



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PRÓ – REITORIA DE PESQUISA E POS GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA RURAL**

ROBERTO BRUNO PESSOA E SILVA

**EFICIÊNCIA TÉCNICA E METATECNOLOGIA DO SEMIÁRIDO
CEARENSE: MODELO DE METAFRONTIERA ESTOCÁSTICA**

FORTALEZA

2017

ROBERTO BRUNO PESSOA E SILVA

EFICIÊNCIA TÉCNICA E METATECNOLOGIA DO SEMIÁRIDO E DEMAIS
REGIOES CEARENSES: MODELO DE METAFRONTEIRA ESTOCÁSTICA

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Economia Rural do
CCA da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para obtenção do
título de Mestre.

Área de Concentração: Economia
Aplicada

Orientador: Prof. Dr. José Newton Pires
Reis

FORTALEZA - CE
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)

P568e Pessoa e Silva, Roberto Bruno.
Eficiência Técnica e Metatecnologia do Semiárido Cearense: Modelo de
Metafronteira Estocástica / Roberto Bruno Pessoa e Silva. – 2017.
66 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Economia Rural,
Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. José Newton Pires Reis .

Coorientação: Prof. Dr. Edward Martins Costa .

1. Semiárido Ceará. 2. Agropecuária. 3. Metatecnologia. 4. Metafronteira
de produção. 5. Fronteira Estocástica de produção. I. Título.

CDD 338.1

ROBERTO BRUNO PESSOA E SILVA

EFICIÊNCIA TÉCNICA E METATENOLOGIA DO SEMIÁRIDO E DEMAIS
REGIOES CEARENSES: UM MODELO DE METAFRONTTEIRA ESTOCÁSTICA

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Economia Rural do
CCA da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para obtenção do
título de Mestre. Área de Concentração:
Economia Aplicada

Orientador: Prof. Dr. José Newton Pires
Reis

Aprovado em ___ / ___ /2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Newton Pires Reis (*Orientador*)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Edward Martins Costa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Rodolfo Ferreira Ribeiro da Costa
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

Tudo começa quando se acredita...
(Autor desconhecido)

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, pois devo minha razão de ser e estar. Sem ela, o mundo seria mais complicado.

Ao corpo Docente do MAER, em especial a:

Professora Patrícia, pela paciência e amor envolvido à academia;

Ao Professor Edward que, apesar de tudo, continuou ao meu lado nesse processo, tornando-se para mim um exemplo de profissional e pessoa;

Ao meu orientador, Professor Newton, por ter me acolhido e acreditado nessa jornada.

Aos colegas e amigos: Patricia Silva, Gerrio Barbosa, Rayssa Costa, Vanecilda Soares, Poliana Matias, Moises Dias, Rodrigo Maia e, em especial, Felipe Pinto. A ajuda de vocês foi imprescindível em todas as etapas do mestrado.

Agradeço a todos pela troca de energias positivas nesses mais de dois anos.

RESUMO

Compara a eficiência técnica (ET) entre as regiões semiáridas e não semiáridas do Ceará, usando a abordagem metafronteira (MF) desenvolvida por Battese e Rao (2002) e redefinida por Battese *et al.* (2004) e O'Donnell *et al.* (2008). A análise é desenvolvida usando uma tecnologia de *output* (produção agropecuária) e multientradas (capital, trabalho, terra, despesas com insumos e estoque de capital). Foram aplicados os seguintes testes para a escolha do melhor modelo: inexistência técnica, ausência de progresso técnico e existência de duas fronteiras regionais. Ressalta-se que o resultado do teste de ausência técnica da fronteira estocástica não confirma o progresso técnico na região não semiárida, devendo haver uma investigação mais ampla com vistas a determinar as razões para isso. Sendo assim, a metatecnologia média para o semiárido cearense foi de 52%, ou seja, o produto máximo utilizado por suas combinações de fatores de produção é, em média, cerca de 52% da produção máxima que poderia ser alcançada (produção potencial) usando os mesmos fatores de produção e tecnologia disponível na região não semiárida. Com relação aos níveis médios de eficiência técnica (ET*) à metafronteira, o semiárido possui 44% e o não semiárido 70%. Com efeito, o conjunto de combinações dos insumos e produtos da região semiárida são bem menos eficientes do que a região não semiárida. Conclui-se que o não semiárido cearense possui, em média, maior eficiência técnica com relação a metafronteira.

Palavras-Chave: Semiárido Ceará. Agropecuária. Eficiência Técnica. Metatecnologia. Fronteira Estocástica de produção. Metafronteira de produção.

ABSTACT

Compare the technical efficiency (TE) between the semi-arid and non-semi-arid regions of Ceará using the metafrontier (FM) approach developed by Battese and Rao (2002) and redefined by Battese et al. (2004) and O'Donnell et al. (2008). The analysis is developed using an output (agricultural production) technology and multi-inputs (capital, labor, land, input expenses and capital stock). The following tests were applied to choose the best model: technical lack of technical progress, absence of technical progress and existence of two regional borders. It is emphasized that the result of the stochastic frontier technical absence test does not confirm the technical progress in the non-semi-arid region, and there should be a broader investigation to determine the reasons for this. Thus, the average metatechnology for the semi-arid region of Ceará was 52%, that is, the maximum product used by its own combinations of factors of production is, on average, about 52% of the maximum production that could be produced (potential production) Using the same factors of production and technology available in the non-semi-arid region. Regarding the average levels of technical efficiency (TE *) to the metafrontier, the semiarid has 44% and the non-semi-arid 70%. In this way, the set of combinations of the inputs and products of the region are much less efficient than the non-semiarid region. It can be concluded that the non-semi-arid region of Ceará has, on average, greater technical efficiency compared to the meta-frontier.

Key Words: Semi-arid Ceará. Agropecuária. Technical Efficiency. Metatechnology. Production Stochastic Frontier. Production meta-frontier.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico - Produção de Grãos e Precipitações Pluviométricas do Ceará 1995 a 2006.....22

Figura 1- Diferenciação Geográfica entre Regiões Semiáridas e Não Semiáridas.....	17
Figura2 - Bacias Hidrográficas do Ceará.....	19
Figura 3. Evolução Média do Produto e Fatores de Produção do Semiárido e Demais Regiões.....	46

LISTA DE QUADRO

Quadro – Variáveis Utilizadas na Pesquisa	41
--	----

LISTA DE TABELAS

1 Estatística Descritiva das Regiões Semiáridas e não Semiáridas do Ceará no Período de 2006.....	45
2 Prova de Razão Verossimilhança dos Parâmetros das Fronteiras de Produção.....	48
3 Fronteira Estocástica Estimada.....	50
4 Estatística Descritiva das Eficiências Técnicas (ETs) e Metatecnologias (MRTs) Estimadas.....	52
5 Amostras Municipais das ETs e MRTs Médias (1975-2006).....	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A AGROPECUARIA DO CEARÁ	15
2.1 Caracterização do Estado do Ceará	15
2.2 A Seca e os Recursos Hídricos	18
2.3. Perfil Produtivo Cearense	20
2.4. Pluviosidade e Produção no Cenário Recente	21
3 REVISÃO DA LITERATURA	24
3.1 Algumas Considerações sobre os Métodos de Eficiência Produtiva	24
3.2 Análise do Desempenho da Produtividade: Distintos Grupos Numa Mesma Região	26
3.3. Alguns Estudos sobre a Eficiência Produtiva no Plano Nacional	27
3.4 Alguns Estudos sobre a Eficiência Produtiva no Contexto Internacional	31
4 METODOLOGIA	34
4.1 Fundamentação Teórica sobre a Função de Produção Estocástica	34
4.2 O Método de Metafronteira (MF)	35
4.3 A Metafronteira (MF) e as Varáveis de Estudo	37
4.4 Base de Dados e o Método Empírico	40
4.5 Testes Realizados	42
4.5.1 Teste da Forma Funcional	42
4.5.2 Teste de Ausência do Progresso Técnico	42
4.5.3 Efeito da Ineficiência Técnica na Função de Produção	42
4.5.4 Existência de duas Fronteiras Regionais	43
5 ANÁLISE DE RESULTADOS	44
5.1 Análise Descritivas	44
5.2 Análise das Estimções	47
5.3 Primeiro Estágio para Estimção da Metafronteira (MF): As Fronteiras Regionais	49
5.4 Segundo Estágio: A Metafronteira (MF)	51
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS	57
APÊNDICE A- ESTATÍSTICA DESCRITIVA EM 1975	62
APÊNDICE B – ESTATÍSTICA DESCRITIVA EM 1985	62
APÊNDICE C – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 1995/1996	63
APÊNDICE D – TAXA DE VARIAÇÃO DO PRODUTO MÉDIO	63
APÊNDICE E –ETS E MRTS MÉDIAS DOS MUNICÍPIOS DO SEMIÁRIDO (1975 – 2006)	63
APÊNDICE F – ETs E MRTs MÉDIAS DOS MUNICÍPIOS DO NÃO SEMIÁRIDO (1975 – 2006)	66

1 INTRODUÇÃO

O setor agropecuário desempenha papel importante na economia de qualquer região. No Brasil, desde os anos de 1960, ocorreu intensa modernização que consolidou a relação entre a agricultura e a indústria, acarretando transformações sociais, econômicas e ambientais no campo.

Esse período se caracterizou por uma expansão da área cultivada, conseguida por via ampliação no uso da mecanização, defensivos agrícolas, fertilizantes químicos, insumos modernos, entre outros, que levaram ao crescimento da produtividade agrícola. Convém destacar, no entanto, que essas ampliações de produtividade e de eficiência na agropecuária não aconteceram de maneira simétrica entre os estados brasileiros.

Sendo assim, ao longo desse processo, a região Nordeste do País se caracterizou por um menor aporte tecnológico aplicado à agropecuária, mais intensiva em trabalho, ao passo que as regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste são mais intensivas em capital (ALMEIDA, 2012). Tal assimetria de oportunidades na agropecuária propicia grande variabilidade no nível de renda no meio rural brasileiro, sendo que alguns locais registraram renda muito inferior aos de outros considerados eficientes.

Já a tentativa de modernização da agricultura nordestina, em especial a cearense, se intensificou desde os anos de 1970, com a construção de grandes perímetros irrigados públicos. De acordo com Ferreira *et al.* (2006), no Ceará essas irrigações públicas estavam associadas a projetos de assentamento, produção de alimentos, colonização e incentivos à produção familiar. Ao longo do tempo, no entanto, esse setor enfrenta alguns entraves para a evolução da eficiência produtiva, como a irregularidade climática e o baixo nível técnico empregado nos cultivos (SULIANO *ET AL*, 2009).

Segundo Da Silva *et al.* (2016), o setor agropecuário nordestino está na contramão da dinâmica de produção moderna por indicar acesso restrito aos mercados, e isso causa dificuldades para o processo de desenvolvimento dessa atividade econômica. Os agricultores situados no semiárido lidam com circunstâncias geográficas, culturais, históricas e institucionais distintas das demais regiões, que resultam em variadas oportunidades de produção.

Por outro lado, o bom desempenho do setor pode contribuir para o surgimento de outras atividades no meio rural, interiorizando o desenvolvimento econômico, além de aproveitar as vocações naturais do Ceará. Em um panorama onde as desigualdades regionais persistem e determinados setores se destacam, seja por ser foco explícito de

uma política pública, seja pelo desempenho produtivo, surge daí o interesse em verificar como a região semiárida se comporta com relação ao desempenho produtivo da região semiárida do Ceará.

Para isso, busca-se responder às seguintes perguntas: Existem diferenças tecnológicas entre as regiões semiárida e não semiárida do Ceará? Como se comporta a eficiência técnica da Região? Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa é analisar as diferenças tecnológicas entre o semiárido e não semiárido para o período de 1975 a 2006.

Como objetivos específicos, tem-se: identificar os escores de eficiência técnica no setor agropecuário e, com isso, calcular as diferenças tecnológicas das regiões semiárida e não semiárida do Estado do Ceará. Caso haja comprovação de que essas diferenças tecnológicas influenciam na eficiência da produção, tornar-se-á necessário mensurar a magnitude das influências em pertencer ou não ao semiárido cearense.

Para tal, utilizou-se o método empregado por Battese, Rao e O'Donnell (2004) e O'Donnell, Rao e Battese (2008), que consiste na estimação da metafronteira de produção (MF). De acordo com Da Silva *et al.* (2016), esse arcabouço teórico é bastante empregado para comparar níveis de eficiência e tecnologia de produção em variados tipos de localidade.

Serão observadas em que proporção as diferenças regionais próprias do Ceará, no que tange à qualidade do solo, à diferença climática, à infraestrutura econômica, entre outras variáveis, influenciam na eficiência das firmas situadas nos grupos regionais. A análise da dissertação se direciona somente para o Estado do Ceará, incluindo o semiárido e as demais regiões. A delimitação regional foi baseada na cartografia Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene).

Dessa maneira, o emprego da metafronteira parece ser muito oportuno, quando se pretende calcular as diferenças nas tecnologias de produção regional e conhecer a fronteira tecnológica. Além disso, o conhecimento dos escores de eficiência proporciona a observação do melhor produto possível com o menor dispêndio de recursos. Assim, tem-se que a eficiência da produção, além de garantir a economicidade ao longo do processo produtivo, assegura também a contenção dos efeitos nocivos do êxodo rural no semiárido, uma vez que o avanço da tecnologia na produção agropecuária proporciona melhoria no ambiente econômico e social da região.

Logo, a novidade que se pretende alcançar com esse estudo está na perspectiva de análise a nível local. A atenção recai agora sobre melhor caracterização da agropecuária dos municípios situados no semiárido e nas demais regiões do Ceará. Tendo

em vista que a agropecuária é um dos setores da economia que mais produz excedente exportável, torna-se importante avaliar opções que possam melhorar a alocação dos recursos disponíveis. Assim, torna-se relevante calcular as diferenças tecnológicas nas regiões delimitadas por este trabalho.

Portanto, para apontar a dinâmica desse processo, esta investigação foi distribuída em outras quatro seções, além da introdução. Na seção dois são expressas algumas considerações sobre as características do Estado do Ceará. A terceira parte expõe o arcabouço teórico dos pesquisadores sobre o método empregado. Na quarta seção, o cuidado se volta para o entendimento da dinâmica do método de metafronteira (MF). Na quinta parte são mostrados os resultados, bem como as suas análises.

2 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A AGROPECUÁRIA DO CEARÁ

Como exposto na parte introdutória, este estudo verifica com outros métodos o debate acerca do desempenho do setor agropecuário no Estado do Ceará. A pesquisa inclui as características dos municípios situados no semiárido e demais regiões cearenses, destacando as diferenças produtivas e tecnológicas regionais do Estado, ajudando na definição e estratégias adotadas para o fomento do semiárido.

Portanto, este capítulo exprime breve exposição da caracterização do semiárido cearense, pois é de importância conhecer algumas variáveis que influenciam na dinâmica produtiva da agropecuária dessa Região.

2.1 Caracterização do Estado do Ceará

A abertura da economia brasileira no início dos anos de 1990 possibilitou ao setor agropecuário a inserção de novos mercados e isso fez com que os estabelecimentos de agropecuária atentassem para ganhos na eficiência em todas as fases do seu complexo processo produtivo (DE NEGRI *et al.* 2004). Para Ferro *et al.* (2013), a abertura ocasionou algumas mudanças perceptíveis, pois o aumento da produtividade levou à expansão da fronteira agrícola em diversas regiões do Brasil, inclusive a do Ceará.

O aumento da produtividade é o caminho mais rápido para se chegar ao crescimento econômico e ao bem-estar social de uma região. Os ganhos auferidos pela produção, todavia, refletem tanto na eficácia do setor produtivo como no grau de desenvolvimento da sociedade.

Ao mesmo tempo, a agricultura tem um papel de destaque na evolução da economia brasileira, pois a produtividade vinda do campo garante o abastecimento dos centros urbanos e o excedente é exportado, gerando divisas e estabilidade econômica. Ademais, o meio rural é um dos grandes fornecedores de matéria-prima para o setor secundário, havendo toda uma interdependência de setores (FERRO *et al.*, 2013).

A atividade agropecuária depende de vários fatores externos ao controle das firmas, como, por exemplo, no contexto ambiental, onde o meio físico, o clima, o solo e a pluviosidade influenciam a produção e produtividade na agropecuária. As questões de desempenho, como a eficiência e a eficácia, não são resultados apenas de variáveis controláveis pelos produtores via fatores de produção terra, capital e trabalho. Na realidade, as condições ambientais submetem a agropecuária a restrições ambientais,

sendo que os aspectos controláveis tentam compensar essas restrições em aspectos de desempenho (CAMPOS, COELHO e GOMES, 2012).

A condição climática do semiárido brasileiro é bastante complexa. No que diz respeito às questões geográficas, corresponde à área de maior abrangência territorial dentre os espaços naturais inseridos no Nordeste brasileiro. Possui médias térmicas elevadas (acima dos 26°C) e duas estações, das quais uma denota poucas chuvas, conhecida pelo período de seca, e outra quando ocorrem precipitações irregulares que vão de um mínimo de 300mm a um máximo de 800mm (CAITANO *et al.*, 2011).

Desse modo, a Região semiárida abrange cerca de 60% do Nordeste brasileiro, representando uma área de 982.563,3 km² do total do território nordestino que é de 1,57 km². Sua delimitação foi regulamentada pelo Ministério da Integração Nacional (MI), por meio da Portaria nº 89 assinada em março de 2005 (DA SILVA *et al.*, 2016).

A população do semiárido nordestino compreende cerca de 12% da população do País, e é, comumente, conhecida como o “polígono das secas”. Constitui a região mais pobre do Brasil, onde estão situados toda a área do Nordeste e todos os municípios do norte de Minas Gerais e do Espírito Santo.

O Ceará, por ser um Estado localizado nessa região, exhibe uma cobertura vegetal típica de caatinga, não possui rios perenes e, por ser um dos Estados do Nordeste que denota maior vulnerabilidade à seca, as atividades econômicas, como a agropecuária, são objeto de severas limitações (SULIANO *et al.*, 2009).

Dois terços da área do Estado do Ceará se assentam em rocha cristalina, sobre a qual estão solos rasos, mas de variados tipos e vocações. No terço restante enquadram-se as áreas sedimentares, especialmente ao longo dos vales dos rios que exprimem condições favoráveis ao desenvolvimento de atividades econômicas (IPECE, 2014).

As unidades geoambientais que compõem o Estado, são: tabuleiros interiores; planície flúvioMarinha; chapada do Apodi; chapada do Araripe; glaciais de acumulação; planalto da Ibiapaba; planície litorânea; planície ribeirinha; serras secas; serras úmidas; sertão ocidental Ibiapaba; sertão centro ocidental; sertão pré-litorâneo e sertão sul ocidental (IPECE, 2015). De modo geral, os solos se caracterizam por serem de pouca profundidade, pedregosos, e, principalmente, suscetíveis a erosão, em virtude de suas características morfológicas, físicas e químicas, que exigem a prática de ações conservacionistas para melhor aproveitamento de suas potencialidades.

O clima predominante no Estado é o tropical quente semiárido, ocorrendo em uma extensão de 101.001 km², ou seja, cerca de 68% de sua totalidade territorial. O clima

tropical quente semiárido ocorre em 150 municípios cearenses, mas, em virtude do agravamento de fenômenos climáticas e pelas áreas de influência nos últimos anos, o Estado do Ceará pode possuir muito mais municípios no âmbito do semiárido brasileiro (SULIANO *et al*, 2009).

De acordo com o IBGE (2015), com uma área de aproximadamente 148.89 km² e com um total populacional de 8.452.381, o Ceará conta com 184 municípios dos quais se destacam como mais populosos, além de Fortaleza, os de Juazeiro do Norte, Maracanaú, Caucaia, Sobral e Crato. Segundo a Sudene (2005), 150 municípios estão inseridos na região semiárida e 34 na região não semiárida, ou seja, 81,52% dos municípios pertencem à região semiárida. A figura 01 expõe o mapa do Ceará, destacando a diferença na magnitude regional entre o semiárido e não semiárido.

Figura 01: Diferenciação Geográfica entre as Regiões Semiáridas e não Semiáridas



Fonte: Sudene
Elaboração: IPECE

Conhecer o território e planejar o seu uso e ocupação de acordo com o grau de vulnerabilidade e a capacidade de suporte dos domínios naturais, no entanto, é a maneira mais adequada para minimizar as adversidades climáticas e amenizar as consequências do processo de degradação das terras e dos influxos da seca no semiárido. Assim sendo, é necessário entender um pouco sobre o fenômeno das secas.

2.2 A Seca e os Recursos Hídricos

O fenômeno das secas é apontado em diversos estudos como uma das principais variáveis responsáveis pelo atraso no desenvolvimento da Região Nordeste e, inclusive, do Ceará. Conforme os autores Martinez (2002), Marengo (2010), Da Silva *et al.* (2016), entre outros, a seca provoca o colapso da produção agropecuária, o desarranjo do sistema produtivo e a destruição dos meios de produção dos setores econômicos.

Em todo o semiárido brasileiro, o sertanejo luta para conviver com os obstáculos naturais, adaptando-se às imposições de um meio ambiente por demais complexo, criando estratégias de sobrevivência apoiadas em conhecimentos empíricos acumulados ao longo de muitas gerações, e situa a seca no centro de sua estratégia econômica e de vida, para, assim, minimizar o risco de perdas e de fracasso na produção dos meios de sobrevivência (SILVA, 2003).

A seca dos últimos anos (2012 a 2016) no Estado do Ceará, todavia, já é considerada a mais severa registrada há décadas (FUNCEME, 2017). As influências dos períodos prolongados de seca afetam, sobretudo, setores da população com menor renda, como as comunidades rurais carentes que vivem no semiárido (IPECE, 2015). De acordo com a FUNCEME, em 2016 a água nos açudes teve níveis deficitários alarmantes, o que submete a risco a possibilidade de manter reservas adequadas de água para o abastecimento humano, manutenção da agropecuária e outros usos.

Em razão dessa influência negativa, os progressos em termos de desenvolvimento econômico, social e humano que a região alcançou nas últimas décadas ficam ameaçados, uma vez que deixam muitas comunidades sob risco de retornar a um elevado nível de incidência de pobreza.

Desse modo, a deficiência de recursos hídricos constitui um dos principais empecilhos para a ocupação humana e para a satisfação das necessidades das atividades do meio rural. Não é raro, contudo, encontrar registros na história de sucessivos anos de seca. Esse fenômeno agrava o processo de erosão e contribui para o estágio avançado de desertificação (MARENGO, 2010).

Assim sendo, o Ceará possui 12 bacias hidrográficas (Figura 02), sendo estas formadas pelos rios Acaraú, Aracatiaçu, Banabuiú, Coreaú, Curu, Jaguaribe, Parnaíba, Salgado, Cocó e Ceará, além de menores rios e riachos. Destaca-se a importância do rio Jaguaribe em relação ao suprimento de água para a população cearense, dado que as três bacias têm como tronco o citado corrente, respondendo aproximadamente 54% da capacidade de armazenagem de água do Estado do Ceará, algo em torno de 9,4 bilhões m³ (IPECE, 2015).

Com efeito, também merece destaque o açude Castanhão, localizado na bacia do Médio Jaguaribe que, com sua capacidade em torno de 6,8 bilhões m³, responde sozinho por cerca de 39% da capacidade de armazenagem de água do Estado. Conforme o mapa abaixo, o Estado do Ceará está subdividido em 12 bacias hidrográficas. Essa divisão foi feita, de modo estratégico, para melhorar a gestão dos recursos hídricos de cada região do Estado.

Figura 02: Bacias Hidrográficas do Ceará



Fonte: IPECE

Ademais, as recargas hídricas são afetadas, negativamente, pela elevação de taxas de evapotranspiração, pela irregularidade espacial e temporal das chuvas (DOS SANTOS *ET AL.*, 2015). Assim sendo, as influências do período de estiagem no setor agropecuário resultaram, desde 2013, na suspensão das atividades de irrigação dos perímetros irrigados do vale do Curu e na restrição do uso de água nos perímetros irrigados dos vales do Jaguaribe, Banabuiú e Acaraú. Vale destacar o fato de que, nas bacias do Curu e sertões de Crateús, as recargas dos reservatórios são insatisfatórias desde 2010.

Nessas regiões, a baixa recarga hídrica dos principais açudes gerou também a crise de abastecimento em municípios como Canindé, Irauçuba, Crateús, Quiterianópolis, Novo Oriente, Apuiarés e Tejuçuoca (IPECE, 2015).

2.3 Perfil Produtivo Cearense

As atividades econômicas predominantes no semiárido do território cearense são a pecuária e a agricultura de subsistência, com o cultivo de mandioca, feijão e milho, estando estas culturas totalmente na dependência da chuva. De acordo com Ferreira *et al.* (2006), O Noroeste Cearense é formado pelas microrregiões de Coreaú, Ibiapaba, Ipu, Litoral de Camocim e Acaraú, Meruoca, Santa Quitéria e Sobral. Nessa região, os solos são férteis e há maior regularidade climática, destacando-se as terras altas da Ibiapaba.

Os cultivos do caju e coco-da-baía se sobressaem no noroeste cearense, sendo voltados para as agroindústrias de Fortaleza e Sobral. Essa mesorregião acolhe uma pecuária com melhor padrão tecnológico em relação aos outros municípios. Na serra da Ibiapaba encontram-se a cafeicultura, fruticultura (destinada ao mercado urbano do Estado) e a olericultura (com grande produção de hortaliças e experiências de agricultura orgânica) (FERREIRA *et al.* 2006).

Já ao norte cearense encontra-se as microrregiões do Baixo Curu, Médio Curu, Baturité, Canindé, Cascavel, Chorozinho, Itaipoca e Uruburetama. Também possui bons solos e a regularidade climática, com destaque para a serra de Baturité que tradicionalmente possui uma área de policultura, inclusive com cultivo de flores, ao passo que no Baixo Acaraú tem-se grande potencial para a irrigação. Vale ressaltar que a atividade de avicultura e turismo rural ali se destacam (FERREIRA *et al.* 2006).

As microrregiões de Fortaleza e de Pacajus produzem mandioca (voltadas para produção de farinha), caju e outras frutíferas, além da forte vocação turística. Por se localizar na zona litorânea, não sofre tanto com os problemas das secas. Os solos são

arenosos e as precipitações pluviométricas são regulares e bem distribuídas. O destaque fica para o artesanato, pois é o de maior expressão do Estado, evidenciado pelo trabalho das rendeiras e bordadeiras (FERREIRA *et al.* 2006).

No sertão cearense, tem-se as microrregiões do sertão de Crateús, sertão de Quixeramobim, sertão de Senador Pompeu e sertão dos Inhamuns. A atividade predominante é a pecuária extensiva que denota baixa produtividade. É uma região típica do semiárido e voltada para a pecuária bovina e caprina, além da produção leiteira e de queijos. A escassez de água castiga o solo dos municípios dessa área, ainda que Quixeramobim apresente muitas áreas férteis. As terras com menor capacidade produtiva estão no Sertão Central e Inhamuns. Também é importante relatar que, de acordo com Ferreira *et al.* (2006), a maior parte da população pobre do Ceará localiza-se nessa região.

2.4 Pluviosidade e produção no cenário recente

Segundo Folhes e Donald (2007) aproximadamente 90% dos totais pluviométricos registrados no Estado acontecem em apenas seis meses. Já no sertão, o período de maior índice pluviométrico coincide com os meses de março e abril, quando se registra uma média anual em torno de 550 milímetros. Já no litoral e nas serras, ela supera 1.000 milímetros e o regime de precipitação é mais bem distribuído de dezembro a junho.

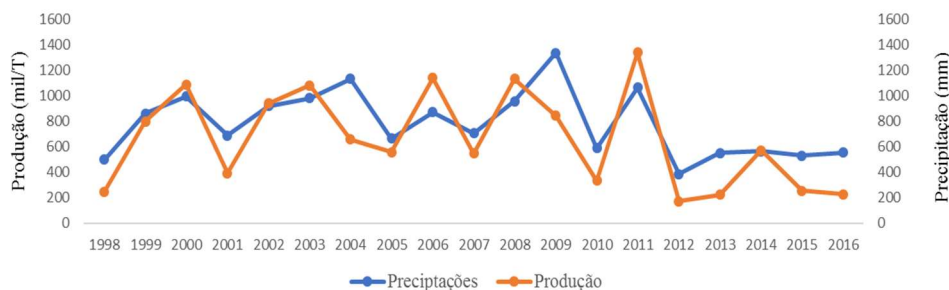
Desse modo, o Estado do Ceará, ao longo de sua história, expressa um quadro de precipitações pluviométricas irregulares e, muitas vezes, escassas, insuficientes para atender as necessidades hídricas das culturas agrícolas (SULIANO *et al.*, 2009). Essa situação, no entanto, se agravou nos últimos cinco anos. Para se ter uma noção, de 2012 a 2016, a precipitação média foi da ordem de 516 mm, sendo que a média histórica é de 805 mm.

De acordo com a Funceme (2016), o Estado vive a seca mais grave desde 1910. Assim sendo, de maneira ilustrativa, pelo Gráfico 01, percebe-se que, nos anos de 1993, 1998, 2001, 2004, 2005, 2007, 2010, ocorreram chuvas esparsas e veranicos ou enchentes (como no caso de 2004), as safras agrícolas apresentaram baixa produtividade e, conseqüentemente, alta quebra de safra.

Constata-se, ainda pelo gráfico 01 que, desde 2012, sucede uma situação prolongada da seca, uma vez que a Região registra poucas chuvas, bem abaixo da média histórica, o que enseja escassez na produção agrícola. Vale ressaltar que as culturas

agrícolas são exploradas, em sua maioria, sob o regime de sequeiro, o que agrava ainda mais a produção em virtude dos efeitos climáticos adversos.

Gráfico 1– Produção de Grãos e Precipitação Pluviométrica, Ceará, 1995 a 2012.



Fonte: IBGE/ FUNCEME/CONAB
Elaboração Própria

De acordo com a CONAB (2017), além da preocupação com a safra de sequeiro, a safra de irrigação também é alvo das irregularidades da quadra chuvosa e, em consequência, com a situação crítica de armazenagem de água. Dentre as culturas cultivadas no sistema sequeiro, destaca-se a cultura do milho. Além de possuir um peso fundamental na economia do Estado, essa cultura está inserida nos hábitos de consumo da população e dá suporte às atividades da avicultura, suinocultura, entre outros. No ano de 2011, chegou a responder por cerca de 70% do total da safra de grãos, sendo a principal cultura de sequeiro do Ceará (CONAB, 2017).

Outro produto de destaque no setor agrícola local, que recebe tanto as influências negativas das baixas precipitações pluviométricas com as incidências mais frequentes de doenças e pragas, é o caju. Nos últimos anos, registra-se aumento na mortalidade dos cajueiros, o que afeta a produtividade e, em consequência, ocasiona a redução acentuada de produção dessa atividade. Vale ressaltar que a cajucultura corresponde a um aglomerado de atividades que culminam em um grande número de produtos intermediários e finais (CONAB, 2017).

O principal produto final gerado é a amêndoa da castanha de caju (ACC), cuja originalidade se dá com o processamento da castanha (verdadeiro fruto). Já da casca de castanha é obtido o líquido da castanha de caju (LCC), de elevado valor comercial. O pedúnculo, por sua vez, possibilita a produção de suco, cajuína e outros, além de ser vendido como fruto de mesa e, também, como produção de ração animal. A amêndoa da castanha de caju é um dos itens de destaque da pauta de exportação do Estado, contudo,

desde 2011, em virtude da irregularidade climática (gráfico 01), o volume exportado caiu significativamente (CONAB, 2017).

A cana-de-açúcar, produto significativo para o Ceará, perde participação no setor agrícola desde 2012. A ocorrência de fechamento de várias usinas de açúcar, etanol e destilaria de aguardente, assim como o fator climático negativo nos últimos anos, contribuíram para desmotivar os agricultores/produtores em investir no melhoramento da cultura no Ceará (CONAB, 2017).

Nos anos recentes, a cana-de-açúcar é destinada, em grande parte, para produzir aguardente (cachaça) e seus derivados, como rapadura, mel e outros para o consumo doméstico. Já o etanol é produzido, a baixa escala, somente no Município de Jaguaruana/CE, o qual utiliza cana própria e parte oriunda de terceiros pela Usina Agropaulo Agroindustrial S/A.

A mandiocultura é cultivada praticamente por pequenos produtores e constitui alimento básico da população, predominando a de baixa renda. Além disso, a mandioca é capaz de produzir alimentos, mesmo de maneira precária, em períodos de seca, comum na região do semiárido

Como foi visto nesse capítulo, a falta de chuvas nos últimos anos afeta setores estratégicos para economia local, como a agropecuária. A próxima seção trará a fundamentação teórica que sustenta a lógica deste experimento acadêmico.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A fim de fundamentar os estudos relativos a medidas de desempenho do setor agropecuário, recorre-se ao arcabouço teórico especializado, de cunho nacional e internacional, buscando na teoria microeconômica modelos que tratem das questões relacionadas aos estudos de eficiência produtiva. Portanto, este segmento contém a revisão literária da metodologia de avaliação da eficiência técnica produtiva.

3.1 Algumas Considerações sobre os Métodos de Eficiência Produtiva

A atividade agropecuária pode ser definida como a função de diversas variáveis que relaciona o ser humano, os recursos naturais e os meios tecnológicos. Atualmente, muitos dos pontos relacionados ao desempenho da atividade agropecuária são potencializados pelos recursos tecnológicos (CERDÁ, 2003).

O progresso técnico utilizado como medida do crescimento do produto *per capita* foi primeiramente utilizado por Solow, através da produtividade total dos fatores expressa por meio da função de produção Cobb-Douglas (FEITOSA, 2009). Em sua obra, Solow estimou a função de produção nos Estados Unidos para o período de 1909 a 1949. O autor identificou a existência de um resíduo que se originou na medição da diferença entre as taxas de crescimento do produto real e as taxas ponderadas de crescimento dos fatores de produção (capital e trabalho). Essa análise, a qual buscava explicar o progresso técnico em decorrência da decomposição dos fatores de produção, é conhecida na literatura de crescimento econômico como resíduo de Solow.

Logo, o dinamismo do progresso técnico passou a ser traduzido também em qualquer deslocamento da função de produção. No que concerne ao conceito microeconômico, a função de produção busca relacionar as quantidades físicas produzidas de determinado produto e as quantidades físicas dos fatores empregados na sua produção, dada uma determinada unidade de tempo (GREENE, 2008). Com suporte nessa vertente, alguns autores elaboraram métodos que buscaram auferir a eficiência da função de produção.

Desde a obra original de Farrell, em 1957, a metodologia da fronteira de produção tornou-se um meio amplamente utilizado na análise de produção aplicada. Isso decorre, basicamente, da consistência empírica desse método, cujo pilar de sua lógica está em definir a função de produção, lucro ou custo, ou seja, a noção teórica da maximização e/ou minimização (FEITOSA, 2009).

Conforme Almeida (2012), uma das medições de eficiência da função de produção consiste na análise de envoltória (DEA). Esse método utiliza a metodologia de análise de eficiência para determinar uma fronteira de produção, sendo uma técnica não paramétrica. Em outras palavras, o objetivo primário de DEA consiste em comparar um certo número de DMUs que realizam tarefas similares e se diferenciam nas quantidades de *inputs* que consomem e de *outputs* que produzem. Na modelagem por DEA são necessárias basicamente três etapas para a implementação do problema: a definição e seleção de DMUs, a seleção das variáveis (*inputs* e *outputs*) e a escolha e aplicação do modelo.

Não é pretensão deste estudo, no entanto, utilizar essa abordagem não paramétrica. Coelli *et al.* (2005) e Hadley (2006) argumentaram que a fronteira estocástica é a mais apropriada às aplicações da agropecuária em razão dos erros aleatórios causados por condições climáticas extremas, bem como pelo fato de as pragas e doenças inerentes ao setor serem incluídas no termo do erro aleatório.

A especificação da função produtiva por fronteira estocástica para dados do tipo *cross-section* consiste, fundamentalmente, em um termo de erro com dois componentes, um para contabilizar os efeitos aleatórios e outro para contabilizar a ineficiência tecnológica. Com efeito, o padrão de fronteira estocástica é um modelo de regressão estimado por máxima verossimilhança com um distúrbio que é assimétrico e não normal (GREENE, 2008).

Muitos trabalhos, recentes, se destinam a comparações multilaterais de eficiência, e é aqui que surge o conceito de metafronteira de produção. Esse método foi proposto por Hayami (1969) e Hayami e Ruttan (1970) e Hayami (1971), cuja utilização permite verificar as diferenças nas tecnologias de produção regional e conhecer o potencial (fronteira) da tecnologia.

Sendo assim, as diferenças são computadas em relação a uma mesma referência, que é a metafronteira de produção (HAYAMI e RUTAN, 1971). Diversos trabalhos utilizaram o conceito de metafunção de produção com o objetivo de analisar as diferenças regionais na produção agrícola, como o de Hayami e Ruttan (1970), Mundlak e Hellinghausen (1982) e Lau e Yatopoulos (1989).

Portanto, de maneira sucinta, apontadas algumas técnicas de medição de desempenho produtivo, torna-se valioso acrescentar que, em suma, a função de produção é um poderoso veículo de análise para a atividade agropecuária e a sua correta estimação e interpretação podem facilitar a tomada de decisão e melhorar significativamente a

alocação dos recursos escassos do governo e do setor privado. Sendo assim, faz-se preciso apontar alguns trabalhos que utilizaram essa e outras técnicas como meio para auferir a eficiência do setor agropecuário e que serviram de referências para a elaboração deste estudo. Ressalta-se, todavia, que os métodos utilizados por esta pesquisa serão abordados com detalhes no próximo capítulo.

3.2 Análise de Desempenho de Produtividade: Distintos Grupos numa mesma Região

As análises das diferenças de produtividade entre os países e regiões são temas recorrentes na teoria de crescimento e desenvolvimento econômico por muitos anos. Há algumas décadas, Hayami e Ruttan (1970) argumentaram que o efeito da taxa de crescimento na produtividade do setor agrícola é vital para a manutenção do setor, no sentido de atender a demanda crescente por alimentos e matérias-primas decorrentes das necessidades da indústria e das cidades. Capalbo *et al.* (1990) explicam que estudos sobre a produtividade podem ser feitos sob variados níveis de análise, isto é, o pesquisador pode escolher analisar a produtividade no plano micro - empresas e setor; ou no plano macro - regiões, países etc.

Posto isso, vários estudos estimaram o crescimento da produtividade agrícola entre os países utilizando dados agregados (CAPALBO *ET AL.*, 1990, FULGINITI E PERRIN, 1998, COELLI E RAO, 2005). De acordo com alguns desses autores, estudos no plano nacional são úteis para comparar as tendências macro, mas não na formulação de políticas no plano micro. Por exemplo, Bernard e Jones (1996) comentaram que as análises de produtividade baseadas em dados agregados de países não podem captar o comportamento de setores específicos da economia.

Em decorrência desse problema, alguns pesquisadores começaram a utilizar dados agrupados para distintas regiões ou estabelecimentos, com a finalidade de comparar as medidas de eficiência técnica (ET) da fronteira de produção por via de modelos separados para cada grupo. Sob essa óptica, Battese *et al.* (1992) estimaram os escores de eficiência técnica (ET) para estabelecimentos que cultivavam trigo em algumas regiões do Paquistão. Assim, foi estimada uma fronteira estocástica de produção para cada região delimitada, porém sem a presença de testes que buscassem captar a utilização de tecnologias iguais ou diferentes.

De acordo com Moreira e Bravo-Ureta (2010), numa situação em que diversos grupos de agricultores estão efetivamente fazendo uso da mesma tecnologia,

então a medição da eficiência técnica deve ser feita com relação a uma fronteira comum, em vez de depender de fronteiras separadas para cada grupo. Essa é a dinâmica da abordagem metafronteira (MF) introduzida por Battese e Rao (2002), redefinida por Battese *et al.* (2004) e depois por O'Donnell *et al.* (2008).

O estudo de O'Donnell, Rao e Battese (2008) mostra que firmas situadas em regiões distintas se deparam com diferentes oportunidades de produção. A partir de diferentes conjuntos de tecnologia, escolhe-se o método eficiente de produção com diferentes combinações factíveis de “insumo-produto”, isto é, diferenciações tecnológicas da região influenciam na eficiência do setor em estudo. Essas diferenças podem ser explicadas pela disponibilidade e qualidade do estoque de capital físico, humano e financeiro, pela infraestrutura econômica, pela dotação de recursos naturais etc.

3.3 Alguns Estudos sobre a Eficiência Técnica de Produção a Nível Nacional

A maioria das pesquisas encontradas sobre o tema tinham como objetivo de verificar o crescimento ou não da produtividade agrícola e/ou apontar evidências empíricas de ganhos em PTF. Conforme Da Silva *et al.* (2016), existe uma deficiência na quantidade de estudos que se destinam a analisar a produtividade do semiárido brasileiro, inclusive no semiárido cearense. Dos estudos realizados, destacam-se os de Vicente (2004), Araújo e Macal (2015), Araújo Wiliam e Araújo (2016) e Da Silva *et al.* (2016).

Sousa Júnior (2003) empregou o método DEA para realizar a análise da eficiência técnica, alocativa e econômica de uma amostra com 68 produtores de camarão, cujo o tamanho populacional corresponde a 210 produtores cearenses. Os insumos que o autor utilizou na pesquisa foi: pós-larvas, trabalho contratado, produtos para correção, ração, fertilizante, defensivos e energia elétrica.

Desse modo, os resultados encontrados indicaram que 38 carcinicultores foram considerados tecnicamente eficientes, utilizando o pressuposto de retornos constantes de escala. As medidas de eficiência técnica ficaram dentro do intervalo de 0,9 a 1, o que correspondeu a 55,88% do total da amostra. Além disso, foi constatada uma possível diminuição de insumos dos produtores ineficientes, que ficou em torno de 19,11%.

Já os autores Almeida Lima e Casimiro Filho (2006), analisaram o impacto da política de investimentos na agropecuária sobre os demais setores da economia cearense. Como instrumental analítico, fizeram uso da teoria de insumo-produto. As conclusões apontaram para a importância do setor agropecuário na economia do Estado

em termos de geração de produto e de emprego, chamando a atenção para o caráter multiplicador da expansão dos investimentos voltados para esta atividade.

Os trabalhos de Ferreira, Ramos *et al.* (2006) tiveram como objetivo investigar o crescimento da agropecuária cearense baseado na observação e comparação das produtividades parciais e totais no período de 1975 a 2005. Para isso, a amostra foi dividida em sete mesorregiões e os autores adotaram o índice de Törnqvist-Theil para medir a produtividade. Concluíram que, na quase totalidade, as pequenas variações na produtividade da agropecuária não afetaram as mudanças estruturais ocorridas. Portanto, segundo os autores, as políticas públicas ocorridas no período de estudo não foram suficientes para o bom desempenho agrícola cearense.

Silva *et al.* (2010) analisaram a eficiência técnica e a rentabilidade econômica dos produtores comerciais de leite do Estado do Ceará. Os dados são provenientes de pesquisa primária. Foram utilizadas como método a fronteira estocástica de produção e as medidas de resultado econômico. Sendo assim, as empresas apresentaram uma taxa de eficiência técnica média de 80%. Todas as variáveis utilizadas para definir a fronteira de produção no estudo foram estatisticamente significativas, assim como as variáveis utilizadas para explicar a ineficiência técnica. Quanto ao comportamento dos indicadores técnicos de produtividade e de rentabilidade econômica, o estudo constatou que à medida que cresce a eficiência técnica das unidades, também crescem os índices de produtividade, redução dos custos operacionais e elevação das margens de rentabilidade. Concluíram pela existência de elevada correlação entre o nível de eficiência e o volume de leite produzido, o que indica efeito-escala nessa atividade.

Gasques *et al.* (2012) analisaram a PTF da economia brasileira no período 1970 a 2006. Constataram que o aumento na produtividade total dos fatores foi o principal motor de crescimento da agricultura brasileira. Para o período de 1995/1996 – 2006, no que diz respeito à taxa de crescimento da produtividade dos estados nordestinos, a pesquisa constatou crescimento superior à média nacional, excetuando os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, que foram na contramão dessa tendência.

Loures (2013) analisou o nível de eficiência econômica, no contexto municipal, dos produtores rurais de Minas Gerais. Os métodos empregados pelo autor na pesquisa foram a análise de envoltória de dados e a análise de fronteira estocástica, em um total de 750 municípios para 1996 e 842 para 2006. No que diz respeito ao método não-paramétrico, considerou-se a tecnologia com Retornos Constantes de Escala, enquanto para o paramétrico admitiram-se as distribuições do erro assimétrico meia-

normal e normal-truncada. Após essa estimação veio o modelo de regressão censurada (TOBIT) para tentar identificar quais variáveis minimizariam os escores de eficiência.

Com base neste estudo, observou-se que a maioria dos municípios, em ambas as metodologias, obteve um índice de eficiência maior do que 0,50 e menor ou igual a 0,70. Somente para a fronteira estocástica de 2006, sob o pressuposto de uma distribuição meia-normal, o nível de eficiência no qual se concentrou a maioria dos municípios ficou abaixo de 0,50. No modelo não paramétrico, dois municípios alcançaram a eficiência máxima, enquanto para a fronteira de produção estocástica nenhum município foi classificado como economicamente eficiente. Em suas considerações finais, os autores indicam haver a necessidade de uma política de fomento que oriente, capacite e estimule a adoção de novas técnicas pelos produtores, melhorando assim o nível de eficiência.

No tocante à produção total dos fatores (PTF), Ferreira e Araújo (2014) estudaram a PTF agrícola no Brasil e sua decomposição no período 1970 a 2006, baseados nos dados do censo agropecuário. Os resultados mostraram uma variação na PTF agropecuária brasileira positiva, sendo que o Estado do Mato Grosso foi o que obteve a maior variação, seguido pelo Rio Grande do Norte, o Amapá e o Piauí. Estados importantes para a agropecuária brasileira, como Bahia, Minas Gerais e São Paulo, permaneceram com as variações na PTF positivas. Espírito Santo e Minas Gerais foram os estados que demonstraram variação maior com relação à eficiência técnica.

Araújo e Mancal (2015) analisaram a produtividade total dos fatores na região Nordeste do Brasil para produção agrícola. Para isso, foi utilizada como método a estimação da fronteira de produção para determinar o índice de produtividade total dos fatores (PTF) de Malmquist, o qual é decomposto nos índices de variação de eficiência e variação tecnológica. As conclusões indicaram que o crescimento da PTF não foi homogênea entre os estados nordestinos, mas, mesmo assim, o setor agropecuário demonstrou ganhos de produtividade crescentes de 1970 a 2006.

Helfand, Magalhães e Rada (2015) analisaram também a PTF e a eficiência técnica pelo o modelo de fronteira estocástica, com suporte nos censos agropecuários no ano de 1985, e também para o período 1995-1996 e 2006. Com isso, foi examinada a relação entre o tamanho da propriedade e o crescimento da PTF agrícola do Brasil.

Para captar essa relação, os autores dividiram os estabelecimentos agrícolas em classes, baseados no tamanho do empreendimento e nas suas respectivas contribuições ao crescimento da PTF nacional. Os resultados para o Nordeste indicam que a segunda menor classe de estabelecimentos (de cinco a 20 hectares) respondeu por cerca de 18%

da produção e 21% dos estabelecimentos da região. Os autores ressaltam que o Nordeste foi a classe que mais evoluiu em termos de eficiência técnica (7,75%), e também com relação ao crescimento da PTF (4,12%).

Os autores De Souza e Teixeira (2015) estudaram a estimativa PTF, via índice de Malmquist, para as culturas de cana-de-açúcar, milho e soja, na agricultura de Goiânia - Brasil. Concluíram que, no intervalo dos anos de 1985 a 2006, a maioria das microrregiões produtoras obteve consideráveis ganhos em produtividade. Já para o ano de 2006, os níveis de produtividade foram maiores do que os observados em 1985. Esse resultado foi condicionado, em grande medida, pela variação positiva do subíndice de mudança tecnológica.

Araújo e Araújo (2016) analisaram a produtividade total, a eficiência técnica e a variação tecnológica do valor total da produção agrícola dos municípios cearenses no período de 1970 a 2006. Mediante a utilização do índice de produtividade total de Malmquist e do modelo de fronteira de produção estocástica, concluíram que os investimentos e o valor total dos bens possuem importante influência na atividade agrícola dos municípios cearense. Na variável terra e trabalho, no entanto, apontaram efeitos negativos.

Em suma, trabalhos que buscam medir a eficiência técnica de metafronteira (MF) na região semiárida brasileira são pouquíssimos na literatura econômica. Sendo assim, o estudo de Da Silva *et al.* (2016) se destaca nesse sentido, e serviu como referência para a realização desta pesquisa. Desse modo, de acordo com Da Silva *et al.* (2016), foram examinadas as diferenças tecnológicas da produção agropecuária entre os municípios do semiárido e não semiárido nordestino.

Para tanto, fizeram uso do método de metafronteira. O objetivo do trabalho foi o de saber até que ponto as diferenças regionais influenciam nos resultados de eficiência de produção. Os resultados confirmaram a hipótese de os municípios pertencentes ao semiárido e demais regiões se depararem com distintas oportunidades de produção. Quando se comparam as duas regiões, o não semiárido possui a maior eficiência técnica (ET) média com relação à metafronteira.

Apresentados alguns estudos sobre desempenho produtivo agropecuário nas diversas regiões brasileiras, faz-se necessário conhecer alguns estudos internacionais que também serviram como base para se elaborar esta dissertação.

3.4 Alguns Estudos sobre a Eficiência Produtiva no Contexto Internacional

Moreira e Bravo-Ureta (2010) fizeram uma comparação entre a eficiência técnica e os índices de metatenologia (MTR) para fazendas leiteiras da Argentina, Chile e Uruguai, usando a abordagem de metafronteiras (MF). As MTR médias estimadas para Argentina, Chile e Uruguai são 83,8, 79,6 e 91,4%, respectivamente, e estes resultados são significativamente diferentes um do outro.

De acordo com os resultados da pesquisa, as eficiências técnicas estimadas com relação ao MF são 72,8, 65,8 e 73,4% para Argentina, Chile e Uruguai, respectivamente. As médias de eficiências técnicas para Argentina e Uruguai não são significativamente diferentes entre si, mas são significativamente mais altos do que o valor para o Chile.

As fronteiras de produção da Argentina e do Uruguai são relativamente próximas à metafronteira, o que sugere que esses dois países talvez precisem aumentar os investimentos para promover a pesquisa local a fim de gerar novas tecnologias. Em contraste, o Chile poderia se beneficiar da pesquisa adaptativa, destinada a tornar a tecnologia emprestada da Argentina e / ou do Uruguai aplicável às condições locais, o que poderia ser uma maneira econômica de melhorar o desempenho da fazenda leiteira.

Tan *et al.* (2010) utilizaram dados detalhados de famílias, culturas e colheitas para investigar os níveis e determinantes da eficiência técnica dos produtores de arroz em três vilarejos, com características diferentes, em uma das principais áreas de cultivo do sudeste da China. Os resultados obtidos pelo modelo de fronteira estocástica mostraram diferenças estatisticamente significativas no nível de tecnologia entre as aldeias, sendo a aldeia mais remota com o menor nível tecnológico.

De acordo com o estudo, dentro das aldeias, a eficiência técnica média foi relativamente alta, variando de 0,80 a 0,91 para os três tipos de arroz que são cultivados na região. Concluíram que a deterioração das terras é um determinante importante na ineficiência técnica na produção de arroz. Ressaltaram também que um aumento no tamanho médio do nível de colheita fez crescer a eficiência técnica dos produtores de arroz.

Ndlovu *et al.* (2014) avaliaram a produtividade e a eficiência da produção da cultura de milho na agricultura de conservação (AC). Sendo assim, a análise tomou como base uma amostra de três anos (2008-2010) de pequenas famílias agricultoras em 15 distritos rurais no Zimbábue. Fez-se uma comparação da AC com métodos alternativos de agricultura convencional. A estratégia empírica consiste em dois métodos, sendo que

no primeiro utilizaram um modelo de efeitos fixos, estimando a função de produção de milho, obtendo, assim, estimativas de mudanças técnicas da agricultura de conservação e da agricultura convencional.

Em segundo lugar, estimaram uma fronteira de produção estocástica conjunta para comparar a produtividade e a eficiência técnica da AC e da agricultura convencional. Os resultados da análise de eficiência mostram que os agricultores produzem 39% mais na AC em comparação com a agricultura convencional, mas os níveis de eficiência técnica são essencialmente iguais em ambas as tecnologias. Globalmente, os resultados mostram ganhos de rendimento significativos nas práticas da AC e contribuições significativas para a produção de alimentos.

Jiang e Sharp (2015) analisaram as fazendas leiteiras da Nova Zelândia e da Ilha do Norte e do Sul, utilizando o método de fronteira estocástica e um painel desequilibrado para o período de 1998/99 e 2006/07. Os resultados indicaram heterogeneidade na tecnologia de produção entre as fazendas localizadas nas ilhas analisadas. Logo, fizeram uso da metafronteira (MF) para calcular o hiato tecnológico e comparar a eficiência técnica, mediante o uso de programação linear. Constataram que as fazendas localizadas no Norte seguiram melhores práticas de manejo, pois estão mais próximas à metafronteira.

Fei e Lin (2016) abordaram a heterogeneidade tecnológica agrícola, empregando o método metafronteira e DEA para medir a eficiência energética agrícola da China. Em seguida, empregaram índice Malmquist para explorar a mudança da produtividade energética. Os resultados mostram que a eficiência energética agrícola é bastante baixa e tem características regionais diferentes. Por exemplo, a eficiência energética das regiões costeiras orientais é significativamente superior à do interior ocidental. A perda de eficiência energética vem, principalmente, da ineficiência gerencial, em vez da lacuna tecnológica em geral.

De acordo com os autores, o índice de Malmquist revelou que a produtividade da energia agrícola melhorou de modo geral, principalmente em virtude dos avanços tecnológicos, enquanto a deterioração da produtividade da energia agrícola decorre da redução da eficiência técnica. Portanto, sugeriram que a inovação tecnológica e a eficiência gerencial sejam promovidas para aumentar a eficiência energética e que se deve prestar mais atenção à região ocidental para equilibrar a diferença regional, o que ajuda no desenvolvimento sustentável da China.

Em seus estudos, Beltran *et al.* (2017) fizeram uma análise da sustentabilidade juntamente com uma avaliação conjunta dos aspectos ambientais, sociais e econômicos dos processos produtivos na Espanha. Utilizaram três métodos: Análise de Ciclo de Vida (ACV), a Abordagem de Distância Direcional (DDF) de Metafronteira e Análise de Envoltória de Dados (DEA), para avaliar as diferenças tecnológicas e gerenciais na ecoeficiência entre sistemas de produção.

Utilizaram a ACV para calcular suas influências ambientais e de saúde associadas aos processos de produção de cerca de 200 fazendas de cultivos de limão pertencentes a sistemas de agricultura orgânica e convencional. O método DEA foi empregado para obter os resultados das fazendas na esfera econômico-ambiental que chamaram de ecoeficiência. O método DDF permitiu aos pesquisadores determinar os escores de ecoeficiência global das fazendas, bem como os escores de ecoeficiência com respeito a impactos ambientais específicos. Além disso, a utilização de uma MF ajuda na separação das ecoineficiências tecnológicas e gerenciais, comparando a ecoeficiência de ambos os sistemas agrícolas com um ponto de referência comum.

Os principais resultados sugeriram que a mudança da tecnologia convencional para agricultura orgânica permitiria uma potencial redução dos impactos ambientais de 80% sem resultar em qualquer queda no desempenho econômico. Em contraste, no que diz respeito às capacidades gerenciais dos agricultores, ambos os sistemas denotam índices médios bastante semelhantes.

De modo geral, a totalidade de autores que defende o melhoramento da PTF no sentido de auferir ganhos na produção é bastante ativa na literatura especializada. Portanto, o próximo capítulo trará a base teórica dos modelos de eficiência produtiva empregadas nesta pesquisa, com o intuito de buscar validar o objetivo exposto desta análise.

4 METODOLOGIA

Neste segmento são mostrados os pressupostos teóricos, métodos, modelos empíricos e a base de dados efetivamente utilizados na pesquisa. Sendo assim, o conteúdo deste capítulo está totalmente baseado no funcionamento teórico da dinâmica do modelo de fronteira de produção, e também expõe os percalços para se chegar na construção da metafronteira (MF) de produção.

4.1 Fundamentação Teórica sobre a Função de Produção Estocástica

A mensuração de eficiência está intrinsecamente relacionada com a teoria da produção e com os conceitos de função de produção e distância. Vale ressaltar que a função de produção é comumente chamada na literatura especializada de fronteira de produção (DA SILVA *et al.*, 2016). Logo, a função de produção possibilita analisar os diferentes conjuntos tecnológicos de uma firma, sendo representada pela equação:

$$y = f(x) \quad (1)$$

Onde y representa o vetor produto e $x = (x_1, x_2 \dots x_N)'$ é um vetor insumo $N \times 1$

A função de produção retrata o máximo de produtos (y) que se pode obter a um determinado nível de insumos (x), ou seja, ela representa o atual estágio tecnológico de uma determinada firma. A especificação da função de produção por fronteira estocástica para dados tipo "cross-section", consiste, fundamentalmente, em um termo de erro com dois componentes, um para contabilizar os efeitos aleatórios e outro para contabilizar a ineficiência tecnológica.

Em 1995, Battese e Coelli fizeram uma nova adaptação ao modelo de tal maneira que incorporaram variáveis explanatórias no termo de erro atribuído à ineficiência. Desse modo, o modelo de fronteira estocástica, em sua configuração genérica, é representado assim:

$$y_{it}^j = f(X_{it}, \beta^j) \cdot \exp\{v_{it}^j - u_{it}^j\} \quad (2)$$

Onde v_{it}^j é um termo de erro aleatório que possui média zero, no qual está associado a fatores fora do controle do produtor, como a variação climática e erros de medida por exemplo. Já o termo de erro u_{it}^j corresponde a uma variável aleatória não negativa, associada aos fatores de ineficiência técnica da i -ésima firma, que desloca para baixo a fronteira e produção.

De acordo com Batiess e Coelli (1992), a eficiência técnica contida neste modelo é obtida pela razão entre a produção observada e a produção correspondente à fronteira de produção. Logo, sua expressão é dada pela seguinte fórmula:

$$ET_{it}^j = \frac{y_{it}^j}{f(x_{it}^j, \beta_{it}^j) \cdot \exp\{v_{it}^j\}} = \{exp(-u_{it}^j)\}, j = 1, 2 \dots J \quad (3)$$

Sendo assim, o componente corresponde aos choques exógenos, v_i , é simétrico ($-\infty < v_i < \infty$) e assume-se que é independente e identicamente distribuído. O v_i possui distribuição normal $iidN(0, \sigma_v^2)$ e capta os efeitos estocásticos fora do controle da firma. Por outro lado, o termo u_i é um componente de eficiência unilateral ($u_i \geq 0$) e cabe a ele capturar a ineficiência técnica da i -ésima firma. Esse termo unilateral pode seguir a distribuição normal truncada, meio normal, exponencial e gama.

A fronteira estocástica pode ser estimada por MQO, obtendo-se, assim, a função de produção média. Também pode ser estimada por MQO corrigidos, cuja principal característica reside no deslocamento da função para cima ou para baixo, o que irá depender da função a ser estimada, se de produção ou de custo. O método mais utilizado encontrado na literatura especializada, porém, é o de máxima verossimilhança (MV).

Conforme Greene (2008), esse é o método mais eficiente para estimar a fronteira de produção. Portanto, quando se estima a fronteira de produção, que na prática não é conhecida, se está comparando as atividades observadas com a fronteira. Sendo assim, a teoria da fronteira estocástica consiste em estimar uma fronteira de produção teórica utilizando métodos econométricos para analisar a eficiência técnica das unidades produtivas.

4.2 O Método de Metafronteira (MF)

O método de metafronteira (MF) da produção consiste na comparação multilateral de eficiência. O emprego da metafronteira parece ser muito oportuno quando se pretende calcular as diferenças nas tecnologias de produção regional e conhecer a fronteira tecnológica. De acordo com Hayami e Ruttan (1971), essas diferenças são computadas com base em uma referência, que é metafunção. Diversos trabalhos utilizaram o conceito de metafunção (MF) de produção com o objetivo de analisar as diferenças regionais na produção agrícola, como o de Hayami e Ruttan (1970), Battese (1992) e Moreira e Bravo-Ureta (2010).

Dado o conjunto produto, $P(x) = \{y: x \text{ pode produzir } y\} = \{y: (x, y) \in T\}$ - que representa a curva de possibilidade de produção - sua borda será traduzida como sendo o produto de metafronteira. Nesse momento, vale apresentar mais um conceito importantíssimo para entender a dinâmica desse método, que é o da função de metadistância produto orientado. De maneira pura e simples, essa função mede a quantidade máxima do produto que a firma pode obter pela utilização de dado vetor insumo. Assim, Segundo Coelli; Rao; Battese (2005), uma combinação de insumo e produto (x, y) , sob a óptica do método de metafronteira, só será eficiente, se e somente se, $d_o(x, y) = 1$. Essa premissa, no entanto, só será validada se forem respeitadas as propriedades da função distância produto orientada que são:

- i) $d_o(x, y) = 0$, para todo x não negativo;
- ii) $d_o(x, y)$ é não decrescente em q e não negativa em x ;
- iii) $d_o(x, y)$ é linearmente homogênea em q ;
- iv) $d_o(x, y)$ é quase-convexa em x e convexa em q ; e
- v) se q pertence ao conjunto de possibilidade de produção de x (i.e., $q \in P(x)$), então $d_o(x, y) \leq 1$.

Pode-se ainda conceituar a existência de subtecnologia que representa as possibilidades de produção de regiões onde as firmas estão localizadas. É válido o fato de, em razão do objetivo desta dissertação, os municípios cearenses serão divididos em j (>1) regiões, justamente para facilitar a visualização das possibilidades de produção das várias regiões onde as firmas se localizam, ou seja, para captar as subtecnologias.

Como o objetivo deste estudo é analisar as diferenças tecnológicas entre o semiárido e não semiárido (duas regiões), é notório que cada delimitação geográfica apontará suas características e restrições de recursos naturais, entre outras coisas. O fato é que essas restrições, sejam elas de natureza ambiental ou de estrutura produtiva, devem influenciar no desempenho dos grupos (regiões), de modo que os restrinja a atingirem todas as possibilidades de combinações entre insumos e produtos expostos no conjunto de metatecnologias.

Logo, essas combinações, que são tecnicamente factíveis para as firmas localizadas na região analisadas estão inseridas em um conjunto tecnológico de um grupo (região) específico. Portanto, a borda do conjunto produto daquela região delimitada pelo pesquisador é dada como fronteira regional.

Para que isso ocorra, no entanto, alguns pressupostos têm que ser respeitados com relação ao conjunto produto e função distância. Esses pressupostos são:

- i) se $(x, y) \in T^j$ para cada j então $(x, y) \in T$;
- ii) se $(x, y) \in T$, então $(x, y) \in T^j$ para algum j ;
- iii) $T = \{T^1 \cup T^2 \cup T^3 \dots \cup T^j\}$;
- iv) $d^j(x, y) \geq d(x, y)$, para todo $k=1,2, \dots, j$; e
- v) a convexidade de $P(x)$ não necessariamente implica a convexidade do conjunto.

Convém destacar que esses pressupostos são derivadas do conjunto produto região específica ($P^j(x)$, $j = 1, 2, \dots, J$) serem subconjuntos do produto irrestrito $P(x)$. Ressalte-se, mais uma vez, que a borda do conjunto produto da região-específica é referida como *fronteira regional*.

Analisando atentamente o pressuposto *iv*, tem-se que a fronteira regional não pode de maneira alguma ser menor de que a função metadistância. Em outras palavras, a metafronteira simplesmente é a curva envoltória de todas as fronteiras regionais. O cálculo da distância entre a fronteira regional j e a meta-fronteira (MF), desde que se obedeça ao pressuposto *iv*, é aplicável quando se tem distâncias diferentes, o que é denominado de razão de metatecnologia (MTR) para a região- j . tem-se que:

$$MTR^j(x, y) = \frac{d(x,y)}{d^j(x,y)} = \frac{ET(x,y)}{ET^j(x,y)} \quad (4)$$

Pode-se extrair da equação MTR o seguinte:

$$ET^*(x, y) = ET^j(x, y) \times MTR^j(x, y) \quad (5)$$

Essa nova expressão diz que a eficiência técnica da firma no tocante à meta-fronteira é o produto entre a eficiência técnica da fronteira regional específica e a metatecnologia. Por conseguinte, a ferramenta teórica empírica utilizada neste estudo foi o de Battese e Coelli (1992; 1995) O'Donnell, Rao e Battese (2008), empregadas pelos trabalhos de Moreira e Bravo-Ureta (2010), e Silva *et al.* (2016).

Portanto, o processo de obtenção dos valores de MF utilizados neste trabalho consiste em dois estágios, sendo que o primeiro tem como pilar de sustentação a elaboração de fronteiras estocásticas regionais e o segundo leva em consideração a estimação da MF por meio de técnicas de programação linear.

4.3.A Metafronteira (MF) e as Varáveis de Estudo

A elaboração da metafronteira de produção estocástica ocorre em dois estágios. O primeiro mostra a mesma dinâmica do modo funcional do modelo de fronteira estocástica já especificado na seção 4.1. No contexto desta pesquisa, as fronteiras

estocásticas regionais imprimem a relação entre insumos e produtos dos diversos municípios cearenses do semiárido e das demais regiões. Para tanto, cada grupo de municípios apresentará uma fronteira estocástica regional. Assim, tem-se que:

$$y_{it}^j = f(X_{it}, \beta^j) \cdot \exp\{v_{it}^j - u_{it}^j\} \quad (6)$$

Onde:

- i) y_{it} corresponde a produção observada do município i no ano t ;
- ii) X_{it} são as variáveis explicativas associadas aos municípios cearenses;
- iii) β^j é o vetor $K \times 1$, ou seja, os parâmetros desconhecidos região do Ceará semiárido e não semiárido;
- iv) v_{it}^j e u_{it}^j é a composição do termo do erro já especifica na seção 4.1.

Destarte, de forma sucinta, tem-se as considerações:

- Será empregado o método máxima verossimilhança para calcular as estimativas dos parâmetros da fronteira estocástica.
- A hipótese do erro de ineficiência tem distribuição HN, $idN(0, \sigma_v^2)$;
- $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$; $\lambda^2 = (\sigma_u^2) / (\sigma_v^2) \geq 0$, denota a função log verossimilhança em função das variâncias dos parâmetros. Se $\lambda = 0$, não existe o efeito de ineficiência técnica e os desvios da fronteira são devidos aos ruídos estocásticos.

$$ET_{it}^j = \frac{y_{it}^j}{f(X_{it}^j, \beta_{it}^j) \cdot \exp\{v_{it}^j\}} = \{\exp(-u_{it}^j)\}, \quad j = \text{semiárido e não semiárido},$$

mostra o resultado da eficiência técnica para cada município cearense.

- Utilizou-se o teste da razão de verossimilhança (LR) para verificar a hipótese de que as duas regiões são representadas pela mesma fronteira de produção estocástica. Caso H_0 for rejeitada, aceita-se a H_1 (existência de fronteiras regionais distintas);
- Os resultados das ETs obtidos pela estimação das fronteiras regionais não podem ser comparados. Para tal feito, utiliza-se o conceito de metaprodução para comparar distintos ganhos ou perdas entre as duas regiões do Ceará.
- A expressão $y_{it}^* = f(X_{it}, \beta^*) \equiv \exp\{X'_{it}\beta^*\}$ denota a função de metafronteira de produção, onde:

y_{it}^* Indica o produto da metafronteira; e

β^* Indica o vetor de parâmetros para a MF.

O parâmetro da MF de produção tem que respeitar a seguinte restrição: $X'_{it}\beta^* \geq X'_{it}\beta^j$, onde o j representa a região semiárida e não semiárida.

Em seus estudos, O'Donnell, Rao e Battese (2008) introduziram duas formas para o cálculo do β^* , onde o primeiro utiliza os valores estimados da metafronteira estocástica, utilizando os produtos, insumos de todas as firmas. Em razão dos problemas de má especificação, esse método não garante que a metafronteira represente a envoltória das fronteiras regionais.

O segundo método da MF foi definido por Battese *et al.* (2004) como uma fronteira paramétrica de forma funcional especificada de modo que o valor previsto para o MF seja maior ou igual ao valor previsto desde a fronteira estocástica para todas as empresas, grupos e períodos. Sendo assim, o segundo método consiste em dois passos. O primeiro passo é obter as ETS das fronteiras estocásticas regionais e segundo passo é a estimação de β^* pelo problema de programação linear:

$$\begin{aligned} \min_{\beta} L &\equiv \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N |\ln f(X_{it}, \beta^*) - \ln f(X_{it}, \hat{\beta}^j)| \\ \text{s.a. } \ln f(X_{it}, \beta^*) &\geq \ln f(X_{it}, \hat{\beta}^j), \text{ para todo } i \text{ e } t \end{aligned} \quad (7)$$

Esse problema é resolvido usando o conjunto de dados agrupados e, portanto, inclui todas as observações para todos os grupos, uma vez que $\hat{\beta}^j$ consiste no vetor de coeficientes estimados das j -ésimas fronteiras estocásticas para a fronteira estocástica para cada j -ésimo grupo e os vetores de *input* são assumidos como fixos para todo o problema. Assim, a função $f(\cdot)$ é uma log linear nos parâmetros, como foi assumido em (12), logo, escreve-se o problema linear:

$$\min_{\beta} \bar{X} \beta^* \quad (8)$$

$$\text{s.a. } X'_{it} \beta^* \geq X'_{it} \beta^j, \text{ para } j = 1, 2, \dots, J, \text{ para todo } i \text{ e } t \quad (9)$$

Onde:

\bar{X} é a média aritmética dos vetores X'_{it} do j ésimo grupo (BATESSE ET AL., 2004)

Uma vez que o problema de programação linear foi resolvido, as ET com as respectivas MT (ET*) podem ser estimadas para os grupos da análise. A diferença entre ET* (eficiência técnica em relação a metafronteira) e a ET $_j$ (eficiência técnica da fronteira estocástica dos grupos) corresponde ao hiato entre a fronteira individual do grupo e a metafronteira, conhecida por MTR $_j$.

As MTR^j são definidas pelas diferenças entre a tecnologia disponível para a região j relativas a melhor tecnológica disponível para a indústria como um todo. Assim se tem as definições algébricas de:

1. $y_{it}^j = \exp(-u_{it}^j) \times \frac{f(X_{it}^j, \beta^j)}{f(X_{it}^j, \beta^*)} \times f(X_{it}^j, \beta^*) \exp(v_{it}^j)$, consiste no produto observa da firma (município i) na região j para um dado ano t
2. $MTR_{it}^j = \frac{f(X_{it}^j, \beta^j)}{f(X_{it}^j, \beta^*)}$, onde $0 \leq MTR_{it}^j \leq 1$, é a razão de metatecnologia observada da firma (município i) na região j para um dado ano t
3. $ET_{it}^{*j} = \frac{y_{it}^j}{f(X_{it}^j, \beta^*) \exp(v_{it}^j)} = TE_{it}^j \times MRT_{it}^j$, é a eficiência técnica relativa a metafronteira.

4.4. Base de Dados e o Modelo Empírico

Os dados foram obtidos dos Censos Agropecuários de 1970 a 2006, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foram retiradas 138 informações dos municípios cearenses, sendo divididas em duas regiões: semiárida e não semiárida. Essa delimitação regional está baseada nas classificações da Sudene para o Estado do Ceará. Além disso, foram usadas informações do Sistema de Contas Regionais encontradas na plataforma Ipeadata, em uma série temporal de 1970, 1975, 1980, 1985, 1995-1996 e 2006.

Dividiu-se também a série histórica em quatro períodos: 1975, 1985, 1995/1996, 2006. A fim de manter o painel balanceado na amostra, foram retirados tanto os municípios que não apresentaram informações com relação a alguma variável em algum ano, quanto àqueles que em determinado ano deixaram de ser semiárido e/ou não semiárido. Em razão disso, dos 184 municípios do Estado do Ceará, 138 estão contidos na amostra final.

Do total de observações, 117 (85% do total da amostra) estão inseridas na região semiárida e 21 (15% do total da amostra) nas demais regiões. Vale destacar que também houve disparidades no tamanho dos grupos nos seguintes estudos: de Oliveira *et al.* (2014), cuja observações foram divididas em quatro grupos, dos quais o grupo 1 representava 89% do total, grupo 2 (6%), grupo 3 (4%) e grupo 4 (1%). Jiang e Sharp (2015) dividiram a amostra em dois grupos: região norte (83%) e região sul (17% do total das observações).

Com relação as limitações do estudo, tem-se que: a) não foi possível separar a região rural e urbana dos municípios, em razão da própria natureza dos dados. b) a análise por estabelecimentos agropecuários seria o ideal, porém não existem dados disponíveis para isso.

No tocante aos programas utilizados, recorreu-se ao *software* estatístico R-Project para a estimação dos parâmetros de fronteiras (pacote *frontier*) e o Shazam para a estimação dos parâmetros de metafronteira tecnológica. Com relação as variáveis escolhidas, foram deflacionados a preços de 2000 pelo deflator implícito do PIB retirados do Censo Agropecuário, com exceção da variável equipamento (contida no fator capital) que no Censo Agropecuário dos anos de 1995/1996 não foi disponibilizada.

Sendo assim, foi utilizada uma *proxy* proposta por Braganolo (2012) e utilizada por Silva *et al.* (2016), deflacionada a preços (R\$) de 2000 pelo deflator implícito da formação bruta de capital, retirado do IPEADATA. O Quadro 2 possui informações das variáveis utilizadas que representam os fatores de produção.

Quadro 01- Variáveis Utilizadas na Pesquisa

Fator de Produção	Variável de Representação na Amostra
Produto	PIB Agropecuário Municipal
Terra	Área total das terras plantadas com lavouras permanentes e temporária
Trabalho	Pessoal ocupado na agropecuária (proprietários + trabalhadores contratados)
Despesas com insumos	Gastos com fertilizantes, defensivos, sementes, mudas energia etc
Estoque de Capital	Valor dos bens dos agricultores (Soma de construções rurais, máquinas e equipamentos)

Fonte: Da Silva *et al* (2016)

Elaboração Própria

No que diz respeito ao modelo empírico, o primeiro passo para mensurar a metafronteira (MF) de produção consiste em encontrar os valores estimados das fronteiras regionais por fronteira estocástica. Assim, a fronteira estocástica de produção é dada por:

$$\ln Y_{it}^j = \beta_1 + \beta_2 \ln L_{it}^j + \beta_3 \ln T_{it}^j + \beta_4 \ln K_{it}^j + \beta_5 \ln I_{it}^j + v_{it}^j - u_{it}^j$$

Y_{it} = produto agropecuário do município cearense i no tempo t , da região j ;

L_{it} = fator de produção terra do município cearense i no tempo t da região j ;

T_{it} = trabalho por município i no tempo cearense t da região j ;

K_{it} = estoque de capital por município cearense i no tempo cearense t da região j ;

I_{it} = despesas com insumos por município cearense i no tempo t da região j ;

v_{it} = distúrbios aleatórios da função de produção e que por hipótese se distribui como $iid \sim N(0, \sigma^2)$

u_{it} = ineficiência técnica da produção que assume-se, por hipótese a distribuição $iid \sim HN(0, \sigma^2)$ ou a distribuição $u_{it} \sim iid N^+(\mu, \sigma_v^2)$.

O emprego do método da máxima verossimilhança é usado para estimar os parâmetros da equação de fronteira de produção, o que enseja o conhecimento do tamanho das eficiências técnicas de cada município contido na amostra. Desde esse ponto, tem-se acesso à possibilidade de estimar as fronteiras regionais do semiárido e não semiárido, assim como da fronteira agrupada.

4.5 Testes Realizados

4.5.1 Teste da Forma Funcional

É preciso fazer duas estimações da função de produção, uma na forma de Cobb-Douglas e a outra de Translog. Em seguida, comparam-se as duas pelo teste de funcionalidade, uma vez que é preciso saber qual a melhor forma funcional a ser usada pela pesquisa.

Com os resultados dos dois modelos e seus respectivos valores de log verossimilhança (LL) obtidos pela estimação, é considerado o valor da estatística de verossimilhança generalizada (LR) forma funcional e aplica o teste de hipótese (FEITOSA 2009):

$$H_0 : LL \text{ Cobb – Douglas}$$

$$H_1 : LL \text{ Translog}$$

$$LR = -2 [\ln LL H_0 - \ln LL H_1] \sim \chi^2$$

$$LR > T_{KP} \text{ (tabela de Kodde e Palm, 1986) rejeita-se } H_0.$$

4.5.2 Teste de Ausência do Progresso Técnico

Neste teste, considera-se que os coeficientes correspondentes às variáveis relacionadas ao tempo na função Cobb-Douglas são iguais a zero ou não. Usam-se também a razão da verossimilhança generalizada e a Tabela de Kodde & Palm, 1986.

4.5.3 Efeito da Ineficiência Técnica na Função de Produção

São levados em consideração o valor da log de verossimilhança generalizada e o valor crítico encontrado pela tabela de Kodde & Palm, 1986. Os graus de liberdade correspondem às variáveis de ineficiência (FEITOSA, 2009). Logo:

H_0 : Inexistência de ineficiência técnica (MQO)

H_1 : Hipótese alternativa: a ineficiência técnica deve ser considerada no modelo

4.5.4 Existência de Duas Fronteiras Regionais

Mais uma vez fez-se uso do teste de verossimilhança generalizado para verificar a hipótese de as duas regiões serem representadas pela mesma fronteira de produção estocástica. Com efeito, se tem:

H_0 : LL da fronteira agrupada

H_1 : LL é a soma dos valores de LL das fronteiras regionais referente às demais regiões

Rejeitando H_0 , a fronteira de produção agrupada é rejeitada, ou seja, assume-se a hipótese de fronteiras regionais distintas.

5 ANÁLISE E RESULTADOS

Existe diferença entre a metatecnologia (MTR) da região semiárida e não semiárida? Como se comporta a eficiência técnica entre as duas regiões? Este capítulo buscará responder a essas perguntas, de modo que se consiga, também, alcançar o objetivo já delimitado na introdução. Desse modo, a discussão estará dividida em quatro momentos. No primeiro, será exposta a análise de estatísticas descritivas. No segundo será mostrado o primeiro estágio da estimação da metafronteira (MF) e seus resultados. Vale frisar que sua composição será dada pela estimação das fronteiras regionais na abordagem da fronteira estocástica.

Na sequência, será aplicado o teste para verificar a existência de ineficiência técnica e de ausência de progresso técnico, bem como se procederá ao teste da existência de fronteiras regionais diferentes. E, por fim, tem-se o resultado do segundo estágio, que consiste na estimação da metafronteira de produção por técnicas de programação linear.

5.1 Análise Descritiva

A Tabela 01 mostra as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas neste estudo. Analisando o total produzido pelo setor agropecuário, pode-se perceber que a região semiárida obteve valores, em média, maiores do que na região não semiárida. Com relação às despesas com insumos, a região não semiárida gasta, em média, mais do que a semiárida. Isso implica dizer que, em média, o não semiárido tem mais acesso a quantidade de fertilizantes, de defensivos, de energia, de água etc. do que a região semiárida. Para o fator capital médio, a região não semiárida se sobressai na quantidade de máquinas, equipamentos e construções rurais.

Em média, a área em hectares do semiárido foi maior do que os demais municípios. A condição climática é um fator determinante no sucesso da agricultura. Os municípios que se localizam na região não semiárida situam-se, quase na totalidade, na zona costeira cearense, e, como foi visto, essa região sofre “menos” impacto da seca do que o semiárido.

Tabela 01 – Estatística Descritiva das Regiões Semiáridas e não Semiáridas do Ceará no Período de 2006

Variáveis	Região	Média	Desvio padrão	Min	Max
Produto (R\$ milhões)	Semiárido	11.448,47	10.140,92	702,33	64.530,40
	Não semiárido	11.330,79	9.748,67	228,94	48.590,64
Área (Ha)	Semiárido	12.466,59	11.840,81	681,54	96.771,91
	Não semiárido	11.790,27	10.985,99	390,23	54.198,79
Trabalho (pessoas ocupadas)	Semiárido	7.622,86	5.388,65	530,00	30.308,00
	Não semiárido	6.749,02	5.519,75	478,00	28.773,00
Capital (R\$ Milhões)	Semiárido	105.463,58	120.277,48	3.501,89	873.998,21
	Não semiárido	99.882,16	112.065,34	3.473,30	539.695,21
Despesas com insumos	Semiárido	4.363,01	5.865,55	129,54	48.049,48
	Não semiárido	5.875,56	7.358,79	268,80	38.903,21

Fonte: IBGE/IPEADATA
Elaboração Própria

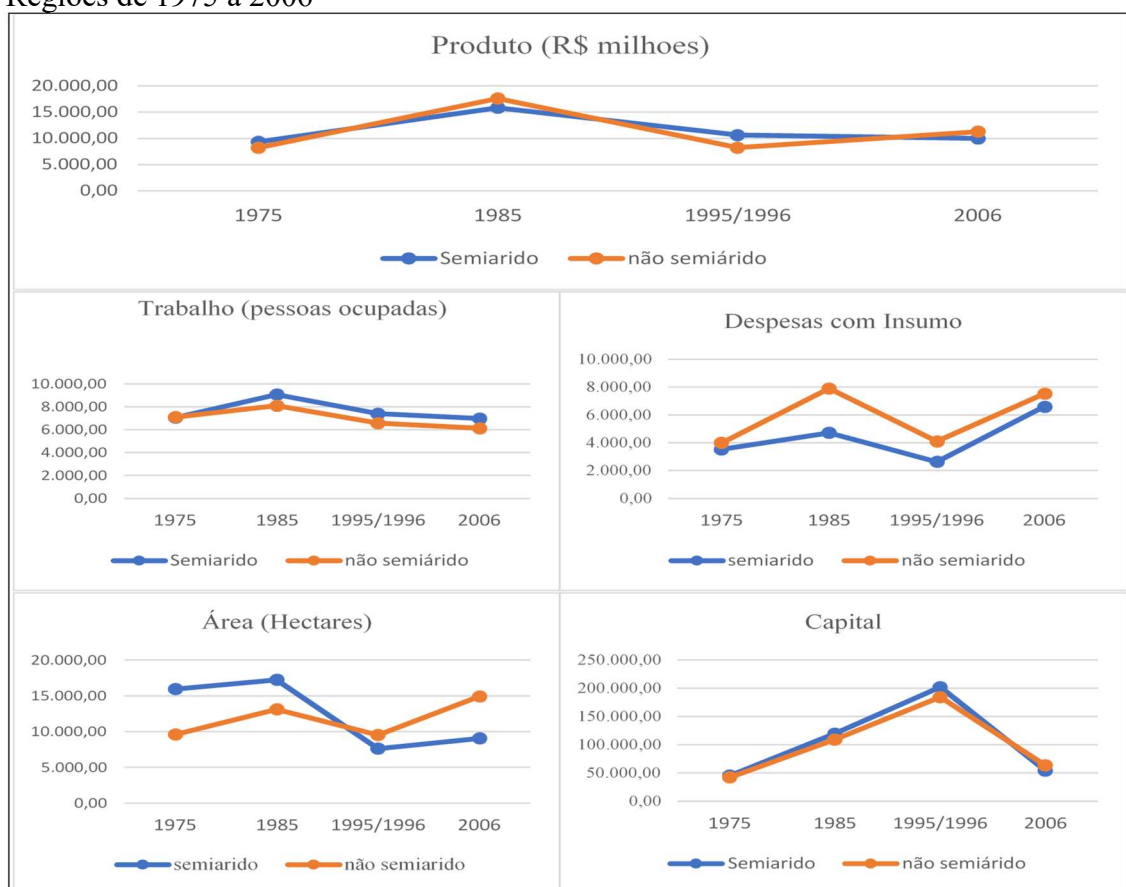
Ainda no que diz respeito ao produto médio, os cinco municípios do semiárido que se destacaram na agropecuária foram Limoeiro do Norte, Quixeré, Tianguá, Aracati e Guaraciaba do Norte. Por outro lado, na região não semiárida, o destaque ficou para Beberibe, Fortaleza, Viçosa do Ceará, Camocim e Trairi no período de 2006. Ressalta-se que as tabelas descritivas para os demais períodos são expressas nos Apêndices A, B e C deste estudo.

A Tabela D, no Apêndice, mostra a taxa de variação quando se compara o período de 2006 com os períodos de 1995/1996, 1985 e 1975. A produção média do semiárido teve variação de (-6,02%), (-36,09%) e (7,16%). Já para a região não semiárida, a variação foi de (36,89%), (- 35,46%), (37,57%), respectivamente. A redução ou elevação do produto agropecuário cearense é explicado, em partes: pela retração ou crescimento dos fatores de produção, pelas variações climáticas e pela realidade macroeconômica de cada época.

Como já comentado, a modernização da agricultura cearense tomou impulso nos anos de 1970, com a construção de grandes perímetros de irrigação públicas. Nota-se, pela Figura 03, que o reflexo inicial (1975 a 1985) da relativa modernização teve um impacto positivo em todos os fatores produtivos médios. Nesse período, observa-se, também, o crescimento do produto médio.

O decréscimo ocorrido desde 1985 (Figura 3) pode ser explicado em parte pela ocorrência de secas registradas no período, com a conseqüente redução no uso produtivo da terra, e também pelo acontecimento dos desequilíbrios macroeconômicos advindos do choque do petróleo e do aumento dos juros da dívida externa. As políticas de preços mínimos e de crédito rural subsidiado nesse período foram alvo de uma redução de abrangência considerável, o que ajuda a explicar também a retração do produto. Salienta-se que os anos 1980 são conhecidos na literatura como década perdida no Brasil. Em contrapartida, o capital médio continuou crescendo até 1995. Essa dinâmica é indicada na figura 03.

Figura 03 - Evolução Média do Produto e Fatores de Produção do Semiárido e Demais Regiões de 1975 a 2006



Fonte: Dados da pesquisa.
Elaboração Própria

Após realizar as análises descritivas dos dados, a próxima seção abordará as estimativas da fronteira estocástica, tendo como variável dependente a produção agropecuária e variáveis explicativas: capital, trabalho, gastos com insumos e área (ha). Convém o fato de que a análise parte da hipótese de que os municípios cearenses estão agrupados em duas regiões com distintos conjuntos de produção, com base nas variáveis

que denotam não somente o acesso aos estoques de capital físico, humano e financeiro, mas também as que denotam as disparidades na infraestrutura, recursos energéticos, entre outros.

5.2 Análise das Estimações

Convém a noção de que, assim como aconteceu com Silva *et al.* (2006) e Da Silva *et al.* (2016), alguns modelos na Translog não convergiram para a região do semiárido e não semiárido, não sendo possível comparar os dois modelos. Então, escolheu-se a forma funcional Cobb- Douglas.

Ressalta-se que, no universo literário da fronteira de produção, a forma funcional Cobb-Douglas é amplamente utilizada, sobretudo por causa da sua simplicidade que associa um número de propriedades restritas, tendo como destaque a elasticidade e os retornos de escalas constantes (BATTESE E COELLI, 1995). Sendo assim, Hadley (2006), Moreira e Bravo-Uretra (2010), Silva *et al.* (2006), Jiang e Sharp (2015), e Da Silva *et al.* (2016), optaram pela Cobb-Douglas por causa da simplicidade e da sua robustez.

Depois de escolhida a forma funcional e feita a estimação do modelo, foram aplicados os testes - inexistência técnica, ausência de progresso técnico e existência de duas fronteiras regionais para escolher - com a finalidade de se verificar a consistência de hipóteses específicas relacionadas à função de fronteira de produção estimada. Por conseguinte, aplicou-se o teste de ausência do progresso tecnológico nas fronteiras estimadas, cujos valores de gama foram obtidos pela log verossimilhança de cada fronteira.

Caso $\gamma=0$ - a fronteira denota ausência de progresso técnico. Portanto, de acordo com os valores de log máxima verossimilhança de cada estimação, a um nível de significância de 5% na tabela Kodde & Palm, somente a fronteira do não semiárido não rejeitou a hipótese nula, ao passo que as demais rejeitaram H_0 . Em outras palavras, o modelo não confirma a presença de progresso técnico na região não semiárida, ou seja, o teste de ausência de progresso técnico não pode revelar a existência da variação da fronteira de produção com relação ao tempo (a estabilidade da fronteira com relação ao tempo), embora tenha havido variação na eficiência técnica. Resultado semelhante foi encontrado no trabalho de Campos e Braga (2016).

Essa afirmação poderia ser comprovada pelos parâmetros estimados da fronteira estocástica de produção, caso o modelo mostrasse o componente de tendência

linear. Em razão, porém, de problemas de convergência que afetaram o modelo, optou-se pela exclusão dessa variável. Logo, deve-se fazer uma investigação mais ampla no sentido de determinar empiricamente as causas disso. Os resultados dos testes estão na Tabela 2.

Dando continuidade ao estudo, o próximo passo foi realizar o teste de ausência de ineficiência técnica no modelo com um grau de liberdade a um intervalo de 5 % de significância na tabela Kodde e Palm. Logo, as três fronteiras superaram os seus valores críticos, e, portanto, se rejeita a hipótese nula, o que atesta a importância de incorporar a ineficiência técnica ao modelo.

Tabela 2 - Prova de Razão Verossimilhança dos Parâmetros das Fronteiras de Produção

Teste	Região	Hipótese nula	Graus de Liberdade	Valor de gama	Valor crítico	Decisão (Valor de 5%)
Inexistência de eficiência técnica	Fronteira agrupada	$H_0: \gamma = 0$	1	11,12	2,7	Rejeita H_0
	Fronteira semiárido	$H_0: \gamma = 0$	1	11,62	2,7	Rejeita H_0
	Fronteira não semiárido	$H_0: \gamma = 0$	1	4,514	2,7	Rejeita H_0
Ausência de progresso técnico	Fronteira agrupada	$H_0: \beta_6 = 0$	1	15,48	2,7	Rejeita H_0
	Fronteira semiárido	$H_0: \beta_6 = 0$	1	6,40	2,7	Rejeita H_0
	Fronteira não semiárido	$H_0: \beta_6 = 0$	1	1,40	2,7	Não Rejeita H_0
Existência de duas fronteiras regionais	Não se aplica	H_0 : Fronteira agrupada	7	58,52	13,4	Rejeita H_0

Fonte: Resultado da pesquisa.
Elaboração Própria.

Por último foi testada a existência de duas fronteiras regionais diferentes no tocante à possibilidade produtiva entre as duas regiões. Conforme a tabela 2, rejeita-se hipótese nula e aceita-se a hipótese alternativa. Dessa maneira, os municípios pertencentes ao semiárido e não semiáridos empregam distintas tecnologias de produção, validando o uso da lógica conceitual da metafronteira (MF) de produção.

5.3. Primeiro Estágio para a Estimação da Metafronteira: as Fronteiras Regionais

Realizados todos os testes de hipóteses pelo teste razão de verossimilhança generalizada, dá-se prosseguimento ao processo de se chegar aos valores da meta-fronteira de produção. Sendo assim, foram estimadas as fronteiras estocásticas de produção de cada uma das regiões. A Tabela 3 contém as informações da estimação das fronteiras regionais. Vale salientar que nem todos os parâmetros que explicam a ineficiência técnica foram significativos a um nível de 5%.

Na região não semiárida, os parâmetros não estatisticamente significativos foram o intercepto, o trabalho e o capital. Para a região semiárida, somente o intercepto não foi estatisticamente significativo. Logo, as inferências desses parâmetros não podem representar um resultado conclusivo. Para o fator trabalho, os coeficientes estimados de ambas as fronteiras denotaram um sinal positivo, dentro do esperado.

Entre as duas regiões, o trabalho é mais intenso nos municípios do não semiárido, uma vez que essa localidade apresenta “melhores” condições de mercado e de clima, dando mais chances ao pequeno produtor. Vale frisar a importância de investimentos na educação, principalmente técnica, da mão de obra trabalhista do setor, pois isso pode resultar em ganhos no desempenho produtivo local, conforme destacam Da Silva *et al.* (2016).

As despesas com insumo, representada pela variável I_{it} , resultaram em um sinal positivo e estatisticamente significante nas três fronteiras, o que condiz com a literatura empírica, a qual mostra ganhos produtivos ao se utilizar adubos, sementes, fertilizantes, mudas etc. Mais uma vez, a região não semiárida se destaca por indicar maiores ganhos no uso intensivo de insumos na produção, em detrimento da região semiárida. Segundo o modelo, quanto maiores forem os gastos com os insumos, maior será o impacto no desempenho produtivo do setor agropecuário.

O fator de maior impacto na produção da região semiárida é o capital. A busca pela constante modernização de máquinas, tratores e equipamentos se constitui meio importante para a manter a produção agropecuária no semiárido. Corroboram para essa lógica os trabalhos de Moreira e Bravo-Uretra (2010) e Da Silva *et al* (2016).

Tabela 3 – Fronteira Estocástica Estimada

Variáveis	Parâmetros	Ceará	Não Semiárido	Semiárido
(intercepto)	β_1	0,42* (0,25)	1,25 (0,82)	0,20 (0,25)
L_{it}	β_2	0,22*** (0,03)	-0,03 (0,1)	0,3*** (0,03)
T_{it}	β_3	0,24*** (0,42)	0,49*** (0,14)	0,18*** (0,04)
K_{it}	β_4	0,22*** (0,02)	0,02 (0,08)	0,26*** (0,03)
I_{it}	β_5	0,29*** (0,02)	0,48*** (0,09)	0,24*** (0,03)
	γ	0,25*** (0,07)	0,35* (0,16)	0,30*** (0,09)
	σ_u^2	0,05** (0,02)	0,16* (0,10)	0,05** (0,02)
	σ_v^2	0,17*** (0,01)	0,30*** (0,05)	0,13*** (0,01)
	ET média	0,84	0,76	0,84
	Log-Verossimilhança	-314,17	-74,36	-206,71

Fonte: resultados da pesquisa.

Elaboração própria.

Nota. Onde: $\gamma = \frac{[\sigma^2]_u}{(\sigma_v^2 + \sigma_u^2)}$.

*A codificação para a significância dos coeficientes estimados:

‘***’ significante a um nível de 5%.

A média da eficiência técnica variou entre as fronteiras regionais. Enquanto o semiárido possui um escore médio de eficiência de 84%, o não semiárido ofereceu 76%, ou seja, com base nas melhores combinações dos fatores de produção, seria possível melhorar os resultados da agropecuária no semiárido e não semiárido cearense em aproximadamente 16% e 24%, respectivamente.

Vale salientar que, de acordo com o teste de comparação de duas fronteiras distintas, não se pode comparar a eficiência técnica das duas regiões, pois possuem tecnologias diferentes empregadas no processo produtivo. Por conseguinte, nesse momento, não é possível garantir que os municípios do semiárido possuam um desempenho diferente com relação aos municípios do não semiárido. Para se saber como se comporta a eficiência técnica comparando uma região com a outra, utiliza-se o método da metafronteira (MF).

5.4 Segundo Estágio: a Metafronteira

O segundo estágio aponta os respectivos valores da metafronteira (MF) de produção, conseguidos por meio de técnicas de programação linear. Os parâmetros da fronteira regional do não semiárido (estimada por fronteira estocástica), correspondem aos parâmetros da metafronteira (MF) dessa região.

De acordo com o modelo, embora o teste não confirme o progresso técnico do não semiárido, a tecnologia de produção empregada nesta região é mais avançada do que a tecnologia utilizada no semiárido. Desse modo, a fronteira de produção do não semiárido define a tecnologia potencial disponível para todo o setor agropecuário do Ceará e está acima da fronteira de produção do semiárido. Portanto, a tecnologia adotada pelo não semiárido serve como referência para os demais municípios do Ceará.

Em geral, um valor de metatecnologia (MTR) mais alto implica defasagem tecnológica menor entre a fronteira individual e a metafronteira (MF), e vice-versa. A razão de metatecnologia, basicamente, avalia o tamanho do gap tecnológico para um determinado grupo cuja tecnologia adotada pelos seus municípios encontra-se atrasada em relação à tecnologia disponível para todos os grupos, representada pela função de metafronteira (MF).

Um valor de 100% equivale a um ponto em que a fronteira regional coincide com a metafronteira (MF). Com efeito, de acordo com a programação linear de estimação da metafronteira utilizada, a razão de metatecnologia para todos os municípios do não semiárido é igual a 1.

É importante ressaltar que o uso do termo tecnologia é feito para facilitar a comparação com os demais trabalhos que geralmente consideram as firmas como unidades tomadoras de decisão. No fundo, o que está sendo sugerido é que o efeito das características dos municípios aliado com o ambiente de produção no qual os mesmos se encontram são a bases para a análise do resultado.

Sendo assim, de acordo com a Tabela 04, a média de MTR estimada para o caso do semiárido é de 52%, variando de um mínimo de 43% a um máximo de 66%. Isso implica dizer que, no semiárido, o produto máximo utilizado por suas combinações de fatores de produção é, em média, cerca de 52% da produção máxima que poderia ser produzida (produção potencial) usando os mesmos fatores de produção e a tecnologia disponível na região não semiárida.

Assim, os municípios da região semiárida poderiam aumentar sua produção em até cerca de 48% se a tecnologia disponível para todos os municípios (a tecnologia

correspondente à metafronteira) fosse adotada. É preciso destacar que o desempenho da região semiárida pode estar relacionado ao fato de que os estabelecimentos dessa região são menores e possuem menos acesso à tecnologia.

Vale lembrar que, como definido no capítulo anterior, a eficiência técnica (ET) referente à metafronteira de produção é chamada de ET*. Ela é estimada para todos os municípios do semiárido. Os municípios do não semiárido, por serem pertencentes à metafronteira de produção, têm a sua ET* equivalente à calculada sobre a fronteira regional, pois, de acordo com o capítulo anterior, $ET^* = ET \times MTR$ (se o modelo considerou a metatecnologia do não semiárido igual a um, logo a ET* será a própria ET da fronteira estocástica). Assim sendo, os produtores se beneficiam diretamente dos ganhos na eficiência técnica, porque tais ganhos se traduzem em melhorias no rendimento.

Os valores das medidas de MTR e ET para a fronteira estocástica e em relação à metafronteira estão resumidos na Tabela 4. Portanto, as médias das medidas de eficiência técnica (ET*), calculadas com suporte nos modelos de fronteira estocástica específicos da região semiárida com relação àquelas da metafronteiras são 44% (TABELA 4). Desse modo, a adoção de melhores práticas maximizaria os resultados da agropecuária no semiárido em até 56%, o que ocasionaria um aumento na qualidade de vida, principalmente dos pequenos produtores.

Tabela 04 – Estatística Descritiva das Eficiências Técnicas(ETs) e Metatecnologias (MRTs) Estimadas

Estatísticas	Et semiárido	MTR semiárido	ET*semiárido	ET=ET* não semiárido
Média	0,84	0,52	0,44	0,70
Desvio-padrão	0,07	0,04	0,05	0,10
Mínimo	0,60	0,43	0,28	0,32
Máximo	0,97	0,66	0,58	0,82

Fonte: Resultado da pesquisa.

Elaboração Própria

Por outro lado, a região não semiárida obteve um escore de ET* médio de 70%, com um mínimo de 32% e um máximo de 82% . Quando se defrontam os escores da ET* médias das duas regiões, fica evidente que a região não semiárida é tecnicamente mais eficiente do que a região semiárida.

Como observado por O'Donnell et al. (2008), as estimativas de eficiência técnica são calculadas em última instância para serem utilizadas em programas para

melhoria de desempenho com suporte em mudanças no gerenciamento dos municípios. As razões de metatecnologia, por sua vez, podem ser utilizadas em programas que buscam mudar as características do ambiente em que a produção ocorre (por exemplo, infraestrutura, financiamento etc.). Então, parece haver evidência de que tanto a natureza restritiva do ambiente de produção quanto o mau gerenciamento dos recursos afetam a eficiência dos municípios.

No tocante aos municípios do não semiárido, Bela Cruz foi o que obteve a maior eficiência técnica com relação à metafronteira (MF), seguida de Fortaleza e Paracuru. Na Tabela 5, encontram-se em ordem decrescente, os cinco municípios que obtiveram melhores desempenhos das ET*. Vale salientar que nos Apêndices E e F contém a lista de todos os municípios estudados por esta pesquisa com os respectivos valores das ETs e MRTs.

Tabela 05 - Amostras Municipais das ETs e MRTs Médias (1975-2006)

Municípios do semiárido - CE (1975-2006)	ET	MTR	ET*
Arneiroz	0,91	0,64	0,58
Araripe	0,91	0,62	0,56
Santana do Cariri	0,97	0,57	0,55
Jaguaruana	0,88	0,62	0,55
Orós	0,89	0,60	0,54
Municípios não - semiárido - CE (1975-2006)	ET=ET*		
Bela Cruz	0,82		
Fortaleza	0,81		
Paracuru	0,80		
Viçosa do Ceará	0,78		

Fonte: Resultado da pesquisa

Elaboração: Própria

Os três primeiros municípios que obtiveram as melhores ET* do semiárido, foram Arneiroz (58,05%), Araripe (56%) e Santana do Cariri (55%). Ressalta-se que nenhum município cearense atingiu a borda da metafronteira (ET*=100%). Os dados sugerem que há espaço para melhoria da produção agropecuária, desde que se aproveitem os insumos aplicados utilizando a tecnologia potencial.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi comparar a eficiência técnica (EF) entre as regiões semiáridas e não semiáridas do Ceará, usando a abordagem metafronteira (MF) desenvolvida por Battese e Rao (2002) e redefinida por Battese *et al.* (2004) e O'Donnell *et al.* (2008). A análise foi desenvolvida usando uma tecnologia de *output* (produção agropecuária) e multientradas (capital, trabalho, terra, despesas com insumos e estoque de capital)

A forma funcional para estimar as eficiências foi a Cobb-Douglas. Vale ressaltar que a fronteira de produção estimada, obtida com suporte nos dados agrupados, não deve ser usada para comparar as eficiências técnicas entre as regiões delimitadas neste estudo. Em vez disso, as comparações precisam ser feitas com amparo em uma função que englobe as fronteiras de cada região. Surge aí o conceito subjacente da metodologia de metafronteira. Assim, existem dois tipos de fronteiras estimadas no trabalho, que são as fronteiras de cada região e a metafronteira. Logo, a diferença entre essas duas fronteiras para uma determinada região é denominada de metatecnologia (MRT).

A MRT média para o semiárido cearense foi de apenas 52% da produção potencial, dada a tecnologia disponível. Logo, a fronteira do semiárido é bem distante da metafronteira. Por um lado, a baixa utilização de um pacote tecnológico que visa à transformação da região semiárida utilizada tradicionalmente ao longo dos anos pode até ser vista como algo positivo, pois resguardaria as características de um meio tão susceptível a intervenção. Por outro lado, entretanto, desenvolver a produção agropecuária nessa região torna-se vital para a sobrevivência do cearense.

No tocante aos resultados das médias de eficiência técnica conseguidas por via modelo de fronteira estocástica específico para cada região, tem-se: 84% para o semiárido e 76% não semiárido. Ressalta-se, no entanto, que essas medidas de eficiência técnica não podem ser diretamente comparáveis, como relatado no capítulo anterior. É importante destacar que, se as eficiências técnicas forem comparadas entre as duas regiões com base em uma fronteira estocástica agregada, as médias serão iguais para as duas. Portanto, é preciso ter cuidado ao comparar o desempenho entre os grupos, porque a fronteira utilizada como referência pode produzir resultados significativamente diferentes.

A comparação direta deve ser feita utilizando o método de metafronteira. Sendo assim, a MF exibiu níveis médios mais baixos de eficiência técnica (ET*) do que

as eficiência técnica (ET) da fronteira estocástica: 44% e 70% para o semiárido e não semiárido, sendo significamente diferentes entre si. Em outras palavras, a região semiárida depara-se com distintas combinações de produto e insumos que são bem menos eficientes quando comparadas com a região não semiárida. Portanto, há diferenças tecnológicas entre as duas regiões, o que responde à pergunta feita no início do estudo.

Com relação ao teste de ausência do progresso técnico para a região não semiárida, o resultado indicou que o não semiárido não obteve progresso técnico ao longo do período analisado, e requer uma séria e vasta investigação empírica para descobrir o porquê disso.

No tocante aos resultados do modelo, a redução do desempenho dos municípios e o baixo desempenho da região semiárida do Estado merecem atenção por parte do governo, no sentido de compensar as desvantagens estruturais por ações governamentais de apoio à agropecuária. Observou-se também uma relação positiva e significativa entre eficiência técnica e nível tecnológico da produção agropecuária para os municípios analisados no experimento.

Com efeito, regiões de pior desempenho quanto à eficiência exprimem também baixo nível de utilização de tecnologias modernas, o que compromete a rentabilidade da atividade agropecuária e a permanência dos produtores nessa atividade, levando ao êxodo rural e fluxos migratórios, principalmente para as regiões de maior atividade econômica; isso contribui para aumentar a pressão sobre as cidades, resultando em criminalidade, desemprego etc.

Sabe-se que a agropecuária cearense é caracterizada como de baixa produtividade, composta em sua maioria por pequenos produtores, sendo que sua produção em grande parte é voltada para a subsistência e é fortemente dependente das chuvas. Desso modo, o agricultor busca meios alternativos de renda não agropecuária para o sustento familiar, influenciando negativamente na eficiência produtiva local. Por conseguinte, há uma redução no potencial da produção.

Logo, o tradicional pacote tecnológico desenvolvido ao longo do tempo, sugerido pelo mercado, pode não ser apropriado para as características da região semiárida. Dado o grande hiato tecnológico constatado pelo modelo de metafronteira, um meio de elevar a fronteira de produção de toda a região semiárida (com o objetivo de acompanhar os municípios da região não semiárida) seria a busca por melhorias na organização estrutural, na assistência técnica, em recursos financeiros mais realistas e de um apoio à comercialização mais consistente. Outro meio, segundo o modelo, seria a

sugestão na tentativa de adoção da tecnologia potencial disponível para todos os municípios de tal maneira que suas fronteiras de produção se desloquem para cima.

O fato é que existem claras necessidades de reformular as estratégias tradicionais adotadas ao longo dos anos pelos formuladores de política. Por exemplo, as características naturais tão hostis do semiárido têm que servir de base para a adoção de estratégias desenvolvimentistas, porém, tradicionalmente, o que se vê é o uso de pacotes tecnológicos que buscam transformar o habitat, enquanto, na verdade, deveriam se adaptar ao ambiente.

Os políticos e as instituições, como Conab, Ministério da Integração, Ematerce, Secretaria de Desenvolvimento Agrário, Funceme, Adece, universidades, entre outros, deveriam se reunir, no sentido de traçar estratégias, visando a uma solução eficiente e sustentável, que culmine na efetiva melhoria da vida do homem no campo, em razão das condições hostis do semiárido.

A discussão é ampla e merece maior aprofundamento da dinâmica envolvida no processo que contribua de modo efetivo para o desenvolvimento econômico e social do Estado do Ceará. Portanto, a relevância deste trabalho está em oferecer algumas contribuições para a maior integração entre planejadores econômicos, agentes de mercado e pesquisadores para formulação de questionamentos que possam servir de base para estudos posteriores.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Cleycianne Souza; LIMA, Patricia Verônica Pinheiro Sales; CASIMIRO FILHO, Francisco. **Análise do impacto dos investimentos na agropecuária sobre a geração de produto, emprego e importações no estado do Ceará**. 2006. Disponível em: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/149282/2/1135.pdf> acessado em feverei de 2016
- ALMEIDA, Paulo Nazareno Alves. **Fronteira de produção e eficiência técnica da agropecuária brasileira em 2006**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012
- ARAÚJO, Everardo VSB; MARIA DO SOCORRO, B. Araújo; SAMPAIO, Yony SB. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 22, n. 1, p. 90-112, 2008.
- ARAUJO, Jair Andrade; MANCAL, Ansu. Produtividade e eficiência no setor agropecuário do nordeste brasileiro. **Interações (Campo Grande)**, v. 16, n. 2, 2015.
- ARAÚJO, William Bruno Cerqueira; ARAUJO, Jair Andrade. Produtividade, variação da eficiência técnica e tecnológica na agricultura dos municípios cearences. **Interações (Campo Grande)**, v. 17, n. 2, 2016.
- BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. **Journal of Productivity Analysis**, v. 3, p. 153-169, 1992.
- BATTESE, G. E.; COELLI, T. J A model for technical inefficiency effects in stochastic frontier production functions for panel data. **Empirical Economics**, v. 20, p. 325-332, 1995.
- BATTESE, G.E.; RAO, D.S.P.; O'DONNELL, C. J. A metafrontier production function for estimation of technical efficiencies and technology gaps for firms operating under different technologies. **Journal of Productivity Analysis**, 21, p. 91–103. 2004
- BATTESE, George E.; RAO, DS Prasada. Technology gap, efficiency, and a stochastic metafrontier function. **International Journal of Business and Economics**, v. 1, n. 2, p. 87, 2002.
- BELTRÁN ESTEVE, Mercedes; REIG MARTÍNEZ, Ernest; ESTRUCH GUITART, Vicent. Assessing eco-efficiency: A metafrontier directional distance function approach using life cycle analysis. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 63, p. 116-127, 2017.
- BERNARD, Andrew B.; JONES, Charles I. Comparing apples to oranges: productivity convergence and measurement across industries and countries. **The American Economic Review**, p. 1216-1238, 1996.

BRAGAGNOLO, C. **Produtividade, crescimento e ciclos econômicos na agricultura brasileira**. 2012. 168 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba - SP, 2012.

CAITANO, Rafaela Ferreira; LOPES, Fernando Bezerra; DOS SANTOS TEIXEIRA, Adunias. Estimativa da aridez no Estado do Ceará usando Sistemas de Informação Geográfica. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Curitiba, PR, Brasil**, p. 8904-8911, 2011.

CAMPOS, Samuel Alex Coelho; BRAGA, Marcelo José. EFICIÊNCIA E NÍVEL TECNOLÓGICO NA AGROPECUÁRIA MINEIRA. **Orbis Latina**, v. 5, n. 2, 2016.

CAMPOS, Samuel Alex Coelho; COELHO, Alexandre Bragança; GOMES, Adriano Provezano. Influência das condições ambientais e ação antrópica sobre a eficiência produtiva agropecuária em Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 3, p. 563-576, 2012.

CAPALBO, Susan M.; BALL, V. Eldon; DENNY, Michael GS. International comparisons of agricultural productivity: development and usefulness. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 72, n. 5, p. 1292-1297, 1990.

CERDÁ, A. C. Agricultura Eficiente y Agricultura Eficaz. **Mediterráneo Económico**, n. 4, p. 219-230, 2003.

Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. An introduction to efficiency and productivity analysis. **Springer Science & Business Media**, 2005

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em : http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_24_12_04_16_comportamento_de_agropecuaria_cearense_-_periodo_2010_a_2016.pdf acessado em janeiro de 2017

DA MATA, D.; RESENDE, G. **Changing the climate for banking: the economic effects of credit in a climate-vulnerable area**. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/5zPr25>>.

DA SILVA, Felipe Pinto *et al.* Pobreza Rural e Dualidade Produtiva no Nordeste Brasileiro. **Texto para discussão IPEA**, n. 2250, 2016.

DE NEGRI, João Alberto, and Fernando Freitas. "Inovação tecnológica, eficiência de escala e exportações brasileiras." (2004). **Texto para discussão IPEA**, n. 1044, 2004

DE OLIVEIRA, Plínio Portela et al. **Mais Recursos Ou Mais Eficiência? Uma análise De Oferta E De Demanda Por Serviços De Saúde No Brasil**. ANPEC-Associação Nacional dos Centros de Pós graduação em Economia [Brazilian Association of Graduate Programs in Economics], 2014.

DE SOUZA, Rafael Oliveira; TEIXEIRA, Sônia Milagres. PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES NA AGRICULTURA GOIANA: UMA ANÁLISE PARA AS CULTURAS DE CANA-DE-AÇÚCAR, MILHO E SOJA. **Revista de Economia e Agronegócio-REA**, v. 11, n. 2, 2015.

DOS SANTOS, Maria Ângela Cruz Macêdo *et al.* Tendências no Nível do Rio de Bacias Hidrográficas do Estado do Ceará e Suas Causas Climáticas (Trends in Level River of Basin Hydrographic of the Ceará State and Its Causes Climate). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 927-938, 2015.

FARREL, M. J. The measurement of production efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series A (General), v. 120, n. 3, 1957.

FEI, Rilong; LIN, Boqiang. Energy efficiency and production technology heterogeneity in China's agricultural sector: A meta-frontier approach. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 109, p. 25-34, 2016.

FEITOSA, Débora Gaspar. **Três ensaios sobre crescimento econômico na América Latina e no Brasil**. 2009. Tese de Doutorado.

FERREIRA, Caliane. B.; ARAÚJO, JA Produtividade total dos fatores na agropecuária brasileira: análise de fronteira estocástica e índice de Malmquist. **ENCONTRO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL-SOBER**, v. 52, p. 230-300, 2014.

FERREIRA, M. de O.; RAMOS, L. M. ROSA, ALT da; LIMA, PVPS; LEITE, LA de S. Especialização produtiva e mudança estrutural da agropecuária cearense. **Teoria e Evidência Econômica, Passo Fundo**, v. 14, n. 26, p. 91-111, 2006.

FERREIRA, Monaliza de Oliveira; RAMOS, Lúcia Maria; ROSA, Antônio Lisboa Teles da. Crescimento da agropecuária cearense: comparação entre as produtividades parciais e total. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, n. 3, p. 503-524, 2006.

FERRO, Aline Barrozo; CASTRO, Eduardo Rodrigues de. Determinantes dos preços de terras no Brasil: uma análise de região de fronteira agrícola e áreas tradicionais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 3, p. 591-609, 2013.

FOLHES, Marcelo Theophilo; DONALD, Nelson. Previsões tradicionais de tempo e clima no Ceará: o conhecimento popular à serviço da ciência. **Sociedade & Natureza, Uberlândia**, v. 19, n. 2, p. 19-31, 2007.

FULGINITI, Lilyan E.; PERRIN, Richard K. Agricultural productivity in developing countries. **Agricultural economics**, v. 19, n. 1, p. 45-51, 1998.

FUNCEME – FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HIDRICOS, 2016. Disponível em: <http://www.funceme.br/index.php/comunicacao/noticias/740-cear%C3%A1-passa-pela-pior-seca-prolongada-desde-1910>. Acessado em janeiro de 2017

GASQUES, José Garcia et al. Produtividade da agricultura brasileira e os efeitos de algumas políticas. **Revista de Política Agrícola**, v. 21, n. 3, p. 83-92, 2012.

GOMES, Eliane Gonçalves. Uso de modelos DEA em agricultura: revisão da literatura. **Engevista**, v. 10, n. 1, p. 27-51, 2008.

GREENE, William H. The econometric approach to efficiency analysis. **The measurement of productive efficiency and productivity growth**, v. 1, p. 92-250, 2008.

HADLEY, David. Patterns in Technical Efficiency and Technical Change at the Farm-level in England and Wales, 1982–2002. **Journal of Agricultural Economics**, v. 57, n. 1, p. 81-100, 2006.

HAYAMI, Yujiro *et al.* **Agricultural development: an international perspective**. Baltimore, Md/London: The Johns Hopkins Press, 1971.

HAYAMI, Yujiro. Sources of agricultural productivity gap among selected countries. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 51, n. 3, p. 564-575, 1969.

HAYAMI, Yujiro; RUTTAN, Vernon W. Agricultural productivity differences among countries. **The American Economic Review**, v. 60, n. 5, p. 895-911, 1970.

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

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006**. 2006. Disponível em: <<http://goo.gl/V8b1ga>>. Acesso em: 19 fev. 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ce>. Acessado em janeiro de 2017

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Anuário Estatístico 2014. Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/anuario/anuario2015/territorio/caracteristicas.htm>>. Acessado em janeiro de 2017.

IPECE – Instituto de Pesquisa Economia e Geografia Aplicada; **PLANO ESTADUAL DE CONVIVÊNCIA COM A SECA AÇÕES EMERGENCIAIS E ESTRUTURANTES**, 2015. Disponível em:<http://www.ipece.ce.gov.br/estudos_sociais/politicas_publicas/Plano_Convivencia_com_a_Seca_02_03_2015.pdf>, acessado em janeiro de 2016.

JIANG, Nan; SHARP, Basil. Technical efficiency and technological gap of New Zealand dairy farms: a stochastic meta-frontier model. **Journal of Productivity Analysis**, v. 44, n. 1, p. 39-49, 2015.

LAU, Lawrence J.; YOTOPOULOS, Pan A. The meta-production function approach to technological change in world agriculture. **Journal of Development Economics**, v. 31, n. 2, p. 241-269, 1989.

LOURES, Alexandre Rodrigues. **Eficiência econômica da agropecuária nos municípios mineiros, 1996 e 2006, medida pela análise da fronteira estocástica (SFA) e pela análise envoltória de dados (DEA)**. 2013. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

MARENGO, Jose A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010.

MARTINEZ, Paulo Henrique. Vida e morte no sertão: história das secas no Nordeste nos séculos XIX e XX. **Revista Brasileira de História**, v. 22, n. 43, p. 251-254, 2002.

MOREIRA, Víctor H.; BRAVO-URETA, Boris E. Technical efficiency and metatechnology ratios for dairy farms in three southern cone countries: a stochastic meta-frontier model. **Journal of Productivity Analysis**, v. 33, n. 1, p. 33-45, 2010.

MUNDLAK, Yair; HELLINGHAUSEN, Rene. The intercountry agricultural production function: Another view. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 64, n. 4, p. 664-672, 1982.

NDLOVU, P. V., MAZVIMAVI, K., AN, H., & MURENDO, C. Productivity and efficiency analysis of maize under conservation agriculture in Zimbabwe. **Agricultural Systems**, v. 124, p. 21-31, 2014.

O'DONNELL, Christopher J.; RAO, DS Prasada; BATTESE, George E. Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios. **Empirical Economics**, v. 34, n. 2, p. 231-255, 2008.

SILVA, Roberto Marinho Alves da. Entre dois paradigmas: combate à seca e convivência com o semi-árido. **Sociedade e estado**, v. 18, n. 1-2, p. 361-385, 2003.

SILVA, F. D. V. ; CARVALHO, R. M. ; CAMPOS, R. T; **Eficiência e Rentabilidade da Produção e Leite no Estado do Ceará**: uma aplicação de fronteira estocástica. 2010. Disponível em: <<http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/5153>> . Acessado em Fevereiro de 2017

SOUSA JÚNIOR, JP de. **Análise da eficiência da produção de camarão marinho em cativeiro no estado do Ceará**. 2003. 127 p. 2003. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SULIANO, Daniel Cirilo; MAGALHEAS, Klinger Aragão; SOARES, Rogério Barbosa; A INFLUÊNCIA DO CLIMA NO DESEMPENHO DA ECONOMIA CEARENSE. **Texto para discussão IPECE**, n 56, 2009.

TAN, S. *et al.* Impact of land fragmentation on rice producers' technical efficiency in South-East China. **NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 57, n. 2, p. 117-123, 2010.

VICENTE, J. R. Mudança tecnológica, eficiência, produtividade total de fatores na agricultura brasileira, 1970-95. **Economia Aplicada**, v. 8, n. 4, p. 729-760, 2004

APÊNDICE

Apêndice A: Estatística Descritiva das Regiões Semiáridas e não Semiáridas do Ceará no Período de 1975

Variáveis	Região	Média	Desvio padrao	Min	Max
Produto (R\$ milhoes)	Semiárido	9.323,23	6.945,64	702,33	32.004,50
	Não Semiárido	8.197,76	5.902,25	1.278,86	22.852,75
Área (Ha)	Semiárido	15.946,29	13.062,29	1.498,64	22.848,00
	Não Semiárido	9.600,20	7.874,41	844,75	24.121,00
Trabalho (pessoas ocupadas)	Semiárido	7.054,11	4.857,95	806,00	22.848,00
	Não semiárido	7.097,81	5.774,90	1.330,00	24.121,00
Capital (R\$milhões)	Semiárido	45.560,51	37.712,29	3.776,99	194.085,88
	Não semiárido	42.350,61	57.116,05	3.473,30	246.553,20
Despesas com insumos	Semiárido	3.524,62	3.140,30	129,54	17.016,34
	Não semiárido	3.990,58	4.636,54	284,47	21.280,23

Fonte: IBGE/IPEADATA
Elaboração Própria

Apêndice B: Estatística Descritiva das Regiões Semiáridas e não Semiáridas do Ceará no Período de 1985

Variáveis	Região	Média	Desvio padrão	Min	Max
Produto (R\$ milhoes)	Semiárido	15.847,93	17.609,47	820,05	64.530,40
	Não semiárido	17.609,47	13.050,05	1.301,96	48.590,64
Área (Ha)	Semiárido	17.239,98	12.869,91	820,05	96.771,91
	Não semiárido	13.113,48	13.050,05	1.301,96	42.028,29
Trabalho (pessoas ocupadas)	Semiárido	9.071,89	6.416,16	1.200,00	30.308,00
	Não semiárido	8.096,40	7.108,06	478,00	28.773,00
Capital (R\$milhões)	Semiárido	119.855,99	100.379,96	5.151,64	518.324,63
	Não semiárido	109.274,97	93.373,69	7.168,13	320.066,24
Despesas com insumos	Semiárido	4.712,46	5.438,75	154,99	27.283,72
	Não semiárido	7.901,47	9.750,11	456,44	38.903,21

Fonte: IBGE/IPEADATA
Elaboração Própria

Apêndice C: Estatística Descritiva das Regiões Semiáridas e não Semiáridas do Ceará no Período de 1995/1996

Variáveis	Região	Média	Desvio padrão	Min	Max
Produto (R\$ milhoes)	Semiárido	10.631,57	7.918,01	820,05	38.377,39
	Não semiárido	8.238,46	8.053,29	228,94	34.906,75
Área (Ha)	Semiárido	7.628,78	5.947,29	802,87	96.771,91
	Não semiárido	9.524,72	9.406,15	390,23	54.198,79
Trabalho (pessoas ocupadas)	Semiárido	7.397,18	5.073,67	924,00	23.371,00
	Não semiárido	6.564,00	4.057,08	1.138,00	17.710,00
Capital (R\$milhões)	Semiárido	202.100,99	169.260,54	8.686,69	873.998,21
	Não semiárido	184.259,29	157.446,57	12.086,88	539.695,21
Despesas com insumos	Semiárido	2.630,38	3.148,79	132,10	22.082,44
	Não semiárido	4.094,53	5.537,54	268,80	23.875,53

Fonte: IBGE/IPEADATA
Elaboração Própria

Apêndice D: Taxa de Variação do Produto Médio Ano de 2006 com Relação a 1975, 1985, 1995/1996

Variável	Região	2006/1975	2006/1985	2006 (1995/1996)
Produto (R\$ milhoes)	Semiárido	7,16	-36,96	-6,02
	Não semiárido	37,57	-43,26	21,27

Fonte: Resultado da pesquisa
Elaboração Própria

Apêndice E: Semiáridos - ETs e MRTs Médias dos Municípios (1975-2006)

Municípios do Semiárido	ET	MTR	ET*
Abaiara	0,759234	0,658566	0,50
Acopiara	0,800812	0,469426	0,38
Aiuaba	0,847422	0,513449	0,44
Alcântaras	0,856679	0,469711	0,40
Altaneira	0,812486	0,475467	0,39
Alto Santo	0,654657	0,516126	0,34
Antonina do Norte	0,759311	0,597114	0,45
Aracati	0,867924	0,552304	0,48
Aracoiaba	0,864239	0,476989	0,41
Araripe	0,909032	0,620667	0,56
Aratuba	0,9005	0,570209	0,51
Arneiroz	0,909552	0,638332	0,58
Assaré	0,854508	0,583325	0,50
Aurora	0,789406	0,564058	0,45
Baixio	0,816469	0,566247	0,46
Barbalha	0,753381	0,487064	0,37

Barro	0,843795	0,533604	0,45
Baturité	0,867373	0,509627	0,44
Boa Viagem	0,871228	0,514969	0,45
Brejo Santo	0,786406	0,522028	0,41
Campos Sales	0,823783	0,488563	0,40
Canindé	0,864921	0,499052	0,43
Capistrano	0,804065	0,500778	0,40
Caridade	0,82927	0,524731	0,44
Cariré	0,872763	0,464103	0,41
Caririaçu	0,842625	0,520601	0,44
Cariús	0,772085	0,560144	0,43
Carnaubal	0,904629	0,538315	0,49
Catarina	0,835292	0,506273	0,42
Caucaia	0,855367	0,46604	0,40
Cedro	0,882631	0,565688	0,50
Coreaú	0,831029	0,508258	0,42
Crateús	0,802281	0,511037	0,41
Crato	0,883882	0,536789	0,47
Farias Brito	0,855856	0,602421	0,52
Frecheirinha	0,868209	0,566966	0,49
General Sampaio	0,886335	0,508078	0,45
Granjeiro	0,914297	0,508289	0,46
Groaíras	0,907426	0,505101	0,46
Guaraciaba do Norte	0,926756	0,528121	0,49
Guaramiranga	0,865953	0,469396	0,41
Hidrolândia	0,937084	0,521302	0,49
Icó	0,82328	0,472016	0,39
Iguatu	0,892945	0,477906	0,43
Independência	0,808111	0,467361	0,38
Ipaumirim	0,804631	0,536729	0,43
Ipu	0,907936	0,544897	0,49
Ipueiras	0,892166	0,472423	0,42
Iracema	0,653482	0,480952	0,31
Irauçuba	0,878565	0,496642	0,44
Itaiçaba	0,848153	0,5563	0,47
Itapajé	0,908375	0,546685	0,50
Itapipoca	0,831893	0,517726	0,43
Itapiúna	0,817886	0,54703	0,45
Itatira	0,903926	0,580546	0,52
Jaguaretama	0,881263	0,552518	0,49
Jaguaribara	0,821918	0,618505	0,51
Jaguaribe	0,770399	0,552377	0,43
Jaguaruana	0,876301	0,623425	0,55
Jardim	0,85582	0,616156	0,53
Jati	0,599929	0,46472	0,28
Juazeiro do Norte	0,736787	0,501426	0,37
Jucás	0,792386	0,512099	0,41
Lavras da Mangabeira	0,83813	0,539257	0,45

Limoeiro do Norte	0,929485	0,511512	0,48
Maranguape	0,8545	0,506991	0,43
Massapê	0,904835	0,519451	0,47
Mauriti	0,772518	0,519367	0,40
Meruoca	0,797577	0,495802	0,40
Milagres	0,737979	0,521655	0,38
Missão Velha	0,818906	0,470368	0,39
Mombaça	0,820719	0,489402	0,40
Monsenhor Tabosa	0,784404	0,502099	0,39
Morada Nova	0,818096	0,465614	0,38
Mucambo	0,817591	0,456318	0,37
Mulungu	0,914452	0,427175	0,39
Nova Olinda	0,826654	0,496952	0,41
Nova Russas	0,855826	0,465765	0,40
Novo Oriente	0,847928	0,499811	0,42
Orós	0,893641	0,600808	0,54
Pacajus	0,826103	0,588522	0,49
Pacoti	0,885811	0,567636	0,50
Pacujá	0,836898	0,632701	0,53
Palhano	0,880892	0,538858	0,47
Palmácia	0,821668	0,50469	0,41
Parambu	0,826913	0,500237	0,41
Paramoti	0,832984	0,537513	0,45
Pedra Branca	0,870468	0,500201	0,44
Penaforte	0,618543	0,48898	0,30
Pentecoste	0,833801	0,53661	0,45
Pereiro	0,786856	0,553973	0,44
Piquet Carneiro	0,844769	0,543082	0,46
Poranga	0,894726	0,459979	0,41
Porteiras	0,797054	0,528268	0,42
Potengi	0,856705	0,485898	0,42
Quixadá	0,829566	0,53008	0,44
Quixeré	0,909348	0,473854	0,43
Redenção	0,824851	0,514096	0,42
Reriutaba	0,934404	0,490391	0,46
Russas	0,788041	0,534696	0,42
Saboeiro	0,774873	0,504441	0,39
Santa Quitéria	0,633638	0,587936	0,37
Santana do Acaraú	0,780696	0,522616	0,41
Santana do Cariri	0,96849	0,567414	0,55
São Benedito	0,91647	0,540731	0,50
São João do Jaguaribe	0,823139	0,535644	0,44
Senador Pompeu	0,831233	0,55055	0,46
Sobral	0,838258	0,465629	0,39
Solonópole	0,919136	0,478277	0,44
Tabuleiro do Norte	0,780534	0,550851	0,43
Tamboril	0,887185	0,516495	0,46
Tauá	0,884753	0,507854	0,45

Tianguá	0,939125	0,536081	0,50
Ubajara	0,926435	0,518439	0,48
Umari	0,675905	0,484473	0,33
Uruburetama	0,926452	0,535814	0,50
Várzea Alegre	0,878159	0,556968	0,49

Fonte: Resultado da pesquisa

Elaboração Própria

Apêndice F: Região não Semiárida: ETs e MRTs Médias dos Municípios (1975-2006)

Município	ET=ET*
Acaraú	0,742332334
Aquiraz	0,660700531
Beberibe	0,69592709
Bela Cruz	0,822033142
Camocim	0,740638896
Cascavel	0,68504815
Chaval	0,742305343
Fortaleza	0,811826476
Granja	0,728948217
Marco	0,701557123
Martinópole	0,603626524
Moraújo	0,715625668
Morrinhos	0,764195211
Pacatuba	0,661794349
Paracuru	0,795404092
São Gonçalo do Amarante	0,322517073
São Luís do Curu	0,690561166
Senador Sá	0,756595364
Trairi	0,710048041
Uruoca	0,669690812
Viçosa do Ceará	0,776795923

Fonte: Resultado da pesquisa

Elaboração Própria