rio Grande do Sul. Dessa forma, utilizando dados do Censo Agropecuário 2006, adotaram o método da fronteira de produção estocástica e análise exploratória de dados espaciais, considerando, de maneira desagregada, as lavouras temporárias e permanentes. A variável dependente foi representada pela produção das respectivas lavouras, enquanto os regressores foram as variáveis área colhida em cada tipo de lavoura, composição de tratores e maquinários, total de empregados, valor dos financiamentos obtidos, índice de especialização, escolaridade do dirigente do estabelecimento, precipitação média por estações do ano, temperatura média por estações do ano e uma *dummy* referente à distribuição de biomas no território. Os resultados apontaram que a especialização produtiva colabora para o aumento do nível de eficiência nas lavouras permanentes, porém possui efeito contrário nas lavouras temporárias. Ademais, os fatores geográficos relacionados com precipitações, temperaturas e biomas se mostraram mais importantes para explicar os diferenciais regionais de eficiência das lavouras temporárias. Com relação à análise espacial, no que tange às lavouras permanentes, observaram *clusters* de alta eficiência nas regiões Nordeste e Sul e um núcleo de baixa eficiência na região Norte. No caso das lavouras temporárias, destacaram-se poucos *clusters* de alta eficiência situados nas regiões Nordeste e Sudeste e áreas extensas de baixa eficiência localizadas predominantemente no Nordeste e Norte do Brasil. Sendo assim, concluíram que é necessário que as políticas agrícolas priorizem ações de melhoria da eficiência produtiva, levando-se em conta as especificidades territoriais.

Silva *et al.* (2019a) compararam a eficiência técnica entre as regiões semiáridas e não semiáridas do Ceará, considerando uma amostra de 138 municípios cearenses, referentes aos anos de 1975, 1985, 1995/96 e 2006. A fim de cumprir o objetivo proposto, usaram a abordagem metafronteira, tendo a produção agropecuária como *output* e as variáveis pessoal ocupado, área total plantada, despesas com insumos e estoque de capital (valor dos bens dos agricultores) como *inputs*. Os resultados mostraram que o produto máximo do semiárido cearense é, em média, cerca de 52% da produção potencial, usando os mesmos fatores de produção e tecnologia



disponível na região não semiárida. Com relação aos níveis médios de eficiência técnica, o semiárido registrou 44% e o não semiárido 70%, indicando que a quantidade produzida poderia ser elevada em 56% e 30%, nas respectivas regiões. Devido ao amplo hiato tecnológico observado entre as regiões, concluíram que, para que o semiárido cearense possa acompanhar o desempenho obtido pelo não semiárido, é necessário que o Estado realize melhorias em alguns aspectos, como na organização estrutural, no fornecimento de assistência técnica e no apoio mais consistente à comercialização.

Diferentemente dos demais estudos nacionais citados, Reis *et al.* (2020) mensuraram a eficiência do setor agrícola em nível macroeconômico, tendo como foco os países da América Latina e Caribe, nos anos de 1991 a 2012. Para tanto, fizeram uso do método de Análise de Fronteira Estocástica e do Índice de Malmquist. O regressando foi representado pela quantidade produzida, enquanto os regressores foram a área do território, a mão de obra empregada e o número de máquinas agrícolas. Ademais, computaram, ainda, a influência do montante de crédito agrícola e do consumo de energia no setor agropecuário sobre a eficiência. Em ambos os modelos, foi adicionada uma variável de tendência relacionada ao tempo, para captar os efeitos ao longo do período. Os resultados obtidos evidenciaram que todas as nações consideradas apresentaram ineficiência técnica de produção agrícola ao longo do período analisado. Além disso, as variáveis crédito e consumo de energia na agricultura explicaram significativamente a ineficiência da produção agrícola. Quanto ao índice de produtividade de Malmquist, este mostrou que não houve ganhos de produtividade total dos fatores. Logo, concluíram que o aumento na disponibilidade de crédito agrícola, associado ao emprego de tecnologia moderna que aumente o consumo de energia, pode levar ao aumento da eficiência da produção agrícola na América Latina e Caribe.

Santos, Braga e Mohamed (2022) tiveram como intuito analisar o comportamento da produtividade total dos fatores (PTF) de algumas empresas do setor agropecuário brasileiro que receberam crédito do BNDES, entre os anos de 2012 e 2015, e verificar se as empresas que receberam mais crédito eram aquelas com o melhor desempenho produtivo para o setor agropecuário. Considerando uma amostra de 14 empresas do segmento, empregaram o método DEA-Malmquist, assumindo a hipótese de retornos variáveis à escala e seguindo orientação insumo. As variáveis empregadas como insumos foram os estoques, imobilizado e salários, enquanto a variável correspondente ao produto foi o faturamento da empresa. Constataram que apenas três empresas obtiveram ganhos de eficiência técnica e que apenas uma delas não registrou variações tecnológicas positivas. Ademais, em termos médios, somente quatro empresas apresentaram variações positivas de produtividade e inferiram que o valor financiado pelo BNDES pode ter tido impacto positivo sobre o desempenho das empresas do ponto de vista tecnológico, mas não foi suficiente para melhorar sua eficiência técnica. Por fim, concluíram que as empresas que receberam mais crédito não foram, necessariamente, as que tiveram o melhor desempenho produtivo.

Como pode ser observado, no que se refere às abordagens de mensuração da eficiência, não há um consenso na literatura acerca do melhor método. Todavia, o uso do DEA é bastante comum. Esse será abordado na seção a seguir.

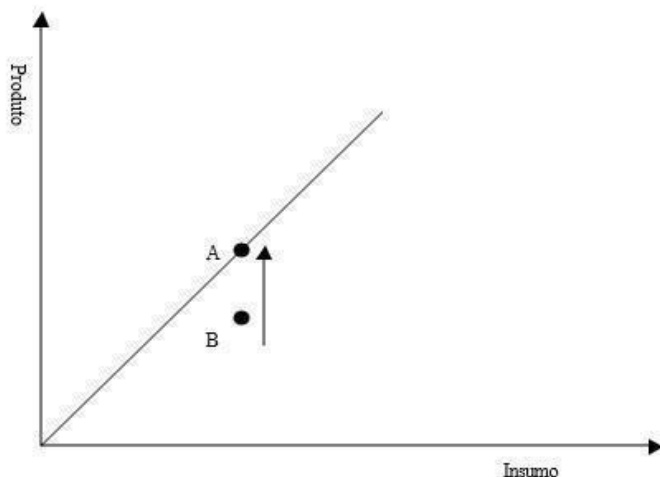
3. Metodologia

3.1 Análise Envoltória de Dados (DEA)

O modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma ferramenta não-paramétrica que se baseia no uso de programação matemática. Para a mensuração da eficiência, o DEA analisa o conjunto de variáveis para uma dada amostra e, a partir dessas informações, calcula os pontos extremos e as suas combinações lineares, de modo que é formada uma fronteira de referência, onde se encontram as unidades consideradas plenamente eficientes, que servirá de

comparação, em termos de uso de insumos e geração de produtos, para as demais unidades (POZO, 2002; COELLI *et al.*, 2005). A fim de ilustrar o conceito de eficiência adotado pelo DEA, a Figura 1 exemplifica o caso de duas unidades produtivas, A e B. No caso de A, nenhuma expansão radial é possível, uma vez que esta já se encontra na fronteira de eficiência formada com base na amostra. Em contrapartida, sujeito à restrição das melhores práticas observadas no conjunto de dados, a unidade B ainda possui capacidade de expandir radialmente seu vetor de produtos, ou seja, ela pode melhorar sua performance (PEREIRA, 1999).

Figura 1 - Gráfico do Modelo DEA Básico



Fonte: Pereira (1999).

Como todo método, o DEA possui vantagens e limitações, as quais são mostradas no Quadro 1. Entre as vantagens mencionadas, Souza, Braga e Ferreira (2011) destacam a possibilidade de se incluir múltiplos insumos e produtos na análise, o que faz com que o DEA gere resultados próximos da realidade, tendo em vista que as DMUs, comumente, empregam uma infinidade de fatores para maximizar diversos vetores de objetivos. Dessa forma, assim como outros métodos não-paramétricos, a Análise Envoltória de Dados consegue abranger as complexidades das condições reais das unidades produtivas, o que lhe confere um alto potencial de explicação.

Quadro 1 - Principais vantagens e limitações no uso da Análise Envoltória de Dados

Vantagens	Limitações
Não há necessidade de se conhecer a forma funcional da função de produção	Modelo determinístico
Identifica o desempenho individualizado de cada unidade tomadora de decisão	A presença de <i>outliers</i> tem grande influência sobre a fronteira de eficiência estimada
Permite a análise de múltiplos insumos e produtos	Não isola os efeitos de choques externos sobre a eficiência

Fonte: Elaboração própria com base em Pozo (2002), Souza, Braga e Ferreira (2011) e Guesmi *et al.* (2012).

Neste estudo, as DMUs corresponderam os municípios da região Nordeste do Brasil. No que diz respeito à orientação, optou-se pela orientação produto, conforme adotado por Stuker (2003), Barbosa *et al.* (2013) e Effendy *et al.* (2019). Em consonância com Stuker (2003), tal especificação se baseia na ideia de que, dados os fatores de produção tradicionais



(terra, capital e trabalho), o município deve maximizar seu nível produtivo. No que diz respeito ao modelo, empregou-se o modelo com retornos constantes de escala, seguindo os trabalhos de Santos e Fernandes (2009), Blancard e Martin (2012), Musemwa *et al.* (2013) e Effendy *et al.* (2019). Após a operacionalização do DEA, obtiveram-se os escores de eficiência e, *a posteriori*, os municípios foram classificados seguindo as diretrizes do Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação dos escores de eficiência

Classes de eficiência	Estudos que basearam a classificação
$E < 0,25$	Barbosa <i>et al.</i> (2013), Barbosa e Sousa (2014) e Barbosa Lima e Sousa (2014)
$0,25 \leq E < 0,5$	
$0,5 \leq E < 0,75$	
$0,75 \leq E < 1$	
$E = 1$	

Fonte: Elaboração própria.

Uma vez que o presente artigo buscou mensurar os níveis de eficiência do setor agropecuário nos municípios da região Nordeste, para os anos de 2006 e 2017, adotou-se a abordagem DEA-Malmquist, sob a justificativa de que essa é a mais indicada ao se analisar resultados obtidos entre diferentes anos.

3.2 Índice de Malmquist

De acordo com Saurin *et al.* (2013), o Índice de Malmquist foi desenvolvido por Sten Malmquist, em 1953, a fim de possibilitar a observação da mudança na Produtividade Total dos Fatores (PTF). Desde então, as formas de mensuração desse índice têm evoluído, com destaque para as contribuições de Caves, Christensen e Diewert (1982) e, sobretudo, Färe *et al.* (1994), que empregaram essa medida em conjunto com o DEA.

Segundo Pereira (1999), a combinação do DEA com o índice de Malmquist permite observar ao longo do tempo, de maneira desagregada, as mudanças na produtividade decorrentes de alterações no indicador de eficiência e do progresso tecnológico. Além disso, o autor destaca outras vantagens em sua utilização, como a não necessidade de definição do comportamento da função; a minimização de custos ou maximização de receitas, sobretudo em situações nas quais os pesquisadores não conhecem os produtores ou quando estes possuem características diversas entre si; e o fato de que não é preciso que se tenha informações acerca dos preços dos insumos e produtos, o que evita o surgimento de problemas relacionados à manipulação dos dados, a exemplo da incidência de inflação.

Pereira e Silveira (2016) acrescentam que, apesar das vantagens desse número índice, quando combinado com o DEA, é preciso se atentar às questões concernentes aos retornos de escala. Destacam que, no que se refere ao índice PTF de Malmquist, a escolha dos retornos de escala assume papel fundamental. O modelo com retornos variáveis de escala (VRS) não consegue captar os ganhos ou perdas de produtividade decorrentes dos efeitos de escala. Logo, para evitar essa limitação, deve-se utilizar o modelo com retornos constantes de escala (CRS).

A equação (1) ilustra a eficiência dada pelo índice de Malmquist, conforme descrito por Mariano, Almeida e Rebelatto (2009):

$$E = \sqrt{\frac{D_0(x_v^t, y_v^t)}{D_0(x_v^0, y_v^0)} \cdot \frac{D_t(x_v^t, y_v^t)}{D_t(x_v^0, y_v^0)}} \quad (1)$$



em que: E representa a eficiência; D_0 e D_t expressam a função distância relativa à fronteira dos períodos 0 e t, nessa ordem; x_v^0 e x_v^t correspondem à quantidade do *input* virtual da DMU em análise nos períodos 0 e t, respectivamente; y_v^0 e y_v^t equivalem à quantidade do *output* virtual da DMU avaliada nos períodos 0 e t, nessa ordem; de tal forma que $D_0(x_v^0, y_v^0)$ e $D_t(x_v^0, y_v^0)$ ilustram a distância da DMU no período 0 relativa à fronteira dos períodos 0 e t, respectivamente; e $D_0(x_v^t, y_v^t)$ e $D_t(x_v^t, y_v^t)$ demonstram a distância da DMU no período t relativa à fronteira dos períodos 0 e t, nessa ordem. Valores inferiores (superiores) à unidade indicam decréscimos (acrécimos) na produtividade total dos fatores.

Zambianco e Rebelatto (2019) explicam que o Índice de Malmquist, equação (1), pode ser decomposto em duas equações que captam a influência isolada das modificações no nível tecnológico (AT), por meio da observação de eventuais deslocamentos da fronteira de eficiência; e do nível de eficiência produtiva entre os dois períodos estudados (AE), representada pelas fórmulas (2) e (3). Saurin *et al.* (2013) acrescentam que o cálculo do AT tem como foco a influência das mudanças na combinação de insumos, ocorridas entre os períodos, sobre a geração do produto; enquanto o cômputo do AE se fundamenta na distância de cada DMU em relação à fronteira de eficiência formada em cada ano, de modo a observar se, após esse íterim, a unidade em questão teve sua eficiência técnica elevada ou reduzida, sendo que tais deslocamentos são influenciados pelo desenvolvimento dos processos produtivos e do próprio produto.

$$AT = \frac{D_t(x_v^t, y_v^t)}{D_0(x_v^0, y_v^0)} \quad (2)$$

$$AE = \sqrt{\frac{D_0(x_v^t, y_v^t)}{D_t(x_v^t, y_v^t)} \cdot \frac{D_0(x_v^0, y_v^0)}{D_t(x_v^0, y_v^0)}} \quad (3)$$

A mesma leitura sobre os valores do Índice de Malmquist se aplicam para seus subíndices. Assim, quando o AE, que capta o efeito de emparelhamento (*catch-up effect*, em inglês) for maior (menor) que 1, infere-se que a eficiência técnica aumentou (diminuiu). De maneira análoga, quando o AT, que representa o efeito resultante do deslocamento da fronteira eficiente (*frontier-shift effect*, em inglês) for superior (inferior) a 1, tem-se que houve progresso (regresso) tecnológico (MELONIO; LUCAS, 2017).

3.3 Variáveis e Fontes dos Dados

O conjunto de dados utilizado (ver Quadro 3) foi extraído dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017, produzidos e publicados pelo IBGE. No caso das variáveis expressas em reais, utilizou-se o índice de preços IGP-DI (base dezembro de 2018), obtido na plataforma da Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2019), para deflacioná-las.



Quadro 3 - Base de dados empregada e estudos que inspiraram a sua composição

Variável		Estudos que embasaram a escolha das variáveis
Produto (<i>Output</i>)	Insumo (<i>Input</i>)	
Valor da produção agropecuária (que equivale à soma dos valores das produções animal e vegetal, em mil reais)	Número de máquinas e implementos agrícolas existentes nos estabelecimentos agropecuários (em unidades)	Stuker (2003); Santos e Fernandes (2009); Blancard e Martin (2012); Barbosa <i>et al.</i> (2013); Barbosa e Sousa (2014); Barbosa, Lima e Sousa (2014); Freitas (2014); Effendy <i>et al.</i> (2019); Silva <i>et al.</i> (2019a) e Reis <i>et al.</i> (2020)
	Área dos estabelecimentos agropecuários (em hectares), exceto matas e florestas destinadas à área de preservação permanente ou reserva legal, terras degradadas e terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária	
	Salários pagos (em mil reais)	
	Despesas operacionais (despesas realizadas com adubos, corretivos do solo, sementes e mudas, compra de animais, agrotóxicos, medicamentos para animais, rações, transporte da produção, energia elétrica e combustível pelo estabelecimento, em mil reais))	

Fonte: Elaboração própria.

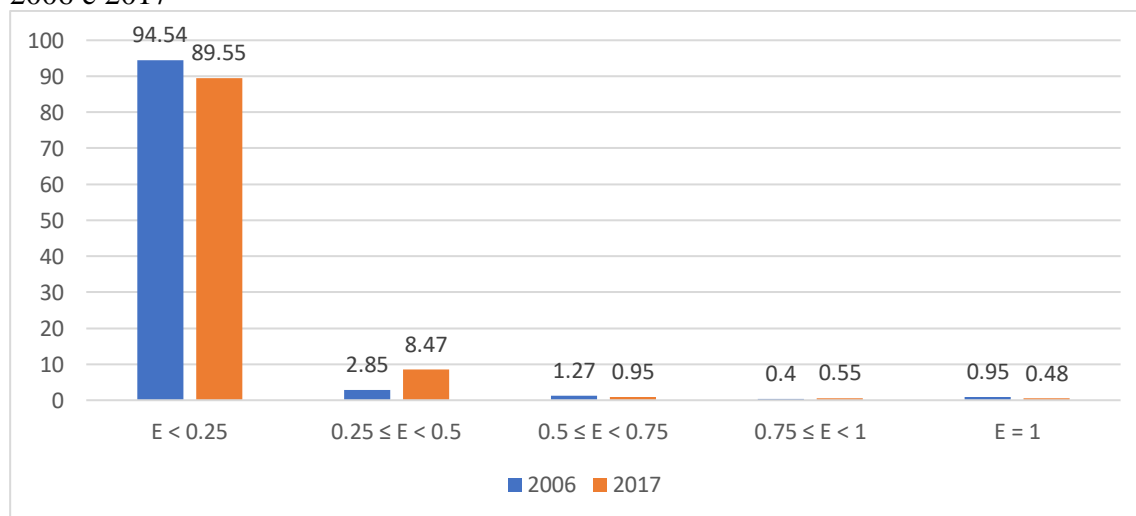
Uma vez que nem todos os 1.793 municípios nordestinos apresentaram dados para o conjunto completo de variáveis selecionadas, foi necessário excluir da análise 530 destes, de modo que a área de estudo deste artigo se restringiu aos 1.263 municípios restantes, cujos resultados acerca de sua eficiência são debatidos na seção a seguir.

4. Resultados

4.1 Análise dos Escores de Eficiência Técnica

Esta subseção apresenta os resultados obtidos nesta pesquisa, especificamente aqueles referentes à mensuração dos escores de eficiência técnica, sob a ótica do modelo com retornos constantes de escala. Sendo assim, o Gráfico 1 exibe as distribuições das frequências absolutas e relativas dos escores de eficiência técnica dos municípios nordestinos, em 2006 e 2017.

Gráfico 1 - Distribuições das frequências absolutas (fi) e relativas (%) dos municípios nordestinos, conforme intervalos de medidas de eficiências, considerando o modelo CRS, em 2006 e 2017



Fonte: Elaboração das autoras com base nos dados da pesquisa.



Como pode ser observado, os resultados obtidos a partir do modelo DEA, pertinentes à base de dados e à amostra aqui consideradas, indicam que a quase totalidades dos municípios nordestinos registraram baixos níveis de eficiência, em ambos os anos analisados, de modo que menos de 3% da amostra apresentou eficiência superior a 0,5. Embora não exista um nível de eficiência mínima desejável, tais resultados permitem inferir que existem obstáculos, não necessariamente tratando-se de fatores sob o controle dos produtores dos municípios, que estão impedindo sua eficiência produtiva. Nesse sentido, a subseção 4.2 tratará desse aspecto. Uma vez que se considerou a orientação produto, tem-se que, no agregado, o setor agropecuário dos municípios está fazendo uso excessivo de insumos para gerar seu produto, ou seja, está havendo desperdício e essa tendência tem estado presente mesmo após mais de uma década entre a coleta dos dados pelo órgão responsável (IBGE).

A fim de complementar a presente análise, a Tabela 1 apresenta os municípios nordestinos 100% eficientes e aqueles menos eficientes (em ordem decrescente), tanto em 2006 quanto em 2017.

Tabela 1 - Lista dos municípios nordestinos mais e menos eficientes

Municípios totalmente eficientes		Municípios menos eficientes	
2006	2017	2006	2017
São Miguel dos Campos (AL)	Formosa do Rio Preto (BA)	Campo Grande (AL)	Nova Redenção (BA)
Indiaroba (SE)	Juazeiro (BA)	Ruy Barbosa (BA)	Trindade (PE)
Areia Branca (SE)	Arapiraca (AL)	Canavieira (PI)	Pocinhos (PB)
Cachoeira (BA)	Canguaretama (RN)	Ibirajuba (PE)	Mucugê (BA)
Fátima (BA)	Paracuru (CE)	Rosário do Catete (SE)	Muquém do São Francisco (BA)
Glória (BA)	Ribeiro Gonçalves (PI)	Vera Cruz (BA)	Carneiros (AL)
Ibimirim (PE)		Sertânia (PE)	Canto do Buriti (PI)
Recife (PE)		Terra Nova (BA)	Timbaúba (PE)
São Vicente Férrer (PE)		São José do Belmonte (PE)	Cumarú (PE)
Joselândia (MA)		Porto Alegre do Piauí (PI)	Santa Cruz (RN)
Santa Luzia (MA)		Baianópolis (BA)	Riacho das Almas (PE)
Turiaçu (MA)		Itanagra (BA)	Tacaimbó (PE)

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.



Ao se confrontar os escores de eficiência encontrados neste estudo com a literatura que trata desta temática, nota-se que o baixo grau de eficiência técnica do setor agropecuário é algo comum, mesmo quando se considera outras metodologias, áreas de estudo e outros níveis de agregação, conforme demonstrada na revisão de literatura. Alguns trabalhos que não foram contemplados na mencionada seção, mas que também corroboram tais resultados são: Barbosa *et al.* (2013), Sousa, Justo e Campos (2013), Barbosa, Lima e Sousa (2014) e Nascimento *et al.* (2017).

4.2 Índice de Malmquist: alterações nos níveis de eficiência técnica e tecnologia

Como mencionado anteriormente, o Índice de Malmquist e a sua decomposição permitem verificar em que medida as mudanças nos escores de eficiência ao longo do tempo foram influenciadas por variações no grau de eficiência técnica e no nível tecnológico adotado. Quando esse índice assume valores maiores que um, tem-se que, no ano final, a unidade produtiva analisada obteve uma performance melhor que no ano inicial e vice-versa. A Tabela 2 exibe as frequências absolutas e relativas dos municípios da região Nordeste que foram considerados neste estudo.

Tabela 2 - Distribuições das frequências absolutas (fi) e relativas (%) dos municípios nordestinos, em relação ao Índice de Malmquist e às mudanças na eficiência técnica e no nível tecnológico, entre 2006 e 2017

Intervalos	Índice de Malmquist (IM)		Alteração no nível de eficiência técnica (AE)		Alteração no nível tecnológico (AT)	
	fi	%	fi	%	fi	%
IM/AE/AT < 1	969	76,72	153	12,11	1.260	99,76
IM/AE/AT > 1	294	23,38	1.110	87,89	3	0,24

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

Ao se avaliar o panorama geral dos municípios nordestinos, de 2017 em relação a 2006, os dados evidenciam a existência de melhorias acerca da alocação dos recursos que se encontram à disposição dos produtores, tendo em vista que quase 90% da amostra apresentaram AE maior que um. Todavia, tal condição por si só não tem se mostrado suficiente para aprimorar o processo produtivo, em razão da expressiva e nítida influência negativa do atraso tecnológico enfrentado por quase todos (99,76%) os municípios, excetuando Tibau (RN), São Bento do Una (PE) e Formosa do Rio Preto (BA). Pereira (1999) também obteve resultados desfavoráveis para os estados de Paraíba e Bahia, entre 1970-1996. Segundo Marinho e Carvalho (2004), as questões referentes ao desenvolvimento tecnológico são parcialmente explicadas pelos investimentos em capital humano, a exemplo da aplicação de recursos na educação; e na área de pesquisa e tecnologia, sendo que, em comparação às demais regiões brasileiras, o Nordeste possui os menores índices.

Esses resultados também estão em consonância com os estudos de Marinho e Carvalho (2004), Gomes, Alcantara Filho e Scalco (2009) e Araujo e Mancal (2015), que verificaram variações positivas da eficiência técnica e do Índice de Malmquist para a maioria dos estados nordestinos e para o Nordeste como um todo. Porém, no que tange às alterações tecnológicas, tais autores constaram um comportamento oposto ao observado nesta pesquisa, provavelmente em razão do horizonte de tempo comparado (1970-1995, no caso dos primeiros; 1996-2006, no



caso dos segundos; e 1975-2006, no caso dos terceiros), uma vez que, no século XX, as disparidades no acesso aos meios tecnológicos eram ainda mais exorbitantes do que aquelas observadas no começo do século seguinte e em anos recentes.

5. Considerações Finais

Conforme observado neste estudo, apesar da expressiva representatividade da agropecuária nordestina, seu nível de eficiência ainda está muito aquém do máximo alcançável. Durante o período analisado, o Índice de Malmquist apontou que muitos municípios obtiveram algum progresso em termos de eficiência, ainda que não expressivos, porém os efeitos de tais ganhos foram suprimidos pelo forte atraso tecnológico com os quais os mesmos se depararam, o que pode ser visualizada de forma mais nítida pelas estatísticas descritivas.

Em parte, essa defasagem pode ser explicada pelo longo histórico de seletividade nas políticas públicas direcionadas para esse segmento e pela dificuldade dos produtores em desenvolverem seu processo produtivo por conta própria, sobretudo, quando se trata de investimentos que exigem muito capital. Mesmo com o governo federal implantando alguns programas com o objetivo de reverter esse cenário, como o PRONAF, a literatura ressalta que estes não são isentos de deficiências e, portanto, podem não gerar os efeitos esperados pelo poder público e até mesmo acentuar as disparidades sociais.

Nesse contexto, ressalta-se o papel do governo tanto por intermédio de políticas públicas direcionadas à redução da desigualdade existente entre os diferentes produtores dos municípios, como pelo fomento à educação e fornecimento de assistência técnica de qualidade, a fim de que, dispondo de mais informação e conhecimento, esses possam aprimorar seu processo produtivo e, por conseguinte, incrementar sua eficiência, o que, por sua vez, trará benefícios econômicos e sociais.

Embora este estudo tenha contribuído com a literatura a partir da mensuração da eficiência e da análise do Índice de Malmquist, ressalta-se a importância da busca e identificação de outros fatores que venham a justificar os baixos níveis de eficiência obtidos, a exemplo do uso auxiliar de modelos de regressão múltipla. Uma vez que os dados empregados fazem referência aos municípios, é possível que o uso de microdados forneçam estimativas diferentes e provavelmente mais robustas. Logo, recomenda-se que trabalhos futuros deem preferência à realização de pesquisas de campo ou busquem o acesso a esse tipo de dados junto aos órgãos responsáveis.

Referências

AQUINO, J. R.; ALVES, M. O.; VIDAL, M. F. Agricultura Familiar no Nordeste do Brasil: um retrato atualizado a partir dos dados do Censo Agropecuário 2017. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 51, suplemento especial, p. 31-54, ago. 2020.

ARAÚJO, J. A.; MANCAL, A. Produtividade e Eficiência no Setor Agropecuário do Nordeste Brasileiro. **Interações**, Campo Grande, v. 16, n. 2, p. 385-394, jul./dez. 2015.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL – BNB. Balança Comercial do Agronegócio do Nordeste 2018-2019. **Banco do Nordeste**, [S. l.], jun. 2020. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/agronegocio/agroinforma/-/asset_publisher/qg5dL6xAGfoP/content/balanca-comercial-do-agronegocio-do-nordeste-2018-2019/3760965?inheritRedirect=false>. Acesso em: 03 jan. 2022.



_____. Nordeste: comércio exterior do agronegócio. **BNB**, Fortaleza, set. 2021. Disponível em: <<https://shre.ink/kZbT>>. Acesso em: 05 abr. 2023.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL – BNB; ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE – ETENE. Número e área dos estabelecimentos agropecuários decresceram no Nordeste. **DEE – Diário Econômico ETENE**, [S. l.], ano 1, n. 136, dez. 2018.

BARBOSA, W. F.; LIMA, M. M. F.; SOUSA, E. P. Análise da Eficiência Técnica e de Escala do Setor Agropecuário no Semiárido Brasileiro. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 52, 2014, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SOBER, 2014. p. 1-18.

BARBOSA, W. F.; SOUSA, E. P.; AMORIM, A. L.; CORONEL, D. A. Eficiência técnica da agropecuária nas microrregiões brasileiras e seus determinantes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 11, p. 2115-2121, nov. 2013.

BARBOSA, W. F.; SOUSA, E. P. Eficiência técnica e de escala da agropecuária no estado do Ceará. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas**, Vitória da Conquista, n. 17, p. 153-185, 2014.

BLANCARD, S.; MARTIN, E. Energy Efficiency measurement in agriculture with imprecise energy content information. **Working Paper**. Dijon: CESAER, 2012.

CAVES, D. W., CHRISTENSEN, L. R., DIEWERT, W. E. The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity, **Econometrica**, [S. l.], v. 50, n. 6, p. 1393-1414, 1982.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. EXPORT/CEPEA: Exportação agro em 2017 é recorde e faturamento volta a crescer. **CEPEA**, Piracicaba, jan. 2018. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/export-cepea-exportacao-agro-em-2017-e-recorde-e-faturamento-volta-a-crescer.aspx>>. Acesso em: 30 nov. 2019.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Agropecuária**. Brasília, DF, 2018, 28p.

CHAUBEY, V.; SHARANAPPA, D. S.; MOHANTA, K. K.; MISHRA, V. N.; MISHRA, L. N. Efficiency and Productivity Analysis of the Indian Agriculture Sector Based on the Malmquist-DEA Technique. **Universal Journal of Agricultural Research**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. 331-343, 2022.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. 2 ed. Nova York: Springer, 2005. Disponível em: <<http://dl.icdst.org/pdfs/files/3a67240be4e2274e4c95655ec16931de.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2022.



EFFENDY; PRATAMA, M. F.; RAUF, R. A.; ANTARA, M.; BASIR-CYIO, M.; MAHFUDZ; MUHARDI. Factors influencing the efficiency of cocoa farms: a study to increase income in rural Indonesia. **Plos One**, Teerã, v. 14, n. 4, p. 1-15, 2019.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; NORRIS, M.; ZHANG, Z. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. **The American Economic Review**, [S. l.], v. 84, n. 1, p. 66-83, 1994.

FERNÁNDEZ, A. P.; CAUICH, I. C.; FERNÁNDEZ, V. G. P.; LUIS, D. M.; SALGADO, J. R. Influencia de adopción de tecnología y la mano de obra en la eficiencia productiva en el sector agrícola de México, 1979-2014. **Acta Universitaria**, [S. l.], v. 29, p. 1-15, 2019.

FREITAS, C. O. **Tamanho dos estabelecimentos e eficiência técnica na agropecuária brasileira**. 2014. 72f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS – FGV. **Catálogo FGVDados**. 2019. Disponível em: <<http://www14.fgv.br/fgvdados20/consulta.aspx>>. Acesso em: 29 out. 2019.

GANDRA, A. Setor de serviços tinha 1,2 milhão de empresas em 2017, diz IBGE. **Agência Brasil**, Brasília, ago. 2019. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-08/setor-de-servicos-tinha-13-milhao-de-empresas-em-2017-diz-ibge>>. Acesso em: 14 jul. 2021.

GAVIGLIO, A.; FILIPPINI, R.; MADAU, F. A.; MARESCOTTI, M. E.; DEMARTINI, E. Technical efficiency and productivity of farms: a periurban case study analysis. **Agricultural and Food Economics**, [S. l.], v. 9, n. 11, p. 1-18, 2021.

GOMES, A. P.; ALCANTARA FILHO, J. L.; SCALCO, P. R. Eficiência, tecnologia e produtividade total dos fatores: uma análise das mudanças recentes na agropecuária do Nordeste. In: ENCONTRO REGIONAL DE ECONOMIA DO NORDESTE, 14., 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANPEC/BNB, 2009.

GOMES, A. P.; BAPTISTA, A. J. M. S. Impactos das ineficiências nas elasticidades de produção dos fatores: uma análise da agropecuária brasileira. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 42, 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: SOBER, 2004. p. 1-15.

GUESMI, B.; SERRA, T.; KALLAS, Z.; ROIG, J. M. The productive efficiency of organic farming: the case of grape sector in Catalonia. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madri, v. 10, n. 3, p. 552-566, 2012.

GUIMARÃES, D. D.; PEREIRA, J. P. O. Panorama Setorial 2015-2018: agropecuária. In: BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. **Perspectivas do Investimento 2015-2018 e Panoramas Setoriais**. Rio de Janeiro: BNDES, 2014. p. 22-28.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Agropecuária puxa o PIB de 2017. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, Brasília, DF,



jan. 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/agropecuaria-puxa-o-pib-de-2017>>. Acesso em: 08 out. 2019.

_____. Censo Agro 2017: população ocupada nos estabelecimentos agropecuários cai 8,8%. **Agência IBGE Notícias**, Rio de Janeiro, out. 2019a. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25789-censo-agro-2017-populacao-ocupada-nos-estabelecimentos-agropecuarios-cai-8-8>>. Acesso em: 30 nov. 2019.

_____. **Censo Agropecuário 2006 – Segunda Apuração**. 2007. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2006/segunda-apuracao>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

_____. **Censo Agropecuário 2017 – Resultados Definitivos**. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

_____. Entre 2014 e 2017, indústria perdeu 1,1 milhão de postos de trabalho. **Agência IBGE Notícias**, Rio de Janeiro, out. 2019b. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/24737-entre-2014-e-2017-industria-perdeu-1-1-milhao-de-postos-de-trabalho>>. Acesso em: 28 jul. 2021.

_____. **Pesquisa da Pecuária Municipal**. 2022b. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/tabelas>>. Acesso em: 05 abr. 2023.

_____. **Produção Agrícola Municipal**. 2022a. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 05 abr. 2023.

LOVELL, K. Production Frontiers and Productivity Efficiency. In: FRIED, H.; LOVELL, K.; SCHMIDTT, S. (eds.). **The Measurement of Productive Efficiency**: techniques and applications. Oxford: University Press, 1992. p. 1-21.

MARIANO, E. B.; ALMEIDA, M. R.; REBELATTO, D. A. N. Eficiência pela técnica dos números índices: uma aplicação em aeroportos. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 16., 2009. Bauru. **Anais...** Bauru: SIMPEP, 2009.

MARINHO, E.; CARVALHO, R. M. Comparações Inter-regionais da Produtividade da Agricultura Brasileira – 1970-1995. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, [S. l.], v. 34, n. 1, p. 57-92, abr. 2004.

MELONIO, A. M. C.; LUCAS, V. M. Análise de Eficiência das IFES no Uso de Recursos Financeiros 2010-2015. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 45., 2017. Natal. **Anais...** Natal: ANPEC, 2017.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR – MDIC. **Exportação e Importação Geral**. 2022. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>>. Acesso em 03 jan. 2022.



MUSEMWA, L.; MUSHUNJE, A.; MUCHENJE, V.; AGHDASI, F.; ZHOU, L. Factors affecting efficiency of field crop production among resettled farmers in Zimbabwe. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE AFRICAN ASSOCIATION OF AGRICULTURAL ECONOMISTS, 4, 2013, Hammamet. **Anais...** Hammamet: ICAAAE, 2013. p. 1-20.

NASCIMENTO, A. C. C.; NASCIMENTO, M.; BARROSO, L. M. A.; SOUSA, L. O. Identificando os determinantes da eficiência técnica na produção de café de montanha em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 461-473, 2017.

PEREIRA, C. N.; SILVEIRA, J. M. F. J. Análise Exploratória da Eficiência Produtiva das Usinas de Cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 54, n. 1, p. 147-166, jan./mar. 2016.

PEREIRA, M. F. **Evolução da Fronteira Tecnológica Múltipla e da Produtividade Total dos Fatores do Setor Agropecuário Brasileiro de 1970 a 1996**. 1999. 144f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

PINTOR, E.; PIACENTI, C. A. Determinantes da expansão da fronteira de produção das culturas de arroz, milho e soja no Norte e Nordeste brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 47, n. 2, p. 41-57, abr./jun. 2016.

POZO, D. T. Análisis económico y eficiencia del sector público. In: CONGRESO INTERNACIONAL DEL CLAD SOBRE LA REFORMA DEL ESTADO Y DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA, 7, 2002, Lisboa. **Anais...** Lisboa: CLAD, 2002. p. 1-19.

REIS, L. D. R.; ARAÚJO, R. C. P.; ARAÚJO, J. A.; LIMA, J. R. F. Eficiência técnica da produção agrícola dos países da América Latina e do Caribe. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 1-15, 2020.

REIS, R. P.; RICHETTI, A.; LIMA, A. L. R. Eficiência Econômica na Cultura do Café: um estudo no sul de Minas Gerais. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 50-59, 2005.

SANTOS, C. M.; FERNANDES, R. A. S. Eficiência Técnica no Setor Agropecuário das Microrregiões do Rio Grande do Sul. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47, 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOBER, 2009. p. 1-15.

SANTOS, F. P.; BRAGA, L. A. M.; MOHAMED, A. A. Análise do financiamento do BNDES no setor agropecuário brasileiro para o período de 2012 a 2015. **Revista de Gestão e Secretariado**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 1142-1159, set./dez. 2022.

SAURIN, V.; LOPES, A. L. M.; COSTA JUNIOR, N. C. A.; GONÇALVES, C. A. Medidas de Eficiência e Retorno de Investimento: um estudo nas distribuidoras de energia elétrica brasileiras com base em Data Envelopment Analysis, Índice de Malmquist e ROI. **Revista de Administração**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 25-38, jan./mar. 2013.



SCHERER, C. E. M.; PORSSSE, A. A. Eficiência Produtiva Regional da Agropecuária Brasileira: uma análise de fronteira estocástica. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 389-410, abr./jun. 2017.

SILVA, F. P.; ARAÚJO, J. A.; COSTA, E. M.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Eficiência Técnica e Heterogeneidade Tecnológica na Agropecuária das Regiões Semiárida e Não Semiárida do Nordeste Brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 379-395, 2019b.

SILVA, R. B. P.; COSTA, E. M.; REIS, J. N. P.; SILVA, F. P. Eficiência técnica e metatecnologia do semiárido cearense: modelo de metafronteira estocástica. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 50, n. 3, p. 23-37, jul./set. 2019a.

SOUSA, E. P.; JUSTO, W. R.; CAMPOS, A. C. Eficiência Técnica da Fruticultura Irrigada no Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 44, n. 4 p. 851-866, out./dez. 2013.

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**, Piracicaba, v. 49, n. 3, p. 573-598, jul./set. 2011.

STUKER, H. **Uma Metodologia de Avaliação da Eficiência Agropecuária de Municípios**. 2003. 131f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ZAMBIANCO, W. M.; REBELATTO, D. A. N. Análise da eficiência econômica das regiões canavieiras do Estado de São Paulo utilizando Análise Envoltória de Dados (DEA) e Índice Malmquist. **Custos e @gronegocio**, online, v. 15, n. 2, abr./jun. 2019.

ZÁRATE, I. M. S.; DAMIÁN, M. A. M.; ALVARADO, C. M. C.; ALCALA, R. V.; HERNÁNDEZ, M. I. V.; TOSCANO, J. H. Productividad y cambio tecnológico en la agroindustria de la caña de azúcar en México. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, [S. l.], v. 12, n. 6, p. 1005-1017, ago./set. 2021.