

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

IZABELLA MARIA DA SILVA VIANA

**PRODUTIVIDADE, EFICIÊNCIA E TECNOLOGIA NA PRODUÇÃO
DE FRUTAS NO PERÍMETRO IRRIGADO SENADOR NILO COELHO**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2020

IZABELLA MARIA DA SILVA VIANA

**PRODUTIVIDADE, EFICIÊNCIA E TECNOLOGIA NA PRODUÇÃO
DE FRUTAS NO PERÍMETRO IRRIGADO SENADOR NILO COELHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Adriano Provezano Gomes

Coorientador: Marcelo José Braga

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2020

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa – Campus Viçosa**

T

V614p
2020

Viana, Izabella Maria da Silva, 1995-
Produtividade, eficiência e tecnologia na produção de frutas no
perímetro irrigado Senador Nilo Coelho / Izabella Maria da Silva
Viana. - Viçosa, MG, 2020.
64 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Adriano Provezano Gomes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.60-64.

1. Frutas - Cultivo - Irrigação. 2. Eficiência. 3. Tecnologia
apropriada. 4. Agricultura. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Economia. Programa de Pós-Graduação em
Economia. II. Título.

CDD 22 ed. 338.16

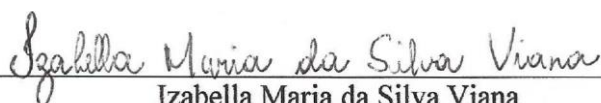
IZABELLA MARIA DA SILVA VIANA

**PRODUTIVIDADE, EFICIÊNCIA E TECNOLOGIA NA PRODUÇÃO
DE FRUTAS NO PERÍMETRO IRRIGADO SENADOR NILO COELHO**

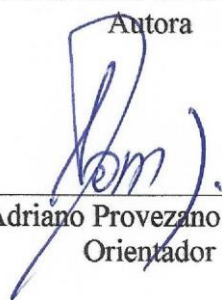
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 18 de fevereiro de 2020

Assentimento:


Izabella Maria da Silva Viana

Autora


Adriano Provezano Gomes
Orientador

Dedico as minhas avós Isabel (in memoriam) e Maria José (in memoriam) pelas palavras de amor e coragem. Com pesar, por terem partido sem ver a neta vencer. Porém, sigo com a certeza do reencontro. Com todo meu coração!

AGRADECIMENTOS

Ao meu Abba Pai por esta dádiva. Agradeço pela Tua mão misericordiosa e amor imensurável.

Aos meus amados pais, Célia e Joel. Vocês que sempre me proporcionaram o melhor. Tudo o que eu vier a escrever não será suficiente para demonstrar tamanha gratidão. Obrigada por serem minha base. Eu amo vocês de maneira genuína e sei que estaremos juntos por muitos anos.

Da mesma forma é o sentimento por meu irmão Eduardo. Irmão, obrigada pelo amor e proteção há 24 anos. Você é meu coração batendo em outro corpo. Se você não existisse, eu te inventaria. Você exala amor e cuidado.

Aos meus companheiros de turma. Vocês que sempre auxiliaram em todos os momentos. Essa turma 2018 vai ficar para a história, noites viradas estudando serão nossa marca para sempre. Agradecimento especial a Chinara, minha dupla casca grossa e inseparável.

Aos meus amigos que fiz em Viçosa, vocês se tornaram a minha família nestes dois anos. Compartilhamos de diversos momentos, com palavras de incentivos, horas na BBT e diversão. Seria impossível listar todos aqui. Amo todos de maneira única e individual. Vocês são meu orgulho, pois sei que serão amizades duradouras.

No DEE eu agradeço a todos os docentes e servidores que me ajudaram a chegar a este momento. Sou grata por todo zelo e cuidado durante esta trajetória. Agradeço de forma específica o professor Adriano Provezano pela orientação em toda esta pesquisa.

Com carinho agradeço aos professores Marcelo Braga e João Ricardo por acreditarem em mim, e me auxiliarem quando precisei.

Aos meus amigos de Petrolina e familiares, que mesmo distante se fizeram presentes em todas as situações, por compreenderem as ausências e apoiarem nas minhas decisões.

À Universidade Federal de Viçosa, que pelo Departamento de Economia me concedeu condições de concluir o curso; à EMBRAPA pela concessão do banco de dados e à CAPES pelo fornecimento da bolsa de estudos.

“No dia em que eu temer, hei de confiar em ti.” Salmos 56:3

RESUMO

VIANA, Izabella Maria da Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2020. **Produtividade, eficiência e tecnologia na produção de frutas no perímetro irrigado Senador Nilo Coelho.** Orientador: Adriano Provezano Gomes. Coorientador: Marcelo José Braga.

Esta dissertação tem como objetivo analisar a eficiência e o uso de tecnologia na fruticultura irrigada no Submédio do Vale do São Francisco, no estado de Pernambuco. De maneira específica é pretendido: i) calcular as medidas de eficiência dos fruticultores; ii) calcular a produtividade e iii) analisar os determinantes que descrevem a tecnologia e eficiência. A base de dados é formada por informações colhidas a 58 fruticultores que produzem manga, uva, banana, coco, goiaba, acerola, maracujá. As metodologias utilizadas foram: análise envoltória de dados (DEA) e análise discriminante. Os resultados do DEA mostram que 18 dos 58 fruticultores são eficientes e operam sob retornos variáveis de escala. No tocante a eficiência de escala foi verificada que 8 dos 58 produtores estão operando sob a fronteira de produção. Em relação aos produtores que são *benchmarks* para os demais, foi observado que dos 18 produtores eficientes, 14 foram considerados *benchmarks* para pelo menos 1 produtor ineficiente. Para os ganhos de fronteira é possível observar que após correções das ineficiências, os produtores podem ter um crescimento de 17% na renda. Pela análise determinante, as variáveis Índice de fonte de inovação, Índice de introdução de inovação e Produtividade 2 foram os responsáveis pela diferenciação dos fruticultores de acordo com a quantidade de tecnologia utilizada. Para a diferenciação dos produtores em relação a eficiência, apenas a Escolaridade teve destaque.

Palavras-chave: Eficiência. Tecnologia agrícola. Fruticultura irrigada.

ABSTRACT

VIANA, Izabella Maria da Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2020. **Productivity, efficiency and technology in fruit production in the irrigated area Senador Nilo Coelho**. Adviser: Adriano Provezano Gomes. Co-adviser: Marcelo José Braga.

This dissertation aims to analyze the efficiency and the use of technology in irrigated fruit growing in the Submediate of Vale do São Francisco, in the state of Pernambuco. Specifically, it is intended to: i) calculate the efficiency measures of fruit growers; ii) calculate productivity and iii) analyze the determinants that describe technology and efficiency. The database is made up of information collected from 58 fruit growers who produce mango, grape, banana, coconut, guava, acerola, passion fruit. The methodologies used were: data envelopment analysis (DEA) and discriminant analysis. The DEA results show that 18 out of 58 fruit growers are efficient and operate under variable returns to scale. Regarding the scale efficiency, it was verified that 8 of the 58 producers are operating under the production frontier. Regarding the producers that are benchmarks for the others, it was observed that of the 18 efficient producers, 14 were considered benchmarks for at least 1 inefficient producer. For the frontier gains it is possible to observe that after correcting the inefficiencies, the producers can have an increase of 17% in the income. For the determinant analysis, the variables source of innovation index, index of introduction of innovation and productivity 2 were responsible for the differentiation of fruit growers according to the amount of technology used. For the differentiation of producers in relation to efficiency, only education was highlighted.

Keywords: Efficiency. Agricultural technology. Fruitculture Irrigated.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Localização do Polo Petrolina/Juazeiro.

Figura 2- Conceito de eficiência

Figura 3- Histograma da distribuição dos leverages em relação à eficiência dos fruticultores.

Figura 4- Histograma da distribuição dos produtores

Figura 5- Média das produtividades de acordo com a quantidade de tecnologia utilizada.

Figura 6- Medida de dispersão entre tecnologia e produtividade com insumos agrícolas

Figura 7- Média das produtividades de acordo com classificação das eficiências.

Figura 8- Medida de dispersão entre eficiência e produtividade com energia elétrica e água.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1-** Variáveis utilizadas para cálculo de eficiência
- Tabela 2-** Definição do porte de empresas e produtores rurais
- Tabela 3-** Valores dos leverages das DMUs consideradas outliers.
- Tabela 4-** Identificação da quantidade de empresas e de empregados
- Tabela 5-** Perfil do proprietário rural
- Tabela 6-** Distribuição de produtores segundo intervalos de medidas de eficiência técnica e de escala.
- Tabela 7-** Distribuição das propriedades rurais segundo o tipo de retorno à escala.
- Tabela 8-** Valores médios de produto e insumos utilizados na DMU segundo condição de pura eficiência técnica.
- Tabela 9-** Os quatorze maiores benchmarks junto com suas características relativas ao método
- Tabela 10-** Insumos e produtos dos benchmarks principais
- Tabela 11-** Faixa de eficiência
- Tabela 12-** Simulação de possíveis ganhos de renda e insumos dos fruticultores após correção de ineficiências
- Tabela 13-** Pesquisa e/ou inovação utilizada durante o ano de 2014*
- Tabela 14-** Estatísticas descritivas das variáveis sociais e econômicas mais relevantes dos produtores que utilizaram mais e/ou menos tecnologia.
- Tabela 15-** Lambda de Wilks
- Tabela 16-** Coeficientes para discriminação
- Tabela 17-** Autovalores (Eigenvalues)
- Tabela 18-** Lambda de Wilks e Qui-quadrado
- Tabela 19-** Matriz de estrutura
- Tabela 20-** Tabela de classificação da análise discriminante para eficiência
- Tabela 21-** Estatísticas descritivas das variáveis sociais e econômicas mais relevantes dos produtores que utilizaram mais e/ou menos tecnologia.
- Tabela 22-** Lambda de Wilks
- Tabela 23-** Coeficientes para discriminação
- Tabela 24-** Autovalores (Eigenvalues)
- Tabela 25-** Lambda de Wilks e Qui-quadrado
- Tabela 26-** Matriz de estrutura
- Tabela 27-** Tabela de classificação da análise discriminante

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Considerações iniciais	11
1.2. O problema e sua importância.....	13
1.3. Objetivos.....	14
1.3.1. Objetivo Geral	14
1.3.2. Objetivos específicos:.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1. Função de produção.....	15
2.2. Eficiência.....	16
2.3. Uso de tecnologia na agricultura	18
2.4. Eficiência, tecnologia e produtividade	20
3. METODOLOGIA.....	21
3.1. Análise Envoltória de Dados (DEA)	21
3.2. Base e tratamento dos dados.....	24
3.3. Detecção de <i>outliers</i> na amostra.....	26
3.4. Análise discriminante	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1. Análise descritiva dos dados	31
4.2. As medidas de eficiência	33
4.3. Os principais benchmarks dos produtores ineficientes.....	36
4.4. Ganhos de fronteira	38
4.5. Análise de produtividade.....	39
4.6. Análise discriminante para eficiência.....	44
4.7. Análise discriminante para tecnologia.....	50
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

1. INTRODUÇÃO

1.1.Considerações Iniciais

O semiárido brasileiro tem como característica econômica o desenvolvimento das atividades agropastoris. A baixa pluviosidade resulta em secas acentuadas e provoca recorrentes crises de produção que afetam as questões econômicas e sociais (SILVA *et. al.*, 2010). Em decorrência desses fatores, o Estado criou programas que garantissem estabilidade econômica e reduzisse a prática da agricultura de subsistência.

Assim as ações governamentais seriam alternativas para aumentar e diversificar às opções alimentares, bem como as fontes de renda. Segundo Furtado (1959), as regiões de irrigações desenvolvidas com recursos públicos tinham como destino a oferta social, que ofereceria estabilidade à oferta alimentar nas regiões afetadas pela seca.

Assim, na década de 1950, a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) junto à entidade *Food Agriculture Organization* (FAO), elaboraram estudos e criaram um pólo de desenvolvimento econômico, com foco na produção agropecuária, cuja área compreendia cerca de 60.000 hectares.

Com o auxílio da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF), foi realizado o estudo de viabilidade, e, considerando as condições hídricas do rio São Francisco, a área do perímetro total foi redefinida para 41.000 hectares, com 24.837 hectares destinados para agricultura irrigada, cerca de 60% da área total.

A fruticultura irrigada no Submédio do Vale do São Francisco surgiu com a percepção da dificuldade de desenvolvimento da região, devido aos problemas ambientais, sociais e econômicos que a circuncidavam.

Assim, a referida região, conforme a Figura 1, compreende o Oeste de Pernambuco que compreende as cidades de Petrolina, Orocó, Lagoa Grande e Santa Maria da Boa Vista, e Norte da Bahia, que abrange os municípios de Juazeiro, Casa Nova, Sobradinho e Curaçá (IBGE, 2019).

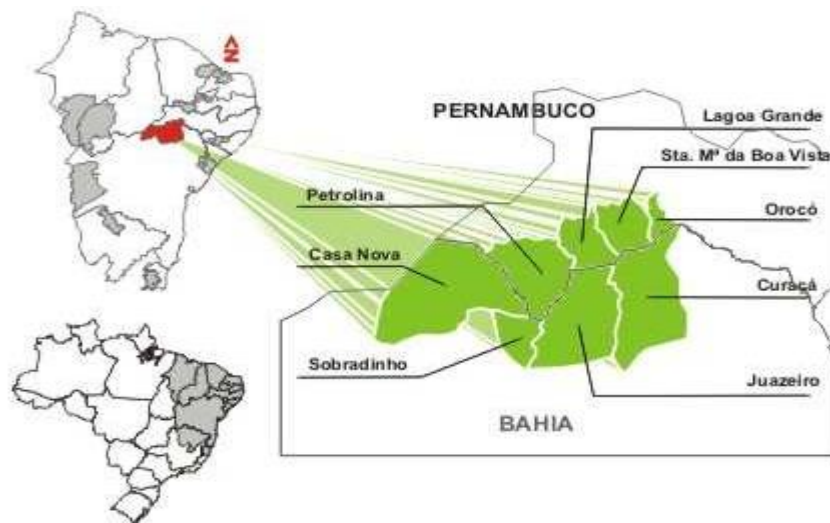


Figura 1- Localização do Polo Petrolina/Juazeiro.
Fonte: Banco do Nordeste do Brasil (BNB, 2019)

Como resultado dos investimentos da política de irrigação, o perímetro irrigado no Nordeste cresceu de modo significante. Durante o ano de 1970 a região Nordeste possuía 116 mil hectares irrigados. Uma década depois a área aumentou para 261 mil hectares. Em 1990 esta área chegou a 732 mil hectares. Neste cenário, o Vale do São Francisco equivalia a 32% das áreas irrigadas na região Nordeste durante a década de 1990.

Em âmbito nacional, a área irrigada teve aumento de 266% entre a década de 1970 e 1990, o que equivale a 105 mil hectares/ano. A região Nordeste, no mesmo tempo espacial, cresceu 530%, cerca de 30 mil hectares/ano. No Vale do São Francisco o crescimento foi de 286%, com área de 8 mil hectares/ano. Entre a década de 1980 e 1990 o crescimento de área irrigada foi de 96,5% para o Brasil, 180% para a região Nordeste e 61% para o Vale do São Francisco (LIMA e MIRANDA, 2001).

De acordo com a CODESVAF (2016), o polo de irrigação Petrolina-Juazeiro é o centro frutífero irrigado mais importante do país. Segundo os dados do IBGE, cerca de 50% das famílias rurais pobres do país estão localizadas na região Nordeste. Este número poderia ser exponencialmente maior se não houvesse a agricultura irrigada, que gera renda para estas famílias. Portanto, a agricultura irrigada tem impacto na economia e no melhoramento das condições de vida no meio rural nordestino, assim como reduz o êxodo rural (BARROS *et al.*, 2004; OLIVEIRA *et al.*, 1991; SOUZA, 1995; VERGOLINO e VERGOLINO, 1987)

Diante da expansão econômica ocorrida no Vale do São Francisco após a irrigação, a região foi inserida no cenário nacional devido a sua oferta permanente de frutas, o que implicou em inserção nas janelas de mercado.

Dessa maneira, os agricultores produzem um conjunto de frutas e olerícolas que atendam a diversificada demanda de consumo da população nacional, com predomínio de manga, uva, goiaba, banana, coco, acerola, cebola e tomate. Assim, segundo o Anuário Brasileiro da Fruticultura (2018), o valor comercializado no ano de 2017 de todas as culturas (permanentes e anuais) foi na ordem de R\$ 1,4 bilhões de reais.

1.2.O Problema e sua Importância

A presente pesquisa pretende verificar a relação entre tecnologia e o impacto na eficiência produtiva dos fruticultores irrigantes do Submédio do São Francisco, e, conseqüentemente, se há variação na produtividade.

O desenvolvimento tecnológico proporcionou o acesso dos produtores aos mercados regionais e mundiais. No entanto, existem produtores que não conseguem acompanhar as transformações ocorridas ao longo dos anos. Assim, os investimentos em infraestrutura e crédito agrícola proporcionaram aos colonos e grandes produtores partilharem de padrões modernos de produção e comercialização agrícola.

Contudo, de acordo com Barbosa (2016), os pequenos produtores e as pequenas empresas apresentam dificuldades para a contratação de mão de obra qualificada, produção de frutas com qualidade, comercialização da produção, altos custos de produção, falta de capital para a aquisição de máquinas e equipamentos, locação ou aquisição de instalações e pagamento de juros de empréstimos.

Em contraste, o mesmo não ocorre com as médias e grandes empresas, visto que são detentoras da maior área fiscal do perímetro irrigado, desenvolvem pesquisas que alavancam a comercialização das frutas e tornam as propriedades mais competitivas no cenário nacional e mundial. Estas empresas adotam técnicas de irrigação mais avançadas, que tem custos produtivos reduzidos.

Assim, a grande dificuldade dos pequenos produtores refere-se à adoção de novas tecnologias devido ao custo, assim como possuem também dificuldade na aquisição do crédito agrícola, elementos que incentivam o desenvolvimento do setor agrícola. Assim, estes colonos utilizam técnicas que apresentam pouca eficiência e elevada taxa de operacionalização (SCHINAIDER *et al*, 2018).

Nesse âmbito, de acordo com Moreira Filho, Coelho e Rocha (1985), o tradicionalismo com que as técnicas agrícolas são utilizadas é um dos principais motivos apontados para o baixo

desempenho produtivo. Assim, para Casimiro (1984), a baixa produtividade é decorrente da limitada fertilidade do solo, uso de tecnologias inadequadas, baixa pluviosidade, restrição financeira, ultrapassadas relações comerciais e baixos níveis de escolaridade, características que refreiam os ganhos de produção.

Desta maneira, faz-se necessário a avaliação do comportamento dos agricultores quanto ao nível de eficiência, dado que o nível de tecnologia não é homogêneo entre eles. De modo semelhante, é necessário determinar o tamanho do impacto da ineficiência para a produção de frutas. Estes determinantes são necessários para os gestores e formuladores de políticas pública, porque estas informações auxiliam no processo de mudanças internas, além de dar suporte na criação de programas e linhas de financiamento direcionados ao setor, com o intuito de aumentar a eficiência técnica das unidades produtoras.

Segundo Gomes e Baptista (2004), itens relacionados a eficiência têm sido analisados regularmente por tomadores de decisões, especialmente voltados a ambientes competitivos e dinâmicos. A possibilidade do aumento da eficiência junto da tecnologia são condições necessárias para a construção de políticas públicas que preencham as lacunas existentes no setor estudado, indicando um possível direcionamento a ser seguido, visto que estas políticas públicas, tanto para eficiência quanto tecnologia, são encaminhadas de maneiras diferentes.

Por se tratar de um setor que apresenta rentabilidade elevada, e altos custos tecnológicos como sistema de irrigação, defensivos químicos, uso de sementes, beneficiamento e uso de máquinas, espera-se que a agricultura aumente seus níveis de eficiência produtiva com o uso intensivo de tecnologia (VICENTE, 2002).

Neste sentido, o presente trabalho parte da hipótese de que há relação entre produtores mais eficientes, com nível tecnológico mais avançado e maior produtividade. Assim, de acordo com o crescimento do setor e a importância para a economia local, supõe-se que o resultado obtido pela correção das ineficiências na fruticultura, por meio de investimentos privados e políticas públicas, propulsione o desenvolvimento de atividades econômicas direcionadas a produção, geração de emprego, renda e competitividade nacional e internacional.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral:

Verificar a relação entre tecnologia, eficiência e produtividade junto aos produtores de frutas no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho durante o ano de 2014. Pretende-se com

isso contribuir com recomendações para a melhoria da renda dos produtores, auxiliando no processo de tomada de decisão para o investimento em tecnologia que busque melhoria da eficiência e produtividade.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- I. Calcular as medidas de eficiência dos fruticultores;
- II. Calcular a produtividade;
- III. Analisar os determinantes que descrevem a tecnologia e eficiência.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Função de Produção

A principal atuação de uma firma é a transformação de insumos em produtos, com maximização de lucros. Isto implica na minimização dos custos e maximização dos lucros (NICHOLSON e CHRISTOPHER, 2011). Uma das teorias importantes da microeconomia baseia-se na Teoria do Produtor, que tem como objetivo o estudo de como estes fenômenos ocorrem, bem como suas particularidades.

Para Chambers (1988), combinações diferentes entre diversos insumos podem produzir uma máxima quantidade de produtos, com factibilidade para as tecnologias que a firma dispõe, Equação 1:

$$q = f(x) \tag{1}$$

Em que q é o produto e x é um vetor de insumos.

Ao analisar a função de produção pode-se detectar em qual tipo de retorno à escala a firma produz. Quando os insumos são aumentados e a produção cresce na mesma proporção, há retorno constante à escala. Contudo, se com o aumento dos insumos a produção crescer menos ou mais que proporcionalmente, os retornos à escala serão decrescentes ou crescentes, respectivamente (VARIAN, 1992).

Após a definição da função de produção é possível elaborar a função custo. Esta é composta pelas possíveis combinações de insumos para variações na produção (q). A função associa cada valor de produção a um custo total para dada produção:

$$CT = c(w_1, w_2, q) \quad (2)$$

Em que CT é o custo total; w_1 e w_2 são os preços dos insumos (sob a suposição de 2 insumos).

As unidades produtivas realizam suas operações em pontos determinados na função de produção, obtendo o máximo produto com uma combinação de insumos que minimize os custos.

2.2. Eficiência

A concepção de eficiência diverge de produtividade, dado que eficiência busca manter uma combinação adequada entre os recursos utilizados (insumos e produtos), e produtividade é o resultado daquilo que se produz e é rentável (GOMES e BATISTA, 2004).

De acordo com Lins e Meza (2000) e Ferreira e Gomes (2009), os estudos de Pareto-Koopmans e Debreu em 1951 foram cruciais para estabelecer a abordagem analítica em relação a medida de eficiência na produção. Assim, pela definição de Pareto-Koopmans, uma Unidade Tomadora de Decisão (DMU¹) torna-se eficiente se:

- Dado que haja aumento de um produto, não há como não ocorrer aumento nos insumos, ou redução de insumos;
- Dado que um insumo seja reduzido, não há como não ocorrer aumento nos produtos, ou redução de produtos.

O conceito de eficiência apresenta duas categorias: eficiência técnica, que tem como objetivo maximizar uma quantidade de produtos utilizando uma quantidade mínima de insumos; e, eficiência alocativa que busca minimizar os custos de produção utilizando uma combinação ótima de insumos e produtos. Uma unidade produtiva obtém eficiência econômica quando há eficiência técnica e alocativa em conjunto (FARRELL, 1957).

Para Chambers (1988), combinações diferentes entre dois insumos podem produzir uma mesma quantidade de produto. Esta ideia é apresentada pela Figura 2, onde têm-se capital (K) no eixo das abscissas e trabalho (L) no eixo das ordenadas. Este arranjo produz uma certa quantidade de produto. Pode-se observar que no ponto A a empresa é tecnicamente ineficiente, visto que utiliza mais insumos do que o necessário para produzir no ponto projetado pela isoquanta.

¹ De acordo com Coelli *et al* (2005), DMU é qualquer órgão, entidade, empresa ou ser vivo que converta múltiplos insumos em múltiplos produtos.

O ponto B é eficiente de modo técnico, mas não sob a ótica dos custos, visto que no ponto C a isoquanta é tangente ao isocusto, caracterizando o ponto como eficiente. Assim, se há deslocamento do ponto A para o ponto C, a eficiência dos custos seria a relação $\frac{(OA-OA'')}{OA}$. Esse deslocamento é expresso quando há eficiência técnica representada pela relação de $\frac{(OA-OA')}{OA}$, e eficiência alocativa expressa pela relação $\frac{(OA'-OA'')}{OA'}$.

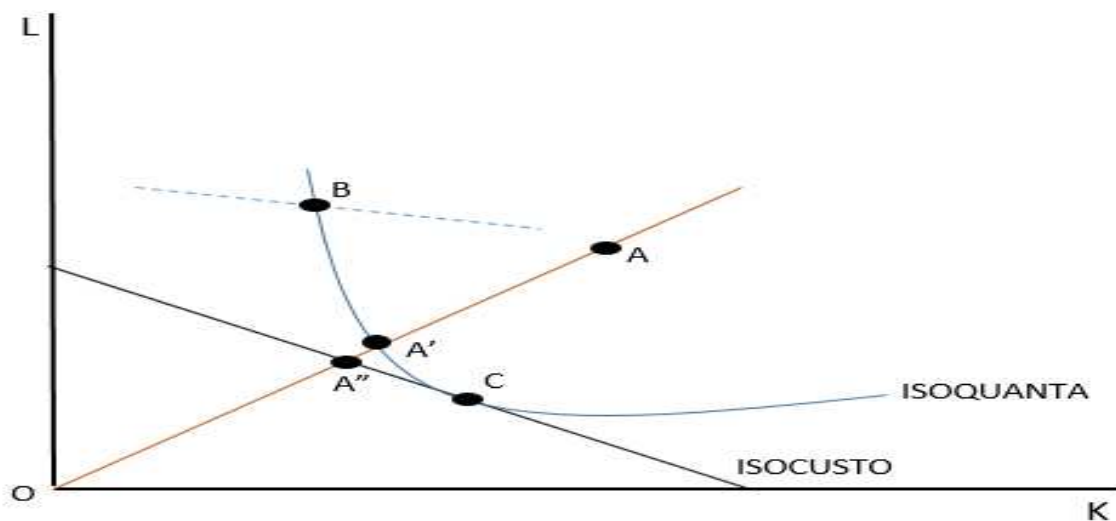


Figura 2- Conceito de eficiência

Fonte: Steering Committee For The Review Of Commonwealth State Services Provision-SCRSSP, (1997).

Para Charnes, Cooper e Rhodes (1978), a relação entre insumo e produto pode ser generalizada para a possibilidade das organizações que possuem um dado número de insumos, produzirem um dado número de produtos, porém, com a impossibilidade de haver atribuição de preços. Nesse contexto, foi desenvolvido o método DEA (*Data Envelopment Analysis*), que para diferentes unidades observadas, são analisadas suas eficiências relativas. Deste modo, pode-se medir a eficiência como uma razão entre a soma ponderada dos produtos em relação a soma ponderada dos insumos. Visto que este conceito é relativo, uma DMU é considerada eficiente (em 100%) quando, em comparação com as demais DMU's, não há comprovação de ineficiência quando são observados os insumos e produtos.

Adicionalmente pode-se analisar a eficiência de escala, que pode identificar o tipo de retorno a qual a firma está operando: crescentes, constantes ou decrescentes. Com a classificação do tipo de eficiência é possível mensurar o nível ótimo produtivo das plantas, que possibilita o melhor ajustamento das unidades produtivas, com a finalidade de operarem com eficiência (SOUZA *et al.*, 2011).

2.3.Uso de tecnologia na agricultura

Ao adquirir uma tecnologia o produtor busca ter informações completas sobre ela, além de analisar seu potencial a longo prazo. De acordo com Schultz (1965), a adoção de novas tecnologias induz a períodos instáveis, no qual a utilização destes recursos é feita de maneira ineficiente. Porém após o período de adaptação e aprendizado, os produtores chegam a períodos de equilíbrio. Assim, os níveis de equilíbrio estão sempre em alteração, sem encontrar o equilíbrio pleno.

No setor agrícola há uma questão sobre tecnologia em que os produtores convivem com a existência de dois tipos de agricultura: a tradicional e a moderna. A agricultura tradicional é pouco compensadora e tem fonte dispendiosa de crescimento econômico. Porém, pode ser transformada por meio de investimentos, visto que é um setor altamente produtivo. Dessa forma, torna-se uma fonte pouco dispendiosa de crescimento econômico (SCHULTZ, 1965). Para os países que estão no processo de desenvolvimento esta dualidade é explícita. Existem agricultores que utilizam técnicas avançadas, sugeridas por centros de pesquisa e desenvolvimento, enquanto existem agricultores que utilizam técnicas atrasadas e não mantêm contato com centros tecnológicos.

Esta heterogeneidade existente é atribuída ao nível tecnológico em que as regiões, agricultores e produtos alcançados estão. A diversidade de produtos encontrados em uma mesma região pode ser subdividida em três classes: a primeira são produtos em que os agricultores utilizam avançadas técnicas, sem espaço para a agricultura tradicional; a segunda classe tem sentido antagônico a primeira, em que os agricultores utilizam técnicas tradicionais, sem motivação para entrada de agricultores modernos; a terceira classe pertence a maior parte dos produtos, onde estão aglomerados os agricultores tradicionais e modernos (SCHULTZ, 1965).

Os produtores utilizam as tecnologias de acordo com sua rentabilidade. As técnicas modernas são utilizadas desde que a diferença entre a receita total e os custos produtivos seja mais elevada do que as tradicionais. Em síntese, um agricultor utiliza uma agregação mínima de técnicas modernas e tradicionais. O agricultor que utiliza mais tecnologias é considerado moderno. Caso contrário, é considerado como tradicional (TRIGO *et al.*, 2002). A renda do produtor é apresentada como:

$$(P_q \cdot Q^m) - \left(\sum_{i=1}^n P_{xi}^m \cdot X_i^m + \sum_{j=1}^{l'} P_{xj}^t \cdot X_j^t \right) > (P_q \cdot Q^t) - \left(\sum_{i=1}^{n'} P_{xi}^m \cdot X_i^m + \sum_{j=1}^l P_{xj}^t \cdot X_j^t \right) \quad (3)$$

Em que Q^m é a quantidade produzida com a técnica moderna; Q^t é a quantidade obtida com a técnica tradicional, X^m é a quantidade de insumos modernos; X^t é a quantidade de insumos tradicionais; P_q é o preço do produto, P_{xi}^m é o preço dos insumos modernos e P_{xj}^t é o preço dos insumos tradicionais. $n > n'$ e $l > l'$ em proporção a definir.

As razões pelas quais a pesquisa e desenvolvimento agrícola são importantes podem ser sintetizadas. Muitos fatores de produção modernos são individuais dentro dos seus limites biológicos e territoriais. Quando um país tradicional decide utilizar tecnologia, adotar e aplicá-las não é suficiente. É importante que haja adaptação, dado a heterogeneidade dos países. A medida que os agricultores adotam e utilizam novas tecnologias, cada vez mais os grandes produtores e difusores de tecnologia melhoram sua produção.

Assim, o benefício econômico do uso de mais tecnologias é dado pela: paridade entre as produtividades dos insumos, dado que o aumento de produtividade com o uso de mais tecnologia é favorável aos benefícios econômicos; observação do preço do produto em relação ao seu respectivo preço do insumo na agricultura como um todo, verifica que o crescimento do preço do produto em relação ao preço do seu insumo beneficia o uso intensivo deste insumo.

Em síntese, o benefício do maior uso de tecnologia depende da produtividade do insumo, dos preços relativos dos insumos e da relação entre o preço do produto e do insumo. Alterações em alguma destas relações podem modificar o ambiente favorável ao uso intensivo de tecnologia. Desta maneira a vantagem de usar tecnologia deve ser suficientemente superior para cobrir os custos transacionais, ao qual pode ser representada como:

$$RT^m - CV^m > RT^t - CV^t + CT \quad (4)$$

Em que RT é receita total; CV é o custo variável e CT é o custo de oportunidade de transferência².

² O custo de oportunidade de transferência é variante de acordo com o perfil do agricultor.

2.4. Eficiência, tecnologia e produtividade

A diferença existente entre a eficiência e produtividade é necessária de ser discutida, visto que, de modo alternado, elas não têm a mesma definição. Para a descrição entre estes dois termos, pode-se tomar como exemplo uma fronteira de produção que indica o atual nível tecnológico de um determinado setor. As firmas que fazem parte deste setor podem estar operando na fronteira estimada, no caso de serem totalmente eficientes, ou abaixo desta fronteira, quando não são perfeitamente eficientes (GOMES e BATISTA, 2004). Para o aumento da produtividade há duas possibilidades.

A primeira diz respeito a melhorias na tecnologia adotada pelas firmas. Esta adoção tecnológica é especificada por um descolamento superior da fronteira de produção (JEHLE e RENY, 2011). A segunda possibilidade diz respeito a adoção de procedimentos, como por exemplo o avanço educacional do produtor, para a adoção de tecnologias já existentes, porém de forma mais eficiente (SCHULTZ, 1965). Este fato é representado pela aproximação das firmas à fronteira produtiva efetiva. Desta maneira, o aumento da produtividade pode ser alcançado por progresso tecnológico, ou por melhorias, sob a ótica da eficiência. Sucintamente, o aumento da produtividade pode ser delineado como a alteração líquida no produto em virtude da mudança na eficiência e da mudança técnica.

Pode-se definir mudança na eficiência como a mudança na distância do produto observado em relação à sua fronteira. Por sua vez, a mudança técnica indica o deslocamento da fronteira de produção. Assim, faz-se necessário a delimitação destes conceitos para que políticas públicas sejam direcionadas de maneira específica, dado que atingem propósitos diferentes.

A utilização da tecnologia visa o aumento da produtividade com redução do custo de produção. Contudo, as tecnologias existentes não são em sua totalidade eficientes. Pode-se classificar três tipos de tecnologia: i) há o crescimento dos rendimentos através do aumento da produtividade, mantendo-se constantes os custos marginais; ii) a produtividade aumenta e o custo marginal reduz, ao qual faz referência a tecnologia com baixo dispêndio de capital fixo, porém com custos elevados; iii) as tecnologias que concedem maior retorno, com aumento da produtividade e redução dos custos.

Existe uma diferença entre o segundo e terceiro tipo. Para o terceiro tipo a renda líquida do produtor se manterá superior quando comparado aos que utilizam técnicas tradicionais, visto que não há aumento das despesas. Para o segundo tipo esta afirmação não se aplica.

3. METODOLOGIA

Esta seção apresenta a metodologia utilizada para analisar o nível de eficiência dos produtores de fruticultura irrigada na região do Submédio do Vale do São Francisco. Em um primeiro momento será utilizada a análise envoltória de dados, metodologia descrita para calcular as medidas de eficiência dos fruticultores, satisfazendo o objetivo I.

Para analisar os determinantes da tecnologia e da eficiência será utilizada a análise discriminante, ao qual são apontadas as variáveis que melhor descrevem o nível tecnológico e a eficiência dos produtores., objetivo III.

3.1. Análise Envoltória de Dados (DEA)

O método matemático não paramétrico de análise envoltória de dados (DEA) é um desdobramento dos estudos de Farrell, criado em 1957, para unidades de produção que utilizam quantidades consideráveis de insumos e produtos (BOWLIN, 1999). Contudo, este método era voltado a mensuração da produtividade, com entraves na incorporação de medidas de múltiplos insumos e produtos (GOMES e BATISTA, 2004).

Dessa maneira, Charnes, Cooper e Rhodes em 1978 desenvolveram o método DEA para que fosse estimada a eficiência relativa das instituições. Esta técnica converte *inputs* e *outputs* em medidas de eficiência. Esta transformação ocorre quando são comparados os insumos (*inputs*) utilizados e os produtos (*outputs*) obtidos em cada DMU (*Decision Making Units*), de forma a comparar com as demais. Assim, essa análise constata as unidades mais eficientes na amostra e indica a proporção de ineficiência. Com base em uma quantidade DMU são identificadas unidades que formam a fronteira de produção, estas unidades produzem o máximo de produtos por insumo e são chamadas de *bechmarks*. Após a definição da fronteira é factível mensurar a eficiência relativa para todas as DMUs (FERREIRA E GOMES, 2009).

De acordo com Borenstein *et al.*, (2004), esta metodologia tem como objetivo a identificação das DMUs que operam de maneira eficiente, e que por consequência estão na fronteira de produção, bem como as unidades que são ineficientes, para que com os ajustes necessários (tanto em seus *inputs* quanto *outputs*), atinjam a eficiência. Este cálculo é realizado com uma razão entre a soma ponderada de *outputs* e *inputs*, apresentado pela Equação 5.

$$Eficiência_k = \frac{\sum_{j=1}^n W_{jk} OUTPUT_{jk}}{\sum_{i=1}^m V_{ik} INPUT_{ik}}, \text{ com } k = 1, \dots, N. \quad (5)$$

Em que W_{jk} é o peso unitário do *output* j para a unidade observada k ; V_{ik} é o peso unitário do *input* i . Assim, são N unidades examinadas, m variáveis para *inputs* e n variáveis para *outputs*.

Segundo Marinho (2003), os *scores* de eficiência do DEA para projeção das DMUs ineficientes para a fronteira, podem ser orientados por insumo e produto. Ambas as orientações desejam a máxima eficiência das unidades:

- Orientação insumo: há a minimização dos insumos de maneira suficiente para que se alcance um nível de produto previsto;
- Orientação produto: visa a maximização do produto mantendo fixas as quantidades de insumos.

Além das orientações, os modelos DEA podem apresentar Retornos Constantes de Escala (CCR - *Constant Returns to Scale*) ou Retornos Variáveis de Escala - BCC (VRS - *Variable Returns to Scale*).

O modelo CCR tem como característica principal a pressuposição de que há uma fronteira que possui retorno constante de escala. Assim, neste modelo, a medida de eficiência alcançada é similar, visto que a minimização dos insumos ou a maximização dos produtos resultam em retornos constantes a escala:

$$\begin{aligned} &Max_{\phi, \lambda} \phi \\ &Sujeito a \\ &-\phi y_i + Y\lambda \geq 0 \\ &x_i - X\lambda \geq 0 \\ &\lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Em que λ é um vetor ($I \times 1$), calculado para obter a solução ótima. Para a DMU eficiente $\lambda = 0$, e $\lambda \neq 0$, caso contrário. Assim, os valores de λ devem ser os pesos utilizados na combinação linear de outras DMUs eficientes (*benchmarks*), que determinam a direção que uma DMU ineficiente deve seguir para tornar-se eficiente. A eficiência ϕ varia de $1 \leq \phi \leq \infty$.

O modelo BCC supõe retornos variáveis de escala, onde o axioma que afirma que há proporcionalidade entre os insumos e produtos é substituído pelo axioma de convexidade.

Dessa forma, há mobilidade entre as DMUs, onde aquelas que possuem baixos valores de insumos possam dispor de retornos crescentes de escala, assim como aquelas que possuem altos valores de insumos possam dispor de retornos decrescentes de escala.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max}_{\phi, \lambda} \phi \\
 & \text{Sujeito a} \\
 & -\phi y_i + Y\lambda \geq 0 \\
 & x_i - X\lambda \geq 0 \\
 & 11'\lambda = 1 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned} \tag{7}$$

Em que $11'$, é um vetor 1×1 , que pode ser adicionado no modelo orientação insumo para considerar a hipótese de retornos variáveis (COELLI *et al.*, 2005).

Os *scores* de eficiência dos produtores serão obtidos sob a suposição de retornos constantes, *scores* estes que são compostos pelo produto entre a eficiência técnica para retornos variáveis e eficiência de escala, apresentados na Equação 8.

$$ET_{RC} = ET_{RV} \times E_{escala} \tag{8}$$

Em que ET_{RC} refere-se à eficiência técnica para retornos constantes; ET_{RV} corresponde à eficiência técnica para retornos variáveis e E_{escala} refere-se à eficiência de escala.

Assim, a eficiência de escala é obtida por meio da razão entre eficiência técnica para retornos constantes e eficiência técnica para retornos variáveis. Caso o valor calculado seja igual a um, a unidade opera sob retornos constantes e está em escala ótima. Caso o valor seja menor que um, têm-se duas interpretações: a unidade está operando sob retornos crescentes e tem produção superior a escala ótima, com recomendação de redução da produção; a segunda suposição é a unidade estar sob retornos decrescentes e tem produção inferior a escala ótima, com recomendação de expansão da produção (SOUZA *et al.*, 2011).

O DEA possui algumas características importantes, são elas: i) É possível utilizar variáveis de decisão, discricionárias, instrumentais e *dummies* no mesmo modelo; ii) insumos e produtos devem assumir valores positivos; iii) as DMUs precisam operar sob condições de mercado igualitário; iv) produtos e insumos podem ser múltiplos e ter unidades diferentes; v) é centralizado nas observações individuais, afastando-se das médias e ponderações estatísticas;

vi) o número de unidades necessitam ser três vezes maior que a quantidade de variáveis consideradas; vii) as unidades devem ser comparáveis, aparentando semelhança entre si (CHARNES *et al*, 1994; LINS; MEZA, 2000; COOPER *et al*, 2000).

No método DEA foram utilizadas as variáveis selecionadas de acordo com a base de dados utilizada. Dessa forma os produtores serão analisados de acordo com suas receitas financeiras durante o ano de 2014 (*output*). Os custos com insumos agrícolas, mão de obra e energia e água foram usados como *inputs*.

Tabela 1- Variáveis utilizadas para cálculo de eficiência

<i>Inputs</i>	<i>Output</i>
Custos com insumos agrícolas	Receita total das empresas no ano de 2014.
Custos com mão de obra	
Custos com energia e água	

Fonte: Elaboração da autora

3.2. Base e tratamento dos dados

Os dados utilizados neste estudo provêm de pesquisa primária, realizada pelo Programa de Pós-Graduação em Economia (PPGECON) da Universidade Federal de Pernambuco, com o apoio da Embrapa Semiárido³ no município de Petrolina/PE. O questionário aplicado tem questões relativas às variáveis quantitativas e qualitativas. Este questionário foi aplicado em entrevistas realizadas com os fruticultores locais. A área estudada está localizada no perímetro irrigado Senador Nilo Coelho e conta com 11 núcleos numerados de 1 a 11. O período analisado será o ano de 2014. Dada esta característica, os dados são do tipo *cross-section*.

A quantidade total de produtores de fruticultura irrigada de Pernambuco, especificamente a área estudada, é de 2.058 fruticultores⁴. Assim, foram aplicados 58 questionários no Perímetro Irrigado. Estes produtores são classificados em Pequeno/Médio/Grande empresa, e segue classificação proposta pelo Distrito de Irrigação Nilo Coelho (DINC, 2019) que utiliza como base o tamanho da área do produtor. A Tabela 2 apresenta a definição do porte de empresas e produtores rurais.

³ Todos os dados são de inteira responsabilidade da Embrapa.

⁴ As culturas produzidas na região são: manga, uva, banana, coco, goiaba, acerola e maracujá.

Tabela 2- Definição do porte de empresas e produtores rurais

Porte/Classificação	Área (hectares)
Pequeno Produtor	Até 7
Pequena/Média Empresa	Acima de 7 até 50
Grande Empresa	Acima de 50

Fonte: DINC (2019)

A variável tecnologia agrícola foi obtida após arguição dos produtores sobre a quantidade de tecnologia utilizada na propriedade. Assim, por livre arbítrio, os fruticultores informavam a quantidade de tecnologia utilizada na DMU.

As variáveis nomeadas como Introduções de inovações entre 2010 e 2014 (X5), inovações realizadas em 2014 e suas constância (X6), e fonte de informação (X9), foram formuladas no tratamento de dados. Estas variáveis serão utilizadas como *proxy* de tecnologia.

A variável X5, que é constituída pelo índice de introdução de inovação entre 2010 e 2014 foi calculada após análise do número de respostas afirmativas e negativas concedidas pelos produtores quanto a inovações de produtos, processos e mudanças organizacionais na propriedade. Desta maneira, as inovações empreendidas receberam peso um, e zero caso contrário. O número de realizações é obtido pelo total de respostas dos produtores. As opções apresentadas foram: 1) inovações de produtos para a propriedade; 2) inovações de produtos para o mercado nacional; 3) novos processos inovativos para a propriedade; 4) criação ou aperfeiçoamento substancial do modo de acondicionamento das frutas; 5) tecnologia no desenho de produtos; 6) implementação de técnicas avançadas da administração; 7) implantações de consideráveis mudanças na estrutura administrativa; 8) mudanças consideráveis nos conceitos e/ou práticas de comércio; e 9) implementações de novos métodos de administrativos, visando a atender normas de certificação. A Equação 9 foi utilizada para a calcular este índice.

$$III_{2010,2014} = \frac{\sum S*1 + \sum N*0}{E} \quad (9)$$

Em que S é referente as respostas “Sim” e N para as respostas “Não”. E é número de eventos.

A variável X6, nomeada como inovações realizadas em 2014, foi ponderada pelo grau de constância direcionada ao desenvolvimento de inovações. Os produtores que desenvolveram tecnologias contínuas receberam peso 1. Aqueles que desenvolveram inovações ocasionalmente receberam peso 0,5. Os produtores que não desenvolveram nenhuma inovação receberam peso 0. O número de eventos condiz com a todas a respostas fornecidas pelos produtores. Estes eventos são considerados como: 1) pesquisa e desenvolvimento (P&D) na propriedade; 2) aquisição de máquinas e equipamentos que resultam em melhorias tecnológicas; 3) compra de outras tecnologias; 4) projeto ou desenho industrial de novos produtos ou processos; 5) programa de treinamento orientado a introdução de produtos ou processos; 6) programas da gestão da qualidade ou de modernização administrativa; 7) atuais formas de comercialização e distribuição de produtos. A Equação 10 foi utilizada para a calcular este índice.

$$II_{2014} = \frac{\sum DR*1 + \sum DO*0,5 + \sum ND*0}{E} \quad (10)$$

Em que *DR* é desenvolvimento de inovações de forma contínua; *DO* é o desenvolvimento de inovações de forma ocasional; *ND* é o que não desenvolveu nenhuma inovação; e *E* é o número de eventos.

A variável X9 nomeada como fonte de informação em relação ao aprendizado foi calculada e ponderada pelo grau de importância. Assim, as repostas consideradas pelo produtor como muito importantes receberam peso 1. Média importância, tiveram peso 0,6. Para baixa importância receberam peso 0,3. Para as respostas sem importância receberam peso 0. A Equação 11 foi utilizada para a calcular este índice.

$$IFT = \frac{\sum AI*1 + \sum MI*0,6 + \sum BI*0,3 + \sum SI*0}{E} \quad (11)$$

Em que *AI* é alta importância; *MI* é média importância; *SI* é sem importância; e *E* é o número de eventos.

3.3. Detecção de *outliers* na amostra

A metodologia DEA é sensível a presença de *outliers*, visto que, uma observação divergente das demais pode deslocar a fronteira de produção, de forma que haja aumento dos requisitos de eficiência para o universo amostral (PROITE e SOUZA, 2004). Assim, para dados heterogêneos, é necessário realizar a correção desta adversidade.

Em virtude de haver três tipos de produtores rurais na região estudada, com heterogeneidade nas suas produções, alguns fruticultores estavam muito abaixo ou acima da média amostral, caracterizando-os como *outliers*.

Assim, foi utilizado o procedimento *jackstrap*, proposto por Souza e Stosic (2003). Este método é composto pela combinação dos métodos de reamostragem *bootstrap* (estocástico) e *jackknife* (determinístico) (DALBERTO *et al.*, 2013). Após esta junção, é calculado o índice *leverage* para cada DMU, que interpreta a influência global dela sobre as outras propriedades, após a retirada da amostra. De acordo com Souza e Stosic (2003), é recomendável que as DMU's que obtiverem índice *leverage* acima de 0,02 sejam descartados da amostra, com recálculo do modelo.

Dessa forma, foi aplicado o procedimento na amostra com a finalidade de garantir a confiança dos *scores* de eficiência, assegurando que as observações dessemelhantes da média geral sejam retiradas da análise. Após o cálculo do índice *leverage* para todos os produtores, foi verificada a distribuição, apresentada na Figura 3.

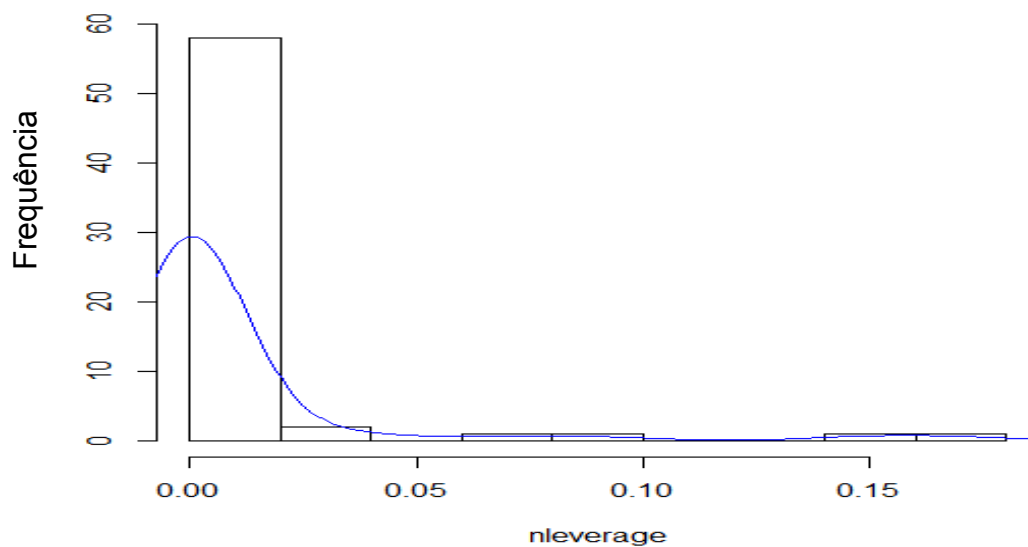


Figura 3- Histograma da distribuição dos *leverages* em relação à eficiência dos fruticultores.
Fonte: Resultados da pesquisa

A Figura 4 demonstra que a maior parte dos fruticultores possuem índice *leverage* igual a zero, diante disso, não possuem a valência de deslocar a fronteira de produção. Porém, seis DMUs obtiveram *score* acima de 0,02, apresentando influência e prejuízo para a estimação dos *scores*. Na Tabela 3 estão apresentados os índices *leverages* que foram excluídos da análise.

Tabela 3- Valores dos leverages das DMUs consideradas outliers.

Unidade produtiva	Índice <i>leverage</i>
19	0,03415
42	0,08999
49	0,06400
52	0,16863
53	0,03371
56	0,14788

Fonte: Resultados da pesquisa

3.4. Análise discriminante

A análise discriminante foi desenvolvida no século XX por Fisher. Segundo Nóbrega (2010), este método envolve a interação entre o conjunto de variáveis independentes quantitativas e uma variável dependente qualitativa. Contudo, em alguns casos, pode-se verificar mais de três classificações para a variável dependente (multicotômica).

O método denominado análise discriminante é classificado como estatística multivariada, ao qual é possível classificar os elementos de uma amostra em concordância com grupos anteriormente analisados, onde é possível conhecê-los previamente, com possibilidade de compor uma regra de classificação a ser aplicada para delimitar possíveis novas observações nos grupos anteriormente criados (MINGOTI, 2005).

Em concordância com o número de categoriais apresentadas pela variável dependente, o método de análise discriminante pode ser definido em dois grupos, ao qual tem como resultado somente uma função discriminante. Caso haja múltiplas funções, pode se estimada mais de uma função discriminante. Para esta pesquisa, a técnica utilizada será a de dois grupos, visto que, os proprietários rurais foram separados em dois grupos: os que utilizam menos tecnologia, e os que utilizam mais tecnologia.

Este método faz com que haja redução do número de variáveis para uma quantidade menor de parâmetros, as quais são chamadas de funções discriminantes linearmente dependentes das variáveis originais. Os coeficientes gerados na função discriminante apontam a colaboração da variável original para a função obtida. Dessa forma, pode-se apresentar a análise discriminante como a Equação 12:

$$Y_{jk} = \beta_0 + \beta_1 X_{1k} + \beta_2 X_{2k} + \dots + \beta_n X_{nk} \quad (12)$$

Em que Y_{jk} é o *score* discriminante da função j para o produtor k ; β_n é o peso discriminante para cada variável independente i ; X_{nk} são as variáveis que foram mais discriminadas na função para os produtores. Os coeficientes β_n são estimados para que os grupos sejam diferenciados de modo extremo.

Neste estudo foi utilizado o método *stepwise*, em que são selecionadas as variáveis que serão inseridas na análise. Essas variáveis são escolhidas de acordo com suas capacidades de discriminação. Assim, primeiramente, a variável que apresenta maior poder de discriminação é escolhida e alinhada com as demais, uma de cada vez. A variável que apresentar maior e melhor valor para o critério adotado, em conjunto, é a segunda variável escolhida para verificação. Após, de igual maneira, as variáveis restantes são testadas de acordo com o critério de seleção adotado, até que sejam ordenadas de acordo com o grau de discriminação (SHARMA, 1996).

Segundo Hair, Anderson, Tatham e Black (2005), quando dois grupos são analisados, o método de decisão estatística que especifica uma observação no Grupo 1 é dada por:

$$Y_k \geq \frac{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_2}{2} + \ln \left[\frac{p_2 C(\frac{1}{2})}{p_1 C(\frac{1}{1})} \right] \quad (13)$$

Outra observação será especificada no Grupo 2 por:

$$Y_k < \frac{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_2}{2} + \ln \left[\frac{p_2 C(\frac{1}{2})}{p_1 C(\frac{1}{1})} \right] \quad (14)$$

Em que Y_k é o valor discriminante para a observação k ; \bar{Y}_i é o valor discriminante médio para o grupo i ; p_i é a chance prévia do grupo i ; e $C(\frac{1}{2})$ é o custo de especificação incorreta dentro do grupo j de uma observação que pertence ao grupo i .

Esta técnica possibilita o conhecimento das variáveis que mais ressaltam na discriminação dos grupos. Para tal, alguns *outputs* são gerados a partir de testes e estatísticas, como o lambda de Wilks, a correlação canônica, qui-quadrado e o autovalor (NÓBREGA, 2010).

Pelo lambda de Wilks pode-se avaliar a existência de diferenças nas médias entre os grupos para cada variável inserida. Este lambda varia de 0 a 1 (HAIR *et al.*, 2009). Quando o

valor obtido na estatística é alto, é indício de ausência de diferenças entre os grupos analisados. Assim, a expressão é dada por:

$$\Lambda = \frac{SQ_{dg}}{SQT} \quad (15)$$

Em que SQ_{dg} é a representação da soma dos quadrados dos erros dentro dos grupos; e a SQT é a soma dos quadrados total.

Dado que a distribuição exata de lambda é desconhecida, para o caso de dois grupos, é utilizada a transformação que possui uma distribuição F com p e $(N - p - 1)$ graus de liberdade:

$$F = \left(\frac{1-\Lambda}{\Lambda} \right) \left(\frac{N-p-1}{p} \right) \quad (16)$$

Em que N é o tamanho da amostra e p é o número total das variáveis explicativas.

Para a função discriminante linear de Fisher, os valores das variáveis explicativas de uma função são locados nas funções de classificação e, portanto, um *score* de ordenação é previsto para cada grupo, para dada observação (FÁVERO, 2009). É possível afirmar que autovalores (*eigenvalues*) altos são um resultado importante para estimar boas funções. Desta maneira, o i -ésimo *eigenvalue* pode ser escrito como:

$$eigenvalue_i = \frac{SQ_{eg}}{SQ_{dg}} \quad (17)$$

Em que SQ_{eg} é a soma dos quadrados entre os grupos; e SQ_{dg} é a soma dos quadrados dentro dos grupos.

Utilizando as funções discriminantes lineares de Fisher, pode-se analisar a influência que uma variável dependente categórica tem perante um vetor de variáveis explicativas. Dessa forma, é feita uma associação entre os autovalores e o lambda de Wilks:

$$\Lambda = \prod \left[\frac{1}{(1+eigenvalue_i)} \right] \quad (18)$$

Assim, com lambda de Wilks transformado, é obtido um valor, cujo qual segue uma exata distribuição F em casos específicos. Para os demais casos, a distribuição do valor transformado de lambda de Wilks tende a ser aproximada a uma distribuição F (SHARMA, 1996).

Então, posto que as funções discriminantes não são significativas por completo, é necessário que seja feita uma transformação que possui distribuição Qui-quadrado (χ^2) com $p(g-1)$ graus de liberdade. A Equação 19 é aplicada para calcular a estatística de Qui-quadrado (χ^2), em que a significância estatística global é avaliada para todas as funções geradas (SHARMA, 1996).

$$\chi^2 = - \left[n - \frac{(p+g)}{2} - 1 \right] \ln (\Lambda_k) \quad (19)$$

Em que Λ_k é o lambda de Wilks de cada função discriminante. O lambda testa a significância das funções discriminantes.

Após o cálculo do Qui-quadrado (χ^2), é analisado o p -valor obtido. Caso a hipótese nula do teste (H_0 : nenhuma das funções é significativa para discriminação) seja rejeitada, pode-se assegurar que somente a primeira função discriminante é significativa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise Descritiva dos Dados

O questionário aplicado aos 58 produtores de frutas no distrito de irrigação Senador Nilo Coelho durante o ano de 2014 mostra que 30 são pequenos produtores, 27 são pequena/média empresa e 1 é grande empresa, assim como apresentado na Tabela 4. As pequenas e médias empresas possuem a maior quantidade de empregados, cerca de 67% do total analisado. O pequeno produtor detém 17% da mão de obra, e a grande empresa tem cerca de 14%.

Tabela 4- Identificação da quantidade de empresas e de empregados

Tamanho da DMU	Quantidade de empresas	Quantidade de empregados
Pequeno produtor	30	108
Pequena/média empresa	27	408
Grande empresa	1	90
Total	58	606

Fonte: Resultados da pesquisa

A análise de quantidade de mão de obra por empresa mostra que a grande empresa é a maior detentora da mão de obra, com 90 empregados. As pequenas/médias empresas tem cerca de 15 empregados por empresa, enquanto para o pequeno produtor é de 3,6 empregados.

A fruticultura irrigada no Submédio do São Francisco é composta em sua maioria por pequenas e médias propriedades, com ênfase em agricultura familiar. Porém, devido a heterogeneidade da região, há grandes empresas que atuam com o mercado externo, marcando a diversidade de DMUs (LIMA e MIRANDA, 2001).

O perímetro irrigado Nilo Coelho é o maior gerador de empregos, quando comparado aos demais perímetros, porque apresenta maior área irrigada destinada aos produtores rurais. Este fato deve-se principalmente ao uso de tecnologia no Nilo Coelho. Isto influencia diretamente a contratação de mão de obra assalariada (ORTEGA e SOBEL, 2010).

Em relação ao perfil do produtor rural, a média de idade é 51 anos, com mínimo de 27 e máximo de 78 anos. Em relação a escolaridade, a média é de 4 anos, com máximo de 8 e mínimo de 1 ano. Assim, os pequenos proprietários possuem baixa escolaridade. Essa prática, de acordo com Ortega e Sobel (2010), deve-se a existência precária de escolas no perímetro irrigado. Estas escolas são basicamente de ensino fundamental, que vão até a quarta série. Assim, para que houvesse continuação dos estudos, estes produtores deveriam se deslocar para a zona urbana de Petrolina. Porém, as vagas ofertadas não são suficientes para atender as necessidades da população rural e urbana.

Para a renda foi observado que a média faturada foi de R\$ 339.684, com mínimo de R\$ 31.132 e máximo de R\$ 5.150.000. Quando se trata da quantidade de empregados, a média encontrada é de 10 empregados por DMU, com mínimo de 0 e máximo de 90 empregados. Em relação a tecnologia utilizada na DMU, a quantidade máxima utilizada foi 13, mínimo de 0 e média de 2. Estas informações estão presentes na Tabela 5.

Tabela 5- Perfil do proprietário rural

Variável	Unidade de medida	Média	Mínimo	Máximo
Idade	Ano	51	27	78
Escolaridade	Ano	4	1	8
Renda	Reais	339.684,60	31.132,00	5.150.000
Empregados	Quantidade	10	0	90
Tecnologia ⁵	Quantidade	2	0	13

Fonte: Resultados da pesquisa

4.2.As Medidas de Eficiência

Assim, com base na Análise Envoltória de Dados, foram estimados os *scores* (E) de eficiência dos produtores no ano de 2014. Os modelos estimados com retornos constantes e variáveis foram calculados, e a partir dos resultados foram obtidas as medidas de eficiência de escala. Para todos os modelos foi escolhida a orientação produto, dado que, do ponto de vista do produtor, torna-se mais vantajoso maximizar a produção, mantendo os insumos constantes. A Tabela 6 apresenta os intervalos de eficiência em que os produtores se encontram para retornos constantes retornos variáveis e eficiência de escala.

Tabela 6- Distribuição de produtores segundo intervalos de medidas de eficiência técnica e de escala.

Especificação	Eficiência Técnica-CRS (Nº produtores)	Eficiência Técnica-VRS (Nº produtores)	Eficiência de Escala
$E < 0,1$	0	0	0
$0,1 \leq E < 0,2$	1	0	0
$0,2 \leq E < 0,3$	1	1	1
$0,3 \leq E < 0,4$	8	3	1
$0,4 \leq E < 0,5$	5	8	0
$0,5 \leq E < 0,6$	8	4	2
$0,6 \leq E < 0,7$	13	7	3
$0,7 \leq E < 0,8$	4	8	5
$0,8 \leq E < 0,9$	7	5	10
$0,9 \leq E < 1,0$	4	4	25
$E = 1,0$	7	18	11
TOTAL	58	58	58
Média	0,654	0,754	0,882

Fonte: Resultados da pesquisa

⁵ Esta variável corresponde a quantidade de tecnologia utilizada no lote.

Para o modelo de retorno constante, 7 dos 58 fruticultores obtiveram máxima eficiência técnica ($E=1,0$), representando 12,07% da amostra. Estes produtores estão na fronteira de produção, e para aumentar sua produção seria necessário aumentar a quantidade de insumos ou alterar a tecnologia utilizada. Quando são analisados os produtores que não atingiram a máxima eficiência, seria necessário seguir o comportamento dos produtores eficientes, com o aumento de produto, que são seus *benchmarks*. Dado que a média dos *scores* de eficiência técnica foi de 0,654, pode-se afirmar que o nível médio de ineficiência é de 0,346.

Para o modelo de retornos variáveis, pode ser observado que 18 dos 58 fruticultores são eficientes, representando 31,03% da amostra. Este resultado é previsto, uma vez que o modelo com retorno variável não integra como fonte de ineficiência questões ligadas a escala de produção, ao contrário do que acontece no modelo de retornos constantes.

A distribuição de fruticultores de acordo com seus estratos de eficiência é apresentada na Figura 4. O histograma mostra a distribuição dos fruticultores de acordo com os estratos de eficiência técnica no modelo de retornos constantes e variáveis, onde pode-se observar que, para ambos os modelos, a maior concentração dos produtores é no *score* até 0,7.

É possível concluir também que 69% dos produtores que estão no modelo de retorno constante estão localizados nos estratos abaixo de 0,8. Para o modelo de retorno variável 55% dos produtores estão neste estrato de ineficiência. Apesar da maior parcela dos fruticultores estar localizada na região de ineficiência, 18 deles estão na fronteira de produção, no modelo de retorno variável, com *score* igual à 1.

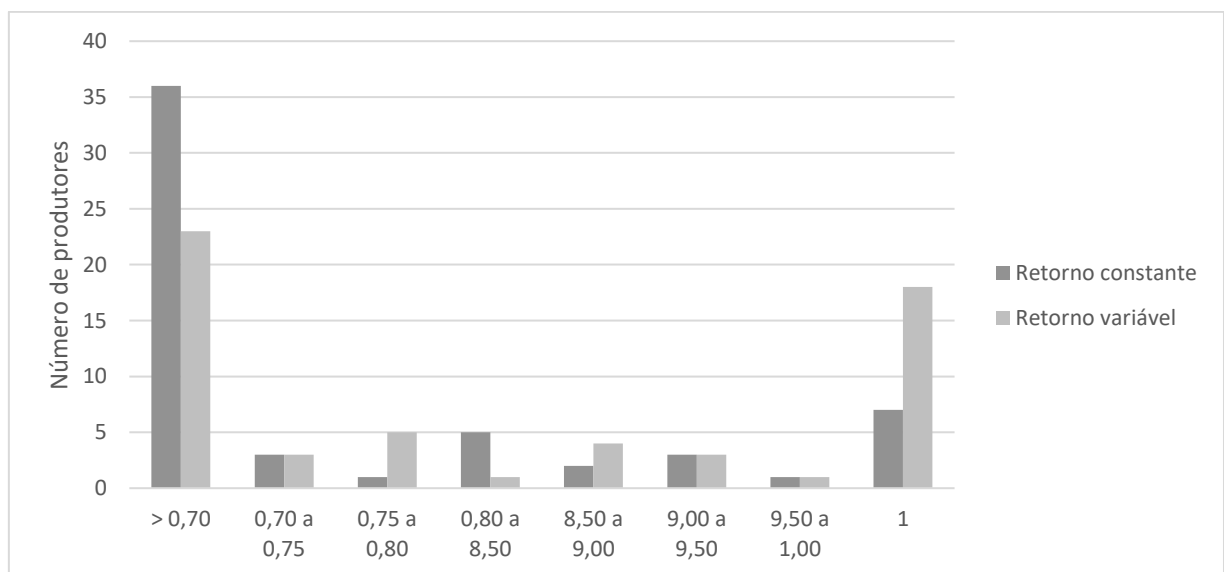


Figura 4- Histograma da distribuição dos produtores

Fonte: Resultados da pesquisa

Quando é analisada a eficiência de escala, obtida pela razão entre os resultados dos modelos de retornos constantes e variáveis, seis fruticultores estão produzindo com retornos constantes de escala e estão na escala ótima de produção. Os demais 52 produtores que obtiveram eficiência de escala abaixo de um estão produzindo com retornos crescentes ou decrescentes.

Na Tabela 7 é apresentada a distribuição das propriedades rurais de acordo com o tipo de retorno à escala. Ressalta-se que a maior parte das propriedades possuem retornos crescentes, ou seja, 46,5% (27/58) das propriedades podem aumentar sua produção a custos decrescentes. A outra parcela destas DMUs analisadas tem problemas na escala de produção, com possibilidade de resolução com a ampliação da produção, com expansão da quantidade de insumos, mantendo a proporção insumos e produtos.

Tabela 7- Distribuição das propriedades rurais segundo o tipo de retorno à escala.

Propriedade rural	Tipo de retorno		
	Decrescente	Crescente	Constante
Pequeno produtor	12	15	2
Peq/Média empresa	11	11	6
Grande empresa	0	1	0

Fonte: Resultados da pesquisa

As propriedades rurais operaram com retornos crescentes devido ao fato de que, durante a safra de 2014, a produção da fruta foi reduzida em relação à 2013. Essa redução de frutas impactou na restrição de insumos, que por consequência, impôs os produtores a retração do percentual de aproveitamento da capacidade instalada, gerando complicações na escala de produção.

O conglomerado dos problemas, operar abaixo da escala de produção e utilização incorreta dos insumos torna-se um ponto negativo para a fruticultura irrigada. Embora a produção esteja abaixo da escala ótima, é possível afirmar que houve perda de insumos durante o processo produtivo. Esse fato gera prejuízo para o empresário, além da redução do abastecimento interno (em menores proporções). Este cenário poderia ser mudado com a correção de ineficiências.

Para a percepção do comportamento das propriedades rurais durante a safra do ano de 2014, é realizada a análise de pura eficiência técnica, referente ao modelo DEA com retornos variáveis. Dentro da amostra total de produtores, 68,97% foram considerados ineficientes, pois não combinaram de maneira eficiente seus insumos e produtos, e, por esta causa, não atingiram

o score de eficiência máximo (100%), que é atribuído a todos os produtores que estão na fronteira de produção.

Para as demais propriedades ineficientes, há uma DMU eficiente que se torna *benchmark* referência, que aloca da melhor forma os seus recursos, produzindo mais. A Tabela 8 apresenta uma descrição inicial dos dois grupos de propriedades (eficientes e ineficientes). Essa diferenciação será abordada ao longo do trabalho.

Tabela 8- Valores médios de produto e insumos utilizados na DMU segundo condição de pura eficiência técnica.

VARIÁVEL	EFICIENTE	INEFICIENTE	MÉDIA GERAL
Renda bruta total**	1.339.292,94	503.149,17	748.225,79
Custos com insumos agrícolas*	389.147,64	73.392,70	165.941,56
Custos com mão de obra*	200.553,41	61.059,44	101.945,60
Custos com energia elétrica e água*	44.453,17	24.491,21	30.342,13

Fonte: Resultados da pesquisa. *Insumos, **Produto.

Uma propriedade eficiente tem maior receita total, apesar de ter custos maiores com insumos agrícolas, mão de obra, energia elétrica e água, em relação à média amostral. No que tange as propriedades ineficientes, estas têm menor renda total, e tem menores custos com insumos agrícolas, mão de obra, energia elétrica e água que a média.

4.3.Os Principais Benchmarks dos Produtores Ineficientes

Nesta seção são identificados os principais *benchmarks*, os produtores que mais aparecem como referência para as unidades ineficientes. A descrição destas unidades é realizada como o intuito de elevar as opções estratégicas de um produtor ineficiente, o qual deverá adotar para se deslocar rumo a fronteira de produção, obtendo a máxima eficiência técnica.

Neste estudo, dos 18 produtores eficientes, 14 foram considerados *benchmarks* para pelo menos 1 produtor ineficiente, sendo 6 unidades de referência para dez ou mais DMUs. Contudo, 7 produtores se mostraram eficientes para eficiência técnica e eficiência de escala. As características destas 14 unidades são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9- Os quatorze maiores benchmarks junto com suas características relativas ao método

<i>Benchmark</i>	Nº de vezes <i>benchmark</i>	Eficiência técnica	Eficiência de escala
<i>Benchmark 7</i>	3	1,000	0,569
<i>Benchmark 12</i>	28	1,000	1,000
<i>Benchmark 15</i>	18	1,000	1,000
<i>Benchmark 22</i>	13	1,000	1,000
<i>Benchmark 23</i>	5	1,000	0,690
<i>Benchmark 26</i>	3	1,000	1,000
<i>Benchmark 35</i>	2	1,000	0,744
<i>Benchmark 36</i>	8	1,000	0,623
<i>Benchmark 37</i>	8	1,000	0,999
<i>Benchmark 38</i>	2	1,000	0,595
<i>Benchmark 47</i>	15	1,000	1,000
<i>Benchmark 50</i>	14	1,000	1,000
<i>Benchmark 51</i>	10	1,000	1,000
<i>Benchmark 57</i>	5	1,000	0,825

Fonte: Resultados da pesquisa

O produtor *benchmark 12* é referência para 48,2% dos produtores ineficientes (28/58), já os produtores *benchmark 15* e *47* servem de referência para 31,03% e 25,86% dos produtores (18/58 e 15/58), respectivamente. Isto posto, é importante destacar que um mesmo produtor ineficiente pode ter até 4 *benchmarks* diferentes. Esse comportamento deve-se ao fato de que um produtor ineficiente pode estar a distâncias similares dos demais produtores que estão na fronteira de produção.

Vale a pena ressaltar que os produtores que são considerados como referência, estão na fronteira de produção, com eficiência técnica igual a um. Porém, não é necessário apresentar valor um para a eficiência de escala, como acontece com os 7 *benchmarks*. Mas mesmo sob estas condições, são considerados como referências.

Para entender o comportamento dos produtores *benchmarks*, a Tabela 10 traz os valores de insumos e produto das unidades que mais serviram de referência para as unidades ineficientes. Pode-se observar que os produtores não possuem em proporções semelhantes os insumos e produtos. Assim, é identificada a inexistência de um número específico de concordância entre insumos e produtos que induzam a eficiência técnica.

Tabela 10- Insumos e produtos dos benchmarks principais

Variável	Benchmark 12	Benchmark 15	Benchmark 47	Benchmark 50
Renda bruta total**	R\$ 185.5000,00	R\$ 461.700,00	R\$ 4.375.000,00	R\$ 1.380.000,00
Custos com insumos agrícolas*	R\$ 1.400,00	R\$ 3.380,00	R\$ 1.300.000,00	R\$ 250.000,00
Custos com mão de obra*	R\$ 8.688,00	R\$ 61.200,00	R\$ 456.840,00	R\$ 96.000,00
Custos com energia elétrica e água*	R\$ 19.200,00	R\$ 27.600,00	R\$ 60.000,00	R\$ 82.000,00

Fonte: Resultados da pesquisa. *Insumos, **Produto.

4.4. Ganhos de fronteira

Após a análise das medidas de eficiência, é possível quantificar o potencial ganho na renda, após a eliminação das ineficiências. Para que isso ocorra, os produtores que estão abaixo da fronteira de produção precisam solucionar os problemas existentes na DMU. Assim, devem observar os produtores eficientes que são responsáveis pelo alcance da medida de eficiência. Sumariamente, dada a existência de um produtor ineficiente, há pelo menos um produtor que tem renda bruta, em maior proporção, com a mesma quantidade de insumos. Nessa perspectiva, a análise envoltória de dados, além da eficiência, fornece opções para a eliminação de ineficiências.

Empregando os valores médios de eficiência obtidos foram simuladas as faixas de eficiências que os produtores estão alocados. A Tabela 11 apresenta estes valores. É possível visualizar que 48,3% dos produtores estão na fronteira de eficiência, ao qual obtiveram *score* igual a um. Cerca de 29,3% dos produtores poderiam expandir sua renda em 10%. Apenas um produtor poderia expandir sua renda entre 30 e 40%.

Tabela 11- Faixa de eficiência

Faixa de eficiência	Número de DMUs	Valor percentual (%)
F=1	28	48,3
$1 < F \leq 1.1$	17	29,3
$1.1 < F \leq 1.2$	8	13,8
$1.2 < F \leq 1.3$	4	6,9
$1.3 < F \leq 1.4$	1	1,7

Fonte: Resultados da pesquisa

Com a projeção dos valores médios encontrados das medidas de eficiência dos produtores que são ineficientes pode-se projetar a renda, caso estes fruticultores trabalhassem de modo eficiente. Os dados apresentados na Tabela 12 referem-se aos ganhos médios na renda que podem ser alcançados com a correção dos problemas com uso ineficiente de insumos.

Tabela 12- Simulação de possíveis ganhos de renda e insumos dos fruticultores após correção de ineficiências

Especificação	Valor projetado (R\$/ano)
Renda bruta atual	636.187,59
Renda bruta projetada	748.225,80

Fonte: Resultados da pesquisa

Analisando a renda bruta média dos produtores, após correções de ineficiência, pode haver um ganho de R\$ 112.038,21, quando são comparadas as rendas atuais e as projetadas, isto é, 17% de acréscimo.

4.5. Análise de produtividade

Para a análise das produtividades de acordo com a quantidade empregada de tecnologia, os produtores que utilizam mais tecnologias com insumos agrícolas obtiveram maior produtividade, como apresentado na Figura 5. A produtividade 1 é referente aos custos com insumos agrícolas; a produtividade 2 é referente aos custos com mão de obra; a produtividade 3 é referente aos custos com energia e água. A relação direta entre quantidade de tecnologia e utilização de insumos agrícolas pode ser vista na Figura 6. De acordo com Vieira Filho e Silveira (2013), o uso de tecnologia visa o aumento da produtividade com redução do custo de produção. A maior quantidade de tecnologia utilizada influencia no aumento da produtividade e redução de custo marginal, principalmente referente às técnicas que gastam menos com

capital físico e possuem elevados custos, como a utilização de fertilizantes, defensivos agrícolas, sementes, mudas e adubos orgânicos.

Para os produtores menos eficientes, que compreendem os pequenos e médios produtores, os custos com insumos agrícolas são os mais onerosos. Esta afirmação está ligada diretamente com o volume total da produção da DMU, bem como o tamanho da área cultivada. O uso de tecnologia impacta no desenvolvimento da unidade produtiva, com possibilidade de integração de tecnologias já existentes e conhecimentos tácitos adquiridos pelo produtor, ou empresa (IBGE/PINTEC, 2011).

Os produtores mais eficientes utilizam como processos tecnológicos para sua unidade compostos químicos que são aplicados na adubação, adubo composto, equipamentos novos para o sistema de irrigação, implementação de câmeras frias, aprendizado de técnicas que melhoram o preparo do solo e manejo de frutas, bem como utilização de equipamentos e veículos de cultivo e preparo do solo, como tratores.

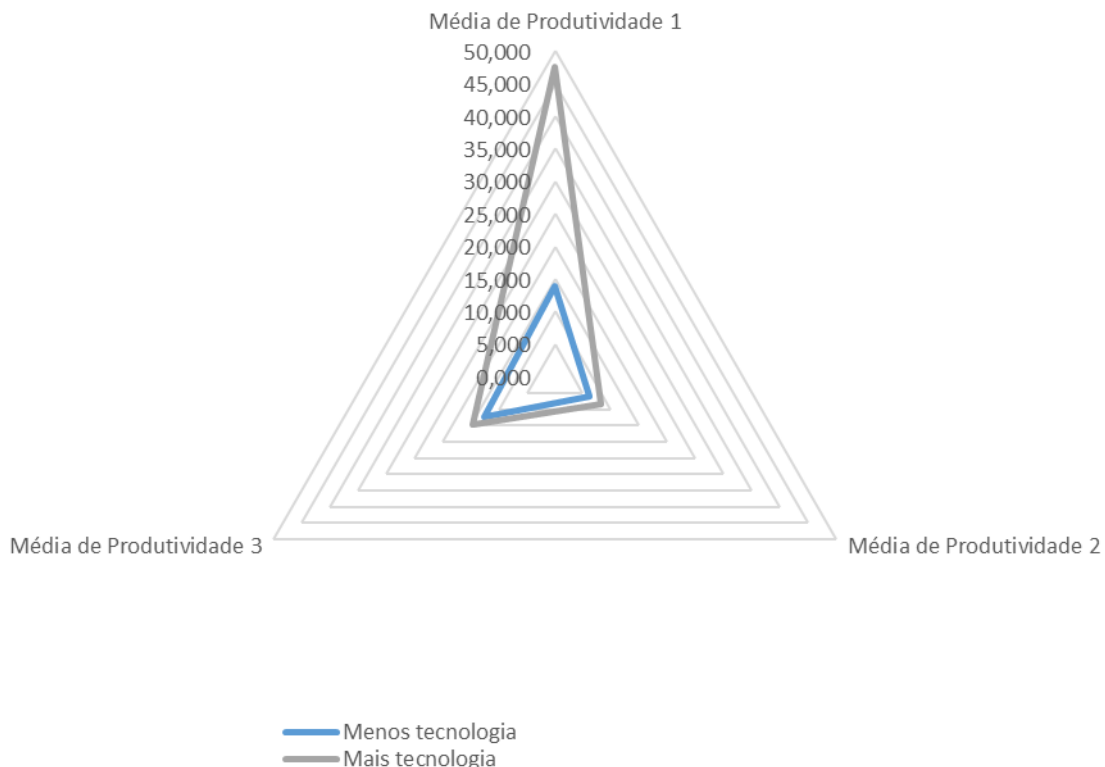


Figura 5- Média das produtividades de acordo com a quantidade de tecnologia utilizada.
Fonte: Resultados da pesquisa.

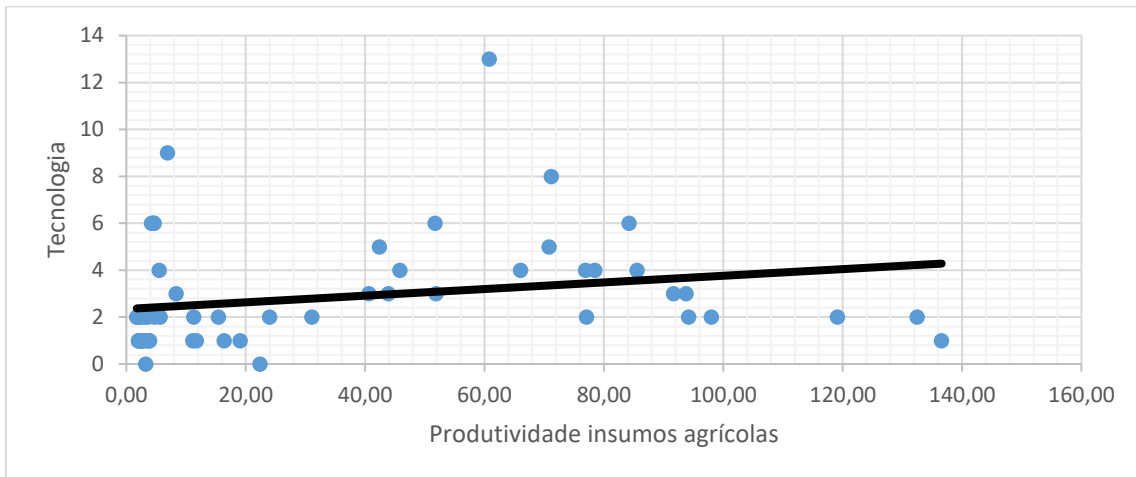


Figura 6- Medida de dispersão entre tecnologia e produtividade com insumos agrícolas
Fonte: Resultados da pesquisa

A Tabela 13 apresenta as atividades tecnológicas e/ou inovadoras realizadas pelos produtores na cidade de Petrolina durante o ano de 2014. Essas atividades são resultantes das tentativas de desenvolvimento e implementação de produtos e processos utilizados nas DMUs. Os pequenos produtores não aplicaram nenhuma pesquisa e desenvolvimento no lote. As pequenas e médias empresas foram as que mais utilizaram, cerca de 15,79%. Estas mesmas empresas foram as que mais adquiriram máquinas e equipamentos, cerca de 50%, de forma regular.

Em relação a projeto ou desenho industrial, o pequeno e médio produtor desenvolveram de modo regular este tipo de inovação, cerca de 5,26%, enquanto o pequeno produtor e a grande empresa não desenvolveram esta atividade.

O treinamento dos produtores e colaboradores foi aplicado aos três grupos, com maior regularidade para a pequena e média empresa, cerca de 42,11%, enquanto que para o pequeno produtor foi de 5,13% e para as grandes empresas, cerca de 37,50%. Resultado semelhante na atividade de programas de gestão e novas formas de comercialização. A pequena e média empresa, no geral, foi a que mais desenvolveu e aplicou atividade tecnológicas e inovadoras durante o ano analisado. Pode-se concluir que todas as DMUs desenvolveram alguma atividade, ressaltando o interesse dos produtores em melhorar e aperfeiçoar os produtos e processos, afim de estarem dentro do mercado competitivo, principalmente no mercado externo, ao qual os grandes produtores tem mais acesso, devido à dificuldade dos demais em comercializar as frutas e melhorar a produção.

Tabela 13- Pesquisa e/ou inovação utilizada durante o ano de 2014*

Descrição	Pequeno Produtor			Pequena/média empresa			Grande empresa		
	Opção**			Opção**			Opção**		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
(P&D) na empresa	100	0,00	0,00	78,95	15,79	5,26	87,50	12,50	0,00
Aquisição externa de P&D	100	0,00	0,00	81,58	15,79	2,63	87,50	12,50	0,00
Aquisição de máquinas e equipamentos	87,17	12,83	0,00	44,74	50	5,26	62,50	25	12,50
Aquisição de outras tecnologias	100	0,00	0,00	86,84	10,53	2,65	87,50	12,50	0,00
Projeto ou desenho industrial	100	0,00	0,00	94,74	5,26	0,00	100	0,00	0,00
Programa de treinamento	94,87	5,13	0,00	50	42,11	7,89	62,50	37,50	0,00
Programas de gestão	100	0,00	0,00	73,68	23,68	2,63	87,50	12,50	0,00
Novas formas de comercialização	100	0,00	0,00	81,58	18,42	0,00	87,50	12,50	0,00

Fonte: Resultados da pesquisa

*Os produtores poderiam escolher mais de uma opção. **Opções: (0) Nenhuma opção; (1) Desenvolveu regularmente; (2) Desenvolveu ocasionalmente.

Para a análise das produtividades de acordo com os *scores* de eficiência foi projetada a Figura 7. É possível analisar que os produtores que são menos eficientes têm melhor produtividade com o uso de água e energia elétrica. Isto pode ser analisado da ótica empírica, dado que os fruticultores produzem menos, consequentemente utilizam menos água e energia elétrica. Esta relação inversa pode ser comprovada na Figura 8.

Maximizar a eficiência não tem relação direta com otimização do lucro, dado que o aumento dos custos iniciais e operacionais tem associação com o aumento uniforme da irrigação. De acordo com Frizzone (1992), o lucro máximo pode ser obtido com redução da uniformidade, essencialmente quando a água e a energia elétrica não são fatores restritivos em relação a disponibilidade, qualidade e custo.

Na cidade de Petrolina as circunstâncias naturais do solo, clima e localização dos perímetros são ideais para plantio. Contudo, o déficit hídrico⁶ limita a produção da fruticultura. Esta condição é contornada com a quantidade de água oferecida pela irrigação do Rio São Francisco. Porém, a crise hídrica que a região enfrenta ao longo dos anos tem limitado a distribuição de água nas unidades de produção. Com isso, o valor da água e energia elétrica tem se elevado substancialmente, contribuindo para o aumento dos custos produtivos.

Os estudos de Hoper (1965) mostram que os produtores que possuem recursos escassos e materiais de qualidade inferior conseguem desenvolver suas produções com a sabedoria empírica. Assim, pode-se inferir que não há ineficiência significativa no uso dos fatores. Visto que, a definição dos fatores de produção inclui também o estado de conhecimento e técnicas de produção, pois eles são parte integrante do capital material.

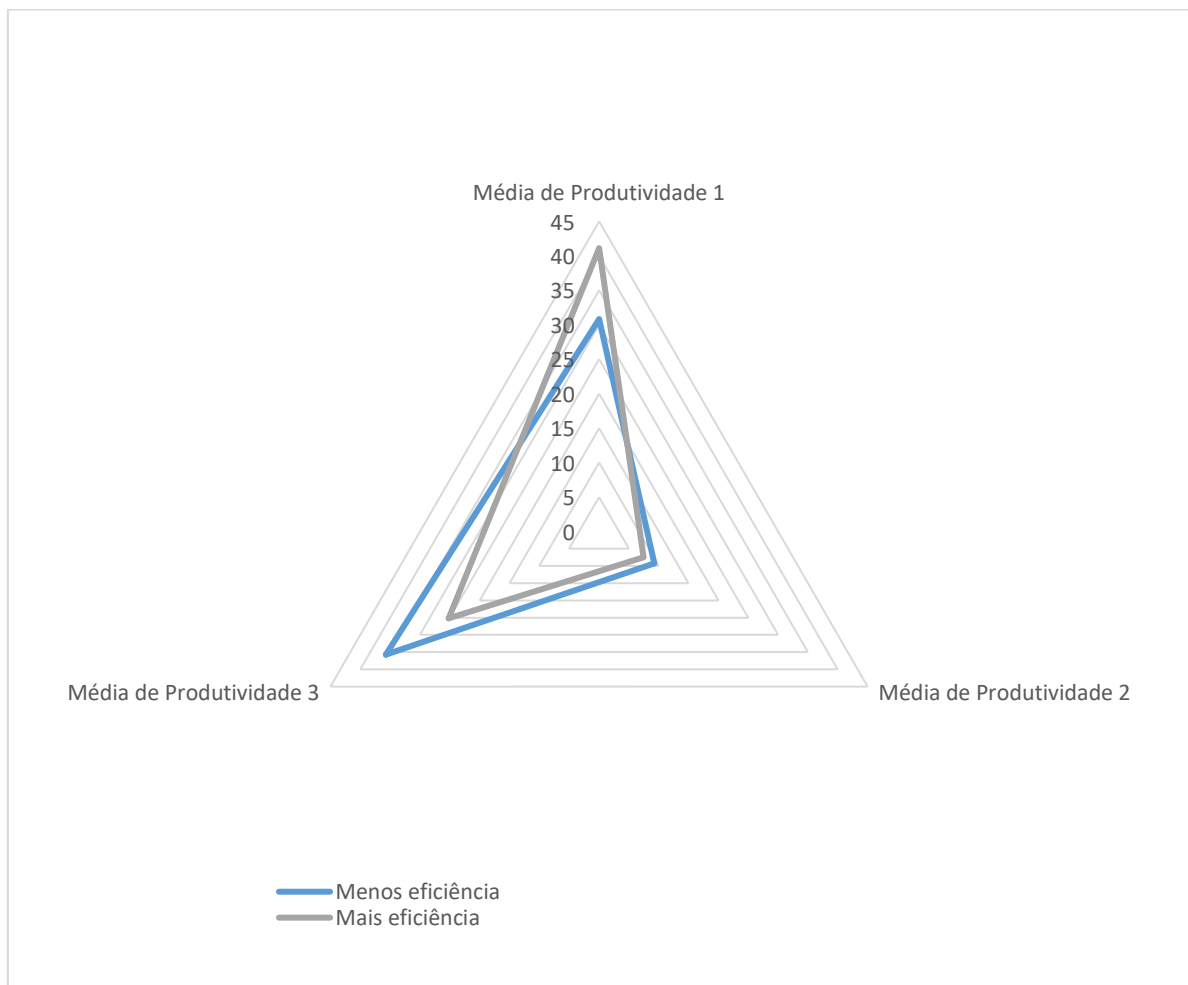


Figura 7- Média das produtividades de acordo com classificação das eficiências.

Fonte: Resultados da pesquisa.

⁶ Resultado (negativo) do balanço hídrico em que o total de água que entra no sistema via precipitação é menor que a quantidade total de água perdida pela evaporação e pela transpiração pelas plantas (EMBRAPA, 2017).

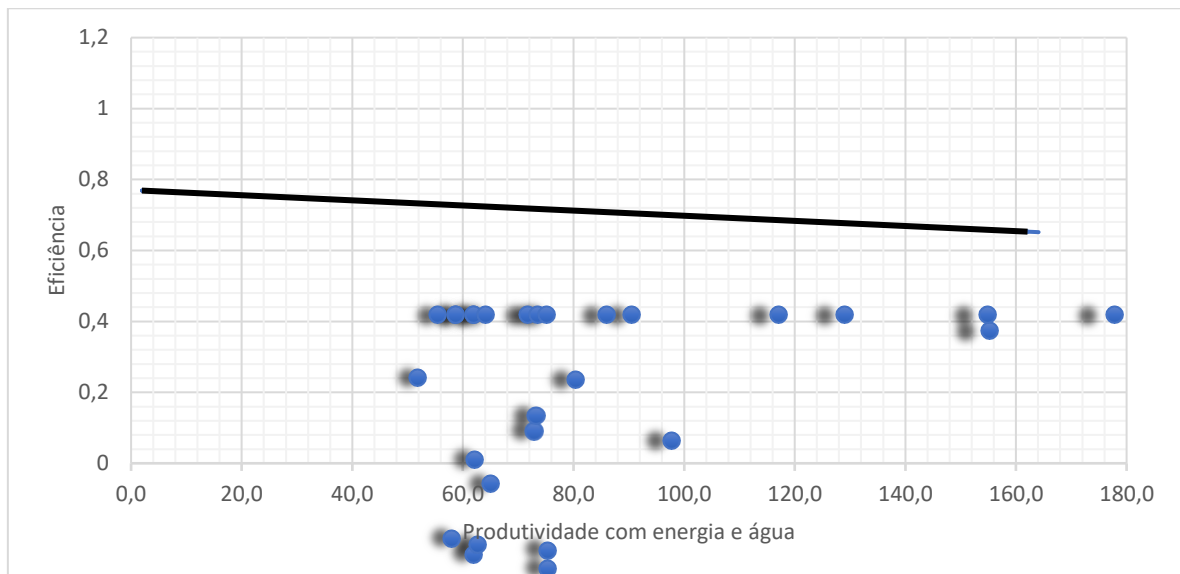


Figura 8- Medida de dispersão entre eficiência e produtividade com energia elétrica e água.
Fonte: Resultados da pesquisa

4.6. Análise discriminante para eficiência

Os 58 produtores agrícolas foram ranqueados de acordo com o *score* de eficiência. Assim, os agricultores que obtiveram *score* menor que 0,600 foram classificados como menos eficiente, e aqueles que obtiveram *score* igual a 1,000 foram classificados como mais eficientes. Dessa forma, buscou-se identificar quais variáveis melhor descrevem os produtores rurais da região estudada.

As variáveis foram escolhidas de acordo com o questionário aplicado. São elas: i) Idade (medida em anos); ii) Escolaridade (anos de estudo); iii) Renda (renda do proprietário durante o ano de 2014); iv) Índice de introdução de tecnologia; v) Índice de inovação; vi) Quantidade de tecnologia; vii) Treinamento de proprietário e funcionários; viii) Índice fonte de tecnologia; ix) Cooperativa: se faz parte ou não de alguma cooperativa; x) Produtividade 1 (uso de insumos agrícolas); xi) Produtividade 2 (mão de obra); xii) Produtividade 3 (uso de energia elétrica e água).

A vista disso, os produtores foram divididos em dois grupos, menos eficientes e mais eficientes. A Tabela 14 apresenta os resultados obtidos após separação dos grupos. Nesta análise estão ausentes os *outliers*, linearidade entre as relações e não há multicolinearidade das variáveis independentes. Estas características são necessárias para que a análise discriminante seja feita de maneira correta.

Em termos médios, os produtores menos eficientes (Grupo 1) são mais velhos que os produtores do Grupo 2, cerca de 9,06%. Em relação a escolaridade, os agricultores do Grupo 2 têm mais anos de escolaridade que o Grupo 1, 1,38% a mais. Para a renda, os produtores mais eficientes possuem mais renda que os produtores menos eficientes, cerca de 486% a mais. Os agricultores do Grupo 2 possuem mais empregados, em média, se comparado com os agricultores do Grupo 1, cerca de 11,4%.

Contudo, quando são analisadas as produtividades em geral, os produtores do Grupo 1 são mais produtivos que o Grupo 2. Isso é semelhante a análise média dos dois grupos em relação ao Grupo 1

Tabela 14- Estatísticas descritivas das variáveis sociais e econômicas mais relevantes dos produtores que utilizaram mais e/ou menos tecnologia.

Variável	Grupos 1 e 2		Grupo 1		Grupo 2	
	Média	D.P*	Média	D.P*	Média	D.P*
Idade	49,40	14,09	54,50	15,98	45,44	11,35
Escola	4,06	1,94	3,28	1,68	4,66	1,97
Renda	431.724,38	978.874,43	157.934,64	174.126,80	644.671,96	1.270.576,44
Empregados	11,62	22,15	5,21	5,26	16,6	28,52
Índice de introdução de inovação	0,26	0,23	0,22	0,16	0,29	0,28
Índice de inovação	0,14	0,22	0,06	0,13	0,20	0,25
Quantidade de tecnologia	0,40	1,84	2,07	1,26	2,88	2,16
Treinamento	0,37	0,49	0,21	0,42	0,55	0,51
Índice fonte de inovação	2,53	0,29	0,28	0,24	0,45	0,32
Cooperativa	0,65	0,48	0,57	0,51	0,72	0,46
Produtividade 1	25,90	35,96	27,43	42,63	24,71	31,05
Produtividade 2	8,25	4,95	9,27	6,10	7,46	3,83
Produtividade 3	29,79	36,67	35,71	45,10	25,19	29,09

Fonte: Resultados da pesquisa

Nota: *Desvio padrão

O teste U (Lambda de Wilks) serve de avaliador para o modelo, se este consegue separar e classificar corretamente os grupos gerados (CORRAR, 2007). Os resultados do teste estão apresentados na Tabela 15. Para o passo que foi realizado, o lambda foi significativo a 5%. Este resultado confirma que há diferença entre as médias dos grupos e a função estimada tem competência para discriminar.

Tabela 15- Lambda de Wilks

Passo	Número de variáveis	Lambda	Df1	Df2	Df3	F			
						Estatística	Df1	Df2	p-valor
1	1	0,873	1	1	30	4,380	1	30	0,045

Fonte: Resultados da pesquisa

Posteriormente a este teste, foram analisadas as variáveis que indicaram as melhores disposições para discriminação. A variável escolaridade foi a única selecionada de acordo com a significância adotada, 5%. Desta forma, a escolaridade é a única que discrimina a eficiência dos produtores rurais de Petrolina. Esta foi a única com *p*-valor abaixo de 5%.

Tabela 16- Coeficientes para discriminação

Passo	Variável	Estatística	Df1	Df2	Df3	F			
						Estatística	Df1	Df2	p-valor
1	Escolaridade	0,873	1	1	30,00	4,380	1	30,00	0,045

Fonte: Resultados da pesquisa

A análise dos autovalores é usada como medida relativa entre os dois grupos estudados, se estes diferem na função em questão. Assim, os autovalores encontrados que estão mais afastados de 1 indicam que há variações entre os grupos da função discriminante. A Tabela 17 exibe o percentual de 100% para a função 1. De acordo com Fávero *et al.*, (2009), na análise entre dois grupos, a correlação canônica equivale ao coeficiente de determinação (R^2).

Tabela 17- Autovalores (Eigenvalues)

Função	Autovalor	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	10 ^a	100,0	100,0	0,357

Fonte: Resultados da pesquisa

Nota: ^a As primeiras funções discriminantes canônicas foram usadas na análise

Para examinar a significância da função é aplicado o lambda de Wilks. Dessa forma, tem-se como objetivo a rejeição da hipótese nula, visto que as médias necessitam ser divergentes para que a discriminação entre os grupos seja confirmada. Na Tabela 18 é possível observar que a hipótese nula é rejeitada.

Tabela 18- Lambda de Wilks e Qui-quadrado

Testes de Funções	Lambda de Wilks	Qui-quadrado	df	<i>p</i> -valor
1	0,104	71,215	3	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

O coeficiente apresentado como resultado na função discriminante representa a contribuição parcial da variável. A Equação 20 exibe esta função. Este coeficiente gerado, também chamado de peso discriminante, pode ser usado no entendimento da função, visto que este coeficiente gerado tem relação positiva com a eficiência.

$$Y = -3,751 + 1,36 ESC \quad (20)$$

A Tabela 19 apresenta a matriz de estrutura em que são apontadas as contribuições de cada variável para a função discriminante. A maioria das variáveis foram dispensadas da análise. Assim, as que não apresentam asterisco foram aquelas que possuíam correlações menores. A única variável que apresenta alta correlação foi escolaridade.

Tabela 19- Matriz de estrutura

Variáveis	Função 1
Escolaridade	1,000*
Índice de fonte de inovação	-0,680
Índice de introdução de inovação	0,601
Quantidade de tecnologia	0,590
Índice de inovação	0,561
Empregados	0,500
Treinamento	0,472
Produtividade 2	0,362
Produtividade 1	0,156
Produtividade 3	0,152
Cooperativa	-0,073

Fonte: Resultados da pesquisa

A hipótese sobre a variável “escolaridade” é de que um ano a mais de estudos gera efeitos positivos sobre a eficiência. Assim, de acordo com os resultados obtidos os produtores pertencentes ao Grupo 2, que tem mais anos de estudo, são mais eficientes do que os produtores do Grupo 1.

Um elevado grau de instrução aumenta a capacidade do pequeno produtor quando: i) há inserção no mercado; ii) organização; iii) utiliza e aplica tecnologia mais avançadas; iv) há negociação com possíveis compradores. Portanto, além de haver aumento da produtividade no cultivo das frutas, o maior grau de escolaridade induz o produtor a ter maior discernimento da situação da empresa, além de aumentar seu poder de negociação e concessão de contratos favoráveis (ROCHA, 2001).

Para a identificação dos resultados de classificação dos grupos é analisada a Tabela 20. Os casos da amostra utilizada foram classificados corretamente em 62,5%. Dos produtores analisados, 9 fazem parte do Grupo 1, mas 5 deveriam estar no Grupo 2. Para o Grupo 2, 11 produtores estão corretamente alocados, enquanto 7 deveriam estar no Grupo 1. Os 26 produtores restantes foram excluídos da análise porque não fazem parte de nenhum grupo.

Tabela 20- Tabela de classificação da análise discriminante para eficiência

Índice tecnologia	Classificação predita		Total	
	Grupo 1	Grupo 2		
Original	Grupo 1	9	5	14
	Grupo 2	7	11	18
	Casos não agrupados	13	13	26
Percentual (%)	Grupo 1	64,3	35,7	100
	Grupo 2	38,9	61,1	100
	Casos não agrupados	50,0	50,0	100

Fonte: Resultados da pesquisa.

Assim, para que as frutas sejam produzidas de modo competitivo, faz-se necessário o investimento e a capacidade técnica do produtor. Essas vantagens são acessíveis aos médios e grandes produtores, de forma que estes têm uma maior vantagem financeira. De acordo com Sobel (2005), a variável escolaridade é a que influi decisivamente na renda dos pequenos produtores na microrregião.

A variação de escolaridade entre os colonos é devida às mudanças nos processos utilizados para a seleção dos colonos durante o período de implantação dos perímetros irrigados, segundo os quais foi posto em destaque a escolaridade (SAMPAIO e SAMPAIO, 2004).

4.7. Análise Discriminante Para Tecnologia

Os 58 produtores agrícolas analisados foram ranqueados em torno da quantidade de tecnologia utilizada durante o ano de 2014. Assim, os agricultores foram organizados em grupos, com uso mínimo, intermediário e máximo de tecnologia de acordo com o especificado por cada fruticultor.

A análise discriminante foi aplicada com o propósito de verificar quais fatores melhor especificam o uso de tecnologia na agricultura do Perímetro Senador Nilo Coelho. De modo particular, esta técnica foi aplicada nos quartis que estão os produtores que utilizaram menos tecnologia (até uma unidade) e os que utilizaram mais tecnologia (mais de 4 unidades), divididos assim em grupo 1 e grupo 2, respectivamente.

De igual modo, é relevante destacar que nesta análise tem ausência de *outliers*, linearidade das relações e a inexistência de multicolinearidade das variáveis independentes, que de maneira semelhante são classificadas como pressupostos da análise discriminante.

Após análise foram escolhidas as variáveis que melhor se ajustaram para o uso de tecnologia. Estas variáveis foram: i) Escolaridade; ii) Índice de introdução de tecnologia; iii) Índice de inovação; iv) Treinamento de proprietário e funcionários; v) Índice fonte de tecnologia; vi) Cooperativa: se faz parte ou não de alguma cooperativa; vii) Renda: renda do proprietário durante o ano de 2014; viii) Produtividade 1: uso de insumos agrícolas; ix) Produtividade 2: mão de obra; x) Produtividade 3: uso de energia elétrica e água.

Assim, a Tabela 21 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis sociais e econômicas com maior capacidade de discriminação. Assim, pode-se observar que, em termos médios, com exceção da variável cooperativa, as demais têm diferenças expressivas. Este é um indicativo de que as variáveis podem ser boas discriminantes do acesso e aplicabilidade de tecnologia na região estudada.

Em termos médios, os produtores do Grupo 2 têm mais anos de escolaridade, com cerca de 2,74% a mais em comparação com o Grupo 1. Em relação ao índice de introdução de inovação aos produtos, processos e mudanças organizacionais na propriedade para os produtores do Grupo 2 foram de 0,54%, contra 0,09% do Grupo 1. Para o índice de inovação, os produtores do Grupo 2 desenvolveram mais inovações em comparação com o Grupo 1, com diferença de 0,37%.

Em relação ao treinamento realizado entre proprietários e colaboradores, o Grupo 1 não o realizou, enquanto o Grupo 2 recebeu capacitação e treinamentos. Para a variável fonte de informação, em relação ao aprendizado, os produtores que participam do Grupo 2 consideram o aprendizado com um alto grau de importância, com 0,72%. A variável participação de cooperativas foi, em média, igual para os dois grupos. Para a variável renda, os produtores do Grupo 2 tiveram renda em 2014 cerca de 17,5% superior ao Grupo 1. Para as produtividades, apenas a produtividade 3 teve diferença expressiva entre os grupos.

Tabela 21- Estatísticas descritivas das variáveis sociais e econômicas mais relevantes dos produtores que utilizaram mais e/ou menos tecnologia.

Variável	Grupos 1 e 2		Grupo 1		Grupo 2	
	Média	D.P*	Média	D.P*	Média	D.P*
Escolaridade	3,88	2,05	2,55	0,98	5,29	1,96
Índice de introdução de inovação	0,31	0,27	0,09	0,03	0,54	0,22
Índice de inovação	0,21	0,25	0,03	0,06	0,40	0,25
Treinamento	0,48	0,50	0,00	0,00	1,00	0,00
Índice fonte de inovação	0,41	0,33	0,12	0,05	0,72	0,16
Cooperativa	0,62	0,49	0,61	0,50	0,64	0,49
Renda	405,7	919,0	44,5	11.070,4	788,1	1.221,6
Produtividade 1	34,83	33,64	27,32	33,62	42,77	40,98
Produtividade 2	6,73	3,98	6,22	10,35	7,28	4,52
Produtividade 3	12,94	11,69	12,40	10,35	12,50	13,27

Fonte: Resultados da pesquisa

Nota: *Desvio padrão

Percebe-se então que estas constatações estão em consonância ao que Schultz (1965) afirma no sentido de que é de primeira importância o investimento para produzir uma oferta de novos fatores agrícolas, assim como seja suficientemente lucrativo para ser utilizado pelos agricultores. Veja-se então que é imprescindível que haja investimento para ascensão das competências dos licitantes destes fatores agrícolas.

Isto posto, de acordo com Corrar (2007), o teste U (Lambda de Wilks) é utilizado para avaliar se o modelo consegue separar e classificar de maneira correta os grupos. A Tabela 22 mostra os resultados deste teste. Nos três passos realizados, a significância dos lambdas foi significativa a 5%. Pode-se afirmar que há diferença entre as médias dos grupos e a função tem alta capacidade discriminante.

Tabela 22- Lambda de Wilks

Passo	Número de variáveis	Lambda	Df1	Df2	Df3	F			
						Estatística	Df1	Df2	p-valor
1	1	0,137	1	1	33	207,14	1	33	0,000
2	2	0,119	2	1	33	118,36	2	32	0,000
3	3	0,104	3	1	33	88,77	3	31	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Após a realização dos três passos, foram obtidas as variáveis que apresentaram melhores condições para discriminação. Estas variáveis foram selecionadas de acordo com o nível de significância utilizado (5%), e foram apresentadas na Tabela 23. A variável índice fonte de inovação é a que mais discrimina, seu poder de discriminar a tecnologia é superior, se comparado às demais variáveis, índice de introdução de inovação e produtividade 2. Todas tiveram p -valor de 0,000.

Tabela 23- Coeficientes para discriminação

Passo	Variável	Estatística	Df1	Df2	Df3	F			
						Estatística	Df1	Df2	p -valor
1	Índice fonte de inovação	0,137	1	1	33	207,14	1	33	0,000
2	Índice de introdução de inovação	0,119	2	1	33	118,36	2	32	0,000
3	Produtividade 2	0,104	3	1	33	88,77	3	31	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Assim, os autovalores são usados como medida relativa entre grupos, com o intuito de analisar o quão diferentes estes grupos são na função discriminante analisada. Dessa forma, quanto mais distantes de 1 forem estes autovalores encontrados, maiores serão as variações entres os grupos esclarecidos pela função discriminante. A Tabela 24 apresenta um percentual de 100% para a função 1, a única função disponível para mostrar a diferença entre os dois grupos calculados. Pode-se visualizar também a correlação canônica, que é referente à relação entre a variância dos grupos e a variação total. Como apresentado por Fávero *et al.*, (2009), quando dois grupos são analisados, a correlação canônica corresponde ao coeficiente de determinação R^2 .

Tabela 24- Autovalores (Eigenvalues)

Função	Autovalor	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	10 ^a	100,0	100,0	0,946

Fonte: Resultados da pesquisa

Nota: ^a As primeiras funções discriminantes canônicas foram usadas na análise

O teste de hipótese lambda de Wilks, de acordo com Maroco (2007), é utilizado para testar a significância das funções discriminantes. Assim, o objetivo do teste é rejeitar a hipótese

nula (H_0), dado que as médias devem ser significativamente diferentes para melhor discriminação dos grupos. A Tabela 25 apresenta este resultado, onde é possível observar a rejeição de (H_0).

Tabela 25- Lambda de Wilks e Qui-quadrado

Testes de Funções	Lambda de Wilks	Qui-quadrado	Df	p-valor
1	0,104	71,215	3	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Veja então que uma vez que dois grupos estão sendo analisados, apenas uma função discriminante foi gerada. Os coeficientes gerados na função discriminante padronizada demonstram a contribuição parcial de cada variável na função. Esta afirmação pode ser encontrada na Equação 21.

$$Y = -4,545 + 2,967III + 7,031IFI + 0,0998PROD_2 \quad (21)$$

De acordo com Maroco (2007), estes coeficientes gerados, comumente chamados de pesos discriminantes, podem ser aplicados na avaliação da influência relativa de cada variável independente para a função discriminante, posto que a compreensão destas funções a partir deles deve-se ter precaução com problemas como colinearidade. Todos os coeficientes gerados têm relação positiva com o índice de tecnologia.

A matriz de estrutura é apresentada na Tabela 26, em que é exposta a contribuição que cada variável forneceu para a função discriminante gerada, visto que retrata as correlações entre as variáveis explicativas e as funções discriminantes canônicas. As variáveis que apresentaram maiores correlações foram índice de fonte de inovação, índice de introdução de inovação e produtividade 2. É possível observar que estas foram as variáveis utilizadas no modelo final.

Tabela 26- Matriz de estrutura

Variáveis	Função 1
Índice de fonte de inovação	0,855*
Índice de inovação	0,041
Índice de introdução de inovação	0,500*
Produtividade 1	-0,266
Produtividade 2	0,113*
Produtividade 3	0,046
Renda	0,032

Fonte: Resultados da pesquisa

As variáveis que contém asterisco foram as mais importantes para a determinação da função, porque possuem correlações maiores.

A variável “produtividade 2” aponta que os produtores do Grupo 2 têm maior produtividade com mão de obra e uso de tecnologia em relação aos produtores do Grupo 1. Onde o custo com mão de obra é barato, comparativamente ao preço de outros fatores agrícolas, uma fazenda que utiliza mão de obra familiar ou apenas um trabalhador pode ser eficiente, com um trator pequeno. Contudo, se o custo com a mão de obra é mais alto, uma fazenda com as mesmas dimensões só consegue ser eficiente se utilizar dois ou mais tratores, com diferentes tamanhos e tipos (SCHULTZ, 1965).

Ao analisar a Tabela 27 pode-se identificar os resultados das classificações dos grupos a partir da amostra. Os casos da amostra foram 100% corretamente classificados em ambos os grupos estudados. A validação cruzada (*cross-validated*) é o teste de Lachembruc, em que cada caso da amostra é retirado da amostra da validação cruzada e uma nova função é gerada e aplicada sobre ele para a capacidade de classificação. Assim, houve 100% de acerto das classificações, em que 18 produtores fazem parte do Grupo 1 e 17 produtores fazem parte do Grupo 2. OS 23 produtores restantes não foram classificados, pois não fazem parte de nenhum grupo especificado.

Tabela 27- Tabela de classificação da análise discriminante

Índice tecnologia		Classificação predita		Total
		Grupo 1	Grupo 2	
Original	Grupo 1	18	0	18
	Grupo 2	0	17	17
	Casos não agrupados	16	7	23
Percentual (%)	Grupo 1	100	0	100
	Grupo 2	0	100	100
	Casos não agrupados	69,6	30,4	100

Fonte: Resultados da pesquisa.

Para que o acesso e uso de tecnologia seja alcançado por todos os produtores deve-se levar em consideração que pesquisa e desenvolvimento são necessários, pois é imprescindível adaptar os fatores agrícolas modernos, já notórios, aos produtores que não possuem acesso a este tipo de tecnologia, como o caso dos produtores menos eficientes e que possuem rendas menores.

Pode ser inferido que as dimensões de uma organização de pesquisa, que utiliza tecnologia de maneira eficiente, liquidam os métodos que tem como base um número de companhias suficiente para assegurar a competição. Assim, a base econômica das empresas privadas que lucram com retornos provenientes de atividades de P&D e as organizações que utilizam muita tecnologia e são eficientes concebem que sejam criadas entidades públicas e privadas sem finalidades lucrativas, para realizar atividades de P&D, conseguindo suprir as tecnologias avançadas que certos produtores não conseguem ter acesso.

Isto posto, habitualmente, o aprendizado tem notável influência onde os fatores de produção possuem técnicas superiores, e é pilar essencial no crescimento agrícola. Esta afirmação influencia também no fato de que a fonte de crescimento não se limita à utilização somente de um novo fator, mas também é necessário que esta utilização obtenha sucesso em sua aplicação, dada a composição dos fatores agrícolas. Porquanto o processo de adaptação é extenso e contínuo.

Veja então que, embora as especializações agrícolas sejam escassas para os produtores menores, é necessário que haja investimentos no pessoal do campo. Entretanto, este tipo de investimento se torna oneroso e possui diversas dificuldades. Isto pôde ser comprovado nos produtores que possuem menos tecnologia e menores rendas. A compreensão do pequeno produtor deve ser alcançada de forma que o trabalho agrícola, fundamentado nos fatores de

produção, é um posto especializado. Porém, alguns ideais são baseados em fatores culturais de que o trabalho no campo deve ser essencialmente manual.

Extensivamente a este processo, a instrução dos proprietários rurais auxiliaria nas estatísticas nacionais sobre alfabetização. Ligado a isto estão outros investimentos nas zonas rurais, como políticas públicas que amparem o crescimento e desenvolvimento desta parte populacional.

Outrossim, em condições de competitividade, à medida de que os produtores adotam e utilizam os fatores agrícolas avançados em tecnologia, gradativamente as atividades agrícolas estão sendo realizadas por proprietários presentes nas terras, em detrimento dos arrendatários ou proprietários que são ausentes.

Desta maneira o crescimento econômico procedente do setor agrícola de um país em desenvolvimento depende essencialmente da disponibilidade e dos preços dos fatores agrícolas. Assim, os detentores destes fatores possuem a capacidade de produzir conhecimento. Quando este conhecimento é produzido e distribuído a preço baixo, o investimento na agricultura se torna lucrativo, fazendo com que haja maior aceitação dos agricultores tradicionais frente as novas tecnologias. Esta situação afeta também no aumento da poupança e desenvolvimento de instituições destinadas a fornecer financiamentos nos fatores agrícolas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fruticultura irrigada no Submédio do São Francisco figura um dos maiores centros produtivos rurais brasileiros. Esta afirmação se justifica, principalmente, na produção de uva e manga, que abastecem o mercado interno e externo, gerando divisas para o país.

Neste contexto, este trabalho procurou dimensionar o nível de eficiência dos fruticultores, bem como delimitar os determinantes. Uma análise discriminante foi escolhida para identificar quais seriam os determinantes que descreveriam a tecnologia utilizada na região. Ou seja, quais fatores seriam importantes para o alcance da máxima eficiência técnica e o aproveitamento dos fatores de produção. Em consonância, foram averiguados os efeitos da ineficiência nestas unidades produtivas e na região, em que são prejudicadas as gerações de renda, empregos e tributação.

Dessa forma, o foco do trabalho foi avaliar o desempenho destes fruticultores, durante a fase produtiva, bem como a análise da tecnologia e inovações utilizadas por cada DMU, que em conjunto, estes dois focos de análise, aumentam a produtividade. São sugeridas assim

alternativas que melhoram o desempenho, combinado com a busca pela máxima eficiência e uso intensivo de tecnologia que tornam os produtores competitivos. Estas informações auxiliam as firmas em períodos de *déficit*.

Isto posto, com o objetivo de descrever o problema de pesquisa exposto, foram utilizadas metodologias paramétricas e não paramétricas, além projetar as unidades produtivas ineficientes para a fronteira de produção. Para isto foi utilizada como base uma amostra de 58 produtores de frutas, que realizam o plantio de manga, uva, banana, coco, goiaba, acerola e maracujá.

O primeiro procedimento realizado foi a análise descritiva dos dados, em que são apresentadas as variáveis sociais dos produtores. A partir da análise descritiva pode-se concluir que a média de idade destes produtores é de 51 anos, com prevalência, ainda que mínima diferença, de pequeno produtor, a renda média dos produtores é de R\$ 339.684,60 e quantidade média de tecnologia utilizada de duas unidades.

Assim, após o referido processo inicial, foi feita a mensuração da eficiência técnica dos produtores por meio do método DEA, através de orientação produto, com duas pressuposições de retorno. Sob o pressuposto de retornos constantes à escala, observou-se que 7 dos 58 produtores apresentaram máxima eficiência técnica, com nível médio de eficiência de 0,654. Dada a heterogeneidade das unidades produtivas, a distribuição das eficiências se deu de forma variável.

Para a análise dos produtores que são *benchmarks*, foi observada que dos 18 produtores eficientes, 14 foram considerados *benchmarks* para pelo menos 1 produtor ineficiente. Em relação a ganhos de fronteiras, após correções de ineficiência, os produtores podem ter um acréscimo de R\$ 112.038,21 na renda, quando são comparadas as rendas atuais e as projetadas, isto é, 17% de acréscimo.

Por sua vez, a análise das produtividades mostrou que os produtores que utilizam mais tecnologia apresentam maior média de produtividade dos insumos agrícolas, em que há redução dos custos marginais. Em relação a produtividade da água e energia elétrica, os produtores menos eficientes são os mais produtivos. Esta afirmação baseia-se na teoria de que estes custos não limitam na disponibilidade, qualidade e custo produtivo, visto que há relação com o fato de que a área irrigada é menor, e, assim, são utilizados menos metros cúbicos de água e quilowatt (Kw) de energia.

Nesses termos, foram realizadas as análises discriminantes, que consistem em uma técnica estatística que auxilia na identificação das variáveis que diferenciam os grupos analisados.

De igual modo, é possível identificar também quais variáveis são necessárias para atingir a melhor classificação dos grupos. Assim, as observações foram divididas em dois grupos, os produtores que mais utilizavam tecnologia e aqueles que utilizavam menos. Foi possível observar que as variáveis Índice de fonte de inovação, Índice de introdução de inovação e Produtividade 2 foram os responsáveis pela diferenciação dos fruticultores. As observações também discriminaram a eficiência em que os produtores foram divididos entre os mais eficientes e menos eficientes. A única variável que diferenciou os produtores foi escolaridade.

Assim, a combinação dos resultados proporciona aos fruticultores perspectivas positivas. Inicialmente os produtores podem aumentar sua produção, com correção das ineficiências. Essas correções aumentam também a renda bruta. Em segundo lugar são expostos os condicionantes de aumento de eficiência produtiva, como o caso dos pequenos produtores. Além da importância do setor fruticultor na economia, é percebido a geração de renda para os habitantes do perímetro, visto que são contratados trabalhadores rurais, bem como o pagamento de impostos.

Por fim, este estudo apresentou uma perspectiva da eficiência técnica dos produtores de Petrolina, apontando seus principais determinantes e as possíveis melhores tentativas para reduzir os custos. Nesses termos, foram identificadas também as variáveis que separam os grupos dos produtores usuários de tecnologia na agricultura. Estas informações deveriam ser consideradas pelos empresários e formuladores de políticas públicas, visto que as soluções destes problemas são importantes para o desenvolvimento do setor e do país. Estas políticas públicas englobam incentivos financeiros, assistência técnica, extensão rural e comercialização da produção.

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se expandir os anos de análise para o Vale do Submédio do São Francisco, para que seja investigado se os resultados obtidos melhoraram a renda do produtor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIKENS, M. T.; HAVENS, A. E.; FLINN, W. L. **The adoption of innovations:** The neglected role of institutional constraints (Mimeograph). Columbus: The Ohio State University, Department of Rural Sociology, 1975.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL (BNB). **Polos de desenvolvimento integrado.** Polo Petrolina/Juazeiro – Localização. Disponível em: <http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/Polos_Desenvolvimento/Polo_Petrolina_Juazeiro/gerados/polo_petrojua_localizacao.asp>. Acesso em: 22 mai. 2019.

BARBOSA, G. dos S.; FERREIRA, M de O.; LIMA, J. R. F. de. **Fruticultura e inovação:** hierarquização dos produtores do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, Petrolina, PE. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 54., 2016, Maceió. Desenvolvimento, território e biodiversidade. Maceió: UFAL: SOBER, 2016.

BARROS, E. de S.; COSTA, E. de F.; SAMPAIO, Y. **Análise de eficiência das empresas agrícolas do pólo Petrolina/Juazeiro utilizando a fronteira paramétrica.** Translog. Rev. Econ. Sociol. Rural, Brasília, v. 42, n. 4, p. 597-614, 2004.

BORENSTEIN, D. BECKER, J. L.; PRADO, V. J. **Measuring the efficiency of Brazilian post office stores using data envelopment analysis.** International Journal of Operations & Production Management, v. 24, n. 10, p. 1055-1078, 2004.

BOWLIN, W. F. **Measuring performance: an introduction to data envelopment analysis (DEA).** Journal of accounting and public policy [S.I.], v. 18, p. 287 – 310, 1999.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics using stata,** 2009.

CASIMIRO, L. M. C. de. **Seca:** momento para repensar a pobreza do Nordeste. Fortaleza: IEL-Núcleo Regional do Ceará, 1984, 64p.

CASSIOLATO, J. E.; CAMPOS, R. R.; STALLIVIERI, F. **Processos de Aprendizagem e Inovação em Setores Tradicionais:** Os Arranjos Produtivos Locais de Confeções no Brasil. **Revista Economia,** Brasília (DF), v.7, nº 3, p. 477–502,set/dez 2007.

CHAMBERS, R. G. **Applied production analysis:** a dual approach. Cambridge University Press, 1988.

CHARNES, A., COOPER, W.W., RHODES, E. **Measuring the efficiency of decision making units.** European Journal of Operational Research, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

COCHRAN, W. G. **Sampling Techniques.** 3ª ed, 1977, 428 p. Disponível em: <http://ruangbacafmipa.staff.ub.ac.id/files/2012/02/William_G_Cochran_Sampling_Techniques_Third_EdBookFi.org_.pdf> Acesso em: 30 mai 2019.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba. Disponível em: <<http://www2.codevasf.gov.br>>. Acesso em 18 dez 2019.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Kluwer Academic, Boston, 2005.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software**. Springer Science & Business Media, 2000.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. **Análise Multivariada: para os cursos de Administração, Ciência Contábeis e Economia**. São Paulo: Atlas, 2007.

DALBERTO, C.R.; ERVILHA, G.T.; BOHN, L.; GOMES, A.P. **Índice de desenvolvimento humano eficiente: uma mensuração alternativa do bem-estar das nações**. ANPEC/SUL. Curitiba, 2013.

DANIEL, L. P. **Eficiência na oferta de serviços públicos de saúde nos municípios do estado de Mato Grosso**. [s.l.] Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Viçosa (UFV-MG), 2011.

DINC – Distrito de Irrigação Nilo Coelho. Home Page. Disponível em: <<http://www.dinc.org.br/>>. Acesso em: 16 dez 2019.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Embrapa Semiárido. Dados Meteorológicos. Disponível em: <<http://www.cpatas.embrapa.br:8080/index.php?op=dadosmet>>. Acesso em: 27 jan. 2020.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data>>. Acesso em: 05 dez. 2019.

FARRELL, M. J. **The Measurement of Productive Efficiency**. *Journal of the Royal Statistical Society*. Series A [S.I], v. 3, n. 120, p. 253-290, 1957.

FÁVERO, L. P. L.; BELFIORE, P. P.; SILVA, F. L. da; CHAN, B. L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. [S.l: s.n.], 2009.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. Editora UFV, Viçosa, 2009.

FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance – lesson from Japan**. London: Frances Pinter, 1987.

FRIZZONE, J. A.; **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência**. Piracicaba ESALQ-Dpto. De Engenharia Rural, 53p, 1992.

FURTADO, C. **Orientação da economia do Nordeste**. Rio de Janeiro: Confederação Nacional da Indústria, 1959. 19 p. Trabalho apresentado no Seminário para o Desenvolvimento do Nordeste, Garanhuns, 1959.

GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. **A agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas**. 288P Brasília, DF: IPEA, 2010.

- GOMES, A. P.; BAPTISTA, A. J. M. S. **Análise Envoltória de Dados**. In: SANTOS, M. L., VIEIRA, W.C., (ed.) Métodos Quantitativos em Economia. Viçosa, MG: UFV, p. 121-160. 2004.
- GREENE, W. H. **Econometric analysis**. Pearson Education India, 2003.
- HAIR JR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C.; BALBIN, B. J. **Análise Multivariada de Dados**. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009, 688p.
- HOPPER, W. D. **Allocation Efficiency in a Traditional Indian Agriculture**. Journal of Farm Economics, vol. 47, no. 3, pp. 611–624, 1965.
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografias e Estatísticas. Home Page. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 16 mai 2019.
- IBGE/PINTEC. **Pesquisa de Inovação 2011**. Rio de Janeiro, p.1-227, 2013.
- JEHLE, G. A.; RENY, P. J. **Advanced microeconomic theory**. 3rd ed. Harlow: Prentice-Hall, 2011.
- KOOPMANS, T. C. **An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities**. ed. Activity Analysis of Production and Allocation, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph No.13. New York: Johon Wiley and Sons, Inc. 1951.
- KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 12ª reimpressão, 2002, 640 p.
- LASTRES, H. M. M.; CASSIOLATO, J. E. **Glossário de arranjos e sistemas produtivos e inovativos locais**. Redesist/UFRJ, 2003.
- 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, Fortaleza, v. 32, n. especial p. 611-632, nov. 2001.
- LINS, M. P. E.; MEZA, L. A. **Análise Envoltória de Dados e Perspectivas de Integração no Ambiente do Apoio e à Decisão**. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ, 2000.
- MARINHO, A. **Avaliação da eficiência técnica nos serviços de saúde nos municípios do Estado do Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Economia. v. 57, n. 3, 2003.
- MAROCO, J. **Análise Estatística com a utilização do SPSS**. 3ª Ed. Silabo, Portugal: Lisboa, 2007, 822p.
- MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
- MOREIRA FILHO, J, de C.; COELHO, J.; ROCHA, A. B. da. **Aspectos produtivos da agropecuária do Nordeste**. In: BRASIL. Ministério do Interior. SUDENE. Aspectos gerais da agropecuária do Nordeste. Recife, v. 3, SUDENE, 1985. P. 13-68 (Série Projeto Nordeste, 3).

NICHOLSON, W.; CHRISTOPHER, S. **Microeconomic theory: basic principles and extensions**. Cengage Learning, 2011.

NÓBREGA, D. M. **Análise discriminante utilizando o software SPSS**. Monografia (Bacharelado em Estatística) - Universidade Estadual da Paraíba, CAMPO GRANDE, 54 p. 2010.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **The knowledge-creating company**. How Japanese companies create the dynamics of innovation. Oxford: Oxford University Press, 1995.

OLIVEIRA, A. C.; SOUZA, H. R.; VERGOLINO, J. R.; GALVÃO, O. A.; MELO A. **Impactos Econômicos da Irrigação Sobre o Pólo Petrolina/Juazeiro**. Ed.Universitária, Recife. 1991.

ORTEGA, A. C.; 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.

PROITE, A.; SOUZA, M. C. S. **Eficiência técnica, economias de escala, estrutura da propriedade e tipo de gestão no sistema hospitalar brasileiro**. 32º ANPEC, 2004.

ROCHA, R. M. **Um exame dos determinantes da coordenação vertical na agroindústria do Nordeste: o caso do polo de irrigação Petrolina-Juazeiro**. Monografia (Graduação), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, 2001.

SANTOS, M. L.; LÍRIO, V. S.; VIEIRA, W. C. **Microeconomia Aplicada**. Suprema, 2009.

SCHINAIDER, C. M.; VIANA, I. M. da S.; GOMES, A. P.; LIMA, J. R. F. de. **Cooperativismo e eficiência na fruticultura irrigada no Submédio do São Francisco**. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL DO REGIONAL NORDESTE, Juazeiro/BA, 2018.

Novas dinâmicas de desenvolvimento do Semiárido: anais. Juazeiro: UNIVASF: SOBERNE, 2018.

SCHULTZ, T. **A transformação da agricultura tradicional**. Rio de Janeiro, Zahar, 1965.

SCRCSSP. State Service Provision. Data Envelopment Analysis. **A technique for Measuring the Efficiency of Government Service Delivery**. STEERING COMMITTEE FOR THE REVIEW OF COMMONWEALTH. Melbourne, 1997.

SHARMA, S. **Proactive environmental responsiveness: catalysts for changing organizational paradigms and organizational capabilities**. BPS, ONE and SIM. Academy os Management Annual Meetings, Cincinnati, OH, 1996.

SILVA, P. C. G. da; MOURA, M. S. B. de; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. de L.; PEREIRA, L. A.; SA, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. de C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARÃES FILHO, C. **Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos**. In: SA, I.

B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). *Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação*. Petrolina: Embrapa Semiárido, capo 1, p. 18-48. 2010.

SIMAR, L.; WILSON, P. **Estimation and Inference in Two-stage, Semi-parametric Models of Production Processes**. *Journal of Econometrics*, v. 136, p. 31-64, 2007.

SOBEL, T. F. Determinantes da renda no submédio do vale do São Francisco. **Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural – Sober**, 48., 2005, Ribeirão Preto, SP. **Anais**. Brasília: SOBER, 2005.

SOUSA, M. C. S.; STOSIC, B. Jackstrapping. **DEA Scores for Robust Efficiency Measurement**. XX Encontro Nacional de Econometria (SBE). **Anais**. Porto Seguro, 2003.

SOUZA, U. R.; BRAGA, M. J.; FERREIRA, M. A. M. **Fatores associados à eficiência técnica e de escala das cooperativas agropecuárias paranaenses**. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 49, n. 3, p. 573-597, 2011.

TOBIN, J. **Estimation of relationships for limited dependent variables**. *Econometrica* v. 26, n. 1, p. 24-36, 1958.

TRIGO, E.; CHUDNOVSKY, D.; CAP, E; LÓPEZ, A. **Genetically modified crops in Argentine agriculture: na open ended story**. Buenos Aires: Libros del Zorzal, 122p. 2002.

VARIAN, H. R. **Microeconomic analysis**. Norton & Company, 1992.

VERGOLINO, T.; VERGOLINO, J. R. **Relações de Trabalho e Condições de Vida dos Trabalhadores na Agricultura Irrigada do Submédio do São Francisco**. Relatório de Pesquisa, PIMES/UFPE, 1987.

VIEIRA FILHO, J. E. R., CAMPOS, A. C. e FERREIRA, C. M. C. **Abordagem alternativa do crescimento agrícola: um modelo de dinâmica evolucionária**. *Revista Brasileira de Inovação*, Campinas, v. 4, n. 2, p. 425-476, jul./dez, 2005.

WILSON, P. W. **FEAR. 2.0: A Software Package for Frontier Efficiency Analysis with R**. Socio-Economic Planning Sciences. Clemson, 2008.