

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Análise da produtividade agrícola no Vale do São Francisco: um estudo diante da
escassez de recursos hídricos

Caliane Borges Ferreira

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração Economia Aplicada

Piracicaba
2022

Caliane Borges Ferreira
Bacharel em Ciências Econômicas

Análise da produtividade agrícola no Vale do São Francisco: um estudo diante da escassez de recursos hídricos

Orientador:
Prof. Dr. **HUMBERTO FRANCISCO SILVA SPOLADOR**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração Economia Aplicada

Piracicaba
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Ferreira, Caliane Borges

Análise da produtividade agrícola no Vale do São Francisco: um estudo diante da escassez de recursos hídricos / Caliane Borges Ferreira. - - Piracicaba, 2022.

89 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Vale do São Francisco 2. Fronteira de produção estocástica 3. Produtividade 4. Eficiência técnica I. Título

À minha filha querida, Joana Borges,
ao meu amado esposo, Lécio Rodrigues,
aos meus pais, Antonio Ferreira e Romilda Borges,
aos meus irmãos, Antonio Carlos e Ronilton Borges,
aos meus sobrinhos, Kaylanne e Heitor,
pelo incondicional e precioso amor.

AGRADECIMENTOS

À Deus, acima de tudo, por me conduzir nesta caminhada e me fazer acreditar que, no final, tudo daria certo. Obrigada, Senhor, por cada dia aumentar minha fé e gratidão.

Ao meu esposo, Lécio Rodrigues. Não caberiam nesta seção todas as palavras de gratidão. Muito obrigada por cuidar de nosso lar, de nossa pequena menina e de mim. Obrigada pelo incentivo a buscar meus objetivos e sonhos individuais e por me mostrar, a cada dia, que a felicidade existe quando estamos juntos. Eu te amo muito, saiba que nenhuma palavra desta pesquisa seria escrita sem você ao meu lado.

À minha filha, Joana Borges. Perdoe-me tamanha ausência, compreenda-me, entenda a mãe quando certamente eu contar a você pela milésima vez como foi difícil estar longe. Como foram terríveis as noites, os fins de semana sem você. A mãe te ama muito e todo esforço é por você, para você.

Aos meus pais, Antonio Ferreira e Romilda Borges; aos meus irmãos, Antonio Carlos Ferreira e Ronilton Borges, e aos meus sobrinhos, Kaylann e Heitor, pelo apoio familiar, pelo amor sem limites, por segurarem aos trancos e barrancos as minhas idas e vindas à Piracicaba.

Ao meu professor e orientador, Dr. Humberto Francisco Silva Spolador. Não tenho palavras para descrever o quanto sou grata pela compreensão, pelos ensinamentos, pela paciência e principalmente pelo estímulo. Obrigada professor. Você certamente será um exemplo a ser seguido.

Ao meu colega de trabalho e coorientador, Dr. João Ricardo Ferreira de Lima, por ter aceitado o desafio de misturar o companheirismo da amizade com os entraves da pesquisa.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Carlos Eduardo de Freitas Vian, Dr. José Garcia Gasques e Dr. Jair Andrade de Araújo pelas valiosas contribuições.

A todos os professores do PPGA – Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, em especial aos professores Dr. Carlos Eduardo de Freitas Vian, Dra. Silvia Helena Galvão de Miranda, Dr. Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho, Dr. Geraldo Sant’Ana de Camargo Barros, Dr. Alexandre Nunes de Almeida, Dr. Rodolfo Hoffmann e Dra. Miriam Rimenos Piedade Bacchi, pelos conhecimentos repassados e estímulo durante todo o curso.

Aos funcionários do programa sempre dispostos a nos ajudar com respeito e profissionalismo.

À Universidade de São Paulo – USP, ao Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Esalq.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa concedida.

Aos meus amigos e colegas de curso, Augusto Seabra, Elder Generozo, Fernando Vinícius, Franciele de Oliveira, Gustavo Lobo, Gustavo Giaguini, João Felema, José Luis Escobar, Oto Murer, Pedro Soares e William Barbosa, dividimos tantas alegrias e aflições.

Aos amigos e colegas de trabalho da Faculdade de Petrolina – FACAPE, que não são desta Academia, mas que estiveram sempre presentes e puderam compartilhar diversos momentos de felicidade, angústia e saudade.

Aos meus amigos pessoais, da vida, da caminhada diária, na igreja, na cidade e no interior. A todos, os meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRAT	7
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	8
LISTA DE TABELAS	9
CAPÍTULO 1	11
INTRODUÇÃO GERAL	11
OBJETIVOS.....	13
Objetivo Geral	13
Objetivos Específicos	13
RESUMO DA TESE.....	13
DEMANDA HÍDRICA E EXPANSÃO DA IRRIGAÇÃO NO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO.....	15
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. RECURSOS HÍDRICOS	16
2.1 Uso e Gestão da Água	16
2.2 Uso da Água para Irrigação	19
3. REGIÃO GEOGRÁFICA	22
3.1 A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – BHSF	22
3.2 O Vale do Submédio São Francisco	24
4. EXPANSÃO DA IRRIGAÇÃO DO POLO PETROLINA/JUAZEIRO	25
4.1 Contexto Histórico.....	26
4.2 O Polo Petrolina/Juazeiro	27
4.3 Vazão da Barragem de Sobradinho	32
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA TÉCNICA NA LAVOURA DE MANGA NO VALE DO SÃO FRANCISCO	37
1. INTRODUÇÃO.....	37
2. PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA.....	39
2.1 Cenário Agrícola para o Cultivo de Manga.....	39
2.2 Exportação e Preços.....	41
3. METODOLOGIA.....	44
3.1 Distrito de Irrigação Nilo Coelho – DINC	44
3.2 Base de Dados	46
3.3 Modelo Econométrico	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
4.1 Análise da Produtividade.....	53
4.2 Estimção da Fronteira de Produção	55
4.3 Ranking de Eficiência Técnica	58
4.4 Análise Complementar	62
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	67
APÊNDICE	81
ANEXOS	87

RESUMO

Análise da produtividade agrícola no Vale do São Francisco: um estudo diante da escassez de recursos hídricos

O aumento da demanda por produtos agrícolas vem ocasionando mudanças significativas no mundo todo, o que também aumenta a demanda por recursos hídricos. No Vale do São Francisco no semiárido nordestino, esse cenário não é diferente. A região apresenta grande potencial para a produção de fruticultura irrigada, produzindo 2,5 safras anuais. O polo Petrolina/Juazeiro, situado no submédio São Franciscano produz frutas frescas com destaque para manga e uva. A manga é a cultura com maior representatividade na região, produzindo, em média, 25 t/ha. Assim, este estudo trata da análise de produtividade e eficiência, a partir de métodos desenvolvidos por Batesse e Coelli (1995) e Kumbhakar e Lovell (2003), para um grupo de 75 produtores de manga no Distrito de Irrigação Nilo Coelho (DINC) em Petrolina/PE, no período compreendido entre os anos de 2014 a 2018. Além de utilizar o modelo de fronteira de produção estocástica, este estudo analisa também a eficiência técnica de cada produtor pesquisado. Portanto, a contribuição deste trabalho para a literatura empírica é apresentar alguns dos fatores que contribuíram para o desempenho agrícola da região ao longo dos anos e, eventualmente, subsidiar políticas de desenvolvimento regional e setorial. O primeiro capítulo apresenta a introdução do estudo, descrevendo os objetivos. O segundo capítulo faz uma análise expositiva da expansão da irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, em específico na região do submédio. Faz-se necessário também uma contextualização histórica da região como forma de apresentação do cenário de estudo. O terceiro capítulo trata da produção de manga no DINC, apresenta a metodologia do estudo e analisa tanto a produtividade por hectare quanto os *scores* de eficiência técnica por lote de irrigação. Os resultados apontaram a terra como o insumo de maior representatividade estatística na função de produção, com maior elasticidade, seguida do fator de produção capital. Contudo, apesar do sinal esperado positivo para o volume de água destinado à irrigação, o coeficiente calculado apresentou-se baixo. Foi possível identificar que apenas 5,3% dos produtores possuem elevada eficiência técnica relativamente. A grande maioria dos produtores, 69,3% estão no eixo central da distribuição, com TE entre 0,4 e 0,8, se apresentando dentro da distribuição média.

Palavras-chave: Vale do São Francisco, Fronteira de produção estocástica, Produtividade, Eficiência técnica

ABSTRAT

Analysis of agricultural productivity in the São Francisco Valley: a study in the face of scarcity of water resources

The rising demand for agricultural products is resulting on significant changes around the world, which also increases the demand for water resources. In the São Francisco Valley, located in the northeastern semiarid region, this scenario is not different. The region has great potential for the production of irrigated fruit, producing 2.5 crops per year. The Petrolina/Juazeiro hub, located in the São Francisco submedium, produces fresh fruits, especially mangoes and grapes. Mango is the most representative crop in the region, producing, on average, 25 t/ha a year. Thus, this study conducted the analysis of productivity and efficiency, based on methods developed by Batesse and Coelli (1995) and Kumbhakar and Lovell (2003), for a group of 75 mango producers in the Nilo Coelho Irrigation District (DINC) in Petrolina/PE, with information from 2014 to 2018. In addition to use the stochastic production frontier model, this study also analyzes the technical efficiency of each producer surveyed. Therefore, the contribution of this work to the empirical literature is to present some of the factors that contributed to the agricultural performance of the region over the years and, eventually, to subsidize regional and sectoral development policies. The first chapter presents the introduction of the study, describing the objectives. The second chapter presents an expository analysis of the irrigation expansion in the São Francisco River Basin, specifically in the submedium region. The third chapter deals with mango production at DINC, and presents analysis referent to productivity per hectare and technical efficiency scores per irrigation lot. The results showed land as the input with the highest statistical representation in the production function, with greater elasticity, followed by the capital production factor. However, despite the expected positive sign for the volume of water destined for irrigation, the estimated coefficient was low. It was possible to identify that only 5.3% of the producers are highly technically efficient. The vast majority of producers, 69.3%, are in the central axis of the distribution, with TE between 0.4 and 0.8, presenting themselves within the average distribution.

Keywords: São Francisco Valley, Stochastic production frontier, Productivity, Technical efficiency analysis

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Regiões hidrográficas brasileiras.	22
Figura 2 - Regiões hidrográficas do São Francisco.....	23
Figura 3 - Regiões fisiográficas do Rio São Francisco.....	23
Figura 4 - Caatinga*.....	25
Figura 5 - RIDE Petrolina/Juazeiro.	28
Figura 6 - Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho.	29
Figura 7 - Área colhida (ha) de manga - RIDE Petrolina/Juazeiro (1974-2016).....	31
Figura 8 - Quantidade produzida de manga - RIDE Petrolina/Juazeiro (1974-2016).....	32
Figura 9- Vazão mínima do reservatório de Sobradinho e Xingó (2013-2021).....	33
Figura 10- Volume útil do lago de Sobradinho - 2001 a ago/2021.....	34
Figura 11 - Resultados dos dados estruturais dos Censos Agropecuários Brasil – 1975/2017 – área total (ha).....	40
Figura 12 - Evolução do valor das exportações de manga do Brasil: 2011-2021.	43
Figura 13- Evolução do preço médio anual da manga - 2011 e out/2021 (R\$ valor nominal). 43	
Figura 14- Fronteira de produção e eficiência técnica.	49
Figura 15- Produtividade (t/ha) por lote.	54
Figura 16- Curva de densidade.....	55
Figura 17- Eficiência Técnica – Modelo COLS.....	60
Figura 18- <i>Ranking</i> de eficiência técnica.	62
Figura 19- Volume e Produtividade (correlação).....	63
Figura 20- TE e volume (correlação).....	63
Figura 21- TE e produtividade (correlação).	64
Figura 22- TE e terra (correlação).....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comitês de afluentes da Bacia Hidrográfica do São Francisco.....	19
Tabela 2 - Níveis de subdivisão da região do submédio São Francisco.....	24
Tabela 3 – Perímetros irrigados do submédio São Francisco.....	29
Tabela 4 - Exportações brasileiras de mangas por Estado (2018).....	31
Tabela 5 - Evolução da área colhida com manga nas regiões do Brasil de 2014 a 2020 (ha) ...	40
Tabela 6 - Perfil de variedades (estimativa).....	41
Tabela 7 - Ranking das exportações brasileiras de frutas* (2018 a 2021).	41
Tabela 8 - Exportações de frutas – 1º. semestre de 2020 e 2021.	42
Tabela 9 - Área irrigável – DINC.	44
Tabela 10 - Divisão dos lotes por categoria de empresa e área média.....	45
Tabela 11 - Distribuição da área por cultura (set/2020).	45
Tabela 12 - Estatística descritivas.	47
Tabela 13 - Ranking da produtividade (t/ha) por lote e volume (m ³).	54
Tabela 14 - Estimativas do modelo COLS.....	56
Tabela 15- Estimativas do modelo CMAD.....	57
Tabela 16 - TE (média) comparadas – modelos <i>COLS</i> e <i>CMAD</i>	57
Tabela 17 - Eficiência técnica por lote pesquisado.	59
Tabela 18 - TE e demais variáveis qualitativas.	60
Tabela 19- TE, produtividade (t/ha) e variáveis explicativas comparadas.	61
Tabela 20 - Correlação – volume e produtividade.	62

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

A estabilização da economia, a abertura comercial e a globalização fizeram com que aumentassem as preocupações com a eficiência e a produtividade das diferentes cadeias. As empresas estão reavaliando suas metas e seus métodos para assegurarem viabilidade e competitividade. Nesse contexto, a compreensão dos conceitos de eficiência e produtividade, e o conhecimento das técnicas disponíveis para a sua medição, assumem importância fundamental também no cenário agrícola (FERREIRA et al, 2016).

O aumento da demanda por produtos agrícolas vem ocasionando mudanças significativas no mundo todo. As previsões da *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)* apontam uma necessidade de crescimento da oferta de alimentos no mundo em torno de 70% até 2050, o que também aumentará a demanda por recursos hídricos (FAO, 2017). Nesse sentido, no Vale do Submédio São Francisco a tendência de crescimento da produtividade agrícola está em acordo com a evolução do mercado internacional, pois a região apresenta grande potencial para a produção de fruticultura irrigada, produzindo 2,5 safras anuais. Para isso, a água é o fator de produção muito importante.

No semiárido nordestino, onde está localizado o polo Petrolina/Juazeiro, integram-se 1.262 municípios¹, em uma área de 1.127.953 km² de extensão (IBGE, 2016), e população de 27.870.241 habitantes (IBGE, 2017). Compõem a estrutura agropecuária da região 1.835.314 unidades, em uma área de 52.780.091 hectares. Contudo, apenas 11,4% da área composta por estabelecimentos agropecuários são de lavoura. A Bahia possui a maior área de exploração, 41,5%, sendo 19,1% referente às lavouras permanentes. O município de Juazeiro possui 15.659 hectares destinados ao cultivo de lavouras permanentes, e Petrolina 14.096 hectares (IBGE, 2017).

Juazeiro (BA) possui uma população estimada (2021) de 219.644 habitantes, com PIB *per capita* de R\$ 19.032,14. Petrolina (PE), por sua vez, possui uma população estimada (2021) de 359.372 habitantes e PIB *per capita* de R\$ 19.445,59 (IBGE, 2018). As duas cidades juntas possuem uma extensão territorial de 11.283.107 km² (IBGE, 2017).

O Brasil é um dos países que produzem mais frutas no mundo mesmo com cenários onde a seca se faz protagonista. O vale do rio São Francisco deixou de ser um local conhecido pela seca e se transformou em um polo da fruticultura, colaborando para o país estar entre os primeiros dessa lista, graças aos projetos de irrigação e às águas abençoadas do rio, que colaboraram para que paisagens áridas e secas virassem grandes áreas verdes da riqueza agrícola (CHSF, 2017).

O polo Petrolina/Juazeiro produz frutas frescas com destaque para manga e uva, assim como goiaba, acerola, coco verde, maracujá, melão, melancia, banana, mel, vinho e vinagre, pimentões, açúcar e álcool, polpas de frutas, entre outros produtos (CODEVASF, 2017). Adicionalmente, desde 2005 há investimentos em novas lavouras como maçãs, peras e caquis.

A manga é a cultura com maior representatividade na região do Vale. Em média, a região produz 25 toneladas de manga por hectare. De acordo com o Ministério da Agricultura e

1 O semiárido brasileiro abrange os estados de Alagoas (3%), Bahia (22%), Ceará (13,9%), Maranhão (0,2%), Minas Gerais (7,2%), Paraíba (15,4%), Pernambuco (9,8%), Piauí (14,7%), Rio Grande do Norte (11,7%) e Sergipe (2,3%) (IBGE, 2016).

Abastecimento (MAPA), a receita de exportação em 2020 para manga foi de US\$ 246,9 milhões, sendo US\$ 212,2 milhões o valor comercializado pelo Vale do São Francisco, ou seja, 86% (MAPA, 2021).

Em 2020 foi observado o maior patamar histórico das exportações, tanto em volume quanto em receita. Os preços no mercado externo ficaram pouco abaixo da média, mas a depreciação da taxa de câmbio favoreceu os exportadores no período (Embrapa, 2021).

A agricultura irrigada tem contribuído para o desenvolvimento da região do Vale, principalmente para o pequeno agricultor. Ela gera emprego, qualidade de vida e incentiva os agricultores a produzirem de forma mais eficiente sem alterações no solo e com qualidade (CHSF, 2017).

Considerando que o Brasil está entre os dez primeiros países com maior área equipada para irrigação no mundo, a Agência Nacional de Águas divulgou que 67% da vazão média em nível nacional foi destinado à agricultura do país. Nos EUA a vazão média para agricultura foi de 59% no mesmo período, enquanto que a média mundial foi de 70% (ANA, 2017).

Para Christofidis (2002) existe uma tendência natural de aumento do uso da água no futuro, seja pelo aumento populacional, culminando numa maior necessidade por alimentos, seja pela disponibilidade de terras com aptidão para uso da agricultura irrigada.

Giordano et al. (2019) apontaram que da Cidade do Cabo à Califórnia e aos campos de trigo da Europa, as crises relacionadas à água tiveram destaque no noticiário internacional em 2018. Segundo os autores, a escassez de água é um alto risco para a produção global de alimentos. As estimativas reforçam a necessidade de dobrar a produção de alimentos até 2050, mas a escassez de água pode estimular uma futura crise alimentar porque os **pequenos agricultores**, que estão especialmente em risco, produzem uma parcela significativa dos alimentos do mundo.

Para Farrel (1957), o estudo da eficiência e da produtividade tornou-se importante porque esse é o passo principal de um processo que pode conduzir a uma substancial economia de recursos, que é de grande importância para as empresas em ambientes competitivos.

Este estudo trata da análise de produtividade e eficiência, a partir de métodos desenvolvidos por Batters e Coelli (1995) e Kumbhakar e Lovell (2003), para um grupo de 75 produtores de manga no Vale do São Francisco, em específico no Distrito de Irrigação Nilo Coelho em Petrolina – PE, no período compreendido entre os anos de 2014 a 2018.

Além de utilizar o modelo de Fronteira de Produção Estocástica para analisar a produção de manga no Vale do São Francisco, este estudo analisa também a Eficiência Técnica (TE) de cada produtor pesquisado. Portanto, a contribuição deste trabalho para a literatura empírica é apresentar alguns dos fatores que contribuíram para o desempenho agrícola da região ao longo dos anos e, eventualmente, subsidiar políticas de desenvolvimento regional e setorial.

Ainda, busca-se, simultaneamente, compreender a influência de uma variável específica, o volume de água utilizado para irrigação, o que diferencia esta tese dos trabalhos já realizados anteriormente sobre produtividade agrícola no Submédio São Francisco. Esta variável foi escolhida em virtude da vasta seca na região do semiárido brasileiro.

A escassez de água não é simplesmente uma questão de falta de água, mas sim de falta de investimento em novas tecnologias, por exemplo. Para Giordano et al. (2019), os investimentos em novos modelos de negócios devem ser incentivados por políticas públicas, criando sinergias benéficas entre os setores de água e energia. A mudança de política em combinação com investimentos em modelos de negócios inovadores é uma opção promissora para aliviar a escassez de água. Somente com essa combinação será possível proteger as

pequenas propriedades da escassez de água, e dar os passos essenciais em direção à segurança alimentar.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Analisar os determinantes da produção e a eficiência técnica dos produtores de manga do Distrito de Irrigação Nilo Coelho, no polo Petrolina(PE)/Juazeiro(BA), situado no Vale Submédio São Francisco, no período correspondente a 2014-2018, por meio do modelo de Fronteira de Produção Estocástica.

Objetivos Específicos

Expor, de maneira descritiva e interpretativa, a expansão da irrigação no Vale do São Francisco, em específico, na região do Submédio São Francisco;

Contextualizar historicamente a região do Submédio São Francisco no tocante a evolução da irrigação, assim como o desenvolvimento econômico do polo Petrolina/Juazeiro;

Caracterizar o cenário produtor e exportador de manga no Brasil e no Vale;

Estimar a Fronteira de Produção Estocástica a partir de um modelo *cross-section*, por meio de informações levantadas entre 2014 a 2018;

Calcular a eficiência técnica dos produtores de manga do Distrito de Irrigação Nilo Coelho, reconhecendo as DMUs (*Decision Making Units*) mais eficientes e menos eficientes.

RESUMO DA TESE

Em um primeiro momento, este estudo visa fazer uma análise expositiva e interpretativa da expansão da irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, em específico na Região do Submédio, onde está localizado o polo irrigado Petrolina/Juazeiro, e com isso identificar de que maneira a utilização da água na agricultura irrigada tem se comportado diante da produtividade agrícola da região. Fez-se necessário também uma contextualização histórica da região como forma de apresentação do cenário de estudo, isto exposto no segundo capítulo.

O terceiro capítulo trata da produção de manga no Vale do São Francisco. O estudo foi realizado no Distrito de Irrigação Nilo Coelho – DINC, situado no polo Petrolina/Juazeiro junto a 75 produtores entre os anos de 2014 a 2018. O objetivo principal deste capítulo é estimar a Fronteira de Produção Estocástica, a partir dos insumos terra, capital, trabalho e volume de água destinados à irrigação. Ainda, analisar os *scores* de Eficiência Técnica por lote de irrigação. Esta análise permitiu a identificação das DMUs mais eficientes e as menos eficientes. O capítulo também trata das relações entre e TE, a produtividade (t/ha) e o volume de água destinado à irrigação.

CAPÍTULO 2

DEMANDA HÍDRICA E EXPANSÃO DA IRRIGAÇÃO NO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

1. INTRODUÇÃO

A relevância atribuída à maximização do uso da água em todo planeta tornou-se uma discussão entrelaçada à produção de alimentos e ao crescimento populacional. Técnicas de cultivo avançam a cada safra e os setores público e privado buscam soluções economicamente viáveis para manter o avanço da produção agrícola, aliado ao uso eficiente da água como fator condicionante da produção.

O aumento da demanda por produtos agrícolas vem ocasionando mudanças significativas; segundo a *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*, até o ano 2050 estima-se uma população de 9 bilhões de pessoas. A agência das *United Nations* ainda prevê que a produção de alimentos no mundo deve crescer 70% no mesmo período, o que também aumentará a demanda por recursos hídricos (FAO, 2017).

O Censo Agropecuário realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2017 indicou uma área de 351,289 milhões de hectares destinados à agropecuária (estabelecimentos agropecuários), 41% da área total do país. Desses, 7.755.817 milhões de hectares são utilizados para lavouras permanentes e 55.761.988 em lavouras temporárias. Em relação às áreas colhidas, os dados da FAO apontam um controle total de áreas irrigadas colhidas no Brasil de 5.329 milhões de hectares em 2006. Desta área, 4.798 milhões de hectares produziram culturas temporárias, 476 mil hectares, culturas permanentes e 55 mil hectares, prados e pastagens permanentes (IBGE, 2017).

Dados da FAO (2020) colocam o Brasil entre os dez primeiros países com a maior área equipada para irrigação do mundo. China e Índia possuem as maiores áreas (70 milhões de hectares), seguidos pelos Estados Unidos (26,7 Mha), Paquistão (20 Mha) e Irã (8,7 Mha). O Brasil ocupa a sexta posição com 8,2 Mha. Tailândia, México, Indonésia, Turquia, Bangladesh, Vietnã, Uzbequistão, Itália e Espanha ocupam o grupo de países que possuem de 4 a 7 Mha equipados para irrigação. O Nordeste do Brasil, por exemplo, possui uma área de 1.171.159 ha (ANA, 2015).

Em relação à produtividade agrícola, o Vale do Submédio São Francisco não difere do cenário nacional. A região apresenta grande potencial para a fruticultura irrigada, produzindo 2,5 safras anuais. Os principais produtos e empreendimentos agrícolas e agroindustriais privados desse polo são: frutas, com destaque para uva e manga; vinho e vinagre; sementes básicas e mudas de frutíferas; álcool e açúcar; polpa de frutas; mel de abelha e doces; piscicultura; beneficiamento de couros e peles; e beneficiamento de pimentão industrial (CODEVASF, 2017).

A Associação dos Produtores e Exportadores de Hortigranjeiros e Derivados do Vale do São Francisco – VALEXPOR divulgou um crescimento nas exportações de uva e manga realizadas pelo polo Petrolina/Juazeiro de 17,93% no primeiro trimestre de 2021, comparado ao mesmo período de 2020 (VALEXPOR, 2021).

Braga (2017) argumentou sobre a importância das tecnologias de irrigação e sua sustentabilidade no Brasil, em problemas estruturais próprios do desenvolvimento sustentável da região do Semiárido, onde a água é o fator condicionante do desenvolvimento.

Assim, o objetivo deste capítulo consiste em fazer uma análise expositiva e interpretativa da expansão da irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, em específico na Região do Submédio, onde está localizado o polo irrigado Petrolina/Juazeiro.

Este capítulo está dividido em cinco seções, composta por esta introdução, seguida de um referencial teórico, que trata do gerenciamento dos recursos hídricos. A terceira seção descreve a região geográfica de estudo. Posteriormente, na quarta seção, aborda a expansão da irrigação no Vale Submédio São Francisco e, por fim, as discussões e conclusão do estudo.

2. RECURSOS HÍDRICOS

Esta seção aborda o uso e gestão da água em nível global, as diretrizes nacionais, sua legislação, assim como o uso e gestão da água destinada à irrigação.

2.1 Uso e Gestão da Água

Sendo a água a substância mais comum do planeta, recurso não exaurível, com características químicas importantes à sobrevivência dos organismos, torna-se cada vez mais relevantes os estudos sobre o tema. Contudo, a questão atual diz respeito ao uso e gestão da água. De acordo com a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (2017), apesar de aproximadamente 60% da população mundial ter como principal fonte de água os lençóis freáticos ou subterrâneos, o stress hídrico diminui a qualidade da água potável em virtude da poluição hídrica e esgotos (ABAS, 2017).

A utilização da água para alimentação e higiene, produção industrial, irrigação, entre outros usos urbano e rural, é considerada demanda hídrica consultiva, ou seja, uma parte da vazão de retirada retorna ao ambiente após o uso, e é denominada de “vazão de retorno”. Já a água não devolvida – a diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno – é chamada de “vazão de consumo”. A demanda não-consultiva pelo uso da água é destinada para geração de energia, navegação, pesca e lazer, por exemplo (ANA, 2017).

No Brasil, a vazão de consumo para agricultura irrigada chegou a 67% do total em 2015 (ANA, 2017). A média utilizada pelos EUA no mesmo período foi da ordem de 59%, sendo que a média global é de 70%. Há, ainda, a vazão de consumo para abastecimento animal (11%), indústria (9,5%), e abastecimento urbano (8,8%) (ANA 2017). Estima-se que a demanda de retirada passará dos atuais 969 mil litros por segundo para 1.338 milhão (l/s) em 2030, um aumento de 38%. A Conjuntura de Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2017) ainda projeta um aumento de 42% na vazão de consumo, podendo alcançar 1.055 milhão (l/s) em 2030 partindo dos atuais 745 mil (l/s). Faz-se necessário, portanto, um esforço crescente de planejamento e gestão do recurso.

Khanna e Zilberman (2017) mostraram que a agricultura irrigada representa uma grande parcela do consumo total e de retiradas de águas superficiais e subterrâneas nos Estados Unidos. Isto é particularmente verdadeiro nos estados ocidentais, que têm experimentado uma grave escassez de água nos últimos anos. Com as mudanças climáticas, espera-se aumentar a variabilidade nas precipitações e, para manter a produtividade das culturas, o setor dependerá da irrigação. Segundo os autores, a agricultura irrigada contribui para o esgotamento dos principais aquíferos norte americanos e o excesso de rega das culturas causa lixiviação de nutrientes, que prejudicam a qualidade da água.

Fazendo referência ao uso da água no planeta, o *Índice de Falkenmark*, calculado pela ONU, considera a vazão média por habitante por ano, da seguinte forma:

< 500 m³ hab⁻¹ ano⁻¹ – situação de escassez;

de 500 a 1700 m³ hab⁻¹ ano⁻¹ – situação de *stress*; e
> 1.700 m³ hab⁻¹ ano⁻¹ – situação confortável.

O Brasil, de acordo com o *Índice de Falkenmark*, possui 33.376 m³ hab⁻¹ ano⁻¹. Contudo, por tratar-se de um país de extensão continental, com características geoclimáticas heterogêneas, esse índice não retrata de fato a realidade do semiárido nordestino, por exemplo. A Bacia Amazônica contribui significativamente para a elevação desse índice. Entretanto, mesmo em condições semiáridas, o São Francisco possui um *Índice de Falkenmark* de 7.025 m³ hab⁻¹ ano⁻¹ (PAULINO, 2012).

Dados do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) apontam a vazão média no Brasil de 986,4 m³s⁻¹, sendo 69% desse valor utilizado na agricultura irrigada (ANA, 2011), levando aos lençóis freáticos agrotóxicos e fertilizantes. Passam pelo território brasileiro, em média, cerca de 260.000 m³ de água por segundo, dos quais 205.000 m³/s estão localizados na bacia do rio Amazonas, restando às demais regiões do território, 55.000 m³/s de vazão média (ANA, 2016).

Apesar da abundância, os recursos hídricos brasileiros não são inesgotáveis, e o acesso à água não é igual para todos, pois as características geográficas de cada região e as mudanças de vazão dos rios, que ocorrem devido às variações climáticas ao longo do ano, afetam a distribuição (MMA, 2017).

A Lei n° 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Preceitua o Art. 1° do normativo legal que: A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

- I – a água é um bem de domínio público;
- II – a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III – em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV – a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V – a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI – a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Do mesmo diploma legislativo se extrai os órgãos componentes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A esse respeito, é relevante a leitura do Art. 33, segundo o qual: Integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos:

- I – o Conselho Nacional de Recursos Hídricos;
- I-A – a Agência Nacional de Águas;
- II – os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal;
- III – os Comitês de Bacia Hidrográfica;
- IV – os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos;
- V – as Agências de Água.

Na seara dos órgãos instituídos por lei, cabe aos Comitês de Bacia Hidrográfica as seguintes áreas de atuação e competências, em conformidade com os artigos 37 e 38, ambos da Lei nº 9.433/97: Os Comitês de Bacia Hidrográfica têm como área de atuação:

I – a totalidade de uma bacia hidrográfica;

II – sub-bacia hidrográfica de tributário do curso de água principal da bacia, ou de tributário desse tributário; ou

III – grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas.

Parágrafo único: A instituição de Comitês de Bacia Hidrográfica em rios de domínio da União será efetivada por ato do Presidente da República.

Art. 38º: Compete aos Comitês de Bacia Hidrográfica, no âmbito de sua área de atuação:

I – promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes;

II – arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos;

III – aprovar o Plano de Recursos Hídricos da bacia;

IV – acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da bacia e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;

V – propor ao Conselho Nacional e aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos as acumulações, derivações, captações e lançamentos de pouca expressão, para efeito de isenção da obrigatoriedade de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, de acordo com os domínios destes;

VI – estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados;

VII – estabelecer critérios e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo. Parágrafo único: Das decisões dos Comitês de Bacia Hidrográfica caberá recurso ao Conselho Nacional ou aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, de acordo com sua esfera de competência.

Fazendo referência à Bacia Hidrográfica do São Francisco, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF) é um órgão colegiado, integrado pelo poder público, sociedade civil e empresas usuárias de água, que tem por finalidade realizar a gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos da bacia, na perspectiva de proteger os seus mananciais e contribuir para o seu desenvolvimento sustentável. Para tanto, o governo federal lhe conferiu atribuições normativas, deliberativas e consultivas (CBHSF, 2020).

A Bacia Hidrográfica do São Francisco é composta por dezoito Comitês de Afluentes divididos por Estado (Tabela 1). O Vale do São Francisco, em específico o Vale do Submédio São Francisco será descrito com maior detalhe na Seção 3, que tratará na Região Geográfica de estudo.

Tabela 1 - Comitês de afluentes da Bacia Hidrográfica do São Francisco.

Unidade da Federação	Comitê da Bacia Hidrográfica
Minas Gerais	dos Afluentes do Alto São Francisco
	do Rio Paraná
	do Rio Paraopeba
	do Encontro da Represa de Três Marias
	do Rio das Velhas
	dos Rios Jequitaí e Pacuí
	do Rio Paracatu
	do Rio Urucuia
	dos Afluentes Mineiros do Médio São Francisco
	do Rio Grande
Bahia	dos Rios Verde e Jacaré
	do Rio Salitre
	do Rio Corrente
Pernambuco	do Lago de Sobradinho
	dos Rios Paramirim e Santo Onofre
Alagoas	do Rio Pajeú
	do Rio Piauí

Fonte: CHBSF (2020).

Criado por decreto presidencial em 5 de junho de 2001, o CBHSF tem 62 membros titulares e expressa, na sua composição tripartite, os interesses dos principais atores envolvidos na gestão dos recursos hídricos da bacia. Em termos numéricos, os usuários somam 38,7% do total de membros, o poder público (federal, estadual e municipal) representa 32,2%, a sociedade civil detém 25,8% e as comunidades tradicionais 3,3% (CBHSF, 2017).

2.2 Uso da Água para Irrigação

O uso da água deve ser analisado a partir dos fatores que influenciam sua demanda, como a produção agrícola e industrial, além do consumo doméstico. Diante do uso ineficiente do recurso, a disponibilidade e distribuição hídrica precisam ser fortemente modificadas, visando um consumo mais sustentável (ROMEIRO, 2012).

Para Christofidis (2002), existe uma tendência natural de aumento do uso da água no futuro, seja pelo aumento populacional, culminando numa maior necessidade por alimentos, seja pela disponibilidade de terras com aptidão para uso na agricultura irrigada.

Na América Latina, a superfície irrigada é de, aproximadamente, 16 milhões de hectares, distribuída principalmente no México, Argentina, Brasil, Chile e Peru (COELHO *et al*, 2005). Apesar de corresponder a uma pequena parcela do total cultivado, a área irrigada mundial contribui com 42% da produção total (CHRISTOFIDIS, 2002). No Brasil, 6,95 Mha são destinados à produção de alimentos utilizando diferentes técnicas de irrigação. Os alimentos cultivados com alto potencial de irrigação são tomate, arroz, pimentão, cebola, batata, alho, frutas e verduras (ANA, 2017).

A maior parte das bacias hidrográficas com indicadores de criticidade quantitativa no Brasil tem como maior uso consuntivo a agricultura irrigada com 765,5 m³/s ou 66,27% do consumo de água nacional. A criticidade ocorre devido às altas demandas da irrigação, mas também em regiões com demandas moderadas, mas com baixa disponibilidade hídrica. Com a perspectiva de aumento do uso da água para irrigação em 42% no horizonte 2030, é necessário um esforço crescente de planejamento e gestão dos recursos hídricos (ANA, 2020).

Esse consumo deverá ser reduzido ao longo dos anos com a incorporação de tecnologias e processos mais eficientes de gestão do uso do recurso hídrico, sendo estimado para 2025 uma queda para 8.100 m³/ha/ano.

Entretanto, em 2025, estima-se que três bilhões de pessoas serão afetadas pela escassez desse bem da vida, cuja disponibilidade será inferior a 1.700 m³/ha/ano (CHRISTOFIDIS, 2002).

Portanto, existe expectativa de aumento da demanda de água para o futuro próximo, mas não há previsão de aumento da água doce no planeta. Pelo contrário, desmatamentos e uso inadequado do solo têm mantido um elevado escoamento superficial com uma baixa reposição contínua dos mananciais e fontes hídricas (COELHO et al, 2005).

Como já mencionado, o Brasil está entre os 10 países com maior área equipada para irrigação do mundo e a agricultura irrigada mostra-se dinâmica e diversificada. Porém, a Agência Nacional de Águas afirma que a irrigação ainda é pequena frente ao potencial estimado do país. Muitos avanços ainda são necessários para melhor caracterização e monitoramento da atividade.

Diversos fatores contribuem para a necessidade de irrigação. Em regiões afetadas pela escassez contínua de água, como no Semiárido brasileiro, a irrigação é fundamental, ou seja, uma parte importante da agricultura só se viabiliza mediante a aplicação artificial de água (ANA, 2020).

Investimentos em irrigação resultam em aumento substancial da produtividade e do valor da produção agrícola, diminuindo a necessidade de expansão em áreas ocupadas por outros usos e coberturas (pastagens ou matas nativas, por exemplo). Aplicando boas práticas de manejo do solo e da água, irrigantes alcançam eficiências de uso dos recursos hídricos superiores a 90% (ANA, 2017).

O'Hara (1997) abordou um ponto importante para a questão irrigada, qual seja a degradação da terra. Em seu estudo no Turquemenistão, o autor descreveu que a expansão da rede de irrigação, particularmente desde o final da década de 1950, aumentou significativamente a produção agrícola daquele país. Contudo, o declínio dos solos e a qualidade da água têm implicações significativas para o futuro do desenvolvimento agrícola, e podem impedir os planos do país de diversificar sua base agrícola, quase totalmente dependente do algodão, para culturas que permitam preencher os requisitos alimentares da população.

As projeções de irrigação para 2030 indicam uma desaceleração das taxas de expansão e, portanto, o resfriamento da expansão da irrigação ao longo deste período de tempo provavelmente será menor do que nas últimas décadas. Ao mesmo tempo, o aquecimento de gases com efeito estufa provavelmente se acelerará e a irrigação desempenhará um papel relativamente menor nas tendências climáticas agrícolas. Em muitas regiões irrigadas, as projeções de temperatura dos modelos climáticos, que geralmente ignoram a irrigação, podem ser mais precisas na previsão de tendências de temperatura futuras do que o desempenho na reprodução das tendências observadas no passado em regiões irrigadas (ELLIOTT, 2014).

Carneiro et al. (2010) fizeram uma reflexão a respeito da ocupação e das relações de produção com os usos da água, e os consequentes conflitos que se verificam na bacia hidrográfica do rio Preto no Distrito Federal, bacia essa essencialmente utilizada na pecuária intensiva e agricultura mecanizada e de alta tecnologia. Em relação a área irrigada, essa avançou cerca de mil hectares em 1980 para aproximadamente 11 mil hectares. A estrutura fundiária é muito concentrada, organizada em torno de grandes e médios estabelecimentos agropecuários. A bacia do rio Preto constitui um importante referencial no cenário nacional no que diz respeito ao processo de ocupação e utilização de seus recursos, tendo em conta a sua importância para a bacia hidrográfica do rio São Francisco.

A escassez de água no futuro é uma ameaça ao desenvolvimento e à qualidade de vida no Distrito Federal, por exemplo. A agricultura empresarial, com o emprego atual de 185 pivôs centrais, ocupa uma área de 12.000 hectares (GUIMARÃES et al., 2012). Os autores levantaram que a utilização dos equipamentos de pivôs centrais

para irrigação no Distrito Federal teve início em 1986, com forte expansão entre os anos de 1988 a 1997, totalizando cerca de 12.000 hectares em 2012.

Souza et al. (2012), com o intuito de fornecer informações importantes para o planejamento do crescimento sustentável da agricultura irrigada e o uso eficiente dos recursos hídricos analisaram as estatísticas sobre irrigação do Estado do Pará com base nos Censos Agropecuários do IBGE de 1996 e 2006. Os resultados para 2006 indicaram uma área irrigada de 29.333 ha, o que representava um crescimento de 611% em relação ao ano de 1996. Em 41% das áreas irrigadas são utilizados sistemas de irrigação (outros métodos ou molhação) que não se enquadram dentro dos principais métodos.

A concentração das áreas irrigadas em regiões que possuem problemas históricos de uso da terra, a utilização significativa de sistemas de irrigação que possuem baixa eficiência e a insatisfatória assistência técnica para a maioria dos produtores são fatores que indicam a necessidade de um maior monitoramento do crescimento da agricultura irrigada e da utilização dos recursos hídricos.

Na bacia do rio Paranaíba, formador do rio Paraná em áreas de Goiás, Minas Gerais, Distrito Federal e Mato Grosso do Sul, levantamentos identificaram 608 mil hectares irrigados em 2010 – o dobro da área irrigada levantada em 2006 pelo Censo Agropecuário (ANA, 2013; IBGE, 2009).

Para Scheierling e Treguer (2016), com a crescente escassez de água em muitas partes do mundo, além das projeções que indicam a necessidade de aumentar a produção agrícola e, simultaneamente, o uso agrícola da água, é cada vez mais recomendável concentrar os esforços no aumento da produtividade da água na agricultura irrigada. No entanto, a maioria dos relatórios sobre a produtividade da água para a destinação agrícola são bastante vagos. O termo "mais colheita por gota" enfatiza a quantidade de água como se fosse a única contribuição que importasse e as abordagens para melhorar a produtividade ou a eficiência da água raramente são discutidas sistematicamente.

De acordo com a Agência Nacional de Águas, os dados climáticos são essenciais para conhecer a necessidade de cada cultura em um local específico, o quanto pode ser fornecido pela chuva e o que deve ser complementado pela irrigação. Alguns pontos relacionados às vantagens pelo uso da irrigação são levantadas pela Agência, como o aumento da produtividade da ordem de duas a três vezes em relação à agricultura de sequeiro; a elevação da renda do produtor rural e redução dos riscos de produção; a utilização do solo durante todo ano com até três safras anuais; a modernização dos sistemas de produção, estimulando a introdução de novas tecnologias; os aumentos da oferta e da regularidade de alimentos, como arroz, feijão, trigo, batata, frutas e verduras; e a maior viabilidade para criação de polos agroindustriais e abertura de novos mercados (ANA, 2017).

O Nordeste experimentou um acelerado processo de incorporação de áreas irrigadas a partir da década de 1980. Em 2006, a região ultrapassou um milhão de hectares irrigados. Na última década, notou-se a relativa estabilidade ou retração de áreas, com exceção da Bahia que apresenta forte crescimento em especial em áreas de cerrado (ANA, 2017).

O Atlas Irrigação (2021) estimou o valor da produção irrigada no Brasil. Entre 7 e 9% da produção física da agricultura ocorre em áreas irrigadas, que agregam entre 13 e 15% do valor da produção pela possibilidade de produção de mais de uma safra no mesmo local e ano-safra; e pela produção irrigada ter maior valor agregado (maior qualidade e culturas proporcionalmente mais rentáveis). Em 2019, o valor da produção irrigada foi de R\$ 55 bilhões - 16 produtos apresentaram valor anual superior a R\$ 1 bilhão (ANA, 2021).

3. REGIÃO GEOGRÁFICA

O estudo da expansão da irrigação na região do Submédio São Francisco consistiu essencialmente em coleta de dados secundários e revisão de literatura. Essa seção trata especificamente da região geográfica estudada.

3.1 A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – BHSF

O Brasil possui 12 bacias hidrográficas em seu território, quais sejam Bacia Hidrográfica Amazônica, Tocantins-Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental, do Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental, do São Francisco, Atlântico Leste, do Paraguai, do Paraná, do Sudeste, do Uruguai e do Atlântico Sul (Figura 1).

Essa divisão foi estabelecida pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos por meio da Resolução n. 32, de 15 de outubro de 2013, que em seu Art. 1º. define:

Fica instituída a Divisão Hidrográfica Nacional, em regiões hidrográficas, com a finalidade de orientar, fundamentar e implementar o Plano Nacional de Recursos Hídricos. Parágrafo único: Considera-se como região hidrográfica o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (CNRH, 2013).

Figura 1 - Regiões hidrográficas brasileiras.

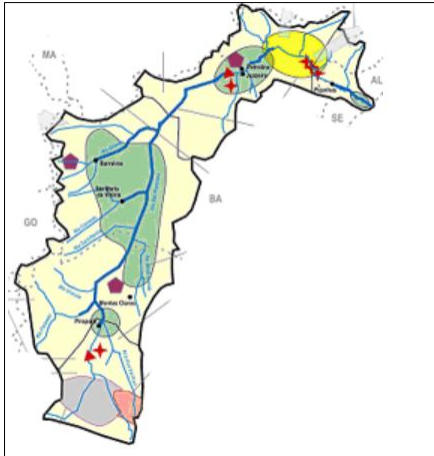


Fonte: ANA (2016).

Fundamental pelo volume de água transportada para o Semiárido, a Região Hidrográfica do São Francisco corta seis estados brasileiros: Bahia (48,2%), Minas Gerais (36,8%), Pernambuco (10,9%), Alagoas (2,2%), Sergipe (1,2%) e Goiás (0,5%), além do Distrito Federal (0,2%) (Figura 2). A área total corresponde a 619.543,94 km², onde se distribuem 505 municípios com população de 18.218.575 habitantes (IBGE, 2011). Desses municípios, 409 se inserem totalmente dentro do vale e os 96 restantes estão parcialmente inseridos, ou seja, seus territórios ultrapassam os limites estabelecidos (CODEVASF, 2017).

O rio São Francisco tem 2.700 km de extensão e nasce na Serra da Canastra em Minas Gerais, escoando no sentido sul-norte pela Bahia e Pernambuco, quando altera seu curso para leste, chegando ao Oceano Atlântico através da divisa entre Alagoas e Sergipe. A vazão média é de 2.850 m³/s (2% do total do país) (CBHSF, 2020).

Figura 2 - Regiões hidrográficas do São Francisco.



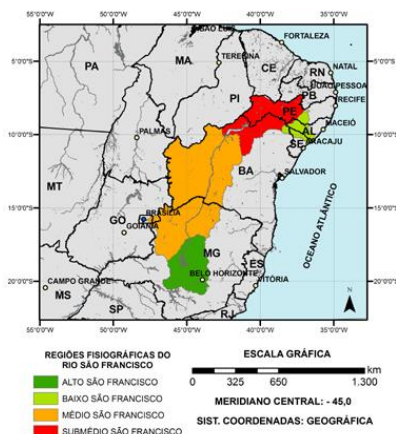
Fonte: ANA (2017).

A BHSF tem grande importância para o país não apenas pelo volume de água transportada em uma região semiárida, mas, também, pelo potencial hídrico passível de aproveitamento e por sua contribuição histórica e econômica para a região (CBHSF, 2017).

Essa região se situa entre as coordenadas 7°17' a 20°50' de latitude sul e 36°15' a 47°39' de longitude oeste e está subdividida em quatro regiões fisiográficas, divisão naturalmente constituída de acordo com o sentido do curso do rio e com a variação de altitude em virtude de sua grande dimensão territorial. Divisão importante também para fins de planejamento, chamada Sub 1 (Figura 3).

Da Serra da Canastra, onde o rio nasce a 1.280 m de altitude, até a cidade de Pirapora (MG) é denominado de Alto São Francisco. Uma área de 111.804 km² (19% da bacia). Escoando no sentido sul-norte até o lago de Sobradinho, no município de Remanso (BA), Médio São Francisco (55% da bacia). É a maior das quatro divisões, alcançando 339.763 km². Depois, ao leste, constituindo-se na divisa natural entre os estados da BA e PE, até alcançar o limite com AL, está o Submédio São Francisco (24% da bacia), localidade de estudo desta pesquisa. É a segunda maior região, com 155.637 km². Na direção leste, formando a segunda divisa natural, dessa vez entre os estados de AL e SE, Baixo São Francisco, uma área de 32.013 km² (7% na bacia), onde o rio São Francisco deságua no Oceano Atlântico (CBHSF e Embrapa Semiárido, 2020).

Figura 3 - Regiões fisiográficas do Rio São Francisco.



Fonte: Embrapa Semiárido (2020).

3.2 O Vale do Submédio São Francisco

A região do Submédio São Francisco está inserida em uma área de vegetação predominante caatinga e clima semiárido, com períodos críticos de prolongadas estiagens. Nesse trecho do rio, a vazão média anual é de 2.846 m³/s, o que proporciona um potencial hidrelétrico de 10.473 MW produzidos pelas hidrelétricas de Três Marias, Queimado, Sobradinho, Itaparica, Complexo Paulo Afonso e Xingó (CHESF, 2020).

As hidrelétricas de Três Marias, Sobradinho e Itaparica formam o maior reservatório do Vale do São Francisco, com capacidade de armazenamento de 47.495 milhões de m³, sendo Sobradinho o maior reservatório, acumulando 60% do total (CHESF, 2020). Sobradinho, em condições normais, libera 1.300 m³/s. Contudo, em 2017, a barragem teve menor vazão em 37 anos e operou com pouco mais de 4% de sua capacidade (CHESF, 2020).

Segundo a Companhia Hidroelétrica do São Francisco, a falta de chuvas na cabeceira do rio e em seus afluentes agravou as condições hidrológicas do lago entre 2012 e 2017. Com pouca água, a ANA, por meio da Resolução n. 1.291/2017, autorizou uma redução de vazão para 550 m³/s, para assim conservar a quantidade de água no lago. A barragem de Sobradinho atingiu seu volume morto em novembro de 2017, recuperando seu volume útil em dezembro de 2018, passando de 4,06% para 30,1% (ANA, 2019).

A Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf) modificou a vazão do Rio São Francisco, a partir do Reservatório de Sobradinho (BA) em outubro de 2020, passando de 800 metros cúbicos por segundo (m³/s) para 1.100 m³/s e aumentando gradualmente até novembro, chegando a 2.600 m³/s (CHESF, 2020). Essa foi a maior vazão liberada por Sobradinho em sete anos, período em que a Bacia do Rio São Francisco enfrentou escassez hídrica.

Em dezembro de 2021, a Barragem de Sobradinho, com capacidade total de armazenamento de 34,11 bilhões de m³ de água, se encontra em situação confortável, registrando 51,38% do seu volume máximo em 15/12/2021 (Jornal da Fruta, 2021).

O vale Submédio é composto pelas sub-bacias dos rios Pontal, Garças, Brígida, Pajeú, Moxotó e Xingó, à margem esquerda do rio, e pelas sub-bacias dos rios Tourão, Salgado, Vargem, Curaçá, Macuru e Poço Comprido, à margem direita do rio (MMA, 2006). Assim como para as demais Sub 1, para efeito de planejamento e gestão, o Submédio passa por uma segunda subdivisão (Sub 2) (Tabela 2).

Tabela 2 - Níveis de subdivisão da região do submédio São Francisco.

Sub 2	Km ²
Brígida	13.617,05
Moxotó	9.814,31
Pajeú	16.789,13
São Francisco 06	60.577,10
São Francisco 07	74.155,12
São Francisco 08	41.805,38

Fonte: MMA (2006).

Cunha et al. (2008), ao analisarem as potencialidades e limitações dos solos do vale Submédio São Francisco, descreveram as características ambientais (geologia, relevo, clima, solos e vegetação) e trataram dos recursos agrossocioeconômicos da região. Segundo os autores, na região do Submédio Vale do São Francisco, a geologia e o material originário exercem papel de grande importância na formação dos solos, em função da grande variação litológica da região.

Topograficamente, a região caracteriza-se por apresentar relevo plano a ondulado com vales muito abertos. A maior parte da região está inserida na Depressão Sertaneja, que constitui uma superfície de pediplanação (depressão periférica do São Francisco), na qual ocorrem cristas e outeiros residuais (MMA, 2017).

O clima predominante da região é o Semiárido, com temperatura média anual de 27°C. Em função das características de clima e temperatura associadas à localização geográfica intertropical e à limpidez atmosférica na maior parte do ano, a evapotranspiração potencial é muito alta, sobretudo na parte norte do Vale, sendo da ordem de 3.000 mm anuais. Também, são alta a insolação e baixa a umidade relativa do ar. O período seco é predominante, com cerca de 6 a 8 meses, podendo atingir até 11 meses nas áreas de maior aridez. A precipitação pluviométrica média anual é da ordem de 400 a 650 mm, que ocorre de forma irregular e concentrada em 2 a 3 meses do ano, podendo ocorrer chuvas intensas (120 a 130 mm) num período de 24 horas (MOURA et al, 2007).

Segundo a CODEVASF, com os modernos sistemas de irrigação localizada (microaspersão e gotejamento), os Neossolos Quartzarênicos foram incorporados aos sistemas produtivos, principalmente com o cultivo da videira. Os riscos de salinização dos solos na região são altos. Por outro lado, quanto à erosão, devido à maioria das áreas nesta região apresentarem declividade inferior a 6%, os riscos são reduzidos, exceto os Planossolos, tornando estes solos bastante favoráveis à irrigação.

A vegetação de caatinga (Figura 4), predominante em quase toda a área do Submédio do Vale do São Francisco, é constituída por formações xerófilas, lenhosas, decíduas, normalmente espinhosas, com presença de plantas suculentas, tanto com padrão arbóreo como arbustivo, pouco densa a densa e com estrato herbáceo estacional (Cunha et al, 2008).

Figura 4 - Caatinga*.



*Vegetação de caatinga tendo ao fundo o rio São Francisco, no sertão baiano.

Fonte: Senado Federal (2016).

4. EXPANSÃO DA IRRIGAÇÃO DO POLO PETROLINA/JUAZEIRO

Esta seção aborda especificamente a expansão da irrigação no polo Petrolina/Juazeiro. Primeiro é dado destaque à formação econômica da região, analisando o contexto histórico, em seguida as características de desenvolvimento irrigado do polo.

4.1 Contexto Histórico

A formação econômica do nordeste brasileiro, desde o século XVI, está fundamentada no desenvolvimento da pecuária. A figura do vaqueiro cuidador de gado está incorporada na história do sertanejo. Com uma área de 700 mil km² (AB'SÁBER, 1999), o “nordeste seco” busca fonte de desenvolvimento políticas e sociais de combate à escassez de água há anos. Foi nesse contexto que surgiu o primeiro órgão a estudar a problemática do semiárido, qual seja o DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra a Seca.

Fundado em 1909 como Inspetoria de Obras Contra as Secas, no ano de 1945 passou a ser denominado DNOCS sendo, praticamente, a única agência governamental federal executora de obras de engenharia na região. Foram então construídos açudes, estradas, pontes, portos, ferrovias, hospitais e campos de pouso; também foram implantadas redes de energia elétrica e telegráficas, usinas hidrelétricas. Até a criação da SUDENE, a agência foi responsável pelo socorro às populações flageladas pelas cíclicas secas que assolam a região (MI/DNOCS, 2020).

A Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) trabalha com ações e instrumentos para potencializar a dinâmica econômica, inclusiva e sustentável de sua área de atuação. Os Fundos e Incentivos Fiscais constituem importantes ferramentas de estímulo e atração de empreendimentos para o Nordeste (SUDENE, 2020), a exemplo do Fundo de Desenvolvimento do Nordeste (FDNE) e o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE). Tanto a SUDENE quanto o DNOCS são vinculados ao Ministério da Integração Nacional. O Banco do Nordeste (BNB), instituição financeira de grande relevância, iniciou suas atividades de fomento em 1952.

Para Souza (2012), tendo em vista que a agricultura precisa crescer entre 5 e 10% ao ano para reduzir a pobreza no meio rural, torna-se importante a intervenção eficiente do governo. As limitações das políticas públicas e os altos custos exigem que as intervenções sejam mais indiretas, e efetuadas com o apoio privado, como nos projetos de irrigação e pesquisa agrícola.

Fazendo referência às pesquisas agrícolas na região, a Embrapa Semiárido é uma das 47 unidades da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), e está localizada na cidade de Petrolina (PE), com atuação voltada para a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola no semiárido brasileiro, nas áreas de agropecuária dependente de chuva, agricultura irrigada e recursos naturais (EMBRAPA Semiárido, 2020).

As instituições públicas de ensino superior em Juazeiro e Petrolina, que também atuam junto à pesquisa na região, além de fomentar o desenvolvimento socioeconômico local, são UNEB – Universidade do Estado da Bahia, IF-BA – Instituto Federal da Bahia, UNIVASF – Universidade do Vale do São Francisco, IF Sertão-PE – Instituto Federal do Sertão Pernambucano, UPE – Universidade de Pernambuco e AEVSF – Autarquia Educacional do Vale do São Francisco.

Tratando do desenvolvimento específico do Vale Submédio São Francisco, a sua ocupação deu-se em meados do Século XVII através da navegação entre Juazeiro (BA) e Pirapora (MG). Conhecido como Rio dos Currais (em virtude do transporte de animais), após a independência foi batizado de Rio da Integração Nacional, por fazer a ligação fluvial do Nordeste ao Sudeste e Centro-Oeste do país. Em virtude da sua data de evidênciação, em 04/10/1501, o rio passou a se chamar rio São Francisco, hoje popularmente conhecido como “Velho Chico” (SILVA, 2017).

No segundo governo de Getúlio Vargas (1945) foram iniciadas as obras da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), um projeto político, econômico e social arrojado, assim como a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). Ainda em 1945, após a Segunda Guerra, houve uma integração da região do Vale aos

mercados interno e externo, estruturada com apoio político, financeiro e técnico do governo federal (FURTADO, 2007).

Quase dez anos mais tarde, em 1954, as obras da Usina Hidrelétrica de Paulo Afonso (BA) iniciaram, tendo entrado em operação em 1979. Em consequência, houve um elevado processo de crescimento na região com abertura de estradas (desativadas as estradas de ferro), construção da ponte Presidente Dutra, que liga as cidades de Juazeiro e Petrolina, assim como alguns entraves em função do crescimento acelerado, como problemas com educação, saúde, moradia e principalmente o acesso à terra (CHESF, 2020).

A implementação dos primeiros projetos de irrigação foi em 1970. Com o crescimento acelerado da região, o cenário agrícola se modificava visivelmente, um sistema de produção anual, como o cultivo do algodão, deu espaço para culturas perenes, como a fruticultura. Iniciou-se a distribuição de lotes populares (pequenos), médios e grandes áreas para empresários. Nesse período surgiam os perímetros irrigados, como os polos de irrigação em Juazeiro/Petrolina (Submédio), o polo do Oeste da Bahia, e o Projeto Jaíba (MG) – ambos no médio São Francisco (CODEVASF, 2020).

Além dos projetos de irrigação, outras iniciativas governamentais promoveram o desenvolvimento da região, como a instalação da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), idealizada em 1948 e fundada em 2004 (UNIVASF, 2020), assim como o projeto centenário da Transposição do Rio São Francisco (MI, 2019), com obras iniciadas em 2007, e a construção da ferrovia Transnordestina (CSN, 2019).

Historicamente, a evolução da irrigação no Vale tem início em 1946 quando o tema se transformou em matéria constitucional, e foram estabelecidas as diretrizes para o desenvolvimento econômico da região. A nova Constituição do país definiu que 1% do orçamento da União deveria ser destinado ao desenvolvimento do Vale durante 20 anos (Senado Federal, 2020). Em 1948 o Governo criou um organismo estadual para executar as políticas de desenvolvimento econômico do Vale, a Comissão do Vale do São Francisco (CVSF), substituída em 1967 pela Superintendência do Vale do São Francisco (SUVALE), que teve vida curta e atribuições legais limitadas. Em 1974, a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) assumiu o papel de fomentar o desenvolvimento da região. Posteriormente ampliou sua competência ao Vale do Parnaíba (2002), as bacias de Itapecuru e Mearim (2010) e Vaza-Barris (2017) (CODEVASF, 2020).

Durante dez anos (1980 a 1990) a CODEVASF implementou e consolidou uma série de projetos de irrigação em várias localidades do Vale, como o polo de Pirapora, no Alto São Francisco, o projeto Jaíba com 100.000 hectares, situado nos municípios de Matias Cardoso e Jaíba em Minas Gerais, no Médio São Francisco. Assim como o polo do Oeste Baiano, que inclui Santa Maria da Vitória, Correntina e Barreiras.

4.2 O Polo Petrolina/Juazeiro

O polo de irrigação mais desenvolvido do Vale está situado em torno das cidades de Juazeiro (BA) e Petrolina (PE). Como já mencionado, os primeiros estudos para a implantação de projetos de irrigação foram efetuados na década de 1960 pela SUDENE. Os projetos pioneiros foram Bebedouro (Petrolina) e Mandacaru (Juazeiro), com assentamento dos primeiros irrigantes em 1968. O Bebedouro foi posteriormente ampliado pela SUVALE e CODEVASF, que implantou posteriormente novos projetos.

O município de Juazeiro possui extensão de 6.721.198 km² (IBGE, 2017), com população estimada de 215.183 habitantes (IBGE, 2018) e PIB *per capita* no valor de R\$ 15.599,23 (IBGE, 2016). Já Petrolina tem uma população maior, de 343.865 habitantes (IBGE, 2018), PIB *per capita* mais elevado, no valor de R\$ 17.160,36 (IBGE,

2016), contudo, seu território é menor, com extensão de 4.561,874 km² (IBGE, 2017). A renda média dos dois municípios gira em torno de 2,1 salários mínimos, segundo IBGE Cidades (2017).

A área equipada para irrigação, em 2015, no município de Juazeiro correspondeu a 24.7723 ha (cana-de-açúcar), 1.263 ha (demais culturas em pivô central) e 15.321 ha (demais culturas e sistemas), totalizando 41.308 ha. Em Petrolina a área é bem menor, total de 23.385 ha, sendo 818 ha (demais culturas em pivô central) e 22.569 ha (demais culturas e sistemas) (SNIRH, 2015).

É grande a potencialidade agrícola da região. Nos projetos públicos de irrigação, o polo de desenvolvimento conta com empreendimentos agrícolas e agroindustriais privados. Alguns importantes produtos são: frutas, com destaque para uva e manga, vinho e vinagre, sementes básicas e mudas de frutíferas, álcool e açúcar, polpa de frutas, mel de abelha e doces, piscicultura, beneficiamento de couros e peles, beneficiamento de pimentão industrial (CODEVASF, 2020).

A Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento (RIDE) do Polo Petrolina/PE e Juazeiro/BA foi criada pela Lei Complementar nº 113, de 19 de setembro de 2001, e regulamentada pelo Decreto nº 4.366, de 09 de setembro de 2002, e tem como objetivo articular, harmonizar e viabilizar as ações administrativas da União, dos Estados de Pernambuco e da Bahia e dos oito municípios que a compõem para a promoção de projetos que visem à dinamização econômica e provisão de infraestruturas necessárias ao desenvolvimento em escala regional (MI, 2015).

A RIDE Petrolina/Juazeiro é constituída pelos municípios de Lagoa Grande, Orocó, Petrolina, Santa Maria da Boa Vista, no Estado de Pernambuco, e pelos municípios de Casa Nova, Curaçá, Juazeiro e Sobradinho, no Estado da Bahia (Figura 5).

Figura 5 - RIDE Petrolina/Juazeiro.



Fonte: MI (2015).

Os perímetros irrigados em funcionamento no Vale são: Curaçá, Maniçoba, Tourão, Mandacaru, Senador Nilo Coelho e Bebedouro, todos implantados pela CODEVASF. A Tabela 3 apresenta os perímetros públicos situados no polo. O total da área é de 170.084 ha, sendo que 32% apenas são áreas produtivas.

Tabela 3 – Perímetros irrigados do submédio São Francisco.

Projeto Público	Início da Operação	Município/UF	Área Total (ha)	Área Irrigável Implantada (ha)	Área em Produção (ha)
Senador Nilo Coelho*	1984	Casa Nova (BA)	55.525	-	23.228
Tourão	1979	Juazeiro (BA)	14.655	14.655	14.655
Maniçoba	1980	Juazeiro (BA)	11.786	6.156	6.156
Salitre	1998	Juazeiro (BA)	67.400	5.099	5.099
Curaçá	1980	Juazeiro (BA)	15.234	4.366	3.652
Bebedouro	1968	Petrolina (PE)	7.484	2.091	1.071
Total			170.084	32.367	53.861

*Observar Figura 6: Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho.

Fonte: DINC (2017) e CODEVASF (2010).

Figura 6 - Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho.



Fonte: DINC (2020).

O Perímetro Senador Nilo Coelho é o maior do Semiárido, com cerca de 23 mil hectares irrigados em 2015 (Figura 6). Operando desde 1984, está localizado entre Casa Nova – BA (20%) e Petrolina – PE (80%), sendo que a tomada d'água ocorre no lago de Sobradinho. Na região predomina a fruticultura, em especial manga e uva (60% da área), e os sistemas de irrigação são a aspersão convencional, microaspersão e gotejamento. Estima-se que o perímetro responda por 24 mil empregos diretos e 35 mil indiretos. A infraestrutura inclui 976 km de canais, 818 km de adutoras, 711 km de estradas, 263 km de drenos e 39 estações de bombeamento (ANA, 2017).

Além dos perímetros públicos irrigados, há ainda os projetos de Pedra Branca, Glória, Rodelas, Manga de Baixo, Apolônio Sales, Brígida, Icó-Mandantes e Caraíbas, do complexo Itaparica. Ainda se encontram em fase de implantação pela CODEVASF os projetos Salitre (1ª Etapa) e Pontal, com área total de 39.167 hectares, sendo que já estão implantados 8.680 hectares (CODEVASF, 2010).

Em fase de estudos prévios e de viabilidade encontram-se os projetos Brejo de Santa Maria, Cruz das Almas, Pontal/Sobradinho e Paulo Afonso, totalizando uma área de 77.130 hectares, bem como pequenos projetos em ilhas da região. Fazem parte também desse polo os projetos de irrigação nas Ilhas do Submédio São Francisco, a Unidade de Difusão de Tecnologia e a Unidade de Transferência de Embriões de Arcoverde (CODEVASF, 2010).

Em uma visão subjetivista do Nordeste, Ab'Sáber (1999) tratou da geografia humana do “nordeste seco”, nos seguintes termos:

É uma região sob intervenção, onde o planejamento estatal define projetos e incentivos econômicos de alcance desigual, mediante programas incompletos e desintegrados de desenvolvimento regional. E, por fim, revelando o caráter híbrido de seu perfil sócio econômico atual, combina arcaísmos generalizados com importantes elementos pontuais de modernização, tais como uma razoável hierarquização urbana, um bom sistema de rodovias asfaltadas que garante as ligações intra e interregionais, e uma rede de açudes, com diferentes possibilidades de fornecimento de água para áreas irrigáveis de planícies de inundação (vazantes). Destaca-se sobre tudo isso, a extraordinária área de irrigação de Petrolina (Pernambuco) e Juazeiro (Bahia), no médio vale inferior do São Francisco (AB'SÁBER, 1999).

Souza e Oliveira (2009) relataram que o Submédio São Francisco ganhou destaque no cenário nacional e internacional pela qualidade de seus produtos, graças às mudanças ocorridas no sistema de produção que passou de um cultivo anual para perene, com capacidade produtiva de até duas safras por ano. Os impactos das mudanças tiveram reflexos na geração de emprego e renda local, transformando as cidades de Juazeiro e Petrolina no principal polo de desenvolvimento do Vale do São Francisco.

Ainda de acordo com os autores, sobre o cultivo de frutas como alternativa de desenvolvimento do Submédio São Francisco, afirmam que a fruticultura é atualmente o segmento mais dinâmico e competitivo do Vale e os principais produtos são uva e manga que, juntas, movimentam a economia local por meio da integração agricultura, indústria e comércio exterior. O grande desafio do Vale é resolver alguns gargalos, principalmente na malha viária para escoamento da produção aos respectivos mercados compradores e desenvolver estratégias mais competitivas para ganhar novos mercados (SANTOS e OLIVEIRA, 2009).

A Bahia é destaque na produção de frutas, sobretudo nos perímetros irrigados do Semiárido. De acordo com o Anuário Brasileiro da Fruticultura Irrigada (2017), o Vale do São Francisco é o mais importante centro frutífero do Brasil, com destaque para a produção de manga e uva. A região é a única do mundo capaz de produzir cinco safras de uva em dois anos, devido às suas características naturais, como luminosidade, umidade e disponibilidade de água. Há variedades de uvas com qualidade comprovada para a produção de vinho, colocando-se como segundo polo vinícola do Brasil, com grande potencial para crescimento.

A Tabela 4 trata das exportações nacionais de mangas por Estado em 2018. Como pode ser observado, o Nordeste foi responsável por mais de 90% do volume (em valor US\$ FOB) do fruto exportado pelo país. A Bahia foi o maior Estado exportador do fruto no Nordeste, 57%, e a participação de Pernambuco correspondeu a 38% no mesmo período. Esta contribuição dar-se pela produção específica nos municípios de Juazeiro (BA) e Petrolina (PE).

A produção de manga do polo também é um exemplo. Dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) apontam um crescimento de 32,5% do volume importado pela UE de 2011 a 2016, sendo que US\$ 169 milhões resultaram da comercialização em mangas com países europeus em 2016, e uma elevação de 90,52% no mesmo período em valor, indicando que o preço médio da fruta aumentou consideravelmente.

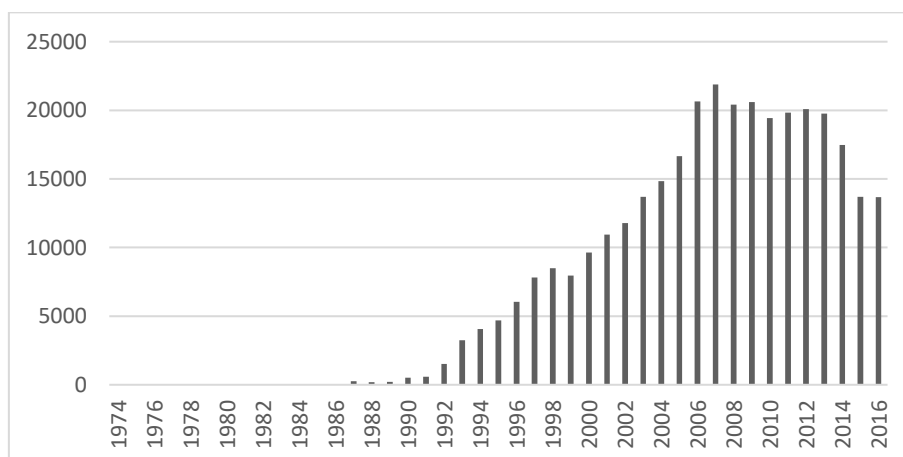
Tabela 4 - Exportações brasileiras de mangas por Estado (2018).

UF/Estado	Valor (US\$ FOB)	Peso Líquido (Kg)
<i>Centro-oeste</i>	<i>1.761.956</i>	<i>2.269.968</i>
Goiás	1.761.956	2.269.968
<i>Norte</i>	<i>38.754</i>	<i>24.129</i>
Pará	37.907	23.789
<i>Nordeste</i>	<i>160.171.335</i>	<i>157.810.999</i>
Bahia	91.499.621	85.409.933
Ceará	1.202.300	1.732.888
Paraíba	351.749	192.000
Pernambuco	60.816.983	62.606.180
Rio Grande do Norte	6.237.641	7.804.604
<i>Sudeste</i>	<i>14.796.188</i>	<i>9.892.394</i>
Espírito Santo	79.821	55.143
Minas Gerais	162.634	73.136
Rio de Janeiro	296.064	139.261
São Paulo	14.257.669	9.624.854
<i>Sul</i>	<i>450.811</i>	<i>387.896</i>
Paraná	216.795	195.07
Rio Grande do Sul	210.578	170.072
Total	177.305.934	170.463.194

Fonte: MAPA/AGROSTAT (2019).

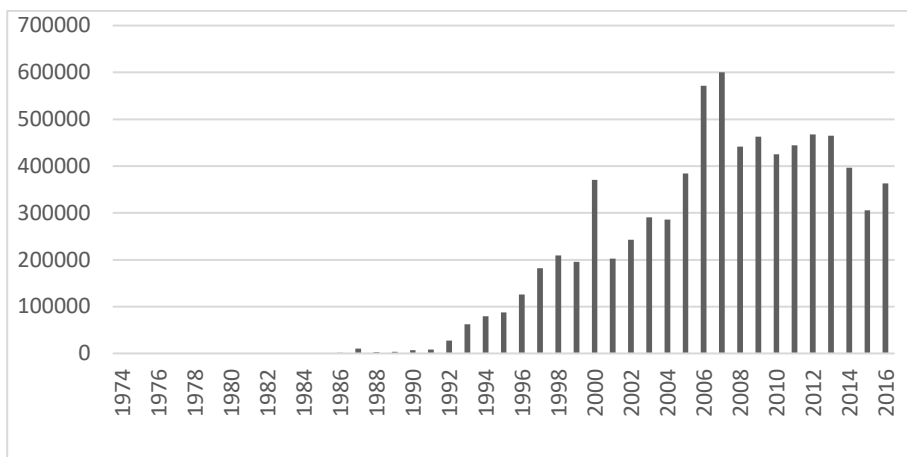
As Figuras 7 e 8 fazem referência à área colhida, em hectares, e quantidade produzida, em toneladas, de manga nos municípios de estudo. A evolução dos dados observados de 1974 a 2016 comprovam a expansão da irrigação no Vale. No período anterior à instalação dos projetos públicos, a área colhida mostrou-se insignificante, e após a instalação dos primeiros perímetros irrigados o crescimento foi acelerado, tanto em relação à área colhida quanto ao volume de produção. Contudo, nos últimos anos ocorreu redução.

Figura 7 - Área colhida (ha) de manga - RIDE Petrolina/Juazeiro (1974-2016).



Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados do IBGE/SIDRA (2017).

Figura 8 - Quantidade produzida de manga - RIDE Petrolina/Juazeiro (1974-2016).



Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados do IBGE/SIDRA (2017).

A Figura 8 também revela um pico de produção entre os anos de 2006 a 2008, o que pode ser justificado por maior demanda por parte dos países importadores.

A expectativa é de estagnação da produção, ou até de recuo, devido às questões climáticas. As principais áreas produtoras de PE e da BA poderiam sofrer com desabastecimento de água para irrigação até o final de 2017, o que afetaria diretamente a produtividade das plantas (EMBRAPA Semiárido, 2017). Contudo, a exportação de manga foi recorde no Brasil em 2020, em meio a pandemia do coronavírus, que gerou a maior crise econômica e sanitária já vista na história mundial. Foram 243,2 mil t de manga vendidas para diversos países, o que gerou U\$S 246,9 milhões em negócios. 87% desse volume (212,2 mil t) negociado saiu do semiárido nordestino, mais precisamente do Vale do São Francisco, que tem a maior área plantada de manga do país, com 49 mil ha (LIMA, 2020).

4.3 Vazão da Barragem de Sobradinho

Desde 2013, a bacia do rio São Francisco vem enfrentando condições hidrológicas adversas, com vazões e precipitações abaixo da média, com consequências nos níveis de armazenamento dos reservatórios localizados na bacia, o que tem levado a ações de flexibilização das vazões mínimas defluentes dos reservatórios de Sobradinho e Xingó (ANA, 2015). Em 2018, esse cenário se modificou com a chegada das chuvas, escassas desde 2012.

Responsável pela oferta hídrica do Submédio São Francisco, o reservatório de Sobradinho tem cerca de 320 km de extensão. A superfície de espelho d'água tem extensão de 4.214 km², e uma capacidade de armazenamento de 34,1 bilhões de metros cúbicos em sua cota nominal de 392,50 m. Este é o segundo maior lago artificial do mundo, garantindo assim, através de uma depleção de até 12 m, juntamente com o reservatório de Três Marias/CEMIG, uma vazão regularizada de 2.060 m³/s nos períodos de estiagem (CHESF, 2017).

Em condições normais, a usina Hidrelétrica de Sobradinho opera com vazão mínima de 1.300 m³/s. Em novembro de 2017, a CHESF divulgou que com pouca água chegando ao reservatório por conta da falta de chuva na cabeceira do rio e nos seus afluentes, a ANA e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) autorizaram a redução da vazão para 550 m³/s.

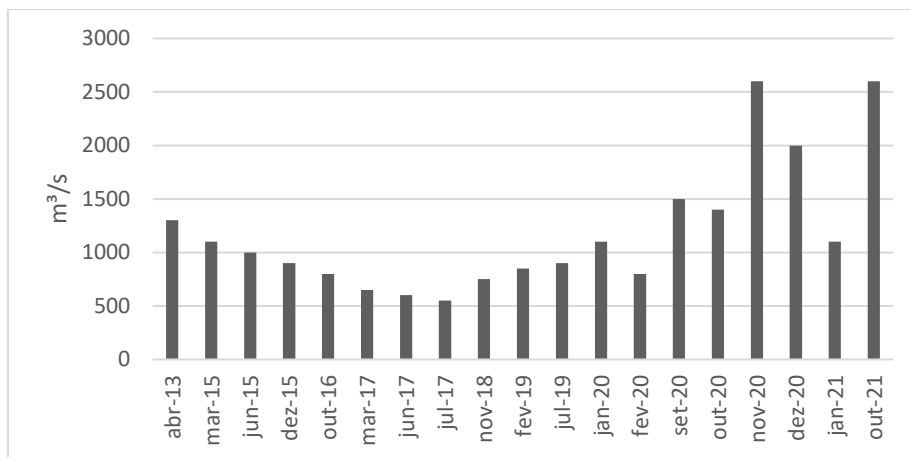
A Figura 9 mostra a redução das vazões mínimas defluentes das UHES Sobradinho e Xingó. De abril de 2013 a março de 2015 foi autorizada a redução das defluências mínimas de 1.300 m³/s para 1.100 m³/s através de uma série de Resoluções publicadas pela ANA. De março de 2015 até junho, em função da manutenção da situação hidrometeorológica desfavorável na bacia do rio, a redução das vazões mínimas foi mantida em 1.100 m³/s, sendo

que, no período de carga leve, as defluências podiam ser reduzidas até 1.000 m³/s. Uma vez que não houve reversão do quadro hidrológico na bacia do rio São Francisco, foi necessário implementar nova redução da vazão mínima das usinas para 900 m³/s (ANA, 2016).

De janeiro a outubro de 2016 a vazão mínima manteve-se em 800 m³/s, diminuindo para 700 m³/s em novembro do mesmo ano. Em maio de 2017 a vazão diminuiu para 600 m³/s. A partir de julho de 2017 operou a 550 m³/s, permanecendo neste patamar por um longo período, até o final de 2017. Contudo, as chuvas em 2018 modificaram o cenário de seca. Em março de 2019 a vazão de retirada foi de 700 m³/s, e em julho de 2019 se manteve em 900 m³/s (CHESF e ANA, 2019).

Em 2020 este cenário se modifica mais uma vez. Em janeiro de 2020 a vazão foi de 1.100 m³/s, chegando em outubro do mesmo ano em 1.400 m³/s e novembro a 2.600 m³/s, maior vazão dos últimos sete anos (CHESF, 2021).

Figura 9- Vazão mínima do reservatório de Sobradinho e Xingó (2013-2021).



Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da ANA (2017), CHESF e ANA (2019-2021).

Caso a diminuição das vazões mínimas não tivessem sido implementadas, Sobradinho teria esgotado seu volume útil em novembro de 2014, o que obrigaria o reservatório a operar sob severa restrição de liberação de água, comprometendo o atendimento dos usos que captam água no seu lago e no trecho até a foz (ANA, 2017).

As chuvas no final de 2018 modificou o cenário de seca que devastava a região do semiárido desde 2012. Em novembro de 2017 o volume do lago de Sobradinho chegou a apenas 1,08%, com vazão de 550 m³/s. Antes da seca, a vazão média era de 1.300 m³/s. A Figura 10 mostra o volume útil (%) do lago durante os meses de agosto nos último 20 anos.

Em agosto de 2021 o volume útil do reservatório foi de 47,81%, o menor índice ocorreu em 2017, 7,77%. Na época do “apagão”, que correu entre os anos de 2001 e 2002, o volume era de 15,05% e 30,78%, respectivamente. O maior índice no período em questão foi registrado em 2004, 82,16%.

Para o período desta pesquisa, de 2014 a 2018, a queda acentuada no percentual do volume de água do reservatório foi recuperado com as vastas chuvas em 2018. Contudo, há uma alteração em curso em 2020 e 2021 esta realizada volta a mudar.

Figura 10- Volume útil do lago de Sobradinho - 2001 a ago/2021.



Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados da ANA (2021).

O reservatório de Sobradinho encontra-se, atualmente, com armazenamento de 49% de seu volume útil, uma afluência de 1.800 m³/s e uma defluência de 1.103 m³/s (CHESF, 2021). Em 30/08/2021 a vazão passou de 1.000 m³/s para 1.300 m³/s, para atender às dificuldades do Operador Nacional do Sistema Elétrico (NOS) (ANA, 2021). Em outubro de 2020 foi registrada a maior vazão liberada em anos, 2.600 m³/s. A barragem de Sobradinho inicia o ano de 2022, com o volume útil com 52% de sua capacidade (CHESF, 2022).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento da agricultura, a pretendida revitalização da navegação, o aumento da demanda energética e a retirada de água da bacia por transposição são temas que podem gerar conflitos entre os setores usuários (CBHSF, 2017). A transposição do rio São Francisco, por exemplo, gera um debate que vem traçando uma linha tênue entre o combate à seca do semiárido nordestino e a revitalização do rio. A evolução da irrigação e as medidas governamentais de combate à seca parecem ser a solução do nordeste seco, mas seguem um modelo que acumula insucessos há muitas décadas.

Para Ortega e Sobel (2011), o Nordeste experimentou um acelerado processo de incorporação de áreas irrigadas a partir da década de 1980, que foi resultado de investimentos em perímetros públicos e em outras infraestruturas hídricas que impulsionaram o setor privado. Em 2006, a região ultrapassou 1 Mha irrigados, contudo, na última década, com exceção da Bahia, nota-se a relativa estabilidade ou retração de áreas, consequência da redução dos investimentos para ampliação da infraestrutura hídrica e da própria crise experimentada nos últimos anos.

A crise hídrica nesta região não é recente. O semiárido convive com a seca e os governos parecem não acertar em soluções de crescimento e desenvolvimento econômico, a exemplo da Califórnia, uma das regiões mais populosas dos EUA e que enfrenta há décadas as piores secas já registradas. Outro exemplo está no estado de Nevada, Las Vegas, que possui clima desértico, com temperaturas que podem superar os 40°C, e não tem como principal atividade econômica a agricultura.

Um dos grandes desafios dos produtores do Vale é manter a produtividade agrícola com tamanha escassez de recursos hídricos. O estudo da produtividade agrícola no Vale do Submédio São Francisco é analisado no capítulo seguinte, assim como as medidas de eficiência dos produtores da região.

Novas pesquisas devem ser feitas orientadas para o aumento da eficiência do uso da água, com maior produção por quantidade de água aplicada. E também criar incentivos e políticas públicas voltadas ao reuso da água,

principalmente nos meios urbanos e periurbanos. E, por fim, capacitar e fortalecer as instituições de assistência técnica e extensão rural para que atuem fortemente nesse importante tema (BRAGA, 2017). Isso poderia resultar aumento da produção sem, conseqüentemente, aumentar a quantidade de água e de terras utilizadas.

CAPÍTULO 3

PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA TÉCNICA NA LAVOURA DE MANGA NO VALE DO SÃO FRANCISCO

1. INTRODUÇÃO

A expansão da demanda mundial por água, alimentos e energia é fenômeno que ocorre há décadas, tendo se intensificado nos últimos anos em decorrência do aumento populacional nos países em desenvolvimento, da maior longevidade da população, da intensa urbanização, do incremento da classe média, principalmente no Sudeste Asiático, e das mudanças no comportamento dos consumidores. Projeta-se, como consequência desses fatores, o crescimento da demanda global por energia em 40% e por água em 50% e a necessidade de expansão da produção de alimentos em 35%, até 2030 (EMBRAPA, 2018).

No Vale do Submédio São Francisco esta realidade não é diferente. Às margens do rio, o polo produtor e exportador de frutas, conhecido como a “Califórnia Brasileira”, tende ao crescimento acelerado da produção, a região destaca-se no âmbito do agronegócio como a maior produtora de frutas do país, o que é consequência da irrigação localizada.

De acordo com a Associação dos Produtores e Exportadores de Hortigranjeiros e Derivados do Vale do São Francisco – Valexport, o faturamento anual corresponde a R\$ 2 bilhões somente com a produção de manga e uva, principais culturas da região. Deste valor, R\$ 440 milhões ou seja, 22%, são relativos aos frutos destinados à exportação. A manga é a principal fruta destinada ao mercado externo. O fruto produzido na região atende entre 85 e 90% da demanda de exportação no país (VALEXPOR, 2021).

Ainda segundo a Valexport, tratando-se de geração de empregos na fruticultura da região, são gerados 250 mil empregos diretos e outros 950 mil indiretos. No vale atuam três mil produtores que exportaram mais de 243 mil toneladas de manga e 49 mil toneladas de uvas em 2020. Esse contexto explica porque a Bahia ocupa o 2º lugar na produção de frutas frescas produzidas no país, de acordo com dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2020.

Único Semiárido Tropical do Mundo, o Vale do São Francisco apresenta vantagens competitivas únicas: mais de duas safras/ano/planta, baixa incidência de doenças, proximidade dos mercados e abundância de mão-de-obra (Associação Comercial da Bahia, 2017).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de manga. O Nordeste brasileiro, por sua vez, concentra a maior parte desta produção. No Nordeste, a manga se desenvolve de forma altamente tecnificada nas áreas de agricultura irrigada, o que resulta na vantagem de se produzir o ano inteiro, favorecendo os mercados interno e o externo (LIMA, et al, 2018).

Pernambuco e Bahia produziram juntos em 2020 o correspondente a 1.095.098 toneladas de manga, valor equivalente a R\$ 1.272.084,00 comercializados no ano. Considerando que o país produziu, no mesmo período, o equivalente a 1.569.011 toneladas de manga, a participação desses estados nordestinos correspondeu a 69,8% deste total em 2020 (PAM/IBGE, 2021).

A área plantada no Vale do São Francisco cresceu 8,2% de 2019 para 2020, enquanto que o crescimento da área nacional foi de 6,3% no mesmo período, impulsionado por investimento no vale (CEPEA/ESALQ, 2020).

Ainda houve a alta dos preços do fruto em 34% de agosto à setembro de 2021, em consequência da demanda externa (CEPEA/ESALQ, 2021).

O volume de exportações cresceu em 30% em 2020, comparando a média anual dos últimos 5 anos, houve um aumento de 16% em receita de exportação. A manga é a fruta com maior volume de exportação no país, 165,66 milhões de dólares de janeiro a outubro de 2020 (CEPEA/ESALQ, 2020).

A manga mostra-se objeto de estudo importante diante da sua produção crescente no cenário nacional e no comércio exterior do agronegócio brasileiro, assim como para a região do Vale, que está inserida em um contexto de extrema seca, e utiliza a irrigação localizada para manter a produção em escala comercial. Assim, faz-se necessário o estudo sobre eficiência e produtividade no polo, de modo a diagnosticar o nível de produtividade e de eficiência técnica da produção, o que pode potencialmente subsidiar políticas públicas voltadas para o desenvolvimento setorial e regional.

Em virtude da necessidade de identificar os componentes de eficiência técnica na produção de manga no Vale do Submédio São Francisco, Ferreira et al. (2014) analisaram o nível de eficiência técnica dos produtores de manga do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, em Petrolina (PE). O estudo deu-se por meio da estimação do modelo empírico de fronteira estocástica. Concluiu-se que apenas sete (7) produtores de setenta e três (73) lotes pesquisados mostraram-se tecnicamente eficientes, dado preocupante, visto que o grau de ineficiência foi acima de 90%.

Silva et al. (2017), também analisaram o nível de eficiência técnica dos produtores de manga do DINC, e investigaram as variáveis que afetam a sua eficiência por meio do método não paramétrico DEA BCC com orientação *output*. Após a estimação dos *scores* de eficiência, foi estimado um modelo Tobit. Os resultados mais importantes apontaram que características como escolaridade e interação com instituições de pesquisa tendem a elevar os níveis de eficiência, enquanto a existência de dívidas levam a reduzir.

Para Araújo Jr. et al. (2014), o Vale do Submédio do São Francisco é uma região de grande relevância no cenário nacional na produção de fruticultura irrigada, com destaque para manga e uva. Esta região conseguiu exportar seus produtos para vários países, no entanto, devido à globalização, a concorrência nos mercados intensificou-se, obrigando as empresas, e os governos, a tomarem medidas que aumentassem a competitividade. A primeira ação a ser efetuada para aumentar a competitividade é avaliar o nível de eficiência das empresas. Assim, os autores identificaram e analisaram o nível de eficiência dos produtores de manga do Vale, a partir da metodologia DEA BCC, e identificaram os determinantes da ineficiência, através de modelo regressão censurada Tobit. O resultado da pesquisa mostrou que os produtores são mais eficientes na produção quando comparada com a eficiência na comercialização.

Isto posto, neste estudo pretende-se analisar a produtividade e a eficiência técnica da produção na região por meio do modelo paramétrico de Fronteira de Produção Estocástica. O estudo foi realizado junto à 78 produtores de manga do Vale Submédio São Francisco, em específico, no Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, situado no polo Petrolina/Juazeiro. Os dados coletados ao longo do 2014 e 2018, em média, levaram este estudo à análise de um modelo *Cross Section* para os *scores* de eficiência técnica.

Este estudo mostra-se relevante por apresentar a situação atual da eficiência técnica dos produtores da região, assim como a visão da importância da produção e comercialização de manga para a economia do Brasil e do Vale.

Este estudo tem como objetivo, a partir da estimação da Fronteira de Produção Estocástica, analisar os *scores* de Eficiência Técnica junto aos 75 produtores de manga do Distrito de Irrigação Nilo Coelho em Petrolina –

PE. A pesquisa foi realizada no segundo semestre de 2019 para os anos de 2014 a 2018. Os dados foram analisados, com os valores médios de cada propriedade, em um modelo *cross-section*.

Os resultados e discussões para o modelo se apresentam tratando dos *scores* de eficiência, comparando as medidas de TE com as de produtividade por DMU e por fim são analisadas as correlações da TE com as variáveis explicativas terra e volume de água destinados à irrigação, assim como produtividade. Por fim, as considerações finais deste estudo são apresentadas.

2. PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA

Esta sessão descreverá o cenário produtor e exportador de manga, a nível nacional e na região do polo Petrolina/Juazeiro, como objeto de estudo investigado.

2.1 Cenário Agrícola para o Cultivo de Manga

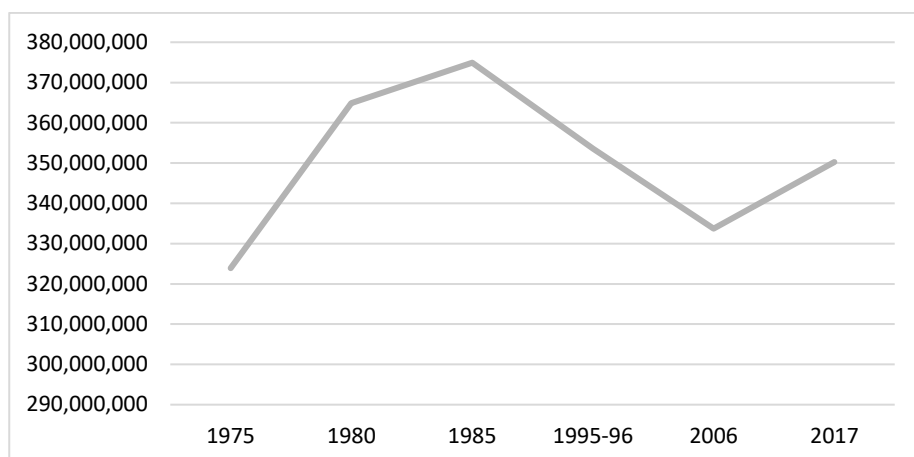
Historicamente, a expansão da mangicultura ocorreu principalmente no estado de São Paulo, de onde foram difundidas as novas variedades de manga para o restante do país, e nos polos de agricultura irrigada do Nordeste. Nesta região, a incorporação de plantios tecnificados, principalmente no Vale do São Francisco, e em outras áreas irrigadas, como as dos Vales do Jaguaribe, Açu-Mossoró e Parnaíba. Portanto, e na região semiárida nordestina, foram implementados vários empreendimentos com plantios comerciais de variedades demandadas pelo mercado externo. Em todas essas áreas, o cultivo da manga chamada “tipo exportação” encontra-se em fase de expansão (EMBRAPA, 2004).

A região do polo Petrolina/Juazeiro constitui o mais expressivo exemplo dos impactos modernizantes da agricultura irrigada nordestina. Área é pioneira na implantação dos grandes projetos públicos e privados de irrigação, estas cidades sofreram uma profunda redefinição de seu espaço urbano e rural, com a constituição de uma poderosa infraestrutura de suporte ao processo modernizante. E, principalmente, por meio desses investimentos logrou fundar um novo padrão de acumulação que resultou da consolidação e expansão de uma atividade agrícola irrigada integrada à indústria, com repercussões sobre as relações de trabalho, o mercado de terras e a economia regional como um todo (LIMA e MIRANDA, 2001).

A produção de manga voltada para o mercado de produtos de qualidade passa a exigir, cada vez mais, novas tecnologias, mão-de-obra qualificada e serviços especializados, tanto no processo produtivo quanto nas atividades pós-colheita (embalagem, empacotamento e classificação). Todo esse processo tem sido acompanhado por mudanças caracterizadas por um conjunto de inovações, na organização da produção e do trabalho, dando origem às diversas formas de relações contratuais, que se manifestam sob forma de prestação de serviços. Esta dinâmica passou a envolver um grande contingente de trabalhadores qualificados, um número significativo de técnicos e firmas, entre outros profissionais especializados vinculados a essas empresas ou prestando serviços por conta própria. Trata-se de novos atores sociais, que ao lado dos fruticultores, devem ser considerados como essenciais ao setor produtivo (EMBRAPA, 2004).

Para um melhor entendimento da expansão da produção de manga no polo Petrolina/Juazeiro, confrontando os resultados dos dados estruturais dos Censos Agropecuários – 1975-2017, em nível nacional, tratando de todas as culturas, a área total (ha) retraiu em 11,32% de 1985 a 2006, voltando a aumentar em 4,97% em 2017. A Figura 11 mostra a expressiva queda da utilização de áreas agrícolas até 2006, e uma posterior recuperação até 2017.

Figura 11 - Resultados dos dados estruturais dos Censos Agropecuários Brasil – 1975/2017 – área total (ha).



Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados do IBGE (2017).

Fazendo referência à evolução da área colhida com manga nas regiões do Brasil de 2014 a 2020, as regiões tidas como as maiores produtoras no nível nacional, de acordo com o CEPEA/ESALQ (2020) foram: Petrolina – PE e Juazeiro – BA, Livramento de Nossa Senhora e Dom Basílio – BA, Interior de São Paulo (Monte Alto e Taquaritinga, Valparaíso e Mirandópolis), além do Norte de Minas Gerais (Tabela 5). Como pode ser observado, o polo Petrolina/Juazeiro apresentou um crescimento expressivo entre 2015 e 2016 (94,18%), assim como de 2018 para 2019, 48,51% (CEPEA/ESALQ, 2020).

Tabela 5 - Evolução da área colhida com manga nas regiões do Brasil de 2014 a 2020 (ha).

Regiões	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Petrolina (PE) e Juazeiro (BA)	13.261	13.261	25.750	27.170	30.300	45.000	49.000
Livramento de Nossa Senhora e Dom Basílio (BA)	10.035	10.035	12.000	12.000	12.000	11.545	12.122
Interior de São Paulo	8.483	8.507	9.042	8.887	8.590*	8.127	7.840
Norte de Minas Gerais	5.457	5.457	5.600	6.060	7.000	7.500	7.750
TOTAL	37.236	37.260	52.392	54.117	57.590	72.172	76.712

*Estimativa fevereiro.

Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados do CEPEA/ESALQ (2018-2019-2020).

Segundo Lima et al. (2018), a região do centro-sul da Bahia, mais especificamente Livramento e Dom Basílio, concentra a segunda maior quantidade de área colhida de manga em 2018. Esta região tem sofrido muito por escassez de água, o que tem afetado fortemente a manutenção dos pomares. É possível que ao final de 2018, ao invés de se ter estagnação de crescimento de área, o que efetivamente se verifica é uma queda acentuada para aproximadamente 10 mil hectares de área colhida na região. Como observado na Tabela 5, esta queda foi de 3,79% em 2019, seguida de recuperação em 2020.

Ainda em relação à área colhida, as outras regiões apresentadas na Tabela 5 não demonstraram crescimento expressivo como no polo Petrolina/Juazeiro. O interior de SP apresentou queda de 29,7% considerando a estimativa de fevereiro de 2018 em relação a 2017. Já o Norte de Minas Gerais manteve-se em crescimento ao longo do período exposto. Em termos percentuais a variação nesta região é maior do que no Vale do São Francisco,

15,5% considerando a variação 2017-2018, mas em termos de área colhida é bem menor. Petrolina e Juazeiro são os maiores produtores de manga do país.

Em relação às variedades de manga produzidas, a União Europeia tem preferência por variedades menos fibrosas – entre elas, Palmer, Kent e Keitt, produzidas no Brasil. Para atender a esta demanda, o cultivo da variedade Tommy Atkins foi reduzido. No Norte de Minas, praticamente só se cultiva manga Palmer e, no Vale do São Francisco, essa variedade já equivale a praticamente metade da área plantada (EMBRAPA, 2018).

A estimativa do CEPEA em relação ao perfil das variedades de manga produzidas no Vale mostra um cenário positivo para a comercialização da manga Palmer, como pode ser observado na Tabela 6, que se mostra predominante nas demais regiões produtoras no Brasil. Contudo, neste estudo sobre medidas de eficiência, não será tratado do tipo de variedade produzida, e sim, do fruto.

Tabela 6 - Perfil de variedades (estimativa).

Regiões Produtoras	Variedade	%
Petrolina (PE) e Juazeiro (BA)	Palmer	50%
	Tommy Atkins	30%
	Keitt e Kent	20%
Livramento de Nossa Senhora e Dom Basílio (BA)	Palmer	70%
	Tommy Atkins	28%
	Rosa e Espada	2%
	Palmer	50%
Monte Alto e Taquaritinga (SP)	Tommy Atkins	30%
	Keitt, Espada e Outras	20%
	Palmer	60%
Valparaíso e Mirandópolis (SP)	Haden	40%
Norte de Minas Gerais	Palmer	100%

Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados do CEPEA (2018).

2.2 Exportação e Preços

Dados de exportação mostram que, nos últimos três anos, entre as frutas exportadas pelo Brasil, a manga foi a que mais gerou receitas. Em 2018, os europeus gastaram mais de US\$ 131 milhões em mangas, produzidas principalmente no Vale do São Francisco (MAPA, 2019). A Secretaria de Comércio Exterior informou que nos últimos três anos, a manga tem sido a fruta que gera a maior receita para o Brasil. A Tabela 7 mostra as três primeiras colocações dos produtos exportados pelo país de 2018 ao primeiro semestre de 2021 em volume (mil quilos) e valor (milhões de dólares) de comercialização.

Tabela 7 - Ranking das exportações brasileiras de frutas* (2018 a 2021).

Ano	2018		2019		2020		2021**	
	Valor (US\$ mi)	Peso (Kg)	Valor (US\$ mi)	Peso (Kg)	Valor (US\$ mi)	Peso (Kg)	Valor (US\$ mi)	Peso (Kg)
Produtos								
Mangas	177,31	170,46	221,80	215,83	246,92	243,23	79,99	79,23
Melões	136,05	197,60	160,31	251,64	147,93	236,26	52,96	86,41
Limões e limas	89,49	97,50	90,92	104,62	101,95	49,33	63,17	78,84
Uvas	88,07	39,82	93,46	45,06	105,41	119,43	46,95	21,74
Frutas (total)	785,66	848,50	848,31	970,71	875,89	1.027,77	440,15	515,66

*Frutas (inclui nozes e castanhas)

**1º semestre de 2021

Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados do MAPA/AgroStat (2021).

Como pode ser observado, do valor total (US\$ mi) das exportações brasileiras de frutas em 2020 (US\$ 875.885.186), a manga correspondeu a 28,19% das frutas exportadas. Para o melão, a segunda fruta mais exportada no período, a participação foi de 16,89%. Já a uva, outro produto de importância econômica produzido no Vale, em 2020 teve participação no montante exportado de 12,03%.

Em 2017, a manga manteve-se em primeiro lugar no *ranking* das exportações de frutas, 21,66%, com um pequeno aumento na participação total. Contudo, em 2018, a participação diminuiu, correspondendo a 18,18%. Essa queda é consequência da comercialização externa da manga pelo Peru, o país dominou o mercado no início de 2018. De 2018 para 2019, um novo aumento, de 25,09%, mas em 2020 foi 11,33% de participação.

Comparando as exportações de manga do primeiro semestre de 2020 com o mesmo período em 2021, houve aumento em volume e valor comercializado. Uma variação de 45,72% no volume (kg) e de 48,29% no valor (US\$), como observado na Tabela 8.

Tabela 8 - Exportações de frutas – 1º. semestre de 2020 e 2021.

Produtos	2020		2021	
	Valor (US\$)	Peso (Kg)	Valor (US\$)	Peso (Kg)
Mangas	53,94	54,37	79,99	79,23
Limões e limas	57,75	71,71	52,96	86,41
Melões	45,50	79,50	63,17	78,84
Uvas	23,71	10,34	46,95	21,74
Frutas (total)	314,91	399,81	440,15	515,66

Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados do MAPA/AgroStat (2021).

Este cenário é contrário ao observado no primeiro bimestre de 2018 em relação ao mesmo período de 2017, onde a manga perdeu colocação para melões e limões e limas, passando a terceiro lugar no *ranking* de exportações. Uma queda de 12,4% em volume e 7,6% em valor (Abrafrutas, 2018).

Alguns fatores contribuíram para que as frutas não fossem comercializadas no mercado externo. A janela entre as safras de manga do Peru e da Costa do Marfim, geralmente preenchida pelo Brasil, não aconteceu, visto que o atraso da safra peruana e o adiantamento da safra marfinense não deixaram espaço no mercado europeu. Assim, as frutas brasileiras não terão exclusividade de mercado em nenhum momento (OLIVEIRA e GERALDINI, 2018).

Ainda de acordo com os colaboradores do Hortifrúti/Cepea, muitas mangas das regiões de Petrolina/Juazeiro (PE/BA) e de Jaíba/Janaúba (MG) não estavam dentro dos padrões exigidos pelos importadores europeus, devido aos problemas fitossanitários em ambas as regiões (OLIVEIRA e GERALDINI, 2018).

As exportações desempenham um papel fundamental para a cadeia da manga no Brasil. Não apenas pelas receitas que gera em dólares ou pela organização que impõe relacionada ao aumento da qualidade necessária, com base nas exigências das diversas certificações, mas fundamentalmente nos preços pagos aos produtores no mercado interno, pela redução da oferta interna de manga (LIMA et al. 2018).

A Figura 12 mostra a evolução do valor das exportações de manga nos últimos 10 anos. Como pode ser observado, há uma tendência de crescimento elevado a partir de 2019. Destaca-se que para a Europa é menor preferência por manga Palmer do Brasil e uma maior demanda por outras variedades, principalmente Kent e Keitt (Embrapa, 2021).

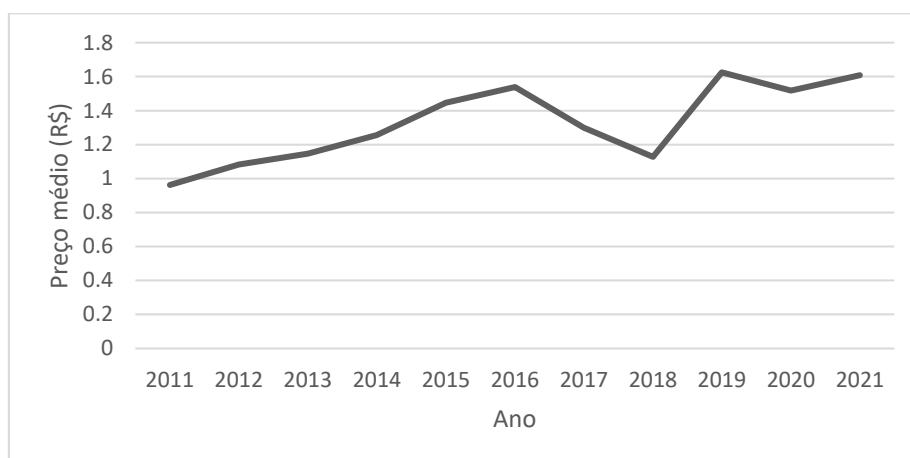
Figura 12 - Evolução do valor das exportações de manga do Brasil: 2011-2021.



Fonte: Observatório do Mercado de Manga da Embrapa Semiárido, 2021.

Dados do CEPEA/ESALQ (2021) mostram a evolução do preço² da manga no cenário nacional nos últimos 10 anos (Figura 13), o comportamento dos preços revela uma queda acentuada entre os anos 2016 e 2018, retratando o cenário de crise mundial e a queda na importação da fruta. Subindo em 2019, maior preço médio observado na série, R\$ 1,625, voltando a subir em 2021.

Figura 13- Evolução do preço médio anual da manga - 2011 e out/2021 (R\$ valor nominal).



Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados do Cepea (2021).

Ainda de acordo com a Câmara de Comércio e Indústria Brasileira, apesar dos números positivos, o Brasil perdeu participação nas importações europeias. Enquanto o volume total comprado pelo bloco entre 2006 e 2016

² O preço médio anual foi calculado a partir dos preços coletados semanalmente pelo Hortifrúti/Cepea - Esalq/USP, que considera os valores (R\$) médios recebidos por produtores e atacadistas das regiões de Andarina, Campinas, Livramento de Nossa Senhora, Monte Alto (região), Norte de Minas Gerais, São Paulo (capital) e Vale do São Francisco. Os produtos pesquisados são Palmer (atacado), Palmer (produtor), Palmer – embalada (produtor), Tommy Atkins (atacado), Tommy Atkins (produtor), Tommy Atkins – embalada (produtor) e Tommy Atkins – indústria (produtor).

subiu 58%, as importações do Brasil subiram apenas 34,9%. O país cedeu mercado ao Peru e à Costa do Marfim, que aumentaram em 113,9% e 109,7% seus envios no mesmo período, respectivamente. Conta a favor dos concorrentes a isenção da tarifa de importação, enquanto o Brasil paga tarifas comuns que, no caso da Holanda, principal porto de entrada, é de 6%.

3. METODOLOGIA

O objetivo geral deste capítulo foi implementar um modelo econométrico de Fronteira de Produção Estocástica, a partir de dados coletados junto aos produtores de manga do Vale do São Francisco, em específico no Distrito de Irrigação Nilo Coelho – DINC, no período de 2014 a 2018. A coleta de dados ocorreu por meio de aplicação de questionário e entrevistas junto aos produtores da região de estudo. Este tópico descreverá o DINC, assim como a base de dados e o modelo econométrico.

3.1 Distrito de Irrigação Nilo Coelho – DINC

O Distrito de Irrigação Nilo Coelho, localizado entre as coordenadas geográficas 40°50' e 40°23" de Longitude Oeste e 09°14' e 09°27' de Latitude Sul, se estende desde o município de Casa Nova (norte do Estado da Bahia) até o município de Petrolina (Sudoeste do Estado de Pernambuco) (DINC, 2018). Em termos de área, representa 20% do perímetro irrigado encontra-se na Bahia e 80% em Pernambuco³.

As águas do reservatório da barragem de Sobradinho – BA abastecem a área irrigada, em um total de 23.486,20 hectares, sendo 76,46% desta pertencente à primeira etapa do projeto (Nilo Coelho), como pode ser observado na Tabela 9. Em 1984 as atividades agrícolas foram iniciadas com a conclusão das obras da área Nilo Coelho (primeira etapa), posteriormente à segunda fase, área Maria Tereza.

Tabela 9 - Área irrigável – DINC.

Etapas DINC	Hectares
1ª Etapa – Setor Nilo Coelho	17.957,24
2ª Etapa – Setor Maria Tereza	5.528,96
Total	23.486,20

Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados do DINC (2018).

Em relação à ocupação espacial, são 1.963 lotes de pequenos usuários e 363 pequenas, médias e grandes empresas. A Tabela 10 separa os lotes por categoria de empresas, assim como pequenos produtores. Um total de 2.326 lotes, distribuídos em 23.448,34 hectares. A diferença entre a área total e a área irrigada tratada na Tabela 9, corresponde às áreas destinadas à preservação ambiental (37,86 hectares), 0,16% do total. Para o bioma caatinga, a legislação define que a propriedade rural deverá ter uma área de reserva legal em 20%, conforme Art. 12, Lei n. 12.651/2012.

Ainda, como pode ser observado na Tabela 10, o DINC considera como grandes os produtores que possuem área acima de 50 hectares, abaixo disso, até 7 hectares, pequenos e médios, e abaixo de 7 ha, pequenos produtores. Contudo, como mencionado em entrevista pelo Sr. Paulo Henrique Pessoa de Sales, gerente executivo do DINC, alguns pequenos produtores possuem mais de um lote irrigado, assim, acabam aglomerando área e mantendo-se na categoria de pequeno irrigante.

³ O mapa do perímetro irrigado Nilo Coelho pode ser observado no Anexo A.

Tabela 10 - Divisão dos lotes por categoria de empresa e área média.

Categorias	Empresas	Hectares	Área Média (ha)
Grandes Empresas	51	6.544,63	acima 50 há
Pequenas e Médias Empresas	312	5.235,36	de 7,10 a 50,00 há
Pequenos Produtores	1.963	11.668,35	até 7,00 há
Total	2.326	23.448,34	-

Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados do DINC (2021).

O DINC é responsável pelo abastecimento e controle dos materiais e equipamentos aplicados nas atividades básicas, bem como pela segurança patrimonial de todo o perímetro, e fornece apoio técnico na automação operacional e demais sistemas informatizados utilizados na instituição, além de atuar diretamente junto aos funcionários na busca da melhoria na condição de trabalho e segurança (DINC, 2018).

O sistema de operação é a atividade básica do Distrito, responsável pela captação, condução e distribuição da água para irrigação das áreas agrícolas, definida na Missão do distrito irrigado: “Fornecer água aos produtores do Perímetro Irrigado para irrigação na quantidade e oportunidade desejada buscando o uso racional e eficiente com o máximo retorno” (DINC, 2018).

Um quesito importante para tomada de decisão por parte do DINC corresponde à vazão da Barragem de Sobradinho, a tomada d’água se dar pela margem esquerda do lago. Esta barragem de propriedade da CHESF foi construída no rio São Francisco, principal curso de água da região nordestina, a 748 Km de sua foz e tem capacidade de armazenamento de 34,1 bilhões de metros cúbicos, como já mencionado no Capítulo 2.

De acordo com o DINC, em seu 51º. Informativo Trimestral (jul-ago-set/2020), a área plantada, referência setembro/2020, somando Nilo Coelho e extensão Maria Tereza, foi de 22.450,55 hectares. Sendo que, 21.797,88 ha (97%) estão implantados com as principais fruteiras; 272,05 ha (1,2%) com as principais culturas anuais e 380,62 ha (1,7%) com as demais culturas (Tabela 11).

Tabela 11 - Distribuição da área por cultura (set/2020).

Principais Fruteiras			Principais Culturas Anuais		
	Área (ha)	%		Área (ha)	%
Manga	9.307,74	41,46	Mandioca	96,44	0,43
Uva	6.076,71	27,07	Maracujá	68,94	0,31
Coco	2.296,13	10,23	Milho	26,74	0,12
Acerola	1.239,34	5,52	Abóbora	25,23	0,11
Banana	1.234,34	5,50	Feijão	20,80	0,09
Goiaba	1.231,60	5,49	Melão	16,20	0,07
Caju	251,94	1,12	Melancia	11,20	0,05
Pinha	100,89	0,45	Cebola	6,50	0,03
Mamão	58,19	0,26	Total	272,05	1,21
Total	21.797,88	97,09	Outros	380,62	1,70

Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados do DINC (2020).

A manga é responsável por aproximadamente 40% do cultivo permanente no DINC. Considerando que a área cultivada da fruta na RIDE Petrolina (PE)/Juazeiro (BA), de acordo com a estimativa realizada pelo CEPEA em 2020, seja em torno de 49.000 hectares, a área de manga no Nilo Coelho corresponde a 19% do total. A fruta mostra-se a principal cultural da região de estudo.

3.2 Base de Dados

Como mencionado, o Distrito de Irrigação Nilo Coelho possui 2.326 lotes irrigados, destes, 84,5% são pequenos produtores, 13,43% é composto por pequenas e médias empresas, sendo apenas 2,19% do total a representação das grandes empresas (DINC, 2017). Para este estudo, a amostra dos lotes que foram pesquisados não se deu pelo seu tamanho, mas sim pela cultura, ou seja, a pesquisa foi realizada junto aos produtores de manga do DINC.

Os dados coletados junto à administração do DINC foram a área irrigada (média anual), a área irrigável e o volume de água em metros cúbicos utilizados anualmente, por lote produtor de manga, de 2014 a 2018. Essas informações foram fornecidas pela gerência executiva do Distrito de Irrigação. A partir desses dados, foram selecionados aleatoriamente os produtores a serem entrevistados, sejam esses grandes, médias e pequenas empresas, assim como pequenos produtores.

Dada uma população com m elementos, denomina-se amostragem aleatória (casual ou acidental) simples o processo de obter um subconjunto de n (com $n < m$) elementos dessa população, conduzido de tal forma que cada uma das $\binom{m}{n}$ combinações de elementos terá igual probabilidade de ser selecionada. A amostragem é feita sem reposição. A probabilidade de um elemento ser escolhido em qualquer um dos n sorteios feitos para constituir a amostra é, *a priori*, igual a $\frac{1}{m}$ (HOFFMANN, 2011).

A expectativa era de que fossem entrevistados 100 produtores, considerando um total de 2.326 lotes, para $n_0 = \frac{1}{(E_0)^2}$, onde n_0 é a primeira aproximação e E_0 o erro amostral. Assim, para $E_0 = 10$, $n_0 = 100$. O tamanho da amostra considerando $N = 2.326$ é de $n = 95,87$.

Foram corretamente aplicados e preenchidos 82 questionários e, desses, foram retirados os *outliers*, restando 78 questionários tabulados, totalizando 707 hectares.

Descrição das variáveis:

PRODUTO: volume anual de produção de manga, em toneladas.

TERRA: área plantada (irrigada) com manga em hectares. Também foi coletado o tamanho total da área para melhor análise dos resultados.

CAPITAL: máquinas, instrumentos agrários e veículos, tratores, semeadeiras ou plantadeiras, colheitadeiras, adubadeiras ou distribuidoras de calcário, caminhões, utilitários, automóveis, motocicletas, aviões e aeronaves para uso agrícola, expressos em valores (R\$) anuais (IBGE, 2017).

Somada à variável capital está o custo com os implementos agrícolas, em virtude do grande volume de terceirização de máquinas e equipamentos por parte dos produtores. Isto observado *in loco* e comprovado pelos dados levantados pelos questionários.

TRABALHO: somatório anual do número de mão de obra empregada na produção, sendo mão de obra temporária (diaristas) e/ou permanente/familiar. Na descrição dos resultados foi realizada uma análise referente à mão de obra feminina e masculina, assim como familiar, para melhor entendimento do perfil dos agricultores;

VOLUME: volume de água em m^3 utilizado para irrigação.

Considera-se irrigação a prática de aplicar água, que não a da chuva, diretamente à superfície do solo cultivado com pastos ou culturas, em quantidades e intervalos determinados, com a finalidade de fornecer água às plantas em condições apropriadas ao seu crescimento e produção (IBGE, 2017).

Outras variáveis foram investigadas, mas não utilizadas no modelo econométrico, mas que auxiliaram na análise dos resultados, discussões e conclusões da pesquisa. São informações sobre o perfil do produtor/lote, como,

se o lote é próprio ou arrendado, o tempo de produção, se plantou a área ou adquiriu a área plantada, se produz com foco no mercado interno e/ou externo. Assim como informações sobre o proprietário, como idade, sexo, grau de escolaridade, tempo de experiência com fruticultura irrigada, se reside ou não na propriedade, se possui renda extra rural.

Outras informações importantes para a análise dos resultados fazem referência ao sistema de irrigação – se aspersão convencional, sulco, gotejamento ou microaspersão. Assim como ao uso de técnicas ou práticas utilizadas no cuidado das culturas, como, se plantou mudas selecionadas, se plantou as mudas com o espaçamento recomendado, se utiliza sistema de drenagem, se faz análise de solo, análise foliar, se acata a recomendação das análises de solo/foliar, se pratica fertirrigação, correção de solo, cobertura morta, MIP (Manejo Integrado de Pragas), se faz corretamente depósito de agrotóxicos, se destina embalagens vazias de agrotóxicos para central de recolhimento, se utiliza EPI (Equipamentos de Proteção Individual), se tem quebra-vento, se produz mudas na propriedade, se faz tratamento de mudas, indução floral, poda de formação e limpeza e substituição de copa.

Além de uso de técnicas ou práticas no cuidado da cultura pós-colheita, como, se tem armazém de frutas, se faz limpeza, seleção e classificação das frutas, se possui *packing house*, se armazena a fruta em ambiente climatizado e transporta a fruta em veículo climatizado.

As informações agronômicas foram fornecidas pelo consultor em manga, Sr. César Augusto Libório de Lima, Engenheiro Agrônomo. Essas informações foram de fundamental importância para o entendimento da cadeia produtiva, para a elaboração das variáveis insumos e implementos agrícolas, assim como às questões teóricas relacionadas à irrigação. O questionário teste (Apêndice) foi aplicado com o Sr. Márcio Amorim Rodrigues, economista e produtor de manga no Vale. Fotos de visitas técnicas podem ser observadas no Anexo C.

A base de dados, contendo 390 observações entre 2014 e 2018, para 78 produtores ou lotes de irrigação, localizados no DINC, está descrita estatisticamente na Tabela 12. O valor médio da produção de manga corresponde a 284.48 toneladas, sendo o valor mínimo (15 t) pertencente ao produtor 73 em 2014. O lote também apresenta menor área cultivada, 1 hectare, juntamente com os produtores 40 e 70. Em relação à máxima do volume de produção, 2,052 t, o produtor 44 encontra-se na escala de grande produtor, cultivando em 54 ha.

Tabela 12 - Estatística descritivas.

Variáveis	Unidade	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Produto	t	284.48	333.44	15	2,052
Terra	ha	9.06	9.05	1	54
Capital	R\$	236,229.50	14,231.40	225,100	309,100
Trabalho	un	11.82	10.53	1	60
Irrigação	m ³	136,239.20	183,571.20	6,000	1.242,000

Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação à variável volume de água utilizada na irrigação (m³), esta possui valor médio de 136,239.20 m³ para o grupo de produtores estudado, sendo o maior valor (1,242,000) referente também ao produtor 44, ratificando a relação direta entre volume de água e tamanho da propriedade.

Outro dado a ser observado é o número de trabalhadores envolvidos na produção. Considerando mão de obra temporária, permanente e familiar juntas, há produtores que mantêm apenas um trabalhador fixo em seu lote (produtores 11, 14, 18, 28, 29, 40, 41, 46, 52, 56, 66, 73 e 77). No caso do produtor 14, não há mão de obra temporária.

3.3 Modelo Econométrico

Esta seção apresenta o método de fronteira estocástica de produção, assim como o modelo econométrico empregado no estudo.

3.3.1 Fronteira de Produção Estocástica

A análise de fronteira de produção estocástica, um dos métodos mais adotados na literatura aplicada às medidas de ineficiência técnica, aplica-se neste estudo como meio pelo qual se obtém um dos componentes da produtividade total dos fatores, a eficiência técnica (TE). O objetivo é estimar a fronteira e calcular a sua eficiência relativa, considerando que todos os produtores têm acesso potencial à mesma tecnologia de produção.

O método de fronteira de produção estocástica foi proposto simultaneamente por Aigner, Lovell e Schmidt (1977) e Meeusen e Broeck (1977). Posteriormente, as contribuições de Forsund, Lovell e Schmidt (1980), Schmidt (1986), Bauer (1990), Battese (1992), Greene (1993), Battese e Coelli (1995) permitiram o aprimoramento do método, possibilitando sua implementação com dados em painel e com a incorporação da modelagem do componente de ineficiência técnica de produção. O modelo seguido por este estudo é baseado nas contribuições de Battese e Coelli (1995), que sugerem que a ineficiência técnica é modelada por um vetor de variáveis.

Coelli et al. (1998) definiram a função de produção de uma unidade de produção i no período t como:

$$y_{it} = \exp(x_{it}\beta + v_{it} - u_{it}) \quad (1)$$

em que, y é o vetor de quantidades produzidas (*outputs*); x é o vetor de insumos (*inputs*) utilizados na produção; e β é o vetor de coeficientes a serem estimados (parâmetros).

Em geral, todos os modelos comportam tanto uma abordagem orientada para a estimação da fronteira de produção (modelo orientado ao produto), quanto para a estimação da fronteira de custo (modelo orientado aos insumos). A principal divergência entre os diferentes modelos está na técnica empregada para estimar a fronteira. Segundo Agrell e Bogetoff (2016) e Sickles et al. (2018), os três principais métodos de Análise de Eficiência proposto na literatura são a Análise de Envoltória de Dados (DEA), os Mínimos Quadrados Corrigidos (COLS) e Análise de Fronteira Estocástica (SFA).

COLS e SFA são ambos métodos paramétricos derivados de modelos tradicionais de regressão linear, que se diferenciam na forma pela qual estimam a fronteira de produção ou custo (Kumbhakar e Lovell, 2000; Zanini, 2004; Sickles et al., 2018).

No método dos mínimos quadrados corrigidos, a equação da fronteira é um modelo de regressão linear estimado por mínimos quadrados, onde o intercepto da equação é “ajustado” de forma que os desvios de todas as DMUs frente a fronteira estimada sejam sempre positivos. Já no modelo de fronteira estocástica, a fronteira é um modelo de regressão com erro assimétrico, cujos coeficientes são estimados por máxima verossimilhança (Kumbhakar e Lovell, 2000; Zanini, 2004; Sickles et al., 2018).

Segundo Battese e Coelli (1993), a principal vantagem de se considerar uma análise de fronteira estocástica, ao contrário de outros métodos não paramétricos, está no fato da introdução de um componente de erro para representar ruído, permitindo assim a decomposição do desvio de uma observação em dois componentes: os ruídos aleatórios (v) e os efeitos de ineficiência técnica da produção (u).

Battese e Coelli (1995) utilizaram um teste simples para identificar a presença de ineficiência técnica nos dados. Admitiram que, se $u = 0$, então o componente de erro $\varepsilon = 0$. Desta forma, o termo de erro é simétrico, e os

dados não evidenciam a presença de ineficiência técnica. Entretanto, se $u > 0$, então a distribuição de $\varepsilon = v - u$, é negativamente assimétrica e há evidências de ineficiências técnicas nos dados. Desse modo, o termo quantifica a ineficiência técnica ou a distância em relação à fronteira de eficiência.

Considerando que os produtores pesquisados produzem um único produto, a função de produção $f(x)$ descreve a relação técnica entre os insumos (*inputs*) utilizados na produção – área irrigada, capital, mão de obra e volume de água destinados a irrigação; e o produto (*outputs*). Assim, a fronteira de produção demonstra o máximo que o produtor pode atingir com os recursos disponíveis.

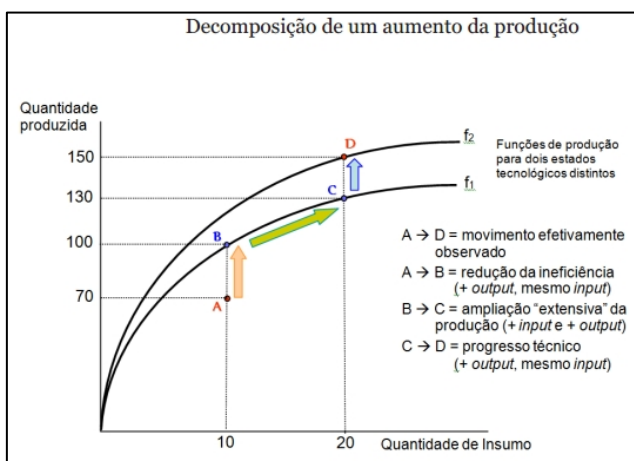
Com isso,

$$f(x) = \{y \in \mathbb{R}: y \text{ é o máximo produto associado com } -x \text{ em } y\}.$$

Se o produtor operar sobre a fronteira de produção, este é tecnicamente eficiente, o contrário, tecnicamente ineficiente.

A Figura 14 apresenta, no ponto A, o produtor tecnicamente ineficiente, sendo que este produtor pode aumentar sua produção para o ponto B sem aumentar o nível de utilização do insumo x . Como o objetivo do produtor é produzir mais com menos insumos, ou produzir a mesma quantidade com menos insumos, ou ainda produzir mais com a mesma quantidade de insumos, o movimento de A para D na Figura 14 expressa o *benchmarking* e técnicas de mensuração da produtividade e da eficiência. As variações tecnológicas envolvem avanços na tecnologia, podendo ser representada por um deslocamento para cima na fronteira de produção. Para PIRES (2014), trata-se do efeito da adoção de alguma inovação no processo de produção, tal que, para uma mesma quantidade de insumo, agora a produção se torna maior.

Figura 14- Fronteira de produção e eficiência técnica.



Fonte: PIRES (2014).

Ao passar do ponto B para o ponto C, o produto aumenta, aumentando também a utilização de insumos. Ao aumentar a produção em D mantendo fixa a quantidade de insumos, a curva se desloca para cima, o que demonstra mais tecnologia empregada na produção, assim, o vetor representa o progresso técnico (PT).

Levando em consideração a variação tecnológica na produção, quando se analisa a evolução da produtividade ao longo do tempo (t), percebido em modelos em dados em painel, um aumento da produtividade

pode ser atribuído às variações tecnológicas, ganhos de eficiência, exploração das economias de escala ou pela combinação de todos esses fatores. Assim, o conceito de retornos de escala torna-se importante.

A partir de um vetor de insumos x para produzir um vetor de produto y , escalonando todos os insumos para cima ou para baixo em uma mesma quantidade $t \geq 0$, o nível de produto modifica-se da seguinte forma (SILBERBERG, 1978):

Retornos Constantes de Escala: uma tecnologia exhibe retornos constantes de escala se qualquer uma das condições abaixo for satisfeita:

$$y \in Y \Rightarrow ty \in Y, \forall t \geq 0$$

$$x \in V(y) \Rightarrow tx \in V(ty) \forall t \geq 0$$

$$f(tx) = tf(x) \forall t \geq 0, \text{ ou seja, a função de produção é homogênea de grau 1.}$$

Retornos Crescentes de Escala: uma tecnologia exhibe retornos crescentes de escala quando $f(tx) > tf(x) \forall t \geq 1$, ou seja, quando o aumento proporcional de todos os insumos leva a uma utilização mais eficiente dos meios de produção, o produto cresce mais que proporcionalmente ao aumento dos insumos.

Retornos Decrescentes de Escala: uma tecnologia exhibe retornos decrescentes de escala quando $f(tx) < tf(x) \forall t \geq 1$. O caso mais comum de retornos decrescentes de escala ocorre quando algum insumo não pode ser replicado. Assim, o conjunto de possibilidades de produção restrito exhibe retornos decrescentes.

3.3.2 Modelo Econométrico

Para o cálculo da eficiência técnica, utilizou-se o método de fronteira de produção estocástica, modela-se uma forma funcional da fronteira de produção, juntamente com as hipóteses distribucionais sobre a ineficiência técnica e os distúrbios aleatórios, obtendo-se um estimador para cada um dos componentes da PTF e também um grau de eficiência técnica.

Primeiramente foi testado um modelo na forma funcional Cobb-Douglas, com distribuição half-normal. Em seguida, o mesmo modelo foi testado com distribuição assimétrica exponencial e gama. Adotou-se a função Cobb-Douglas com distribuição half-normal como melhor forma funcional consistente com os dados, conforme Equação 2.

$$\ln y = \beta_0 + \beta_1 \ln t + \beta_2 \ln k + \beta_3 \ln i + \beta_4 \ln v + (v - u) \quad (2)$$

em que, $\ln y$ é o logaritmo natural da quantidade produzida de manga; $\ln t$ é o logaritmo natural da área colhida; $\ln k$ é o logaritmo natural do capital; $\ln i$ é o logaritmo natural da mão de obra e $\ln v$ é o logaritmo natural do volume de água destinada à irrigação.

Como definiram Battese e Coelli (1992) e Coelli et al. (1998), os termos u e v são vetores que representam componentes distintos do erro. O termo u representa a ineficiência técnica, ou seja, a parte que constitui um desvio para baixo com relação à fronteira de produção, o que pode ser inferido pelo sinal negativo e pela restrição $u \geq 0$. São variáveis aleatórias não negativas com distribuição normal truncada em zero, independente distribuída (não identicamente) com média u_{it} e variância constante σ_u^2 , ($u \sim NT(\mu, \sigma_u^2)$). É o termo do erro unilateral que capta a ineficiência e também faz com que $f(x)$ possa variar entre as firmas.

Já o termo ν refere-se à parte aleatória do erro, com distribuição normal, independente e identicamente distribuída, truncada em zero e com variância constante, σ_ν^2 ($\nu \sim \text{iid N}(0, \sigma_\nu^2)$). Sendo esse termo, a distribuição simétrica para captar os efeitos aleatórios de erros de medida e choques exógenos, que fazem com que $f(x)$ possa variar entre as firmas.

Assim, a eficiência técnica relativa à fronteira de produção estocástica é captada pelo componente unilateral do erro $\exp(-u)$, em que $u \geq 0$ assegura que todas as observações estejam situadas na fronteira ou abaixo dela. A ineficiência sobre os parâmetros do modelo pode ser baseada nos estimadores de máxima verossimilhança $TE = e^{-u}$. Os componentes de erro são independentes entre si e x_i é suposto ser exógeno, portanto, o modelo pode ser estimado pela técnica de máxima verossimilhança.

Ainda, se $u = 0$, a firma está operando na capacidade máxima de produção, sobre a fronteira. Se $u > 0$, a firma é ineficiente e está produzindo menos do que as possíveis combinações do uso de seus insumos produtivos permitem. Sendo a Eficiência Técnica (ET) igual a um, as firmas são tecnicamente eficientes.

Os modelos SFA exigem a adoção *a priori* de uma premissa sobre a forma funcional da Fronteira de Produção. As formas funcionais mais usualmente adotadas são as de Cobb-Douglas (CD) e a Translog (TL) (Coelli et al., 2005; Behr, 2015 apud Leite, 2020).

Ao se assumir uma função de produção específica, torna-se útil adotar as chamadas formas funcionais flexíveis, que fornecem uma aproximação de segunda ordem a funções arbitrárias. A especificação translog, desenvolvida por Christensen, Jorgenson e Lau (1973), constitui um exemplo bastante utilizado. Porém, tais formas costumam necessitar de técnicas não lineares de estimação, fazendo que o problema seja transferido para a validade das suposições necessárias para tais técnicas (MESSA, 2013).

A função Cobb-Douglas, por outro lado, é menos flexível que a Translog, porém é mais parcimoniosa. Ao exigir a estimação de um número menor de parâmetros, a função Cobb-Douglas se adapta melhor a amostras menores (Coelli et al., 2005).

Santos et al. (2004) afirmaram que, na função Cobb-Douglas, há facilidade de estimação econométrica, já que sua forma logarítmica é linear nos parâmetros. A função é homogênea, ou seja, os rendimentos de escala são determinados diretamente pela soma dos coeficientes de regressão iguais a um.

O uso do modelo de uma única equação é justificado ao se assumir que os agricultores maximizam os lucros esperados. Deste modo, a função de fronteira de produção Cobb-Douglas apresenta-se para os 78 núcleos de irrigação do projeto Senador Nilo Coelho.

A estimação simultânea e eficiente dos parâmetros da Equação 2, pelo método da máxima verossimilhança, permite calcular as magnitudes das eficiências técnicas para cada um dos produtores (lotes) da amostra. Este procedimento, proposto por Battese e Coelli (1995), facilita o processo de maximização por intenções, uma vez que o referido parâmetro possui valores situados entre zero e um. Além disso, a estatística γ pode ser utilizada para testar a significância da inclusão dos efeitos de ineficiência técnica na função de produção. Assim, sendo o valor de γ próximo a zero, retrata a menor importância do componente da ineficiência técnica na explicação dos desvios observados da fronteira de produção. Quando seu valor se aproxima de um, maior é a importância da ineficiência técnica nos desvios da fronteira de produção.

Do ponto de vista dos resultados gerados, o enfoque deste estudo concentra-se na estimação dos níveis de eficiência técnica e na explicação das variações desses *scores*. A partir da estimação da ineficiência foi possível calcular os *scores* de eficiência que permitiram ordenar os núcleos do Distrito de Irrigação Nilo Coelho de acordo com seu desempenho relativo.

A eficiência técnica (ET) pode ser obtida pela função de produção, de modo a poder ser escrita de acordo com a Equação 3 (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003).

$$y_i = f(x_i; \beta) \cdot TE_i \quad (3)$$

Em que y_i é a quantidade produzida por lote de irrigação, com $i = 1, 2, \dots, 75$, em toneladas de manga. $f(x_i; \beta)$ é a função de produção, em que x_i são os insumos (terra, capital, trabalho e volume de água) com $i = 1, 2, \dots, 75$.

Para reduzir a confusão de notações, substitui-se o subscrito e os argumentos por um identificador do produto. Uma vez que TE_i é a eficiência técnica *output-oriented* do produtor i :

$$TE_i = \frac{y_i}{f(x_i; \beta)} \quad (4)$$

que define TE como a razão entre a produção observada e a produção máxima viável. y_i , atinge seu valor máximo viável de $f(x_i; \beta)$, se, e somente se, $TE_i = 1$. Caso contrário, $TE_i < 1$ fornece uma medida do *déficit* da produção observada a partir da produção máxima viável (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003).

Nesse estudo foi utilizado o *software* Stata/MP 16 para calcular os resultados estatísticos através dos dados primários coletados, a partir da forma funcional Cobb-Douglas.

Não existe a melhor forma funcional, mas sim a que melhor representa os dados da modelagem. A função Cobb-Douglas é de fácil interpretação, uma vez que as elasticidades são obtidas diretamente através de uma regressão linear e têm retornos à escala que podem ser constantes, crescentes ou decrescentes, dependendo da soma dos parâmetros do modelo, quando for, respectivamente, igual, maior ou menor que a unidade (PAVELESCU, 2011).

Para Theriault e Serra (2014), o termo da ineficiência pode ser explicado por outros fatores, de forma que uma regressão considerando a própria ineficiência como variável dependente seria interessante para abordar de forma mais consistente quais características podem estar influenciando a eficiência.

Em sua discussão do artigo original de Farrell, Winster (1997) sugeriram que o modelo de fronteira de produção determinística ($\ln y_i = \beta_0 + \sum_n \beta_n \cdot \ln x_{ni} - u_i$) poderia ser estimado em duas etapas. No primeiro passo, o mínimo quadrado ordinário (OLS) é usado para obter estimativas consistentes. Na segunda etapa, o intercepto β_0 enviesado de OLS é deslocada para cima (“corrigido”) para garantir que a fronteira estimada limita os dados de cima. O intercepto COLS é estimado de forma consistente por (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003):

$$\beta^*_0 = \beta^*_0 + \max\{\hat{u}_i\} \quad (5)$$

Onde \hat{u}_i são os resíduos de OLS. Corrigidos na direção oposta, $-\hat{u}^*_i = \hat{u}_i - \max\{\hat{u}_i\}$.

Os resíduos COLS são não negativos, com pelo menos um sendo zero, e podem ser usados para fornecer estimativas consistentes do TE de cada produtor por meio de (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003):

$$TE_i = \exp\{-\hat{u}^*_i\} \quad (6)$$

A *Corrected Ordinary Least Square* – COLS, é uma técnica de fácil implementação. Contudo, a fronteira de produção estimada é paralela à regressão de OLS, uma vez que apenas o intercepto de OLS é corrigido. Isso implica que a estrutura da tecnologia de produção das “melhores práticas” é a mesma que a estrutura da tecnologia de produção de “tendência central” (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003).

Já a *Corrected Mean Absolute Deviation* – CMAD usa o desvio absoluto médio (ou mediano) na regressão. Assim, é possível estimar a eficiência a partir dos resíduos da regressão mediana para calcular o índice de eficiência do tipo COLS usando o mesmo procedimento que para COLS. A diferença entre a regressão OLS e MAD é que a regressão do modelo MAD passa pela mediana, enquanto a regressão OLS passa pela média dos dados. Nesse sentido, MAD é apenas outra regressão e, portanto, o CMAD pode ser usado como uma verificação de robustez (KUMBHAKAR, WANG e HORNCastle, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção analisa os resultados da estimação da fronteira de produção estocástica e, a partir dessas análises, a descrição da produtividade e eficiência dos produtores de manga do DINC.

4.1 Análise da Produtividade

A Tabela 13 apresenta o *ranking* das DMUs pesquisadas a partir da produtividade, mensurada em toneladas de manga por hectare, assim como mostra o volume de água (m³) utilizado na irrigação dos respectivos lotes. Considerando a produtividade média igual a 26 t/ha, 30 produtores dos 75 analisados, ou seja, 40% do total estão acima da média. A média observada na região é de 25 t/ha.

O produtor 50, em média, produz 390 t de manga por ano, em 6 hectares, com 7 trabalhadores, R\$ 225,100.00 em capital e 60.000 m³ de volume de água destinados à irrigação. O lote 50 também é a DMU mais tecnicamente eficiente.

O produtor 49, segundo no *ranking* de produtividade e 8º tratando-se de eficiência técnica, produziu 330 t de manga/ano em 6 ha, com 3 trabalhadores, R\$ 241,035.00 e 48.000 m³ de água.

Os produtores 50 e 49 obtiveram produtividades muito próximas, 65 e 55, respectivamente. O que aproxima esses dois produtores além do tamanho do lote (6 ha), considerados pequenos produtores, é o fato de ambos possuírem vasta experiência na fruticultura irrigada. O produtor 50 é homem, com 71 anos, sendo que 32 anos foram dedicados ao cultivo da manga na região do Vale. O produtor 49 é mulher, com 60 anos, destes, 20 anos de experiência. Além, ambos produzem exclusivamente para o mercado interno.

O valor máximo referente ao volume de água é de 1.200.000 m³ utilizados para irrigar o lote 43. Este lote é o sétimo no *ranking* de produtividade, produzindo 38 t/ha em 54 hectares irrigados, com capital equivalente a R\$ 256,971,00 e 25 trabalhadores. O valor do capital baixo para um grande produtor se justifica pela acentuada aceleração da terceirização de máquinas e equipamentos nas etapas de poda e colheita do fruto.

O menor valor de volume de água corresponde a 6.000 m³ utilizados no lote 70, em apenas 1 ha de manga. O valor da moda referente ao volume é de 120.000 m³.

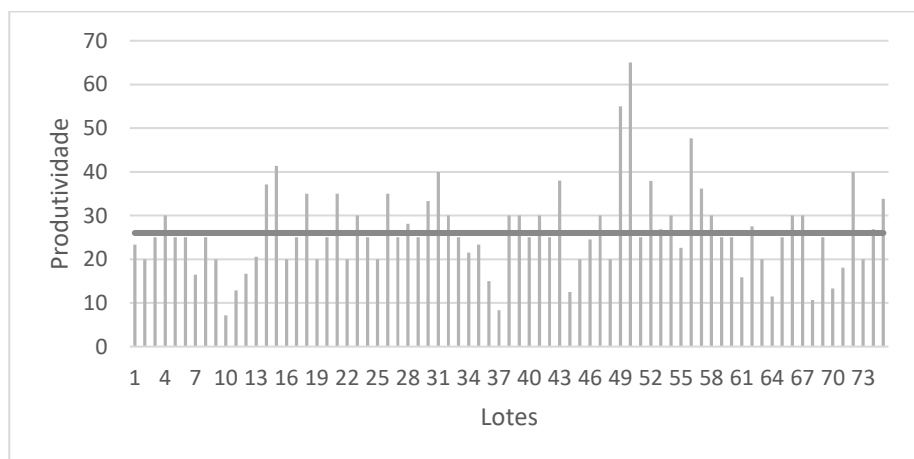
Tabela 13 - Ranking da produtividade (t/ha) por lote e volume (m³).

Ranking	Lote	Prod	Volume	Ranking	Lote	Prod	Volume	Ranking	Lote	Prod	Volume
1 ^o	50	65	60000	26 ^o	66	30	480000	51 ^o	55	23	60000
2 ^o	49	55	48000	27 ^o	28	28	34000	52 ^o	34	22	64000
3 ^o	56	48	144000	28 ^o	62	28	480000	53 ^o	13	21	120000
4 ^o	15	41	84000	29 ^o	53	27	384000	54 ^o	25	20	84000
5 ^o	31	40	108000	30 ^o	74	27	32000	55 ^o	48	20	48000
6 ^o	72	40	380000	31 ^o	5	25	180000	56 ^o	63	20	50000
7 ^o	43	38	1200000	32 ^o	17	25	30000	57 ^o	45	20	19000
8 ^o	52	38	350000	33 ^o	20	25	22000	58 ^o	9	20	120000
9 ^o	14	37	80000	34 ^o	51	25	96000	59 ^o	73	20	120000
10 ^o	57	36	170000	35 ^o	60	25	108000	60 ^o	2	20	120000
11 ^o	18	35	40000	36 ^o	8	25	50000	61 ^o	16	20	72000
12 ^o	21	35	120000	37 ^o	24	25	400000	62 ^o	19	20	10000
13 ^o	26	35	78000	38 ^o	27	25	70000	63 ^o	22	20	96000
14 ^o	75	34	200000	39 ^o	40	25	20000	64 ^o	71	18	15000
15 ^o	30	33	12000	40 ^o	42	25	18000	65 ^o	12	17	8000
16 ^o	32	30	480000	41 ^o	65	25	45000	66 ^o	7	16	15000
17 ^o	38	30	12000	42 ^o	69	25	6000	67 ^o	61	16	108000
18 ^o	41	30	80000	43 ^o	3	25	80000	68 ^o	36	15	36000
19 ^o	54	30	270000	44 ^o	6	25	60000	69 ^o	70	13	180000
20 ^o	47	30	165000	45 ^o	29	25	36000	70 ^o	11	13	48000
21 ^o	4	30	120000	46 ^o	33	25	120000	71 ^o	44	12	25000
22 ^o	23	30	108000	47 ^o	59	25	102000	72 ^o	64	11	30880
23 ^o	39	30	8000	48 ^o	46	24	12380	73 ^o	68	11	72000
24 ^o	58	30	200000	49 ^o	1	23	600000	74 ^o	37	8	20000
25 ^o	67	30	120000	50 ^o	35	23	86000	75 ^o	10	7	32000

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 15 apresenta os dados de produtividade por lote pesquisado. 60% dos produtores de manga do Distrito de Irrigação Nilo Coelho estão abaixo da média do modelo. Como observado no posicionamento abaixo da linha contínua no gráfico.

Figura 15- Produtividade (t/ha) por lote.



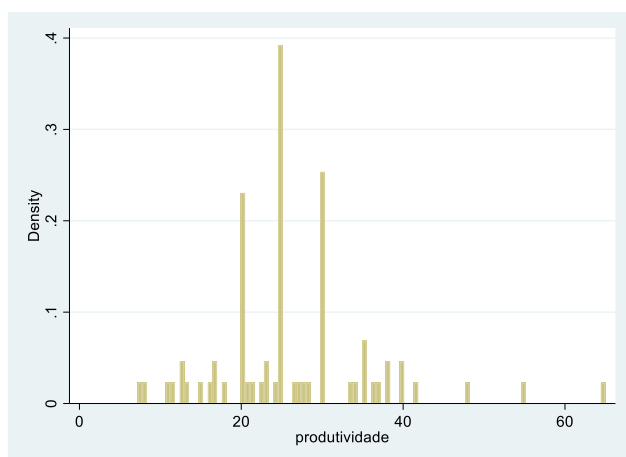
Fonte: Dados da pesquisa.

Ainda, a maior produtividade, 65 t/ha para o lote 50, está 150% acima da média da produtividade. A segunda DMU no *ranking* de produtividade está a 111,54% acima da média. A DMU 50 é o lote de irrigação *benchmarking* às medidas de eficiência técnica.

Considerando que os valores de produtividade observados para os 75 lotes irrigados configuram um subgrupo dos valores não observados, ou seja, o horizonte total dos produtores de manga do Vale do São Francisco se origina de uma lista hipotética que contém todas as medidas de produtividade de todos os produtores. A Figura 16 mostra o histograma de probabilidade para a produtividade. O eixo x forma um compartimento de valores de produtividade < 100, o valor do eixo y indica a proporção de valores nesse compartimento.

A dispersão dos dados se mostra entre 7 e 65, valores mínimos e máximos de produtividade, respectivamente. O pico da distribuição igual a 25 t, moda e média da amostra, o que corresponde a 22,7% dos produtores pesquisados. O agrupamento mais elevado se dar em 65, 55 e 48, o mais baixo em 7, 8 e 11. Os dados revelam uma leve assimetria à direita, e algumas barras isoladas nas extremidades identificam os *outliers*.

Figura 16- Curva de densidade.



Fonte: Dados da pesquisa.

Observando a evolução da produtividade para os produtores de manga, esses se mostram heterogêneos na utilização dos insumos. Para BACCHI (2019), no caso da agropecuária, o uso de inovações tecnológicas buscando redução de custos médios de produção é decorrente da necessidade de os agentes desse segmento da economia manterem suas posições no mercado concorrencial em que estão inseridos. Inovações tecnológicas certamente têm um papel importante a desempenhar nesse processo. De outro lado, também as economias de escala e de escopo obtidas com propriedades de maior tamanho auxiliam no processo de manutenção da competitividade.

4.2 Estimação da Fronteira de Produção

Admitindo uma tecnologia do tipo Cobb-Douglas, e identificando os fatores de produção terra (T), capital (K), trabalho (L) e volume de água (V) como as variáveis explicativas deste modelo, criou-se uma variável binária (*dummy*) para as unidades de produção com produtividade superior a 35 t, em virtude do intervalo de confiança ser igual a 34.796 t (valor máximo). Realizou-se a estimação da fronteira de produção estocástica por meio dos Modelos *Corrected OLS – COLS*, assim como para *Corrected Mean Absolute Deviation – CMAD*, ambos *half-normal* pela imposição do modelo Coelli (1995).

A Tabela 14 mostra os resultados obtidos para estimação da Fronteira de Produção Estocástica por meio do modelo COLS. O modelo em distribuição half-normal, contendo 75 observações, chegou a resultado qui-quadrado significativo. Apenas o insumo terra mostrou-se significativo ao nível de 1%. A função de produção apresenta retornos crescentes de escala, $\sum \beta_i > 1$. De acordo com o R^2 , que é uma medida do grau de proximidade entre os valores estimados e observados, o modelo explica 91,57% da variância da variável dependente (Y).

Tabela 14 - Estimativas do modelo COLS.

Fronteira Estocástica de Produção			
Número de observações:			
75			Prob > F = 0.000
			$R^2 = 0.9157$
Variáveis	Coefficientes	Erro Padrão	Valor-p
β_0 (const.)	-3.3248	8.9788	0.712
β_1 (lnT)	1.0792	0.0817	0.000*
β_2 (lnK)	0.5092	0.7237	0.484
β_3 (lnL)	-0.0189	0.0528	0.721
β_4 (lnV)	0,0033	0.0582	0.954
dummy	0.5534	0.1111	0.000*

* significativo ao nível de 1%

Fonte: Dados da Pesquisa.

O resultado da regressão mostra sinal negativo para a constante do modelo (β_0), assim como para o insumo trabalho (β_3).

Como declarado pelo produtor Sr. Márcio Amorim, na realização do questionário teste, “a mão de obra não é o fator de produção de custo mais elevado na produção de manga, outros insumos como compra de mudas, adubação sólida (adubo químico, orgânico, calcário e fertilizantes) e adubação líquida (defensivos e foliares) são mais caros. A mão de obra é destinada à colheita, seleção e embalagem, que para pequenos e médios produtores esse custo não existe, já que os compradores assumem esse pagamento na negociação do fruto no pomar. A mão de obra paga pelo produtor seria na fertirrigação, no controle de pragas e doenças, no manejo da irrigação, na aplicação de cal para proteção dos frutos, na poda que não se faça por máquinas e na colheita avulsa. Além da adubação a lanço (espalhada sobre o solo por não dissolver na fertirrigação)”.

Em relação ao capital (β_2), a elasticidade mostra-se positiva (0,5092), ou seja, se o capital aumentar em 1%, o produto aumentará 0,5092%. Esse resultado corrobora com Bragagnolo et al. (2012), que analisaram a produtividade agrícola no cenário brasileiro de 1972 a 2009, verificando os impactos dos fatores capital, trabalho e terra, chegaram ao resultado que o fator de produção que tem maior influência sobre o produto é o capital. Contudo, para Ferreira et al. (2015), que analisaram o nível de eficiência técnica dos pequenos produtores de manga do DINC em Petrolina, para o ano agrícola de 2012/2013, o insumo capital mostrou-se inverso, com parâmetro estimado em -0.0426.

Para Bacchi (2019), pode-se inferir que o capital empregado na agropecuária foi o principal determinante do aumento da produtividade brasileira. Isso ocorre especificamente pelo aumento da eficiência do fator capital (tecnologia cristalizada).

Com sinais esperados, as variáveis que também contribuem positivamente à produção de manga são terra (β_1) e volume (β_4), com parâmetros estimados em 1.0792 e 0.0033, respectivamente. O fator de produção área cultivada (ha) representa o maior valor estimado, refletindo a alta elasticidade por parte dos produtores em depender

da melhor utilização desse insumo para serem eficientes. A terra é um insumo fixo dentro dos perímetros irrigados, o que ocasiona uma produção a curto prazo.

Em Souza et al. (2011), que também avaliou a eficiência técnica da produção agrícola por meio da fronteira de produção estocástica, contudo, o estudo foi direcionado aos estados brasileiros, por meio dos dados do Censo Agropecuário dos anos de 1995/96 e de 2006, as elasticidades dos insumos foram de, aproximadamente, 48% para mão-de-obra, 6% para área, 20% para capital e 16% para outros insumos. Contudo, a elasticidade que não se apresentou estatisticamente significativa para os autores foi a da área, que neste estudo apresenta-se com maior retorno à produção de manga.

Quanto ao volume de água utilizado na irrigação, se caracteriza um sinal esperado na estimação do modelo, visto que a região é semiárida. Contudo, o sistema de irrigação centralizado pode contribuir com esta análise. Considerando que o produtor paga ao DINC pelo uso da água, e que este custo é elevado.

Tratando-se na estimação da fronteira de produção pelo modelo *Corrected Mean Absolute Deviation* – *CMAD*, o R^2 revela-se menor do que o calculado no modelo *COLS*, definindo a variância da variável dependente – produção de manga em toneladas, $R^2 = 0.7488$ (Tabela 15).

Tabela 15- Estimativas do modelo CMAD.

Fronteira Estocástica de Produção			
Número de observações: 75		$R^2 = 0.7488$	
Variáveis	Coefficientes	Erro Padrão	Valor-p
β_0 (const.)	3.0148	8.8105	0.733
β_1 (lnT)	1.1073	0.0802	0.000*
β_2 (lnK)	0.0591	0.7102	0.934
β_3 (lnL)	0.0196	0.0518	0.707
β_4 (lnV)	-0.0715	0.0571	0.215
dummy	0.4659	0.1090	0.000*

* < 0,01 – significativo ao nível de 1%

Fonte: Dados da Pesquisa.

β_0 apresenta-se positivo, indicando uma função linear direta. Apenas o insumo terra foi estatisticamente significativo a 1%, assim como no modelo *COLS*, contudo, com elasticidade maior, $\beta_1 = 1.1073$. Se o capital aumentar em 1%, o produto aumenta em 0,0591%.

Tratando-se do insumo trabalho, este apresenta-se positivo, o que revela uma relação direta da mão de obra com a produção. Já o volume de água destinado à irrigação, para o modelo *CMAD*, mostrou-se negativo, embora ambos não estatisticamente significativos.

Ao comparar os resultados obtidos das medidas de eficiência técnica pelos dois modelos, a TE (em média) no modelo *COLS* mostrou-se maior, 0.6142, como mostra a Tabela 16.

Tabela 16 - TE (média) comparadas – modelos *COLS* e *CMAD*.

Variáveis	Obs.	Média	Mínimo	Máximo
TE COLS	75	0.6142	0.1977	1
TE CMAD	75	0.5841	0.1754	1

Fonte: Dados da Pesquisa.

4.3 *Ranking* de Eficiência Técnica

Esta seção tratará dos resultados do modelo empírico estimado, apresentando os *scores* de eficiência técnica por lote de irrigação pesquisado. Também são comparadas as medidas de TE com as de produtividade por DMU. Por fim, são analisadas as correlações da TE com as variáveis explicativas terra e volume de água destinados à irrigação, assim como à produtividade (t/ha).

Os produtores têm como objetivo reduzir desperdícios e perdas, seja procurando obter o máximo de produção na utilização de um conjunto de insumos, seja minimizando os custos com insumos, dada a quantidade produzida. Isso determina a eficiência técnica (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003).

A Tabela 17 mostra as medidas de Eficiência Técnica (TE) para os 75 produtores analisados. Os lotes 50, 26, 18 e 39 são os mais tecnicamente eficientes, com medidas maiores que 0,9000, todos administrados por homens com experiência no manejo da fruta. As variáveis que mais aproximam os dois primeiros produtores (lotes 50 e 26) do *ranking* de classificação em função da TE são idade, sexo e grau de escolaridade. Quanto ao volume de produção, a DMU 50 produziu 65 t/ha, bem acima da média na região, que é 25 t/ha. Já a DMU 26 produziu 35 t/ha.

As DMUs 50 e 18 produzem tanto para o mercado externo quanto para o mercado interno, em 6 e 5 ha, respectivamente. Já as DMUs 26 e 39 só produzem para o mercado interno, em 4 e 1 ha, respectivamente.

Em relação ao volume de água destinados à irrigação, os quatro primeiros produtores utilizaram um volume de água muito próximo em função do hectare irrigado. Para os lotes 50, 26, 18 e 39 o volume de água foi de 10.000, 19.500, 8.000 e 8.000 m³, respectivamente. Na região, a média é de 10.000 m³/ha. Os lotes 50, 18 e 39 utilizam a microaspersão⁴ como tecnologia de irrigação, já o lote 26 irriga por aspersão convencional⁵.

Os 36 últimos lotes relacionados na Tabela 17 obtiveram resultados inferiores à média (0,6142). Ainda, os 14 últimos lotes dos 75 produtores pesquisados apresentaram TE inferior a 0,5000.

Os quatro últimos lotes do *ranking* mostram semelhanças quanto ao tamanho da área plantada (terra), ambos com pequenas áreas. Os lotes 64 e 10 possuem 4 hectares, os lotes 68 e 37 operam com 3 ha. Lembrando que são considerados pequenos produtores aqueles que produzem em até 10 ha.

Em relação ao tipo de irrigação utilizada, apenas os lotes 64 e 68 não irrigam por microaspersão, utilizando o sistema de irrigação por gotejamento⁶, sistema já substituído na região. Outro fator em relação ao uso da

4 é o sistema de irrigação que utiliza emissores que lançam gotículas de água e propiciam uma precipitação mais suave e uniforme que a aspersão. Normalmente operam com asas giratórias ou “bailarinas”, podendo trabalhar de cabeça para cima ou de ponta cabeça. Lançam a água de forma bastante rápida e operam a partir de pressões de 15m.c.a., vazões de 30 l/h e raio molhado de 3m. Muito utilizados em estufas, viveiro telados e fruticultura, podendo também ser utilizados a nível de campo (www.terramolhada.com).

5 é o sistema de irrigação que utiliza emissores que projetam jatos de água no ar fazendo-os cair no solo como se fosse uma chuva. Os aspersores operam normalmente a partir de pressões 20m.c.a., vazões de 300 l/h e raio molhado de 10m. Neste sistema a irrigação trabalha em área total, com emissores sobrepondo-se entre si nas linhas e entre linhas. É um método de irrigação bastante versátil, não se prendendo aos espaçamentos de plantio e atendendo diversas culturas. Os canhões são basicamente grandes aspersores, com vazões a partir de 8.000 l/h (www.terramolhada.com).

6 é o sistema de irrigação onde os emissores possuem pequenas vazões e conduzem a água diretamente ao vaso/substrato ou solo. A área molhada, chamada de bulbo úmido, restringe-se apenas às proximidades do gotejador. Destacam-se como principais emissores as cintas de

irrigação diz respeito ao volume em m³/ha. O lote 68 utiliza muita água, 24.000 m³/ha. Contudo, este lote produz outras culturas, isso pode ter enviesado a amostra.

Os lotes 64 e 68 são administrados por mulheres acima dos 60 anos. Não que esse dado traga diferenciação no tipo de análise. Porém, dos 78 lotes pesquisados, apenas 7 são administrados por mulheres.

Em relação à comercialização, apenas no lote 10 produz com exclusividade para o mercado externo. O lote 68 produz para o mercado interno e externo, já os lotes 64 e 37 somente para o mercado interno.

Tabela 17 - Eficiência técnica por lote pesquisado.

<i>Ranking</i>	<i>Lote</i>	<i>TE</i>	<i>Ranking</i>	<i>Lote</i>	<i>TE</i>	<i>Ranking</i>	<i>Lote</i>	<i>TE</i>
1º	50	1.0000	26º	8	0.6824	51º	1	0.5362
2º	26	0.9573	27º	56	0.6785	52º	16	0.5335
3º	18	0.9346	28º	65	0.6684	53º	13	0.5298
4º	39	0.9090	29º	53	0.6659	54º	48	0.5257
5º	75	0.8799	30º	6	0.6611	55º	72	0.5239
6º	38	0.8567	31º	27	0.6588	56º	14	0.5238
7º	30	0.8154	32º	5	0.6579	57º	57	0.5189
8º	49	0.8109	33º	59	0.6544	58º	33	0.5174
9º	67	0.8049	34º	62	0.6362	59º	22	0.5148
10º	4	0.7982	35º	60	0.6344	60º	73	0.5144
11º	41	0.7874	36º	29	0.6191	61º	21	0.5073
12º	47	0.7700	37º	31	0.6135	62º	9	0.4949
13º	23	0.7649	38º	35	0.5994	63º	7	0.4827
14º	69	0.7629	39º	3	0.5991	64º	52	0.4706
15º	28	0.7512	40º	55	0.5930	65º	12	0.4703
16º	58	0.7441	41º	51	0.5876	66º	43	0.4638
17º	32	0.7270	42º	19	0.5828	67º	36	0.4252
18º	40	0.7263	43º	34	0.5823	68º	61	0.4079
19º	46	0.7132	44º	24	0.5792	69º	11	0.3654
20º	17	0.7058	45º	2	0.5764	70º	70	0.3580
21º	20	0.7039	46º	71	0.5724	71º	44	0.3264
22º	54	0.7014	47º	15	0.5631	72º	64	0.3190
23º	74	0.6949	48º	63	0.5569	73º	68	0.2977
24º	66	0.6917	49º	25	0.5496	74º	37	0.2351
25º	42	0.6833	50º	45	0.5372	75º	10	0.1977

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 18 apresenta os cinco lotes mais eficientes e os cinco menos eficientes. O objetivo é comparar outras variáveis coletadas, como, se o produtor plantou a área ou comprou a área plantada, se produz para o mercado interno ou externo, ou ambos, além do sexo, idade e grau de escolaridade. Ainda, os anos de experiência na fruticultura irrigada.

gotejamento/tubos gotejadores nos quais os gotejadores já vem integrados de fábrica no polietileno e os gotejadores tipo botão onde os mesmos são inseridos em tubulação cega podendo ou não ter microtubos interligando-os aos vasos. Os “espaguetes” – microtubos de polietileno muito finos – apesar de soltarem um pequeno jato de água, são também enquadrados neste sistema. Gotejadores operam a partir de pressões de 7m.c.a. e vazões de 1 l/h. (www.terramolhada.com).

Como pode ser observado, todos os produtores tecnicamente mais eficientes são homens, com idade entre 44 e 71 anos. Desses, 80% plantaram a área, 60% produzem apenas para o mercado interno e, apenas o produtor 75 possui ensino superior completo. A média dos anos de experiência com fruticultura irrigada entre os produtores mais eficientes é de 30 anos.

Entre os cinco produtores menos eficientes tecnicamente, dois são mulheres, uma delas analfabeta com 61 anos. A faixa etária está entre 29 e 70 anos, sendo o produtor mais jovem o menos eficiente da amostra de 75 produtores analisados. Em relação a área cultivada, 60% dos produtores menos eficientes plantaram a área, assim como 60% produzem para o mercado interno.

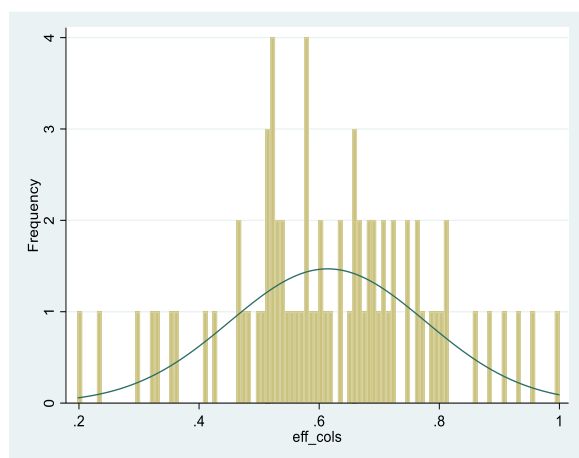
Tabela 18 - TE e demais variáveis qualitativas.

Ranking	Lote	TE	Área	Mercado	Sexo	Idade	Escolaridade	Experiência
1º	50	1.0000	Plantou	int/ext	M	71	fun incompleto	32
2º	26	0.9573	Plantou	interno	M	51	fun incompleto	50
3º	18	0.9346	Plantou	int/ext	M	47	médio completo	25
4º	39	0.9090	Plantou	interno	M	44	fun completo	5
5º	75	0.8799	comprou	interno	M	64	sup completo	40
71º	44	0.3264	comprou	interno	M	69	fun incompleto	10
72º	64	0.3190	Plantou	interno	F	70	fun completo	10
73º	68	0.2877	Plantou	int/ext	F	61	analfabeto	32
74º	37	0.2351	Plantou	interno	M	51	fun incompleto	34
75º	10	0.1977	comprou	int/ext	M	29	fun incompleto	10

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 17, o histograma dos *scores* de eficiência técnica no modelo COLS, apresenta frequências que mostram a distribuição da TE. 12% dos produtores de manga apresentam *score* de eficiência técnica até 0,8, ou seja, apresentam “melhores práticas” de produção. 18,7% dos produtores estão no nível mais baixo de eficiência, $0,0 < TE < 0,4$. A maioria dos produtores, 69,3% estão no eixo central da distribuição, $0,4 < TE < 0,8$.

Figura 17- Eficiência Técnica – Modelo COLS.



Fonte: Dados da pesquisa.

Barros et al. (2016) analisaram os diferenciais de eficiência técnica entre os produtores do polo Petrolina-Juazeiro e identificaram os fatores que explicam as variações nesses *scores*. Ressaltaram que a eficiência média da amostra dos 173 produtores entrevistados foi de 48,3%. Nesse sentido, indica-se que a maior parte dos produtores ainda não veio a assimilar a capacidade tecnológica disponível pela agricultura irrigada. Do total de produtores entrevistados, 71,10% ainda apresentam retornos crescentes de escala, 20,23% apresentam retornos decrescentes de escala e 8,67% exibem retornos constantes de escala.

Ainda em relação a Tabela 17, a diferença entre o produtor mais eficiente (lote 50) e o menos eficiente (lote 10), é de 0,8023, o correspondente a 80,23%. Que demonstra uma disparidade significativa em relação a melhor e a dita pior utilização dos insumos produtivos.

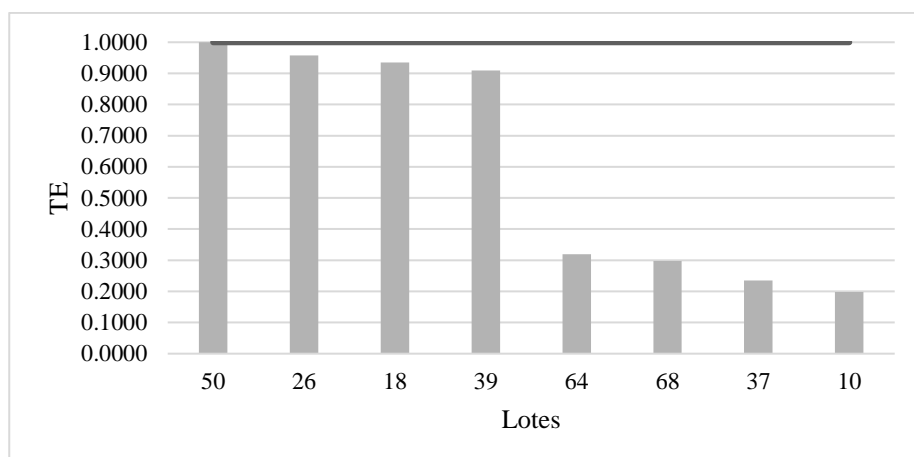
A Tabela 19 apresenta uma comparação das quatro DMUs mais eficientes com as quatro menos eficientes. Nesta comparação, os lotes irrigados 50, 26, 18 e 39 serviram de *benchmarks* para os lotes 64, 68, 37 e 10. As mesmas variáveis utilizadas na estimação do modelo de fronteira estocástica foram utilizadas como medida de comparação, ou seja, produção como variável dependente e terra, capital, trabalho e volume de água como variáveis explicativas.

Tabela 19- TE, produtividade (t/ha) e variáveis explicativas comparadas.

<i>Ranking</i>	Lote	TE	Produção t	Terra ha	Capital R\$	Trabalho un	Volume m ³ /s	Produtividade
1º	50	1.0000	390	6	225100	7	60000	65
2º	26	0.9573	140	4	233100	9	78000	35
3º	18	0.9346	175	5	225900	3	40000	35
4º	39	0.9090	30	1	225350	2	8000	30
72º	64	0.3190	50	4	228100	12	30880	11.49
73º	68	0.2977	25	1	233100	7	7000	10.67
74º	37	0.2351	25	3	226300	6	20000	8.33
75º	10	0.1977	32	4	226600	6	30000	7.18

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 18 apresenta as funções distância entre as quatro DMUs mais tecnicamente eficientes das não eficientes. Para o lote 50, que é o mais eficiente, tem-se TE = 1. As demais podem ser comparadas visualmente a partir do distanciamento em relação a este produtor.

Figura 18- *Ranking* de eficiência técnica.

Fonte: Dados da pesquisa.

No tocante ao primeiro produtor mais eficiente, do lote 50, observou-se que este alcançou (em média) uma quantidade produzida de 390 t de manga utilizando 6 ha de terra, R\$ 225.100,00 em capital, 7 trabalhadores e 60.000 m³ de água.

4.4 Análise Complementar

O objetivo desta seção é complementar a análise da eficiência técnica comparando-a com os níveis de produtividade e demais variáveis incluídas no modelo empírico.

A matriz de correlação mostra os valores de correlação de Pearson, que medem o grau de relação linear entre cada par de variáveis. Os valores de correlação podem variar entre -1 e +1. Se as duas variáveis tendem a aumentar e diminuir juntas, o valor de correlação é positivo. Se uma variável aumenta enquanto a outra variável diminui, o valor de correlação é negativo.

Tratando as variáveis volume de água utilizado na irrigação em relação à produtividade, existe uma relação linear positiva. Contudo, fraca, o coeficiente de correção de Pearson foi de 0,3032, observado na Tabela 20.

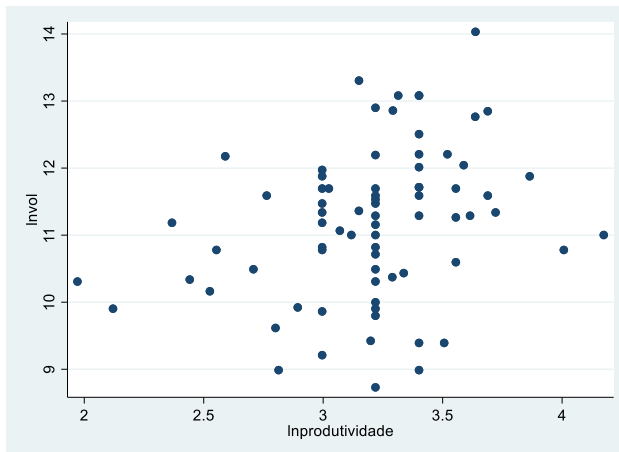
Tabela 20 - Correlação – volume e produtividade.

Variáveis	Volume (ln)	Produtividade (ln)
Volume (ln)	1.0000	
Produtividade (ln)	0.3032	1.0000

Fonte: Dados da pesquisa.

A fim de completar a análise da Tabela 20, a Figura 19 mostra a dispersão entre volume de água utilizado na irrigação e a produtividade observada nas unidades produtivas.

Figura 19- Volume e Produtividade (correlação).

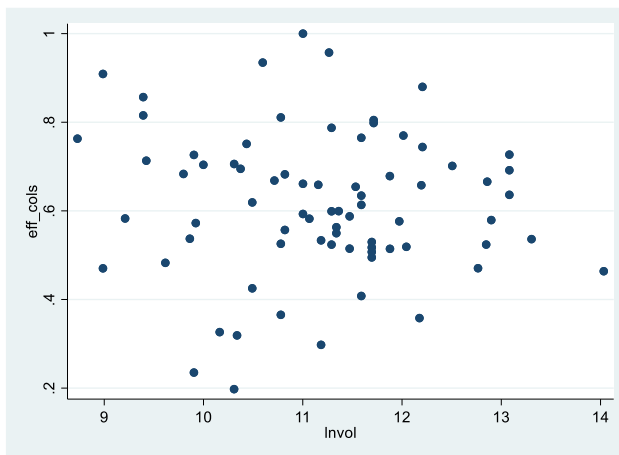


Fonte: Dados da pesquisa.

A seguir são avaliadas visualmente a relação entre as seguintes combinações de variáveis: volume e produtividade, eficiência técnica e volume, eficiência técnica e produtividade, eficiência técnica e terra.

Na Figura 20 é ilustrada a dispersão entre a eficiência técnica calculada pelo modelo *Corrected OLS* e o volume de água utilizado na irrigação. Como pode ser observado, não há uma relação linear explícita, entre as medidas de TE dos lotes irrigados com o volume de água utilizado para irrigar.

Figura 20- TE e volume (correlação).



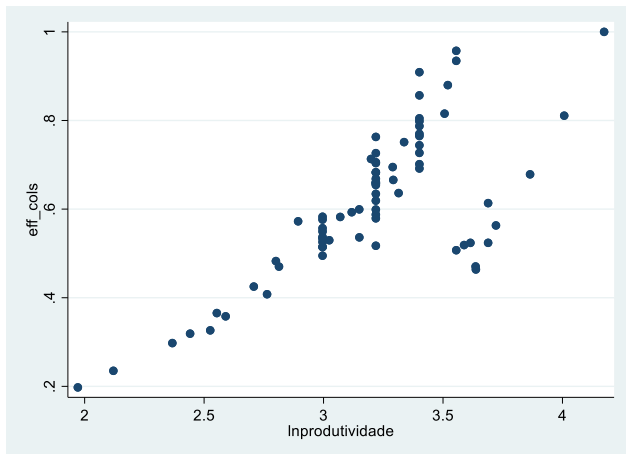
Fonte: Dados da pesquisa.

O sistema irrigado mais citado pelos produtores pesquisados foi a microaspersão, 86% dos produtores entrevistados utilizam esta prática de irrigação. Apenas 5% irrigam por aspersão convencional e 9% por gotejamento. As demais práticas não foram citadas.

O efeito potencial da irrigação contribui para os dois pontos mais importantes de uma economia globalizada: para o aumento de produtividade e para a melhoria da qualidade da fruta. Os aumentos de produtividade da mangueira decorrentes do uso de tecnologias, incluindo a irrigação, mesmo sem monitoramento técnico adequado, podem ser vistos comparando a produtividade média da mangueira sob regime de sequeiro (12 t/ha) com aquelas em áreas irrigadas, cuja média situa-se em torno de 30 t/ha (FRUTIVASF, 2000).

A Figura 21 mostra a dispersão entre a eficiência técnica – COLS e produtividade. Observa-se uma relação direta, o que já é esperado, visto que maiores níveis de eficiência aumentam a produtividade.

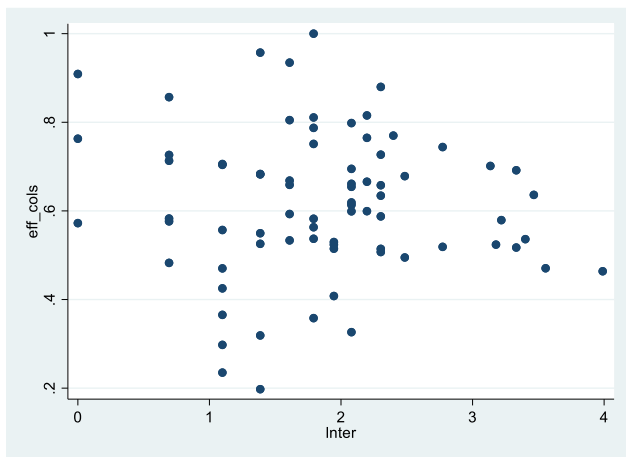
Figura 21- TE e produtividade (correlação).



Fonte: Dados da pesquisa.

Tratando do insumo terra, a Figura 22 apresenta a correção entre a eficiência técnica e o insumo terra (área cultivada em hectares). Não há relação, as DMUs se apresentam muito dispersas, assim como na TE *versus* Volume apresentado na Figura 20.

Figura 22- TE e terra (correlação).



Fonte: Dados da pesquisa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa analisou-se a produtividade de uma lavoura observando o volume de água destinado à irrigação, cujo custo pode aumentar ao longo do tempo, como resultado de desequilíbrio entre oferta e demanda por água. Em outros países, o custo da irrigação já é bem mais elevado do que no Brasil (RESENDE FILHO et al., 2011). Por outro lado, os trabalhos sobre precificação da água no Brasil são incipientes.

A demanda por água tem sido crescente. No polo Petrolina/Juazeiro, que utiliza para irrigação as águas do Rio São Francisco, o impacto da escassez de água tornou-se menor. Em outros polos, como Açu-Mossoró (RN) ou Livramento de Nossa Senhora (BA), por exemplo, a qualidade das frutas é inferior, comparadas às frutas do Vale, assim como a produtividade. Isso devido a qualidade da água, salobra, dos poços. Além disso, os poços estão secando e os produtores precisam reduzir a área. Em Livramento, as mangueiras só receberam, nos últimos anos, 1/4 da necessidade da planta, o que ajudava a manter o pomar, mas reduzia a produtividade. Em vários pomares, as plantas morreram de sede.

Neste estudo, foi percebido que a terra é o insumo de maior representatividade estatística na função de produção, com maior elasticidade, seguida do fator de produção capital. Contudo, apesar do sinal esperado positivo para o volume de água destinado à irrigação, o coeficiente calculado apresentou-se baixo, enquanto que o coeficiente para o fator trabalho mostrou-se negativo, o que pode ser justificado pela terceirização de máquinas e equipamentos na cadeia de produção, o que evita maiores investimentos em mão de obra por parte do produtor. Adicionalmente, há a limitação da base de dados; futuras pesquisas podem ampliar o número de lotes amostrados, bem como estabelecerem análises temporais consistentes sobre a estrutura produtiva da região.

A partir da análise dos *scores* de eficiência técnica calculados para um grupo de 75 produtores de manga no Vale do Submédio São Francisco, entre os anos de 2014 a 2018, foi possível identificar que apenas 5,3% dos produtores apresentam eficiência técnica acima da média da amostra analisada. A grande maioria dos produtores, 69,3% estão no eixo central da distribuição, com TE entre 0,4 e 0,8, se apresentando dentro da distribuição média.

Este estudo mostra-se relevante por apresentar a situação atual da eficiência técnica dos produtores de manga da região, assim como a visão da importância da produção e comercialização do fruto para a economia do Brasil e do Vale, visto que, por meio da mensuração da eficiência técnica é possível verificar também as variáveis causadoras da eficiência ou ineficiência na produção.

Os resultados desta pesquisa sugerem que há um potencial de ganho de produtividade da região por meio do aumento da eficiência técnica, o que ressalta o papel de políticas públicas (assistência técnica, oferta de crédito, infraestrutura etc). O aumento potencial da produtividade será importante para sustentar a competitividade da manga nos mercados internacionais, bem como para o crescimento da lavoura no mercado interno. Adicionalmente, considerando a importância da lavoura na região, estes potenciais ganhos de produtividade fomentarão não apenas o crescimento setorial, mas também o desenvolvimento econômico regional.

REFERÊNCIAS

- ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Disponível em: <<https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/>>. Acesso em: setembro de 2017.
- ABRAFRUTAS – Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/dados-estatisticos/>>. Acesso em: 04 de outubro de 2018.
- AB'SÁBER, Aziz Nacib. Sertões e Sertanejos: uma geografia humana sofrida. Nordeste Seco. **Estudos Avançados**, v. 13, n 36, p. 7-59. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo: São Paulo, mai/ago 1999.
- ACB – Associação Comercial da Bahia. **A Fruticultura no Vale do São Francisco**. Salvador: 19 de setembro de 2017. Disponível em: <<https://acbahia.com.br/a-fruticultura-no-vale-do-sao-francisco/>>. Acesso em 08 de janeiro de 2019.
- AIGNER, D. J.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. *Formulation and estimation of stochastic frontier production functions models*. **Journal of Econometrics**, v. 6, p. 21-37, 1977.
- ALMEIDA, P. N. A. **Frenteira de Produção e Eficiência Técnica da Agropecuária Brasileira em 2006**. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 205 p. Piracicaba – SP, 2012.
- ANA – Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada**. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <<http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>>. Acesso em: out-nov-dez de 2017.
- _____. **Atlas Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada**. 2ª. Ed. Brasília: ANA, 2021. 130 p.: il. ISBN: 978-65-88101-10-0 1. Disponível em: <<http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>>. Acesso em: setembro de 2021.
- _____. **Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Rio São Francisco**. Brasília, v. 14, n. 3, p. 1-15, mar. 2019. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/sala-de-situacao/sao-francisco/boletins/mensal/sf-bol-mensal-03-2019.pdf/view>>. Acesso em: 17 de março de 2019.
- _____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2015: informe anual**. Brasília: ANA, 2015.
- _____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2016: informe anual**. Brasília: ANA, 2016.
- _____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: informe anual**. Brasília: ANA, 2017.
- _____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual**. Brasília: ANA, 2018.
- _____. **Defluência mínima da barragem de Sobradinho BA subirá para média diária de 600 m³/s**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/defluencia-minima-da-barragem-de-sobradinho-ba-subira-para-media-diaria-de-600m3-s>>. Acesso em: 30 de abril de 2018.
- _____. **Estudo Polos Nacionais de Agricultura Irrigada identifica três grandes tipos de polos no Brasil: arroz por inundação, pivôs centrais**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/levantamento-identifica-principais-polos-nacionais-de-agricultura-irrigada-do-pais>>. Acesso em: novembro de 2021.
- _____. **Levantamento identifica principais polos nacionais de agricultura irrigada do País (2020)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br>>. Acesso em: março de 2020.

_____. **Região Hidrográfica do São Francisco**. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/mapa/Ficha_RH_SF.pdf>. Acesso em: out-nov de 2017.

_____. **Reservatórios do Rio São Francisco passam a liberar mais água a partir desta semana**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/reservatorios-do-rio-sao-francisco-passam-a-liberar-mais-agua-a-partir-desta-semana-1>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

Anuário Brasileiro de Fruticultura Irrigada 2018. 88 p. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2018. Disponível em: <http://www.editoragazeta.com.br/site/wp/wp-content/uploads/2018/04/FRUTICULTURA_2018_dupla.pdf>. Acesso em: 19 de março de 2019.

ARAÚJO JR, J. N. de; LIMA, J. R. F. de; PEREIRA, A. F. C. Análise dos scores de eficiência e os seus determinantes nos pequenos produtores de manga do submédio do vale do São Francisco, polo Juazeiro-Ba/Petrolina-Pe. **3º. Encontro Pernambucano de Economia: Políticas para o Desenvolvimento Estadual**. Recife – PE: 20 e 21 de novembro de 2014. Disponível em: <<https://coreconpe.gov.br/eventos/iiiienpecon/artigos/3enpecon2014.pdf>>. Acesso em: outubro de 2018.

ARAUJO, J. A.; FEITOSA, D. G.; SILVA, A. B. *América Latina: productividad total de los factores y su descomposición*. **Revista de la CEPAL (Online)**, v. 114, p. 31-52, 2014.

BACCHI, Mirian Rumenos Piedade. **Reflexões sobre medidas de produtividade e alguns resultados para a agropecuária brasileira**. 2019. Professora da Esalq/USP e pesquisadora do Cepea. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniaocpea/reflexoes-sobre-medidas-de-produtividade-e-alguns-resultados-para-a-agropecuaria-brasileira.aspx>>. Acesso em: abril de 2020.

BALL, E., SCHIMMELPFENNIG, D. e LING W. S. Is U.S. *Agricultural productivity growth slowing?* **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 35, n. 3, p. 435-450, 2013.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL (Brasil). **Polos de desenvolvimento integrado. Polo Petrolina/Juazeiro—Localização**. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/projwebren/Exec/artigoRenPDF.aspx?cd_artigo_ren=290>. Acesso em: 17 out. 2017.

BARROS, E. de S.; XAVIER, L. F.; FONSECA, H. V. de P.; COSTA, E. de F. Eficiência na Produção Agrícola do Vale São Francisco: mensuração de escores e análise de fatores correlacionados. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 63, n. 2, p. 35-50, jul.-dez. 2016. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/rea/rea3-2-16.pdf>>. Acesso em: novembro de 2017.

BATTESE, G. E. *Frontier production function and technical efficiency: a survey of empirical applications in agricultural economics*. **Agricultural Economics**, v. 7, p. 185-208, 1992.

BATTESE, G. E.; COELLI, T. *A Stochastic frontier production incorporating a model for technical inefficiency effects*. **Working Paper in Econometrics and Applied Statistics**, n. 69, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, 22 p., 1995.

BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. *A stochastic frontier production incorporating a model for technical inefficiency effects*. **Working Papers in Econometrics and Applied Statistics**, n. 69, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, 1993.

BAUER, P. W. *Recent developments in the econometric estimation of frontiers*. **Journal of Econometrics**, v. 46, p. 39-56, 1990.

BEHR, A. *Production and Efficiency Analysis with R*. 1ª. Ed. New York: Springer, 2015. 230 p.

BRAGA, Marcos B. **A Sustentabilidade da Irrigação no Brasil**. Texto para Discussão. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/hortalias/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1077151/a-sustentabilidade-da-irrigacao-no-brasil>>. Acesso em: 18 de outubro de 2017.

BRAGAGNOLO, C. e BARROS, G. S'A. de C. Impactos Dinâmicos dos Fatores de Produção e da Produtividade sobre a Função de Produção Agrícola. **RESR**, Piracicaba – SP, v. 53, n. 1, p. 031-050, jan/mar 2015.

BRAGAGNOLO, C. **Produtividade, Crescimento e Ciclos Econômicos na Agricultura Brasileira**. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 168 p. Piracicaba – SP, 2012.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012, Art. 12**. Brasília – DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 18 de março de 2019.

CARNEIRO, P. J. R. et al. Evolução do uso da água na bacia do rio Preto no Distrito Federal. **Espaço & Geografia**. v. 10, n. 2, p. 325-353. Brasília: 2010.

CBHSF – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (Brasil). **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025**. Junho de 2015. Disponível em: <http://cbhsaofrancisco.org.br/planoderecursosohidricos/wp-content/uploads/2015/04/2015_06_RP1A_Geral_ANA_GAT.pdf>. Acesso em: outubro de 2017.

_____. **Fruticultura Irrigada no Vale do São Francisco**. (2017) Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/natureza_blog/fruticultura-no-vale-do-rio-sao-francisco/>. Acesso em: dezembro de 2021.

_____. **O Submédio São Francisco**. Disponível em: <<http://cbhsaofrancisco.org.br/2017/o-submedio-sao-francisco-2/>>. Acesso em: novembro de 2017.

CCIBRA – Câmara de Comércio e Indústria Brasileira. Disponível em: <<http://www.ccibra.com.br/noticias-do-brasil/10432-exportacao-nos-ultimos-tres-anos-a-manga-e-a-fruta-que-gera-maior-receita-para-o-brasil>>. Acesso em: 2019.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Departamento de Economia, Administração e Sociologia. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. **Revista Hortifrúti Brasil**. Edição Especial: Anuário 2018-2019. Ano 17. N. 185. 50 p. Dez/2018-Jan/2019. ISSN 1981-1837. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/anuario-2018-2019.aspx>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2019.

_____. **Banco de Dados. Preços Médios dos Hortifrutícolas**. **Hortifrúti Brasil**. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/banco-de-dados-precos-medios-dos-hortifruticolas.aspx>>. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

_____. **Boletim CEPEA do Agronegócio Brasileiro**. Piracicaba – SP, v. 1, n. 4, agosto de 2017. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Brasil_AGO_STO_CEPEA.pdf>. Acesso em: 27 de novembro de 2017.

_____. **Hortifrúti Cepea. Manga**. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/estatistica/manga.aspx>>. Acesso em: novembro de 2017.

CHAMBERS, Robert G. *Applied Production Analysis: A Dual Approach*. Cambridge University Press 978-0-521-31427-5. USA, 1988.

CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Brasil). Disponível em: <<https://www.chesf.gov.br>>.

CHRISTENSEN, L. R.; JORGENSON, D. W.; LAU, L. J. *Transcendental logarithmic production frontiers*. **The Review of Economics and Statistics**, v. 75, n. 1, p. 28-45, 1973.

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação: a fronteira hídrica na produção de alimentos. Item: **Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 54, p. 46-55, abr. 2002.

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos (Brasil). Disponível em: <<http://www.cnrh.gov.br/>>. Acesso em: out/nov/dez de 2017.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Brasil). Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/>>. Acesso em: out/nov/dez de 2017.

_____. **Relatório de Gestão 2017**. Brasília: CODEVASF, 2018. Disponível em: <<http://www2.codevasf.gov.br/empresa/relatorios-de-gestao/relatorio-de-gestao-2017.pdf/view>>. Acesso em: 13 de dezembro de 2018.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A. e OLIVEIRA, S. L. de. Agricultura Irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**. Salvador – BA, v. 7, n. 1, set/2005. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/bahia_agricola/>. Acesso em: 27 de novembro de 2017.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; BATTESE, G. E. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. **Kluwer Academic Publishers**, 1998.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. 2ª. Ed. United States of America, 1998.

COELLI, Tim; Rao, D.S. Prasada; Battese, George E. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. **Kluwer Academic Publishers**. Massachusetts, 1998.

COMEX DO BRASIL. Disponível em: <<https://www.comexdobrasil.com/exportacao-nos-ultimos-tres-anos-manga-e-fruta-que-gera-maior-receita-para-o-brasil/>>. Acesso em: 04 de outubro de 2018.

CORREIRA, R. C. A Região Semiárida Brasileira. **EMBRAPA – Produção de Caprinos e Ovinos no Semiárido**. 28p. 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54762/1/01-A-regiao-semiarida-brasileira.pdf-18-12-2011.pdf>>. Acesso em: 22 de março de 2019.

CSN – Companhia Siderúrgica Nacional. Disponível em: <<https://www.csn.com.br/>>. Acesso em: março de 2019.

CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, M. S. L. da; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; CAVALCANTI, A. C. Solos do Submédio do Vale do São Francisco: potencialidades e limitações para uso agrícola. Documentos 211 on-line. Petrolina – PE: **Embrapa Semiárido: 2008**. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/161560/1/SDC211.pdf>>. Acesso em: 30 de outubro de 2017.

DINC – DISTRITO DE IRRIGAÇÃO NILO COELHO. Disponível em: <<http://www.dinc.org.br/>>. Acesso em: 19 de novembro de 2017.

_____. **43º Informativo**. 4p. Jul/Ago/Set de 2018. Disponível em: <<http://www.dinc.org.br/wp-content/uploads/2018/10/INFORMATIVO-DINC-43-ED-JUL-AGO-SET-2018.pdf>>. Acesso em: 05 de dezembro de 2018.

_____. **51º Informativo**. 4p. Jul/Ago/Set de 2020. Disponível em: <http://www.dinc.org.br/anexo/51_ed_INFORM_DINC.pdf>. Acesso em: 19 de janeiro de 2021.

_____. Disponível em: <<http://www.dinc.org.br/>>. Acesso: de junho de 2018 a fevereiro de 2019.

_____. **Resolução N. 819, de 27 de dezembro de 2018.** Disponível em: <<http://www.dinc.org.br/wp-content/uploads/2019/01/RESOLU%C3%87AO-APROVA%C3%87AO-K2.pdf>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2019.

ELLERY JR., R. (2018). Produtividade Total dos Fatores no Brasil no Período Pós-Reformas. **Economia Aplicada**, 21(4), 617-633. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/ea146746>>.

ELLIOTT, Joshua. *Constraints and Potentials of Future Irrigation Water Availability on Agricultural Production Under Climate Change. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United of America – PNAS*. V. 11, N. 9. 3239-3244. March 4, 2014.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Brasil). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **EMBRAPA Semiárido**. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br>>. Acesso em: out/nov/dez de 2017.

_____. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica (AGEITEC)**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/index.html>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2019.

_____. **Balanco Hídrico da Bacia Hidrográfica do Submédio São Francisco utilizando técnicas de sensoriamento remoto.** Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/bhsf/index.php?opcao=inicio>>. Acesso em: 30 de outubro de 2017.

_____. **EMBRAPA Mandioca e Fruticultura.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura>>. Acesso em: 13 de julho de 2018.

_____. EMBRAPA Meio Ambiente. **A Região do Vale do São Francisco**. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/prod_int/regiaosf.html>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2019.

_____. EMBRAPA Semiárido. **Cultivo da Mangueira**. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmanga/index.htm>. Acesso em: 24 de outubro de 2018.

_____. EMBRAPA Semiárido. **Laboratório de Geoprocessamento, 2018.**

_____. **Observatório da Manga.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/observatorio-da-manga>>. Acesso em: setembro de 2021.

_____. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 212 p. ISBN 978-85-7035-799. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao/o-futuro-da-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 13 de julho de 2018.

FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. FAO no Brasil. Notícias. **Representante da FAO Brasil apresenta cenário da demanda por alimentos**. Brasília, 28 de junho de 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/901168/>>. Acesso em: novembro de 2017.

_____. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em 10 de setembro de 2018.

_____. Disponível em: <<http://www.fao.org.br>>. Acesso em: 12 de outubro de 2017.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; NORRIS, M.; ZHANG. *Productivity Growth, Thecnical Progress, and Efficiency Changes in Industrialised Countries. American Economic Review*. n.84, 1994. p. 66-83.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; ROOS, P. *Malmquist productivity Indexes: A Survey of Theory and Practice*. In: R. Färe., Grosskopf, S.; Russel, R.R. (Eds), **Index Numbers: Essays in Honour of Sten Malmquist**. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1997.

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

FERRARO, Paul; MESSER, Kent D.; and WU, Shang. *Applying Behavioral Insights to Improve Water Security*. **Choices Magazine**. 4th Quarter 2017, 32(4). A publication of Agricultural & Economics Association (AAEA). Disponível em: <http://www.choicesmagazine.org/UserFiles/file/cmsarticle_602.pdf>. Acesso em: 18 de novembro de 2017.

FERREIRA, C. B. **Ensaio sobre Produtividade e Eficiência Agrícola na América Latina, no Brasil e no Vale do São Francisco**. Dissertação (Mestrado em Economia Rural). 105p. Universidade Federal do Ceará, Departamento de Economia Agrícola. Fortaleza – CE, 2015.

FERREIRA, C. B.; ARAUJO, J. A.; LIMA, J. R. F. de. Eficiência Técnica na Produção de Manga: um estudo de caso no Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho em Pernambuco. **53º Congresso da Sober: Agropecuária, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. UFPB. João Pessoa: de 26 a 29 de julho de 2015. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1022322>>. Acesso em dezembro de 2018.

FERREIRA, C. B.; ARAUJO, J. A.; LIMA, J. R. F. de. Eficiência Técnica na Produção de Manga em Petrolina (PE). **3º Encontro Pernambucano de Economia: Políticas para o Desenvolvimento Estadual**. Recife – PE: 20 e 21 de novembro de 2014. Disponível em: <<https://coreconpe.gov.br/eventos/iiiienpecon/artigos/44enpecon2014.pdf>>. Acesso em outubro de 2018.

FERREIRA, C. B.; ARAUJO, J. A.; TABOSA, F. J. S. e LIMA, J. R. F. de. Produtividade Agrícola nos Países da América Latina. **RESR**. Vol. 54, Nº 03, p. 437-458, Piracicaba – SP: Jul/Set 2016 – Impressa em Setembro de 2016.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/balanca-comercial/>>. Acesso em: 18 de outubro de 2017.

FORSUND, F. R.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. *A survey of frontier productivity functions and their relationship to efficiency measurement*. **Journal of Econometrics**, 13 v., p. 5-25, 1980.

FRIED, H. O.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. (eds.), *The measurement of productive efficiency: techniques and applications*. New York: Oxford University Press, 1993.

FRUTVASF. **Manga. Produção: aspectos técnicos**. Aristóteles Pires de Matos, organizador; Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA). Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 63 p.; (Frutas do Brasil; 4). <http://frutvasf.univasf.edu.br/images/mangaproducao.pdf>

FUGLIE, K. O. et al. *Productivity growth in agriculture: an international perspective*. Washington: **CAB International**, 2012.

FUGLIE, K. O. *Is a slowdown in agricultural productivity growth contributing to the rise in commodity prices?* **Agricultural Economics**, v. 39, p. 431- 441, 2008.

FURTADO, Celso. **Formação Econômica do Brasil**. 34ª. Edição. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

GASQUES, J. G. **Municípios do agronegócio lideram crescimento do PIB**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Brasília – DF, 07 de janeiro de 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/municipios-do-agronegocio-lideram-crescimento-do-pib>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2019.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. R. P.; VALDES, C. Produtividade total dos fatores e transformações da agricultura brasileira: análise dos dados dos Censos Agropecuários. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA – ANPEC*, 38, 2010, Salvador. Anais ... , 2010, Salvador: ANPEC. 1 CR-ROM.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; VALDES, C.; BACCHI, M. R. P. Produtividade da Agricultura: resultados para o Brasil e estados selecionados. *Revista de Política Agrícola*. Ano XXII, N. 3, jul/ago/set 2014. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1003973/1/Produtividadedaagricultura.pdf>>. Acesso em: janeiro de 2019.

GASQUES, J. G.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R. da. **Crescimento e produtividade da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro – RJ: IPEA, 1997. 28 p. (Texto para Discussão, n. 502).

GIORDANO, Meredith; UNVER, Olcay; BARRON, Jennie. *Four Reasons Small Farms are Running out of Water – and how we can fix it*. International Water Management Institute (IWMI). **Thomson Reuters Foundation News**. 31 de janeiro de 2019. Disponível em: <<http://news.trust.org/item/20190131101623-71ugw/>>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2019.

GOMES, E. G.; GREGO, C. R.; MELLO, J. C. C. B. S. de; VALADARES, G. S.; MANGABEIRA, J. A. de C.; MIRANDA, E. E. de. Dependência espacial da eficiência do uso da terra em assentamento rural na Amazônia. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-65132009000200015>>. Acesso em:

GREENE, W. I. I. *The econometric approach to efficiency analysis*. In: FRIED, H. O.; LOVELL, C. A. K.; SCHIMIDT, S. S. (eds.), *The measurement of productive efficiency: techniques and applications*. New York: Oxford University Press, 1993, p. 68-119.

GRUPO DE TRABALHO PARA DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (GTDN). Uma política de desenvolvimento econômico para o Nordeste. *Revista Econômica do Nordeste*. V. 28, n. 4, p. 387-432. Fortaleza: out./dez. 1997.

GUIMARÃES, D. P.; SOUZA, A. O.; MARTINS, R. F. Crescimento da agricultura irrigada por pivô central no Distrito Federal. *In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS*, 9., 2012.

GUJARATI, D. N.; PORTER D.C. **Basic Econometrics**. 5th ed. NY: McGraw Hill, 2009. 922p.

HELFAND, S. M.; MOREIRA, A. R. B.; FIGUEIREDO, A. M. R. Explicando as diferenças de pobreza entre produtores agrícolas no Brasil: simulações contra factuais com o censo agropecuário 1995/96. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 49 v., n. 2, 391 p. Piracicaba – SP, 2011.

HOFFMANN, Rodolfo. **Estatística para Economistas**. 4ª. Ed. Revisada e Ampliada. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: ago/dez 2018.

_____. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006_segunda_apuracao/default.shtm>. Acesso em: out/nov de 2017.

_____. **Censo Agropecuário 2017 – Resultados Preliminares**. V.7, 108 p. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

_____. **Censo Agropecuário 2017. Resultados Definitivos**. V.8, 105 p. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf>. Acesso em: 2021.

_____. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>>. Acesso em: out/nov de 2017.

_____. **Cidades**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em novembro de 2017.

_____. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: LSPA**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: julho e agosto de 2018.

_____. **Produção Agrícola Municipal – PAM**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=o-que-e->>. Acesso em: 18 de março de 2019.

_____. **Produção Agrícola Municipal – PAM**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: julho e agosto de 2018.

_____. **SIDRA**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: novembro de 2017.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Brasil). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/180302_cc38_nt_crescimento_e_producao_da_agricultura_brasileira_1975_a_2016.pdf>. Acesso em: 2021.

JORNAL DA FRUTA. Eventos. Bahia produz mais de 30% das frutas do país: somente com a produção de manga e uva o faturamento anual é em torno de R\$ 2 bilhões. **Revista da Fruta**. (2021). Disponível em: <<https://www.revistadafruta.com.br/eventos/bahia-produz-mais-de-30p-das-frutas-do-pais-somente-com-a-producao-de-manga-e-uva-o-faturamento-anual-e-em-torno-de-r-2-bilhoes,400587.jhtml>>. Acesso em: outubro de 2021.

KHANNA, Madhu and ZILBERMAN, David. (*Theme Overview*) *Inducing Water Conservation in Agriculture: Institutional and Behavioral Drivers*. **Choices Magazine**. A publication of Agricultural & Economics Association (AAEA).

KMENTA, J. **Elementos de Econometria. Teoria Econométrica Básica**. v. 2. São Paulo: Atlas, 1990.

KODDE, D. A.; PALM, F. C. *Wald criteria for jointly testing equality and inequality restrictions*. **Econometric**, Notes and Comments, 54 v., n. 5, p. 1243-1248, 1986.

KUMBHAKAR, S. C. and LOVELL, C. A. K. **Stochastic Frontier Analysis**. Cambridge University Press: UK, 2000.

KUMBHAKAR, S. C.; H. WANG and HORNCastle, A. P. *A practitioner's guide to stochastic frontier analysis using Stata*. **Cambridge University Press**. New York – NY, 2015.

LEITE, Daniel Alfradique. **Definição das metas regulatórias de perdas não técnicas para as distribuidoras de energia elétrica no Brasil: proposição de um modelo baseado na análise de Fronteira Estocástica (SFA)**. Dissertação (mestrado). 147 f. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Centro Técnico Científico, Programa de Pós-Graduação em Metrologia, 2020.

LENZ, M. H. A teoria da renda da terra: Ricardo e Malthus. **Ensaios Fundação de Economia e Estatística**. Porto Alegre, 6 (1): 81-104.

LIMA, J. P. R.; MIRANDA, E. A. de A. Fruticultura Irrigada no Vale do São Francisco: incorporação tecnológica, competitividade e sustentabilidade. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 32, n. Especial, p. 611-632. Fortaleza, novembro de 2001.

LIMA, J. R. F. de et al. Análise do Mercado de Manga Produzida no Vale do São Francisco: cenário atual e perspectivas para o curto prazo. **XIII Sober Nordeste: Dinâmicas de Desenvolvimento no Semiárido**. Juazeiro – BA, 08 a 10 de novembro de 2018. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/soberne2018/119517-ANALISE-DO-MERCADO-DE-MANGA-PRODUZIDA-NO-VALE-DO-SAO-FRANCISCO--CENARIO-ATUAL-E-PERSPECTIVAS-PARA-O-CURTO-PRAZO>>. Acesso em: 08/01/2019.

LIMA, J. R. F. de. O Impacto da Quarentena nos Preços da Manga no Vale do São Francisco. **Embrapa**. (2020). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/52457005/artigo---o--impacto-da-quarentena-nos-precos-da-manga-no-vale-do-sao-francisco>>. Acesso em 2020.

LIMA, J. R. F. de; MACEDO PEDROSO, M. T. (2020). Impactos da Crise do Coronavírus nas Cadeias Produtivas de Frutas e Hortaliças Brasileiras. **Revista de Economia e Agronegócio**, 18(2). Disponível em: <<https://doi.org/10.25070/rea.v18i2.11126>>. Acesso em:

LIMA, João Ricardo Ferreira de. O comportamento das exportações de manga do Brasil: janeiro a agosto de 2021. **Observatório da Manga**. Embrapa. (2021) Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355026/60636822/Exporta%C3%A7%C3%B5es+Manga+-+Jan+a+Agosto+2021/c711a8c0-d90e-382b-e9c3-fecf93e037e1>>. Acesso em: outubro de 2021.

LOBER, D. B., BONFILS, C. and FAURÈS, J. *The Role of Irrigation Expansion in Past and Future Temperature Trends*. **American Meteorological Society – Journals Online**. 2009.

MALMQUIST, S. *Index Numbers and Indifference Surfaces*. **Trabajos de Estadística**. v. 4. 1953. p. 209-242.

MALTHUS, Thomas R. (1815). *An inquiry into the nature and progress of rent and the principles by which it is regulated*. In: (1970). *The pamphlets of Thomas Robert Malthus*. New York, Reprints of Economic Classics/Augustus M. Kelly Publishers.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil). **AGROSTAT – Estatística de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/index.htm>>. Acesso em: 19 de março de 2019.

_____. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: out/nov/dez de 2017.

MARINHO, E.; CARVALHO, R. M. Comparações inter-regionais da produtividade da agricultura brasileira – 1970 a 1995. **Pesquisa e Planejamento Econômico**. V. 34. N. 1. 57-92. Fortaleza – CE, abr/2004.

MEDEIROS, S. de S. Estabelecimentos Agropecuários do Semiárido Brasileiro 2017. 149 p. **Instituto Nacional do Semiárido – INSA**. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Campina Grande – PB, 2018.

MEEUSEN, W.; BROECK, V. D. *Efficiency estimation from Cobb-Douglas production with composed error*. **International Economics Review**, 32 v., p. 715-723, 1977.

MESSA, Alexandre. **Indicadores de Produtividade: uma breve revisão dos principais métodos de cálculo**. 2013. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4045/1/Radar_n28_Indicadores.pdf>. Acesso em: janeiro de 2019.

_____. **Metodologias de Cálculo da Produtividade Total dos Fatores e da produtividade da mão de obra**. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9945/1/Metodologias%20de%20c%C3%A1lculo.pdf>>. Acesso em: abril de 2021.

MI – Ministério da Integração Nacional (Brasil). Disponível em: <<http://integracao.gov.br/>>. Acesso em: out/nov/dez de 2017. Acesso em: 22 de março de 2019.

_____. **DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra a Seca**. Disponível em: <<http://www2.dnocs.gov.br/>>. Acesso em: 18 de novembro de 2017.

_____. **DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra a Seca**. Disponível em: <<http://www2.dnocs.gov.br/>>. Acesso em: 18 de novembro de 2020.

_____. **SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste**. Disponível em: <<http://www.sudene.gov.br/>>. Acesso em: 18 de novembro de 2017.

MIDC – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (Brasil). Secretaria de Comércio Exterior (SECEX). **COMEX STAT – Estatísticas do Comércio Exterior**. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/>>Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/>>. Acesso em: out/nov/dez de 2017.

_____. Secretaria de Comércio Exterior (SECEX). **COMEX STAT – Estatísticas do Comércio Exterior**. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 2018-2019-2020-2021.

MMA – Ministério do Meio Ambiente (Brasil). **Água**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: out/nov/dez de 2017.

_____. **Caderno da Região Hidrográfica do São Francisco**. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília – DF: MMA, 2006. 148 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011023538.pdf>. Acesso em: 11 de novembro de 2017.

MOURA, M. S. B. de et al. Clima e Água de Chuva no Semiárido: potencialidades de água de chuva no semiárido brasileiro. 59 p. **EMBRAPA**. 2007. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/159649/1/OPB1515.pdf>>. Acesso em: 22 de março de 2019.

O'HARA, Sarah L. *Irrigation and Land Degradation: implications for agriculture in Turkmenistan, central Asia*. **Journal of Arid Environments**. 37: 165-179. 1997.

OLIVEIRA NETO, M. B. de; CUNHA, T. J. F.; ALVAREZ, I. A.; SANTOS, J. C. P. dos; SILVA, M. S. L. da; LUCENA, A. M. A. de; OLIVEIRA, W. da S. Relação Solo, Paisagem e Geologia numa área do Vale do Submédio do Rio São Francisco. **XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA: Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/862159/relacao-solo-paisagem-e-geologia-numa-area-do-vale-do-submedio-do-rio-sao-francisco>>. Acesso em: 11 de novembro de 2017.

OLIVEIRA, G. P. C. e GERALDINI, F. MANGA/CEPEA: Ritmo das exportações segue abaixo do esperado. **HF Brasil**. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/manga-cepea-ritmo-das-exportacoes-segue-abaixo-do-esperado.aspx>>. Acesso em: 20 de março de 2019.

ORTEGA, A. C. e SOBEL, T. F. Desenvolvimento Territorial e Perímetros Irrigados: avaliação das políticas governamentais implantadas nos perímetros irrigados Bebedouro e Nilo Coelho em Petrolina (PE). **Planejamento e Políticas Públicas (PPP)**. N. 35, jul/dez (2010). Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília: 2010. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/viewFile/198/192>>. Acesso em: 17 de outubro de 2017.

PALMIERI, F. G. Análise da produção de manga no Brasil e exterior, e perspectivas de mercado. Palestra. **27ª Feira Nacional da Agricultura Irrigada (FENAGRI)**. Juazeiro – BA: 11 a 14 de julho de 2018.

PASCOE, S.; HASSASZAHED, P.; ANDERSON, J.; KORSBREKKE, K. *Economic versus physical input measures in the analysis of technical efficiency in fisheries*. **Applied Economics**. v 35, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/0003684032000134574>>. Acesso em: 2019.

PASSOS, F. G; HORA, C. F; NASCIMENTO, A. N. Avaliação da eficiência de uma empresa exportadora de manga do Vale do São Francisco: um modelo em Análise Envoltória de Dados. **Revista Agronegócios online**, nov/2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/32717>>. Acesso em: 2020.

PAULINO, Janaína. **Diagnóstico do uso da água e necessidade de formação de capacidades no meio rural nas regiões administrativas do Brasil**. Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba – SP, 2012. 173 p.

PAVELESCU, F. M. *Some aspects of translog production function estimation*. **Romanian Journal of Economics**, Bucharest, v. 32, n. 1, p. 131-150, jan. 2011. Disponível em: <<http://revecon.ro/articles/2011-1/2011-1-8.pdf>>. Acesso em: setembro de 2021.

PIRES, J. O. e GARCIA, F. *Economics Research International*. V. 2012, Article ID 584869, 19 pages. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1155/2012/584869>>. Acesso em: 18 de março de 2019.

PIRES, J. O. e GARCIA, F. *Productivity of nations: a stochastic frontier approach to TFP decomposition*. In: **Latin American Meeting of the Econometrics Society**, Vol. 1, Santiago (CHL), Proceeding of the 2004 LAMES, 2004.

PIRES, J. O. Mensuração da Produtividade para Efeito de Benchmarking. Câmara de Comércio Suíço-Brasileira. **Swisscam Brasil**. 2014. Disponível em: <<http://www.swisscam.com.br/mensuracao-da-produtividade-para-efeitos-de-benchmarking.html>>. Acesso em: 22 de janeiro de 2019.

RESENDE FILHO, M. de A.; ARAÚJO, F. A. de; SILVA, A. S. da; BARROS, E. de S. Precificação da Água e Eficiência Técnica em Perímetros Irrigados: uma aplicação da função insumo distância paramétrica. **Estudos Econômicos**, v. 41, n. 1, p. 143-172. São Paulo: jan-mar, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0101-41612011000100006>>. Acesso em: novembro de 2020.

ROCHA, C. T. D. da; CHRISTOFIDIS, D. Vantagens da Opção pela Agricultura Irrigada. **Revista de Política Agrícola**. Ano XXIV – N. 02, abr/maio/jun 2015, pág. 17-25.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Desenvolvimento Sustentável: uma perspectiva econômico-ecológico. **Estudos Avançados**. 26 (74). 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142012000100006>>. Acesso em: outubro de 2021.

SILBERBERG, Eugene. **The Structure of Economic: A Mathematical Analysis**. NewYork, McGraw-Hill, 1978.

SANTOS, M. L. dos e VIEIRA, W. da C. (editores). **Métodos quantitativos em economia**. Cap. 16 e 17. Editora UFV: Viçosa – MG, 2004.

SANTOS, R. C. dos e OLIVEIRA, G. B. de. Um estudo sobre o cultivo de frutas como alternativa de desenvolvimento do Submédio São Francisco. **Revista das Faculdades Santa Cruz**. V. 7, n. 2, Curitiba, jul/dez 2009.

SARAFIDIS, Vasilis. *An Assessment of Comparative Efficiency Measurement Techniques*. **Europe Economics. Occasional Paper 2**. London: October, 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237314068_An_Assessment_of_Comparative_Efficiency_Measurement_Techniques/download>. Acesso em: janeiro de 2019.

SCHEIERLING, S. M. and TREGUER, D. O. *Enhancing water productivity in irrigated agriculture in the face of water scarcity*. **Choises Magazine**. 3rd quarter-2016-31(3). A publication of Agricultural & Economics Association (AAEA).

SCHMIDT, P. *Frontier production function*. **Econometric Reviews**, 4 v., p. 289-328, 1986.

SICKLES, R. C.; SONG, W.; ZELENYUK, V. *Econometric Analysis of Productivity: Theory and Implementation in R*. **Working Paper - Centre for Efficiency and Productivity Analysis**. Brisbane: University of Queensland, 2018.

SILVA, A. C. A. B. da. **As águas do Rio São Francisco: disputas, conflitos e representações no mundo real**. Tese (Doutorado). 406 p. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. Campinas, 2017.

SILVA, C. A. G. da; FERREIRA, L. da R. Produtividade total dos fatores no crescimento da agropecuária brasileira. *Revista de Política Agrícola*. V. 25, N 3. Local: out/nov/dez. 2016. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1151>>. Acesso em: 09 Jan. 2019.

SILVA, J. de S.; FERREIRA, M. de O. e LIMA, J. R. F. de. Eficiência Técnica dos Produtores de Manga do Vale do São Francisco. **Revista de Economia e Agronegócio**. Vol. 15, N 1, 27-49. Viçosa – MG, 2017.

SNIRH – Sistema Nacional de Irrigação e Recursos Hídricos (Brasil). Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/>>. Acesso em: out/nov/dez de 2017.

SOARES, P. **Determinantes de eficiência técnica da agricultura: um estudo para as culturas de milho e soja no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba – SP, 2017.

SOUZA, M. V. P.; SOUZA, R. C.; PESSANHA, J. F. M. *The cost efficiency of the Brazilian electricity distribution utilities: A comparative study with DEA and SFA models*. **Gestão Produção**, v.17, p.653–667. 2010.

SOUZA, Nali de Jesus de. **Desenvolvimento Econômico**. 6ª. Edição. São Paulo: Atlas, 2012.

SOUZA, R. O. e TEIXEIRA, S. M. Produtividade total dos fatores na agricultura goiana: uma análise para as culturas de cana-de-açúcar, milho e soja. **Revista de Economia e Agronegócio**. Departamento de Economia. Universidade Federal de Viçosa. 11(2) v., p. 211-234, 2013.

SOUZA, R. O. R. de M.; PANDOJA, A. V.; AMARAL, M. A. C.; PEREIRA NETO, J. A. Cenário da Agricultura Irrigada no Estado do Pará. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 177-188, abr-jun, 2012.

TEIXEIRA, A. H. de C., HERNANDEZ, F. B. T. e LOPES, H. L. Caracterização da Produtividade da Água da Cultura da Mangueira no Nordeste do Brasil. **XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura Irrigada**. Bento Gonçalves – RS, 2012.

THERIAULT, V.; SERRA, R. *Institutional Environment and Technical Efficiency: A Stochastic Frontier Analysis of Cotton Producers in West Africa*. **Journal of Agricultural Economics**, Malden, v. 65, n. 2, p. 383-405, jan. 2014. doi:10.1111/1477-9552.12049.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: parte I (ABNT)/Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica; Vânia Martins Bueno de Oliveira Funaro, coordenadora; Vânia Martins Bueno de Oliveira Funaro... [et al.]. 4.ed. São Paulo: AGUIA, 2020. 76p: il. (Cadernos de estudos; 9).**

UN-WATER. *World Water Development Report*. Disponível em: <<http://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2017/>>. Acesso em: 13 de julho de 2018.

VALEEXPORT – Associação dos Produtores e Exportadores de Hortigranjeiros e Derivados do Vale do São Francisco. Rodovia BR 235, KM 14 s/n, Zona Rural, Petrolina – PE – CEP: 56.302-970.

VARIAN, Hal R. **Microeconomia: uma abordagem moderna**. 8ª. Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

ZANINI, A. **Regulação Econômica no Setor Elétrico Brasileiro: Uma Metodologia Para Definição de Fronteiras de Eficiência e Cálculo do Fator X para Empresas Distribuidoras de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro, 2004. 147p. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). 2004.

APÊNDICE

QUESTIONÁRIO



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP
 ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ” – ESALQ
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA APLICADA – PPGEA
 CURSO DE DOUTORADO

Olá, produtor!

Este pequeno questionário tem como objetivo a coleta de dados, dos últimos cinco anos, dos produtores de MANGA do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho. A finalidade das informações está vinculada à minha pesquisa de doutorado, intitulada Análise da Produtividade Agrícola no Vale do São Francisco: um estudo diante da escassez de recursos hídricos, que descreverá a produtividade da terra, do capital e do trabalho no processo produtivo da região e de que maneira a escassez de água atinge a produção e a eficiência produtiva.

A veracidade das respostas é necessária e indispensável para conclusão do estudo, portanto, por favor, não deixe nenhuma questão sem resposta!

Todos os dados obtidos serão confidenciais e não divulgados na pesquisa. Desde já agradeço,
 Caliane Borges. (74) 9 9117-9304 calianeborges@usp.br

A – IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA/LOTE

1	Produtor/Razão Social:	
2	Município:	UF: () BA () PE
3	Perímetro irrigado:	Número(s) do(s) lote(s):
4	Ano de fundação:	
5	Nome do entrevistado:	
6	Cargo:	
7	Telefone/celular/e-mail:	
8	() Plantou a área () Comprou a área plantada	
9	() Produz para o mercado interno () Produz para o mercado externo () Produz para o mercado interno e externo	

B – IDENTIFICAÇÃO DO PROPRIETÁRIO OU PRODUTOR

1	Idade: _____ anos	
2	Sexo: () Masculino () Feminino	
3	Escolaridade:	
	(1) Analfabeto	(2) Ens. Fund. Incompleto
	(4) Ens. Médio Incompleto	(5) Ens. Médio Completo
	(7) Superior Completo	(8) Pós-Graduação
	(3) Ens. Fund. Completo	(6) Superior Incompleto
	(9) Técnico	
4	Experiência com Fruticultura (anos):	
5	Reside na propriedade: () Sim () Não	
6	Renda fora da propriedade: () Não () Sim, quais atividades:	
7	Valor extra rural (R\$):	
8	Cooperativado: () Não () Sim Qual?	

C – TERRA

1. Qual a área total da propriedade? _____ hectares.
2. Qual a área plantada com manga (irrigada) da propriedade? _____ hectares.
3. Qual o volume de produção (toneladas)? _

Ano	Volume de Produção (tn)
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	

4. Sistema de irrigação utilizado na unidade produtiva:

Ano	Sistema de Irrigação	Tecnologias
2014		Aspersão convencional 1
2015		Sulco 2
2016		Gotejamento 3
2017		Microaspersão 4
2018		Outros* 5

*Quais? _____

5. Uso de técnicas ou práticas no cuidado das culturas:

Ano	Técnicas
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	

Técnicas ou práticas	
Mudas selecionadas	1
Espaçamento recomendado	2
Sistema de drenagem	3
Análise de solo	4
Análise foliar	5
Recomendação das análises de solo/foliar	6
Fertirrigação	7
Correção de solo	8
Cobertura morta	9
MIP (Manejo Integrado de Pragas)	10
Depósito de agrotóxicos	11
Destina embalagens vazias de agrotóxicos para central de recolhimento	12
Utiliza EPI (Equipamentos de Proteção Individual)	13
Tem quebra-vento	14
Produz mudas na propriedade	15
Faz tratamento de mudas	16
Faz indução floral	17
Faz poda de formação e limpeza	18
Faz substituição de copa	19
Outros*	20

*Quais? _____

6. Uso de técnicas ou práticas no cuidado pós-colheita:

Ano	Técnicas	Técnicas ou práticas	
2014		Tem armazém de frutas	1
2015		Faz limpeza das frutas	2
2016		Faz seleção e classificação das frutas	3
2017		Tem <i>packing house</i>	4
2018		Armazena a fruta em ambiente climatizado	5
		Transporta a fruta em veículo climatizado	6
		Outros*	7

*Quais? _____

D – CAPITAL

7. Máquinas, instrumentos agrários e veículos – tratores, semeadeiras ou plantadeiras, colheitadeiras, adubadeiras ou distribuidoras de calcário, caminhões, utilitários, automóveis, motocicletas, aviões e aeronaves para uso agrícola.

Ano	Valor R\$
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	

E – TRABALHO

8. Número de empregados: H – homens e M – mulheres.

Ano	Fixo		Temporário		Familiar	
	H	M	H	M	H	M
2014						
2015						
2016						
2017						
2018						

9. Custo anual com mão de obra PERMANENTE*:

Ano	Nº de empregados	Salário Mensal (R\$)	Valor total anual (R\$)
2014			
2015			
2016			
2017			
2018			

*Inclusive encargos sociais, produtividade, vales transporte/alimentação, etc.

10. Custo anual com mão de obra TEMPORÁRIA, caso de diaristas:

Ano	Nº de diaristas	Número de dias	Valor da diária (R\$)	Valor total anual (R\$)
2014				
2015				
2016				
2017				
2018				

F – INSUMOS AGRÍCOLAS (custo anual com insumos agrícolas)

11. Compra de mudas:

Ano	R\$
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	

12. Adubação Sólida (adubo químico, orgânico/esterco, calcário, fertilizantes):

Ano	R\$
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	

13. Adubação Líquida (defensivos* e foliares):

Ano	R\$
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	

*Considerar inseticidas, fungicidas, formicidas, herbicidas, etc.

14. Outros. Quais? _____

Ano	R\$
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	

G – IMPLEMENTOS AGRÍCOLA

15. Custo anual com implementos agrícolas, inclusive manutenção (trator, microtrator, roçadeira, arado, grade, adubadeira, pulverizador, caminhões, outros):

Ano	R\$
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	

H – DEMAIS CUSTOS

16. Água (custo da água utilizada para irrigação):

Ano	R\$
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	

17. Combustível:

Ano	R\$
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	

18. Impostos, taxas e tributos:

Ano	R\$
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	

19. Mensalidade cooperativa (e outras mensalidades):

Ano	R\$
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	

20. Outras despesas.

Quais?

Ano	R\$
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	

I – VOLUME DE ÁGUA DESTINADO À IRRIGAÇÃO

Ano	M ³
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	

Data: ___/___/_____.

ANEXOS

ANEXO A MAPA DO DINC



ANEXO B

SISTEMA DE RESERVATÓRIO DO DINC


Dados dos Reservat6rios

RESERVAT6RIO	NÍVEL ÁGUA MÁXIMO	NÍVEL ÁGUA MÍNIMO P/ OPERAÇÃO	COTA DO DIQUE	COTA MÍNIMA DO FUNDO	ÁREA TOTAL m ²	CAPACIDADE m ³
RS1	414.4	412.85	415,4	412.20	723.50	14.700
RS2	390.0	387.50	391,0			305.750
RS3	394.5	391.70	395,5			425.431
RS4	400.5	398.70	401,5		121.736	275.250
RS5	383.5	382.02	384,5			177.000
RS6	380.5	379.00	381,5		102.220	145.000
RS7	389.0	387.20	390,0			369.000
RS8	384.0	382.70	385,0	382.38	15.375	22.900
RS9	391.8	390.10	392,8	389.71	61.200	64.906
RS10	378.7	377.70	379,70	377.22	185.600	107.264
RS11	393.35	392.00	394,25	389.30	109.600	130.580
RS12	395.7	394.10	396,6	393.52	69.120	74.016
RS13	379.1	378.10	380,1	377.57	172.800	137.808
RS14	375.5	374.50	376,50	374.07	173.880	97.974
R1	425.3	424.00			430.000	610.000
R2	420.5	419.40		418.2	100.000	69.000
R3	420.0	418.90		418.00	660.000	1.005.000
R4	412.5	411.40		410.20	160.000	120.000

ANEXO C

FOTOS – CULTIVO DE MANGA NO DINC

