



**UIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
CURSO DE ZOOTECNIA**

ISADORA GOMES RIBEIRO

**MENSURAÇÃO DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO DA PECUÁRIA DO NORDESTE
BRASILEIRO**

FORTALEZA

2020

ISADORA GOMES RIBEIRO

MENSURAÇÃO DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO DA PECUÁRIA DO NORDESTE
BRASILEIRO

Monografia apresentada ao Curso de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Edward Martins Costa.
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Andrea Pereira Pinto.

FORTALEZA

2020

ISADORA GOMES RIBEIRO

MENSURAÇÃO DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO DA PECUÁRIA DO NORDESTE
BRASILEIRO

Monografia apresentada ao Curso de Zootecnia
do Centro de Ciências Agrárias da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em: ____/____/20____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edward Martins Costa (Orientador)

Universidade Federal do Ceará

Prof^a. Dr^a. Andréa Pereira Pinto (Coorientadora)

Universidade Federal do Ceará

Ma. Thyena Karen Magalhães Dias

Universidade Federal do Ceará

Me. Helson Gomes de Souza
Universidade Federal da Paraíba

A Deus.

A meus pais, Graça e Ivandro, e meu irmão,

Lires.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por minha saúde.

À Universidade Federal do Ceará (UFC) pelas oportunidades que me foram proporcionados graças à instituição.

À Coordenação de Curso de Graduação em Zootecnia, ao coordenador Prof^o. Dr^o. Luciano Pinehiro da Silva, ao Assistente Administrativo José Clécio Bezerra Silva, por toda paciência e gentileza em me ajudar em todas as questões burocráticas.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Edward Martins Costa por me orientar, não só neste trabalho, como também durante minha graduação.

À minha coorientadora, Prof^a. Dr^a por me acolher, me orientar e me ajudar.

Ao todo o corpo docente do Departamento de Zootecnia pelo conhecimento recebido

Ao Departamento de Economia Agrícola pelo conhecimento compartilhado, especialente ao Prof. Dr. Robério Telmo Campos, professor do Departamento de Economia Agrícola que me ensinou com maestria e despertou a curiosidade de pesquisa.

A minha mãe, Maria das Graças, pela paciência, apoio, suporte e por seus ensinamentos a mim repassados.

Ao Programa de Iniciação Científica (IC).

À minha família, pelo apoio durante minha vida acadêmica.

A todos os meus amigos que a Zootecnia me proporcionou.

“A persistencia é o caminho do êxito.”

(Charles Chaplin).

RESUMO

A agropecuária brasileira é uma atividade econômica que possui grande participação no PIB do país, sendo a pecuária importante na composição do PIB agropecuário. Com isso, dada a importância desse setor na economia, o objetivo no presente trabalho foi mensurar a função de produção da pecuária do Nordeste do Brasil e sua eficiência técnica, com base no Censo Agropecuário de 2017. Para tal, utilizou-se o método econométrico de análise de fronteira estocástica, com representação da função *Cobb-Douglas* com ineficiência. Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a função de produção da pecuária do Nordeste brasileiro depende mais dos insumos de produção do que do pessoal ocupado. Além disto, das variáveis que captam a ineficiência técnica, o crédito rural e precipitação atuam de forma positiva, ajudando a minimizar a ineficiência produtiva.

Palavras-chave: Agropecuária. Capital. Pessoal Ocupado. Terra.

ABSTRACT

Brazilian agriculture is an activity that has great participation in national GDP, and it's important to the agribusiness. Given the importance of this sector on the economy, this work aims to measure the production function of dairy farming in the Brazil Northeast, based in the 2017 agriculture census. For this I use an econometric method called Stochastic Frontier whit a Cobb-Douglas function with inefficiency. According to the results, I conclude that the production function of the Brazilian Northeast dairy farming is more dependent on the inputs than the labor. Besides, among the variables that determine the technical inefficiency, rural credit, and the precipitation cause a positive impact, helping to minimize the production inefficiency;

Key-words: Agriculture. Capital. Labor. Land.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1	Pecuária no Brasil.....	12
2.2	Estimação da função de produção na agropecuária.....	15
3	METODOLOGIA.....	19
3.1	Base de dados	19
3.2	Método de fronteira estocástica.....	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	Estatísticas descritivas.....	24
4.2	Resultados da Fronteira Estocástica.....	25
	APÊNDICE A - LR TESTES	34
	APENDICE B - SOMATÓRIO DE β	35

1 INTRODUÇÃO

A agropecuária se caracteriza como uma atividade do setor primário da economia, sendo considerada um dos setores econômicos com maior representatividade sobre o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, representando cerca de 20% do PIB do país no ano de 2018, de acordo com o CEPEA/USP (2019). Além disso, segundo Martins (2019), existem vantagens comparativas em questões relacionadas a fatores de produção e custos, possibilitando um desempenho expressivo frente aos *players* mundiais.

O Brasil é destaque na produção de pecuários como carne bovina, onde em 2015 obteve a posição de maior rebanho, com 209 milhões de cabeças, e foi considerado o segundo maior exportador com aproximadamente 1,9 milhões de toneladas, representando 6% do PIB Brasileiro e 30% do PIB do Agronegócio. Na produção aviária, de acordo com dados de 2015, o Brasil foi líder na exportação de carne de frango durante uma década, representando 40% do mercado mundial, entretanto, em relação aos suínos, o país ocupou o posto de quarto maior produtor de carne com cerca de 37 milhões de cabeças formando, desta maneira, o chamado “Complexo Carne” (EMBRAPA, 2017).

A importância da pecuária vem se intensificando no Brasil, conseqüentemente o país ascendeu, em 2017, para a posição de maior exportador de proteína animal, com cerca de 20% das exportações mundiais, além disso, foi responsável por 15% da produção mundial de carne bovina, segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, (USDA, 2018). Segundo a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC, 2019), em 2018 ocorreu um crescimento no volume de exportação de carne bovina produzida, com cerca de 10,96 milhões de toneladas, 12,8% acima do valor produzido no ano de 2017, houve também um aumento de 6,9% no número de abates. Além disso, do total produzido, cerca de 20% foi destinado à exportação, dividindo-se em 80% *in natura* para países como China e Hong Kong, 12% de forma industrializada para a União Europeia, Estados Unidos da América e 8% de miúdos para Hong Kong, Costa do Marfim, União Europeia e Egito.

Em 2019, a pecuária brasileira teve um rebanho de 213,68 milhões de cabeças de gado, com um aumento nas exportações de 12,2% em relações ao mesmo período do ano de 2018. Do total produzido, 23,6% foi para exportação, havendo um aumento de 16% no volume de carne *in natura*. Esse aumento ocorreu devido à alta do volume de carnes destinadas a mercados

consolidados, como, por exemplo, a China que aumentou em 54% o volume importado (ABIEC, 2020).

Deste modo, o Brasil se configurando como um dos países mais importantes na produção de carne bovina. De acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), o PIB do agronegócio brasileiro em 2019 cresceu 3,81%. Segundo seus pesquisadores, a pecuária foi o destaque no agronegócio, com um crescimento de 23,71%, sendo que um dos principais fatores para este crescimento foi o surto de Peste Suína Africana nos países asiáticos, causando um aumento na demanda mundial por carne. Assim, este setor aumentou a produção, produzindo e exportando mais, com valores maiores (CEPEA, 2019). A quantidade exportada de carne suína, bovina e de aves aumentaram 16%, 15% e 4%, respectivamente, em 2019 (CEPEA, 2020).

Segundo Martins (2019), a maioria dos bovinos criados no Brasil é a pasto, em grandes extensões de área, utilizadas para o pastejo dos animais. Isto faz com que fatores ambientais requisitando o uso mais sustentável da terra e expansão da área de cultivos agrícolas, aliado com a maior demanda por alimento, pressionem a pecuária para uma maior produtividade.

No Nordeste, a pecuária exerce um papel importante desde os tempos coloniais, onde foi propulsora da descoberta do Sertão e do crescimento econômico (CARON *et al.*, 2003). A referida atividade foi responsável pela expansão territorial através da criação de gado, juntamente com a plantação da cana de açúcar. À medida que esses animais iam se interiorizando pelas margens dos rios, como o São Francisco, ia movimentando a economia com o surgimento de novas atividades (SILVA, 1997).

Com isto, a formação da economia da região do Nordeste se deu a partir de atividades que demandaram um grande número de mão de obra, como, por exemplo, agricultura de subsistência, criação de bovinos, artesanatos e atividades agropecuárias destinadas à exportação. Esse conjunto de atividades formou o complexo rural (ARAÚJO, 2010). Contudo, a despeito de condições climáticas pouco favoráveis a atividade agropecuária na região Nordeste, atualmente ainda há uma presença marcante desta atividade.

Diante do exposto, esta pesquisa busca fornecer uma resposta para o seguinte problema: como se comporta a eficiência técnica de produção da pecuária dos municípios do Nordeste do Brasil, a partir do Censo Agropecuário de 2017? Assim, esta pesquisa tem por objetivo estimar uma fronteira estocástica de produção da pecuária nordestina, com o intuito de

analisar os níveis de eficiência desta atividade e fornecer evidências científicas que atuem no crescimento e desenvolvimento da pecuária no Nordeste brasileiro. Para tal, foi utilizada a Análise de Fronteira Estocástica (SFA) a qual estima a fronteira de produção e compara com a produção real obtida pelo produtor. Ademais, espera-se que as variáveis exógenas utilizadas na fronteira estocástica contribuam para a diminuição da ineficiência técnica de produção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta uma revisão de literatura da atividade pecuária no Brasil e também conta com uma revisão de literatura sobre a estimação da função de produção agropecuária nacional e internacional.

2.1 Pecuária no Brasil

Segundo Valverde (1967), desde o Brasil-Colônia a pecuária exerce um papel importante para o país, pois nesta época, o gado foi utilizado como um complemento da plantação da cana de açúcar, e à medida que esses animais iam se interiorizando dentro das cidades, ia promovendo o povoamento e ajudando na conquista de territórios, além de movimentar a economia destes locais, com o surgimento de novas atividades. Anterior a essa interiorização nas cidades, a atividade pecuária foi importante também no processo de expansão do Brasil como um todo, sendo caracterizada como um dos fatores da expansão no processo de colonização para o interior do Brasil em que os limites de Tordesilhas foram ultrapassados, no século XVII e XVIII.

A criação de bovinos foi uma das principais atividades econômicas do Brasil-Colônia. O gado era criado extensivamente, sem silagem e sem melhoria no pasto, a disseminação desses animais no Nordeste foi a partir dos estados da Bahia e de Pernambuco. No Brasil-Colônia existiam três zonas de criações principais até meados do século XIX, eram essas o sertão do Nordeste, mais antiga e importante; o sul de Minas Gerais e as planícies e planaltos do Sul (VALVERDE, 1967).

Silva (1996) estimou a função de produção da agropecuária brasileira entre os anos de 1975 a 1985 através da função de produção agregada tipo *Cobb-Douglas* e *Ulveling-Fletcher*, constatando que, neste período, o valor da produção cresceu 45,3%, além disso, houve também um aumento de 21% em homens empregados na agropecuária brasileira.

De acordo com Cezar *et al.* (2005) a bovinocultura de corte e leite englobava 225 milhões de hectares e um rebanho de 195,5 milhões de cabeças, sendo distribuído em 2,7 milhões de propriedades no ano de 2005. Segundo dados da pesquisa pecuária municipal (PPM) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o rebanho bovino no Brasil aumentou entre

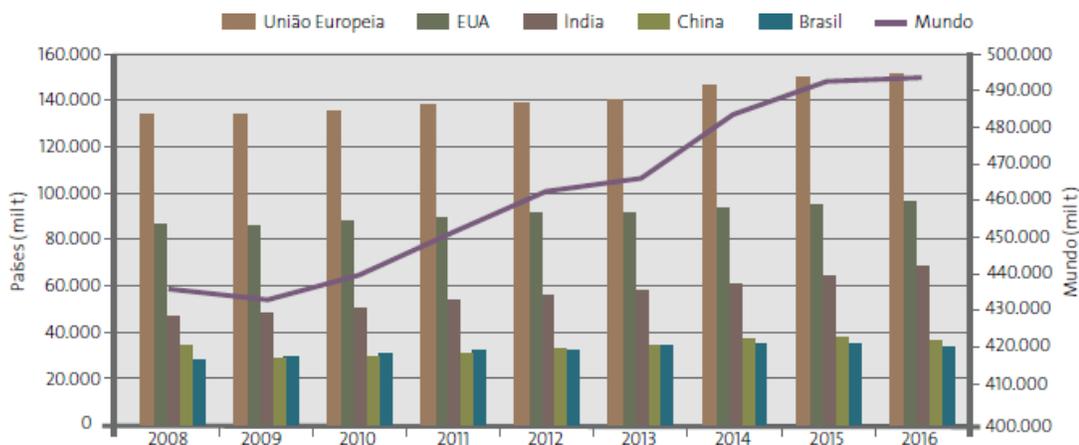
os anos de 2007 a 2016, crescendo 18 milhões de cabeças em 10 anos. Estes dados corroboraram com o título que o país recebeu de um dos maiores produtores de carne bovina mundial (EMBRAPA, 2017). Um dos possíveis motivos deste aumento na produtividade pode ter sido devido à adoção de tecnologia na pecuária que proporcionaram uma modernização nesse setor.

A bovinocultura de corte é considerada uma das cadeias produtivas mais extensas e complexas. Esta atividade envolve múltiplos agentes que vão desde a indústria, equipamentos e insumo até o consumidor final. Os rebanhos desta atividade apresentam genótipos, predominantemente, zebuínos nas regiões Sudeste, Centro Oeste, Norte e Nordeste, com destaque para a raça Nelore, enquanto na região Sul destacam-se as raças que possuem genótipo taurino como Hereford e Simental (CEZAR, 2005). Esta atividade econômica é de extrema importância para o país e por isto ela é desenvolvida em todas as regiões do Brasil, sofrendo mudanças ao longo dos anos em relação as regiões mais representativas na pecuária do país.

Outra atividade do sistema agropecuário brasileiro que merece destaque é a produção de leite, que exerceu um papel significativo no desenvolvimento econômico de países desenvolvidos e em desenvolvimento (CONAB, 2018). Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018), o Brasil, entre os anos de 2008 a 2017, foi responsável por 7% do leite produzido no mundo, sendo também considerado o quinto maior produtor mundial, ficando atrás apenas da União Europeia (30,47%), Estados Unidos (19,6%), Índia (12,8%) e China (7,21%). A produção brasileira cresceu 2,4% ao ano, crescimento maior que a média mundial (1,5%), sendo o principal estado produtor, Minas Gerais (27,10% da produção nacional), seguido dos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás, Santa Catarina, São Paulo e Bahia (todos esses estados tinham uma média de produção anual maior que um bilhão de litros de leite).

A Figura 1 demonstra a evolução da produção mundial de leite, onde se observa que entre os anos de 2008 e 2016 a referida atividade obteve um crescimento de cerca de 13,27%.

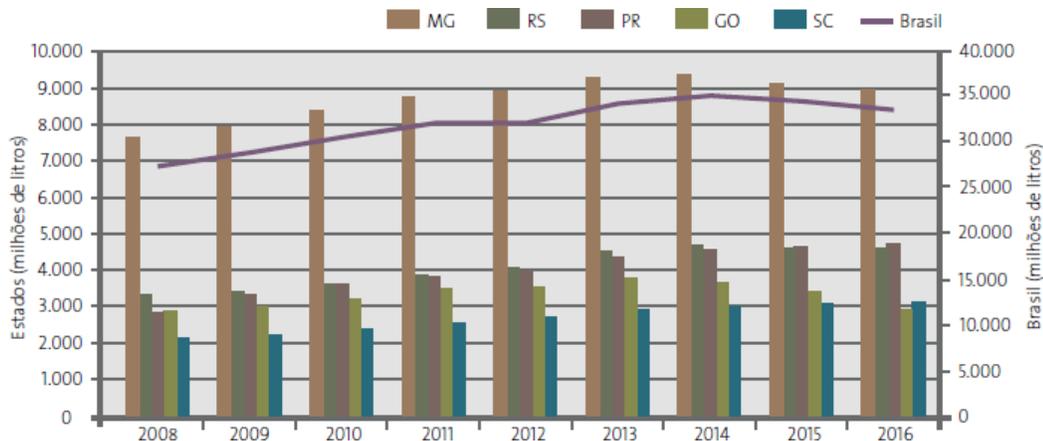
Figura 1 – Evolução da produção mundial de leite



Fonte: USDA; IBGE (2018).

Observa-se na Figura 2 a evolução da produção de leite no Brasil, bem como nos principais estados produtores entre o ano de 2008 a 2016.

Figura 2 – Evolução da produção de leite no Brasil e nas principais Unidades da Federação



Fonte: USDA; IBGE (2018).

O crescimento da produção brasileira é lento, sendo que o pico de produção no ano de 2014 ultrapassou 35 bilhões de litros. As colunas mostram a produção dos cinco principais estados produtores de leite do país, com isto é possível observar que Minas Gerais foi responsável em média por 27% da produção total do país (CONAB, 2018). Segundo o Anuário Leite (EMBRAPA, 2019), em 2017 a produção de leite voltou a crescer após dois anos de quedas consecutivas, entretanto, houve sinais de recuo no primeiro semestre de 2018, devido ao aumento

dos custos de produção e queda no preço do leite. Os principais responsáveis pela elevação nos custos de produção foram o aumento do preço de itens ligados a alimentação do rebanho (concentrado, produção de volumosos e sal mineral), de energia e combustível. Contudo, devido à greve dos caminhoneiros no final de maio de 2018, a qual afetou a produção primária com comprometimento da alimentação dos animais e perdas na produção, as atividades das indústrias pararam e os estoques dos laticínios e de varejistas foram esvaziados. Este fato fez o preço do leite UHT passar de R\$2,40 para R\$3,14, uma alta de 31% na média nacional.

O mercado do leite no Brasil se mostra mais equilibrado quando se trata de oferta e demanda do produto, pois em 2018 a expansão da produção nacional ficou estável em relação ao ano anterior e não houve excedente na produção. Além disso, o ano começou com o preço do leite ao produtor melhores do que no início do ano de 2018. Juntamente a isto, houve uma boa previsão na produção de grãos na safra 2018/2019, que contribuiu para a diminuição dos custos com a alimentação animal, sobretudo a base de milho e soja (EMBRAPA, 2017). Além disso, de acordo com a CONAB (2020), em 2019, a participação do Nordeste na produção total do leite no Brasil foi de 6,2%, e o maior estado produtor do Nordeste foi a Bahia, com 461.546 mil litros de leite produzido, seguido pelo estado do Ceará que produziu 325.944 mil litros de leite.

2.2 Estimação da função de produção na agropecuária

A eficiência técnica dos estabelecimentos rurais pode ser estimada por meio da função de produção. A literatura apresenta alguns métodos para esse tipo de análise, como por exemplo, a programação linear, fronteira determinística e fronteira estocástica. Contudo, a maioria dos trabalhos que avaliam a eficiência técnica na agropecuária utilizam a fronteira estocástica, pois esta impõe um componente de erro para representar erros de medição, ruídos e fatores não controláveis, como por exemplo, fatores climáticos. Dessa forma, a fronteira estocástica divide o desvio de uma observação da parte determinística em duas partes, uma relacionada a ineficiência técnica da produção e outra a ruídos aleatórios (SILVA *et al.*, 2007).

Echevarria (1998) estimou os retornos constantes da escala da função de produção agrícola dos três fatores básicos de produção do Canadá, para isto foi utilizado método do modelo Slow 1957, e função *translog*, contudo não rejeitaram a função *Cobb-Douglas* com restrição. O resultado desta estimação mostrou que no Canadá, a agricultura é menos intensiva em mão de

obra quando comparada as indústrias e outros tipos de serviços, entretanto, a intensidade do capital é similar nestes três setores. Ademais, foi constatado também que a parcela da terra no valor adicionado era cerca de 16%, e o crescimento da produtividade total dos três fatores do país, tinha se mantido em 0,3.

Ma *et al* (2004) estimaram a produtividade total dos fatores para os principais produtos pecuários da China (suínos, ovos, leite e gado de corte) por meio de uma fronteira estocástica com coeficientes aleatórios, para uma função *Cobb-Douglas*. De acordo com os autores houve uma variação durante o intervalo de tempo de 1980 a 1990 no crescimento da produtividade total dos fatores, bem como nas estruturas de produção. E, apesar de haver indicativo de inovações técnicas no setor agropecuário, a melhoria da eficiência técnica na China ocorreu de forma lenta.

Por outro lado, Tian (2015) mensurou a eficiência técnica e a produtividade da produção de suínos na China, bem como a razão da eficiência técnica. Para tal, foi utilizado um painel entre os anos de 2004 a 2010. Os resultados apontaram que a eficiência técnica para a produção de suínos na China era em média de 0,59, além disto, foi constatado também que agricultores especializados possuíam uma maior eficiência técnica comparada a outros agricultores.

Kibara e Balázs (2019) mensuraram os fatores que influenciaram a ineficiência técnica da produção de bovinos, caprinos e ovinos nas pastagens ao sul do Quênia, para tanto, foram utilizados dados transversais das famílias e o método fronteira estocástica. Os autores encontraram que escolaridade dos familiares produtores, tamanho do domicílio e o acesso a informações de mercado e insumos foram fatores que favoreceram a ineficiência técnica. Além disso, a ineficiência técnica para os ovinos e caprinos foi maior do que para os bovinos, devido a parte da produção de bovinos ser perdida devido a alocação incorreta dos fatores de produção.

Nyam *et al.* (2020) verificaram a eficiência de lucro dos agricultores do Estado Livre, na África do Sul durante o período de 2016/2017, utilizando a fronteira de lucro estocástica, com dados coletados através de questionários aplicados a 217 agricultores. Os resultados apontaram que os produtores não são eficientes e possuem aptidões para melhorar essa rentabilidade na produção de ovinos. Assim, houve uma perda de lucro de 34,9%, devido a ineficiência econômica e alocativa. Ademais, o estudo também revelou que a ineficiência do lucro está relacionada com o nível de educação e tamanho da família.

Na literatura nacional a maior parte dos trabalhos mensura a função de produção da agropecuária não fazendo diferenciação entre os estabelecimentos agrícolas e os estabelecimentos pecuários. Almeida (2012) investigou se havia diferenças na eficiência técnica do pequeno, médio e grande estabelecimento agropecuário no censo de 2006 para o Brasil utilizando uma fronteira estocástica de produção para mensurar a eficiência técnica. De acordo com o autor, a eficiência técnica da agropecuária brasileira como um todo foi de 96,49%, e em 2006, a eficiência técnica chegou a 99% para todos os níveis de produtores da região Sul, Sudeste e Nordeste. Além disso, a eficiência técnica dos estabelecimentos pequenos foi um pouco maior do que a dos estabelecimentos médios e grandes. A ineficiência técnica dos pequenos e médios estabelecimentos da região Norte e pequenos estabelecimentos da região Centro-Oeste foi bastante expressiva.

Silva (2019) verificou as diferenças de tecnologia na produção agropecuária dos municípios localizados nas grandes regiões do Brasil, com foco na região Nordeste, utilizando o modelo meta-fronteira tecnológica, com dados do Censo Agropecuário do período de 1975 a 2006 e do sistema de contas regionais. O estudo foi dividido em dois modelos, sendo o primeiro para identificar diferenças de tecnologia da produção agropecuária entre os municípios das grandes regiões do Brasil, exceto a região Norte. O segundo modelo identificou as diferenças tecnológicas da produção agropecuária na região semiárida e não semiárida da região Nordeste. O estudo mostrou que a tecnologia de produção agropecuária das regiões Sul e Centro-Oeste são mais evoluídas do que nas demais regiões do país. Além disso, foi constatado também que a região não-semiárida do Nordeste possuía maior eficiência técnica quando comparada a região semiárida.

Soares e Spolador (2019) estudaram a eficiência técnica da produção de milho em São Paulo utilizando a metafronteira estocástica, baseados nos microdados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuárias nos anos de safra 2007 e 2008, além disso, eles também utilizaram dados referentes ao clima, relevo e aptidão do solo para dividir os produtores em alta, média e baixa aptidão. Com isto, o resultado do estudo mostrou diferenças significativas nos níveis de eficiência técnica dos produtores, porém a taxa média da diferença tecnológica foi próxima para todos os produtores, mostrando que as diferenças de eficiência técnica foram mais relacionadas as questões gerenciais e institucionais, e não ao nível tecnológico.

Reis *et al.* (2020) analisou a eficiência técnica e produtividade total dos fatores, para os anos de 1991 a 2012, dos países da América Latina e Caribe. Para tanto, utilizou a fronteira estocástica e de produção, e também o índice de produtividade Malmquist. O resultado do estudo revelou que todos os países possuem ineficiência técnica de produção durante o período analisado, além disso, a ineficiência da produção foi atribuída ao crédito e consumo de energia na agricultura. Ademais, os índices de produtividade Malmquist revelaram que não ocorreu ganhos de produtividade total dos fatores.

Assim, estimar a fronteira de produção dos estabelecimentos pecuários no Brasil e consequentemente sua eficiência técnica foi realizado por poucos pesquisadores. Destaca-se o trabalho de Silva *et al* (2007) que mensurou a eficiência técnica dos produtores de leite do estado do Ceará utilizando a abordagem metodológica de fronteira estocástica. Os dados coletados de 180 produtores mostraram que 70% dos desvios da função de produção foram devido a ineficiência técnica.

Por outro lado, Martins (2019) mensurou a eficiência técnica dos produtores de gado de corte de regiões brasileiras através da análise de fronteira estocástica, com uma amostra de 279 fazendas. Os resultados indicaram que a produção de gado de corte no Brasil possuía um desempenho médio elevado, mostrando ainda que a área de pastagem era o insumo que mais impactava na quantidade produzida, dado que os padrões de produção são demandantes de amplas extensões de terra.

Os referidos estudos e as suas respectivas conclusões destacam o amplo uso da fronteira estocástica com as análises dos níveis de eficiência, principalmente das atividades rurais. Baseado nesta literatura, esta técnica apresenta-se como uma ferramenta indispensável para a construção desta pesquisa, uma vez que, o presente trabalho tem um foco semelhante aos demais anteriormente citados. Com isto, os próximos capítulos detalham como este método é útil para responder os problemas propostos na seção introdutória, bem como, demonstram as conclusões obtidas com o seu uso.

Dessa forma, esse estudo se apresenta para a literatura ao realizar uma análise da fronteira da pecuária do Nordeste do Brasil. Esse tipo de estimação, que tem como foco o tipo de atividade agrícola desempenhada pelos agricultores, possivelmente tem estimativas mais precisas sobre a eficiência técnica, dado que as tecnologias de produção podem variar entre cada tipo de atividade desempenhada no estabelecimento rural.

3 METODOLOGIA

Esta seção apresenta os métodos utilizados para buscar uma resposta aos problemas delimitados na seção introdutória, bem como, visa fornecer detalhes sobre os dados utilizados e as suas respectivas fontes.

3.1 Base de dados

Os dados utilizados para este trabalho foram obtidos do Censo Agropecuário do ano de 2017, pelo IBGE, Matriz de Crédito Rural do Banco Central (BACEN) e pela plataforma Global Climate Monitor. A base de dados consiste em informações dos municípios do Nordeste do Brasil, tendo como variáveis: valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agropecuários; valor de produção dos estabelecimentos agropecuários; pessoal ocupado em estabelecimentos agropecuários, número de veículos existentes nos estabelecimentos agropecuários; área dos estabelecimentos; número de tratores, implementos e máquinas existentes (QUADRO 1).

No Quadro 1 é possível observar a descrição das variáveis, onde a unidade usada para mensurar a área dos estabelecimentos foi hectares, o pessoal ocupado refere-se ao número de pessoas trabalhando em propriedades agropecuárias, o valor das despesas foi calculado na unidade de Mil reais. E para mensurar o nível de ineficiência técnica, foi utilizada a quantidade e valor dos contratos do Crédito Rural de cada município do Nordeste, esse dado foi coletado através da Matriz de Credito Rural do *site* do Banco Central do Brasil.

Quadro 1 – Variáveis do modelo

Variáveis	Descrição	Fonte
Vpb	Valor Bruto da Produção Pecuária por município (mil reais)	IBGE (Censo Agropecuário 2017)
Área	Área dos estabelecimentos agropecuários por município (hectares)	
Capital	Número de máquinas, implementos pecuários e tratores por estabelecimento por município	
Pessoal ocupado	Pessoal ocupado em estabelecimentos (mão de obra)	
Despesas	Valor das despesas realizadas por estabelecimentos pecuários por município (milreais)	
Assistência técnica	Número de estabelecimentos pecuários que receberam orientação técnica por município	
Irrigação	Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação	
Crédito rural	Valor do Crédito Rural por municípios (mil reais)	BACEN
Temperatura	Temperatura média dos municípios	Global Climate Monitor ¹
Precipitação	Precipitação média dos municípios	

Fonte: elaborado pela própria autora.

3.2 Método de fronteira estocástica

Para este trabalho optou-se pelo método de análise de fronteira estocástica pelo fato desse método reconhecer que os fatores que causam a ineficiência técnica no processo produtivo e os choques aleatórios estão fora do controle dos produtores, podendo causar desvios em relação à fronteira de produção. Segundo Silva e Braganolo (2018), este método é recomendado para estudar produtividades agrícolas e pecuárias devido ao fato da influência climática, erros de medições e omissão de variáveis. Com essa metodologia é possível determinar hipóteses e construção de intervalos de confiança. E desta forma, não se recomenda relacionar todos os desvios da fronteira à ineficiência.

¹ A plataforma Global Climate Monitor disponibiliza os dados referentes ao trabalho de Camarillo-Narajo *et al* (2019)

O método de análise de fronteira estocástica se configura como um método minucioso, o qual emprega técnicas de econometria em seus cálculos. Diante disto, podemos representa-lo de acordo com a equação (1) (KUMBHAKAR; LOVELL, 2000).

$$Y_i = f(X_i; \beta).TE_i \quad (1)$$

Onde Y_i é o valor bruto da produção pecuária; X_i é o vetor n de fatores de produção utilizados pelos pecuaristas nesses municípios; $f(X_i; \beta)$ é a fronteira de produção e β é o vetor de parâmetros desconhecidos que serão estimados. O termo TE_i mostra a eficiência técnica de cada município na amostra, sendo representada pela equação (2).

$$TE_i = \frac{Y_i}{f(X_i; \beta)} \quad (2)$$

A equação (2) acima apresenta a razão entre a produção observada, Y_i , e o produto máximo de produção, Y_i^* . Desta forma, Y_i irá alcançar seu valor máximo de $f(X_i; \beta)$ se $TE_i = 1$. A diferença entre (medida observada) e $f(X_i; \beta)$ (produção máxima possível) é denominada ineficiência técnica. A equação (3) relaciona a parte estocástica $f(X_i; \beta)$, ao modelo.

$$Y_i = f(X_i; \beta).Exp\{V_i\}.TE_i \quad (3)$$

O termo $Exp\{V_i\}.TE_i$ representa a parte estocástica da fronteira de produção. Os efeitos dos choques aleatórios são captados pelo termo $Exp\{V_i\}$ que compreende os efeitos dos choques aleatórios, os quais podem indicar variação do pessoal ocupado, despesas com insumos, desempenho da alocação de máquinas e equipamentos, fenômenos climáticos, e outros fatores de produção. Desse modo:

$$TE_i = \frac{Y_i}{f(X_i; \beta).Exp\{V_i\}} \quad (4)$$

A equação (4) descreve como a razão entre o produto observado e a produção máxima, dado choques aleatórios, Y_i atingirá seu valor máximo quando $TE_i = 1$.

A fronteira de produção estocástica pode ser representada conforme a equação (5), de acordo com Silva e Braganolo (2018).

$$Y_i = F(X_i; \beta) \cdot \exp\{v_i - u_i\} \quad (5)$$

No qual Y_i representa o grau de produção e X_i o vetor de insumos.

Com isto, conforme Silva e Braganolo (2018) demonstram em seu trabalho, o “erro” é composto por dois segmentos, v_i e u_i , onde o termo v_i é independente e identicamente distribuído, ou seja, a distribuição v_i de não depende do termo u_i . Diante disto, podemos representar a medida de eficiência técnica estocástica (TE) de acordo com a equação (6).

$$TE_i = \frac{Y_i}{[F(X_i; \beta) \cdot \exp\{V_i\}]} = \{exp - u_i\} \quad (6)$$

Onde, $u_i \geq 0$, $0 \leq u_i \leq 1$, $0 \leq \exp\{-u_i\} \leq 1$, e a ineficiência técnica consiste em $(v_i - u_i)$, ou seja, a diferença dos termos do erro.

A Fronteira Estocástica tem por objetivo obter medidas de eficiência que representem o desempenho produtivo do estabelecimento rural¹. Isto se dá por meio da estimação de uma função de produção, a qual representa as relações de produção do estabelecimento agropecuário e de insumos (RADA, VALDES, 2012; HELFAND *et al.*, 2015).

Deve-se então definir a forma funcional da fronteira estocástica para a aplicação empírica. E para tal, foi utilizado o Teste da razão de verossimilhança (LR)² para escolher a melhor representação para o conjunto de dados. Através desse teste, foi constatado que a função *Cobb-Douglas* com ineficiência representaria melhor o conjunto de dados.

A função *Cobb-Douglas* com ineficiência utilizada, a qual é uma função de uso comum na Teoria da Produção, possui algumas vantagens, tais como: os coeficientes da regressão fornecem as elasticidades de produção, e podem ser comparados entre si; simplicidade na estimativa dos parâmetros; pequeno número de parâmetros a serem estimados, se comparada à forma funcional transcendental logarítmica (translog), dessa forma, se torna menos susceptível aos problemas de multicolinearidade na estimativa da função de produção (SILVA, 1996).

²No caso deste estudo, municípios.

³O teste LR está no apêndice deste trabalho.

A equação (7) representa o modelo *Cobb-Douglas* com ineficiência técnica utilizada.

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum_j \beta_j \ln X_{ij} + v_i - u_i \quad (7)$$

Onde Y_i é o valor bruto da produção do município i , e o vetor ij representa os fatores de produção (pessoal ocupado, insumos e capital).

Na estimação foi levada em consideração a ineficiência técnica, com isto, a equação abaixo mostra essa ineficiência. Incorporou-se, na estimação da fronteira de produção, um vetor de variáveis que representa o termo de erro relacionado à ineficiência técnica (μ_i), incluindo também as variáveis representativas: terra; capital; pessoal ocupado e despesas. Desse modo, a equação estimada para identificar os impactos dessas variáveis no desempenho produtivo dos municípios do nordeste brasileiro, foi definida conforme a equação (8):

$$\mu_i = \alpha_0 + \alpha_1 Z_i \quad (8)$$

Em que μ_i representa a ineficiência técnica do município; Z_i representa a matriz de variáveis que explicam a ineficiência crédito rural, assistência técnica, irrigação, temperatura e precipitação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção destina-se à apresentação dos resultados obtidos com os métodos anteriormente detalhados, bem como, à discussão dos resultados com base na literatura existente acerca do tema aqui abordado.

4.1 Estatísticas descritivas

Os resultados na Tabela 1 referem-se aos municípios do Nordeste brasileiro que trabalham com pecuária. Nesta tabela é possível observar as variáveis utilizadas no modelo: área; capital; pessoal ocupado e despesas, assim como as variáveis de ineficiência técnica: crédito rural; assistência técnica; irrigação; temperatura e precipitação.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas

Variável	Obs	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Vbp (mil R\$)	1.206	14.738,84	25033,84	245	449059
Área (ha)	1.206	32.400,11	39965,04	77	344943
Despesas com insumos (mil R\$)	1.206	10.620,41	14699,84	208	225280
Pessoal ocupado	1.206	2.046	1941	37	16536
Capital (tratores e máquinas)	1.206	40,30	52,50	3	497
Crédito rural	1.206	4.180,38	9469,695	1,3	267814,9
Temperatura (°C)	1.206	25,71	1,71	21,50	29,26
Precipitação (mm)	1.206	815	431	214	2311
Assistência técnica	1.206	745	713	6	5633
Irrigação (número de estabelecimentos)	1.206	61	95	1	1239

Fonte: elaborado pela própria autora.

A partir da Tabela 1 observa-se que a amostra utilizada foi composta por 1.206 municípios, em que a média do valor bruto da produção foi de 14.738,84 (mil R\$) por município e a área média utilizada foi de 32.400 hectares. Além disso, também é possível observar que foram gastos 10.620.41(mil R\$) reais com insumos de produção (sal, rações, compra de animais, medicamentos para animais, etc.) e o número de pessoal ocupado na pecuária do Nordeste foi em média 2.047 trabalhadores.

Em relação às variáveis do modelo que captam a ineficiência técnica, em média, o Crédito Rural utilizado pelos estabelecimentos pecuários foi de 4.180,38 (mil R\$) por município.

A precipitação média foi 816 milímetros com temperatura média de 25°C. Em média, 745 estabelecimentos receberam assistência técnica no período, com no mínimo 6 estabelecimentos por município e máximo de 5.633. Com relação a irrigação, em torno de 60 municípios receberam irrigação, com o mínimo de 1 estabelecimento por município e máximo 1.239 estabelecimentos por município.

4.2 Resultados da Fronteira Estocástica

A estimação da função de produção da pecuária para os municípios do Nordeste brasileiro (TABELA 2) indica que a variável área, capital e despesas foram estatisticamente significantes. Apenas a variável pessoal ocupado não foi significativa, não existindo efeito dessa variável na função de produção da pecuária dos municípios do Nordeste do Brasil. Uma hipótese para essa variável não ter efeito, deve-se ao fato de ainda existir o costume do homem do campo procurar no meio urbano outras alocações no mercado de trabalho, a fim de melhorar sua renda familiar (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

A variável que possui maior efeito sobre produção pecuária é a variável despesa, ou seja, se a despesa aumentar 1% a produção aumenta 84. A variável capital e área são respectivamente, a segunda e terceira variável de maior efeito na produção pecuária com coeficientes de 0,042 para capital e área com 0,02.

No modelo estimado, as variáveis que captam a ineficiência técnica, a precipitação e o crédito rural atuam de forma a diminuir essa ineficiência da produção pecuária dos estabelecimentos rurais localizados nos municípios do Nordeste brasileiro, corroborando com os resultados obtidos por Macedo (2005) e Melo *et al.* (2013) para o crédito rural e Santos *et al* (2006) e Gomes *et al* (2007) em relação a precipitação. Além disso, o crédito rural se configura como variável importante para a produção pecuária, dado que esta política pública mitiga os efeitos da ineficiência técnica que podem causar perdas de produção dos pequenos e médios pecuaristas. Ademais, por se tratar da região Nordeste, que historicamente depende muito de precipitação, o regime de chuvas possui impacto na produtividade e ajuda a diminuir a ineficiência, favorecendo os produtores no planejamento das atividades econômicas deste setor da economia.

Tabela 2 – Resultados para o Nordeste

Variáveis	Coefficientes	Erro Padrão	P> z 	95% Intervalo de Conf.	
Lnarea	0,0276	0,0138	0,046	0,00051	0,05485
Lncapital	0,0424	0,0146	0,004	0,01380	0,07104
Lnpeçoalocupado	0,0330	0,0214	0,122	-0,00889	0,07505
Lndespesas	0,8433	0,0187	0,000	0,80664	0,88007
Constante	1,1083	0,1518	0,000	0,81078	1,40599
Usigma					
Lncreditorural	-0,6849	0,1944	0,000	-1,06609	-0,30373
Lnassistenciatec	-0,0239	0,3203	0,940	-0,65176	0,60387
Lnirrigacao	0,1467	0,1599	0,359	-0,16670	0,46014
Lntemperatura	-3,9535	3,2632	0,226	-10,34947	2,44231
Lnprecipitação	-1,9731	0,4653	0,000	-2,88528	-1,06101
Constante	25,5083	10,553	0,016	4,82453	46,19222
Vsigma					
Lnarea	-0,2547	0,0532	0,000	-0,35913	-0,15040
Lncapital	-0,0289	0,0640	0,651	-0,15442	0,09646
Lnpeçoalocupado	-0,1359	0,0688	0,048	-0,27087	-0,00099
Lndespesas	0,1711	0,0485	0,000	0,07611	0,26623
Constante	-0,0519	0,5267	0,921	-1,08439	0,98048
E(sigma u)	0,0940	0,0901			
E(sigma v)	0,3509	0,3475			

Fonte: elaborado pela própria autora.

Por outro lado, as outras variáveis que entraram no modelo para mensurar a ineficiência técnica (assistência técnica, irrigação e temperatura) não foram estatisticamente significantes, desse modo, elas não causam impacto na ineficiência. Contudo, esperava-se que estas variáveis tivessem algum efeito sobre a ineficiência da produção, pois entram no processo produtivo de forma a obter uma melhor produção, como por exemplo, a assistência técnica visando informar o produtor qual a melhor forma de produzir, dado seu nível tecnológico. Uma possível causa para ausência de tal efeito deve-se ao fato dos dados serem agregados por municípios.

Além da análise dos efeitos dos fatores de produção sobre o valor bruto da produção, também é importante verificar aqueles municípios em que os estabelecimentos se mostraram em média mais eficientes na composição do produto. Assim, a Tabela 3 exibe os dez municípios do Nordeste do Brasil que possuem o maior e menor índice de eficiência, além da média geral dos municípios do Nordeste que trabalham com pecuária. Essa média é próxima a 1, indicando uma boa eficiência dos municípios. Entretanto, quando analisamos separadamente os municípios, a média dos 10 menos eficientes fica em torno de 0,67, distante de uma ótima eficiência.

Tabela 3 – Municípios e suas eficiências

Média geral	0,9299	Desvio padrão geral	0,0647
Municípios mais eficientes		Municípios menos eficientes	
Municípios	eficiência	Municípios	eficiência
Bom Jardim (MA)	0,9922	Saúde (BA)	0,7045
Cidelândia (MA)	0,9912	Junco do Seridó (PB)	0,7011
Arame (MA)	0,9908	Abaré (BA)	0,6909
Itinga do Maranhão (MA)	0,9905	Lençóis (BA)	0,6889
Amarante do Maranhão (MA)	0,9902	Irajuba (BA)	0,6737
João Lisboa (MA)	0,9902	Itiruçu (BA)	0,6713
Lago da Pedra (MA)	0,9901	Tracunhaém (PE)	0,6556
Estreito (MA)	0,9899	Wagner (BA)	0,5654
Buriticupu (MA)	0,9897	Wenceslau Guimarães (BA)	0,5181
Poção de Pedras (MA)	0,9891	Anguera (BA)	0,4993
Média	0,9902	Média	0,6725
Desvio padrão	0,0008	Desvio padrão	0,0784

Fonte: elaborado pela própria autora.

De acordo com a Tabela 3, os municípios que apresentaram maiores índices de eficiência produtiva, com média de 0,99, foram do estado do Maranhão. Segundo Mesquita (2007), o estado do Maranhão só conseguiu estabilizar o movimento de integração produtiva quando a Sudene e Sudam financiaram os projetos agropecuários, em 1964, aliado com uma série de infraestrutura, como construção de rodovias. Além disso, o estado do Maranhão faz parte da região chamada de MATOPIBA, juntamente com os estados do Tocantins, Piauí e Bahia. Essa região é tida como o novo “Eldorado do campo”, com o cultivo dos principais grãos para o setor agropecuário, como por exemplo, a soja e o milho, que também se configuram como principais alimentos para os animais de produção (EMBRAPA, 2019).

O município que obteve melhor eficiência foi Bom Jardim, no Maranhão. Esse município está localizado cerca de 60% na zona rural, com a economia pautada na agropecuária, sendo 21% do seu PIB advindo da agricultura e 56,4% correspondente à pecuária (VENTURIERI *et al.*, 2017). Ainda segundo Venturieri *et al.* (2017), a modernização da base produtiva do município corroborou para efeitos ainda mais positivos na economia desse local, além de maior geração de empregos e renda, impactando positivamente também nos seus municípios vizinhos.

A Figura 1 representa a eficiência técnica de todos os municípios que compuseram a amostra, variando sua cor entre amarelo e vermelho. Os municípios que estão em cores diferentes destas, não foram considerados na pesquisa.

Figura 1 – Mapa com a eficiência dos municípios da amostra



Fonte: elaborado pela própria autora.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O valor bruto da produção, que é a soma de toda a produção pecuária no ano safra, foi em média, 14.738.840,00 por município, a partir de 1206 observações contidas na amostra. Na agropecuária essa variável, representou uma estimativa de geração de renda do meio rural, e se tornou importante para o acompanhamento do desempenho deste setor. Os resultados da estimação da fronteira estocástica mostraram que a função de produção da pecuária do Nordeste brasileiro dependia mais dos insumos de produção do que do pessoal ocupado. Pode-se concluir também que o Crédito Rural na pecuária do Nordeste teve um efeito positivo sobre o valor bruto da produção, ou seja, essa política pública se configurou como uma política importante para o desenvolvimento, diminuindo a ineficiência da pecuária. A precipitação também se mostrou importante para a produção pecuária, ajudando a minimizar a ineficiência técnica, haja vista o clima da região Nordeste, que possui distribuição irregular de chuva.

Ao observar a eficiência técnica dos estabelecimentos pecuários, pode-se verificar que os 10 municípios que possuíam melhor eficiência produtiva ficavam localizados no estado do Maranhão onde Arnhold *et al* (2010) afirmaram que o Maranhão era o estado em que havia uma agricultura tecnificada e em rápida expansão e além disso, esse estado possuía um ótimo potencial para o desenvolvimento do agronegócio. No geral, o Nordeste brasileiro possuía uma fronteira de produção alta, Araújo e Mancal (2015) argumentaram que o Nordeste brasileiro conseguiu ter ganhos de produtividade total dos fatores, no período de 1970 a 2006, ou seja, houve aproveitamento das potencialidades desta região para as atividades do primeiro setor da economia. Além disto, Gomes *et al* (2009) verificaram que houve um ganho na produtividade dos fatores entre 1996 a 2006, nas microrregiões do Nordeste.

Os resultados encontrados neste estudo corroboraram também com Martins (2019), em que os avanços na produtividade da pecuária irão trazer benefícios não só para a economia, mas também para a própria cadeia produtiva. E com isto, o alcance de melhores resultados pode repercutir nos custos e ajudar o país a garantir a sua competitividade internacional neste setor. Nesse sentido, é importante que tanto o governo federal, quanto os governos estaduais continuem realizando políticas públicas de forma a minimizar a diferença tecnológica da produção pecuária nordestina em relação a outras regiões do Brasil.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. N. A. **Fronteira de produção e eficiência técnica da agropecuária brasileira em 2006**. 2012. Tese (Doutorado Economia Aplicada) - Universidade Federal de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2012.

ANUÁRIO leite 2019: novos produtos e novas estratégias da cadeia do leite para ganhar competitividade e conquistar os clientes finais.

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.

ARAÚJO, M. A. P. de. **O papel do BNB/FNE na economia nordestina pós 1990**. 2010. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, 2010.

ARNHOLD, E; PACHECO, C. A; CARVALHO, H. W; SILVA, R. G., & OLIVEIRA J. E. A. (2010). Produtividade de híbridos de milho na região de fronteira agrícola no nordeste do Maranhão. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**.

ASSOCIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE - ABIEC. **Beef Report-Perfil da Pecuária no Brasil**. 2019. (On-line). Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2019> . Acesso em: 20 abr. 2020.

ASSOCIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE - ABIEC. **Beef Report-Perfil da Pecuária no Brasil**. 2020. (On-line). Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020> . Acesso em: 20 abr. 2020.

CARON, P.; HUBERT, B. Dinâmica dos sistemas de pecuária. *In*: PATRICK, Caron; SABOURIN, Eric. (Org.). **Camponeses do Sertão: Mutações das agriculturas familiares no Nordeste do Brasil**. Brasília: EMBRAPA2003.

CAMARILLO-NARANJO, J. M., FRANCOSE, J. I., RODRÍGUEZ, N., Pita-López, M. F., & AGUILAR, M. (2019). The global climate monitor system: from climate data-handling to knowledge dissemination. *International Journal of Digital Earth*, 12(4), 394-414.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA/ESALQ. **Pib Agronegócio de Cadeias- 2019**. 2019. (On-line). Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-de-cadeias-agropecuarias.aspx>. Acesso em: 20 abr. 2020.

CEZAR, I. M. *et al.* **Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate.** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Pecuária leiteira: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos de 2014 a 2017. **Compêndio de estudos CNAB**, v. 16, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 2017. **Qualidade da carne bovina 2017.** (On-line). Disponível em : <https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-bovina>. Acesso em: 20 abr. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA.2019. **ANUÁRIO leite 2019: novos produtos e novas estratégias da cadeia do leite para ganhar competitividade e conquistar os clientes finais.**(On-line). Disponível em: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1109959&biblioteca=vazio&busca=1109959&qFacets=1109959&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 22 de mai.2020.

ECHEVARRIA, C. A three-factor agricultural production function: the case of Canada. **International Economic Journal**, v. 12, n. 3, p. 63-75, 1998.

GOMES, A. P; ALCANTARA, F. J. L; SCALCO, P. R. (2009). Eficiência, tecnologia e produtividade total dos fatores: uma análise das mudanças recentes na agropecuária do Nordeste. **ENCONTRO REGIONAL DE ECONOMIA DO NORDESTE, 14.**

GOMES, V. N; COUTINHO, L. D. M; VILHENA, S. E; J. **Avaliação das diferentes fontes de dados de precipitação para o período chuvoso no litoral leste do Nordeste Brasileiro, 2007.**

GUILHOTO, J. J. M. *et al.* The GDP of the agribusiness in Brazil and in Bahia state. In: XLV CONGRESSO DA SOBER. **Anais [...].** Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Londrina, Paraná, 2007.

HELFAND, S. M.; MAGALHÃES, M. M.; RADA, N. E. **Brazil's agricultural total factor productivity growth by farm size.** Inter-American Development Bank, IDB Workingpaper series n. 609, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE. **Pesquisa pecuária municipal- 2018.** 2018. (On-line). Disponível em : <https://sidra.ibge.gov/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2018>. Acesso em: 13 abr. 2020.

KIBARA, M. J; KOTOSZ, B. Estimativa de eficiência e seu papel nas recomendações de políticas: uma aplicação ao setor pecuário do Quênia. **Política e prática científica regional**, v. 11, n. 2, p. 367-381, 2019.

KUMBHAKAR, S.; LOVELL, K. **Stochastic frontier analysis.** Cambridge: Cambridge University Press. 2000.

MA, H. M. A.; RAE, A. N.; HUANG, J. Livestock productivity in China: data revision and total factor productivity decomposition. In: CHINA AGRICULTURE WORKING PAPER. **Anais** [...]. Centre for Applied Economics and Policy Studies, Massey University, 2004.

MACEDO, L. O. B. Modernização da pecuária de corte bovina no Brasil e a importância do crédito rural. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 6, p. 35-36, 2005.

MARTINS, M. M. **Análise da eficiência técnica da pecuária de corte para regiões brasileiras selecionadas: uma análise de fronteira estocástica**. 2019. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2019.

MELO, M. M; MARINHO, E. L. O impulso do crédito rural no produto do setor primário brasileiro. **Revista Nexos Econômicos**, 7(1), 9-36, 2013.

MESQUITA, B. A. Política de Desenvolvimento e Desigualdade Regionais: o caráter seletivo e residual da intervenção governamental no Maranhão. **Revista de Políticas Públicas**, v. 11, n. 2, p. 27-54, 2015.

NYAM, Y. S. *et al.* Analysis of profit efficiency among smallholder sheep farmers of N8 development corridor Free State, South Africa. **Agrekon**, v. 59, n.1, p. 1-15, 2020.

RADA, N.; VALDES, C. **Policy, Technology, and Efficiency of Brazilian Agriculture**. Economic Research Service (ERS). Economic Research Report number 137, United States Department of Agriculture (USDA), July 2012

REIS, L. D. R. *et al.* Eficiência técnica da produção agrícola dos países da América Latina e do Caribe. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 4, 2020.

SANTOS, M. R. S; VITORINO, M. I; SILVA P. M. A. **Contribuição da precipitação na produção agropecuária no Nordeste Paraense: Um estudo na Amazônia Brasileira**, 2006.

SILVA, F. C. T. Pecuária e formação do mercado interno no Brasil-colônia. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 8, p. 119-156, 1997.

SILVA, F. D. V. D.; CARVALHO, R. M.; CAMPOS, R. T. Análise da eficiência técnica dos produtores de leite do estado do Ceará. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL - SOBER. **Anais** [...]. Londrina, Paraná, 2007.

SILVA, C. S. de S.; BRAGAGNOLO, C. Eficiência técnica e ambiental da pecuária leiteira na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. **Brazilian Review of Economics & Agribusiness/Revista de Economia e Agronegócio**, v. 16, n. 2, 2018.

SILVA, L. A. C. da. **A função de produção da agropecuária brasileira: diferenças regionais e evolução no período 1975-1985**. 1996. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 1996.

SILVA, F. P. da *et al.* Eficiência técnica e heterogeneidade tecnológica na agropecuária das regiões semiárida e não semiárida do Nordeste brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 3, p. 379-395, 2019.

SOARES, P.; SPOLADOR, H. F. S. Eficiência técnica da produção de milho no estado de São Paulo: uma abordagem por metafronteira estocástica. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 4, p. 545-558, 2019.

TIAN, X.; SUN, F.; ZHOU, Y. Technical efficiency and its determinants in China's hog production. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, n. 6, p. 1057-1068, jun. 2015.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. Disponível em: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdquery.aspx>. Acesso em: 22 abr. 2020.

VALVERDE, O. Geografia da pecuária no Brasil. **Finisterra**, v. 2, n. 4, 1967.

VENTURIERI, A. *et al.* Potencialidade agrícola de municípios ao longo da ferrovia Carajás-Itaqui, entre Santa Inês e São Luís, MA. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, 2017.

APÊNDICE A - LR TESTES

Variáveis	Coeficientes
Cobb-Doug. x Cobb-Doug Inef.	LR chi2(8)= 88,65 Prob > chi2= 0
Cobb-Dou Exponencial x Cobb-Doug Truncada	LR chi2(8)= 0,02 Prob > chi2= 0,88
OLS x Cobb-Doug com Ineficiência	OLS= -532,15 SFCROSS=88,65

APENDICE B - SOMATÓRIO DE β

Variáveis	Coeficientes β
Lnterra	0,0334
Lncapital	0,0332
lnpessoalocupado	0,0263*
Indespesas	
Somatório β	0,9389