

Eficiência técnica e de escala dos produtores rurais beneficiários e não beneficiários do Programa Nacional de Alimentação Escolar nos Sertões cearenses

Recebimento dos originais: 06/05/2020
Aceitação para publicação: 08/05/2021

Eliane Pinheiro de Sousa

Pós-Doutora em Economia Aplicada pela Universidade de São Paulo (ESALQ/USP)
Professora Associada Universidade Regional do Cariri (URCA) – Programa de Pós-Graduação em Economia Regional e Urbana
Bolsista de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e à Inovação Tecnológica (BPI) da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP).

Instituição: Universidade Regional do Cariri - URCA
Endereço: Av. José Horácio Pequeno, n. 214, Apto: 302, Novo Lameiro, Crato – CE, CEP: 63111-014
E-mail: pinheiroeliane@hotmail.com

Renata Benício de Oliveira

Mestranda em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.
Endereço: Rua Teopisto Abath, n. 247, Pinto Madeira, Crato – CE, CEP: 63101-240
E-mail: renatabenicio086@gmail.com

Francisco Diego Guedes Ferreira

Economista pela Universidade Regional do Cariri (URCA).
Instituição: Universidade Regional do Cariri - URCA
Endereço: Rua da Paz, n.490, Pirajá, Juazeiro do Norte – CE, CEP: 63034-240
E-mail: fdiegogf@hotmail.com

Resumo

A utilização de políticas públicas direcionadas à população rural, como é o caso do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), fomenta o desenvolvimento local. Nesse contexto, o artigo se propõe mensurar os escores de eficiência técnica e de escala dos produtores rurais que participam e não participam do PNAE na mesorregião cearense de Sertões, representada neste estudo pelos municípios de Arneiroz e Senador Pompeu. Para tanto, adotou-se o método de Análise Envoltória de Dados (DEA). Os resultados revelam que, em média, os produtores rurais que fornecem os gêneros alimentícios para a merenda escolar são mais eficientes do que aqueles que não participam do PNAE. Portanto, o PNAE contribui para a eficiência técnica e de escala dos agricultores.

Palavras-chave: Agricultura familiar. Eficiência. PNAE.

1. Introdução

É de conhecimento público que a agricultura familiar enfrenta diversos problemas, que dificultam, e em alguns casos inviabilizam, seu desenvolvimento ou mesmo sua manutenção.

A esse respeito, Aroucha (2012) explica que esse segmento do setor agrícola é bastante vulnerável às mudanças climáticas, o que afeta, consideravelmente, a ampliação e a regularidade de oferta de gêneros alimentícios para o atendimento das demandas, inclusive do mercado institucional da alimentação escolar, sobretudo, porque a maioria não dispõe de recursos próprios para investir em infraestrutura e equipamentos capazes de desenvolver em maior escala os cultivos vegetais e aquícolas e os criatórios, os beneficiamentos, as embalagens, os armazenamentos e os transportes, bem como as demais etapas necessárias para a expansão da oferta de produtos de boa qualidade. Além disso, existem outras barreiras, também relacionadas à falta de recursos, como a impossibilidade de contratar serviços de consultorias para a obtenção de certificação de seus gêneros alimentícios.

Nesse contexto, a utilização de políticas públicas direcionadas à população rural, como é o caso do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), fomenta o desenvolvimento local, uma vez que esse tipo de política afeta várias esferas, em função de seus efeitos multiplicadores. O Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE, 2017) explica que o PNAE, criado em 1979, tem como objetivo suprir as necessidades nutricionais dos estudantes da rede pública de ensino, a partir da transferência de recursos do governo federal para os estados, o Distrito Federal e os municípios, de maneira complementar. Desde 2009, o Programa passou a conciliar tal meta com o desenvolvimento rural, ao determinar que, no mínimo, 30% dos produtos adquiridos para a merenda escolar devem ser oriundos dos agricultores familiares locais. O Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA, 2011) acrescenta que o planejamento do Programa é baseado, entre outros elementos, na produção agrícola da região. Dessa forma, a escolha do cardápio a ser implantado nas escolas considera a diversificação produtiva do município, a cultura alimentar local e a sazonalidade da produção proveniente da agricultura familiar.

De acordo com Malaguti (2015), ao criar um novo mercado para os pequenos produtores, o PNAE contribui de forma expressiva para o desenvolvimento rural, tendo em vista que este promove a inclusão produtiva, induz e potencializa a afirmação da identidade do agricultor, reduz a pobreza e a insegurança alimentar no campo, fortalece e valoriza a produção familiar, além de auxiliar na sua evolução social e econômica. Consequentemente, há manutenção e geração de emprego no meio rural, evitando o êxodo para os centros urbanos. Ademais, segundo o MDA (2011), outras repercussões geradas pelo Programa são: aumento do dinamismo na economia local e desconcentração da renda regional, uma vez que há uma elevação na parcela da renda circulante entre os agricultores, permanecendo, assim, dentro do município; estímulo ao consumo de produtos orgânicos na alimentação escolar, ao

expandir um modo de produção de menor impacto ambiental e mais saudável; e segurança e garantia de comercialização para o mercado institucional.

Assim, infere-se que o PNAE se configura como uma ferramenta de incentivo aos gestores municipais para a aquisição de gêneros alimentícios dos produtores locais, colaborando, conseqüentemente, para o desenvolvimento agrícola da região e para a integração do agricultor familiar com o sistema educacional (PEIXINHO, 2011). Todavia, dadas as dificuldades enfrentadas pelos produtores rurais, torna-se importante saber se estes estão ou não utilizando seus recursos, que são escassos, de modo eficiente e se estão operando com escala de produção adequada.

Mariano e Pinheiro (2009) enfatizam que essa análise permite verificar se a alocação destes está sendo apropriada e em que medida é possível melhorá-la, com o intuito de otimizar a produção. Nesse sentido, Fernandes e Pascual (2015) destacam que, ao se estudar a eficiência, admite-se duas possibilidades: a redução dos insumos empregados mantendo-se o nível de produção vigente ou a elevação da quantidade produzida conservando-se o mesmo número de insumos usados no período.

O conhecimento a respeito da eficiência é importante para os gestores de empresas agrícolas, pois reflete a qualidade das operações diárias no uso de insumos e produtos e pode auxiliá-los na tomada de decisões. Os formuladores de políticas também podem se beneficiar de tais informações, porque podem utilizá-las para comparar o desempenho do setor agrícola antes e depois de qualquer mudança regulatória e, conseqüentemente, podem avaliar se as alterações foram benéficas ou não para o setor agrícola (KOČIŠOVÁ, 2015). Nakao *et al.* (2020) reiteram que a análise da eficiência de unidades produtivas agrícolas contribui para fins estratégicos e para o planejamento e tomada de decisão, com o intuito de aperfeiçoar o seu desempenho atual.

Dada a relevância de se conhecer o grau de eficiência das unidades produtivas agrícolas, e considerando que o PNAE é uma fonte importante de renda, cuja parcela tende a ser dispendida pelos agricultores em sua produção, torna-se fundamental mensurar a eficiência dos produtores rurais que participam e não participam do PNAE com o intuito de verificar se tal programa contribui para a eficiência desse público.

De acordo com o FNDE (2016), em nível estadual, o PNAE abrangeu quase 100% dos municípios cearenses, sendo, portanto, importante a realização de estudo nesse Estado. Considerando que a identificação e correção de ineficiências em locais cuja população é mais vulnerável deve ser priorizada, das sete mesorregiões pertencentes ao Ceará, optou-se pela mesorregião dos Sertões. Segundo Ferreira *et al.* (2006), essa área é caracterizada pela

escassez de água e pela baixa produtividade, além de concentrar a maior parcela da população pobre do estado. Para representar essa mesorregião, consideraram-se os municípios de Arneiroz e Senador Pompeu, que se destacaram com os maiores percentuais (59,60% e 60,47%, respectivamente) de recursos investidos na aquisição de gêneros alimentícios provenientes da agricultura familiar.

Em face dessas considerações, este estudo tem como objetivo mensurar os escores de eficiência técnica e de escala dos produtores rurais que participam e não participam do PNAE na mesorregião cearense de Sertões. De forma específica, identificar os tipos de rendimentos de escala desses agricultores, bem como comparar os níveis de eficiência entre os beneficiários e não beneficiários do PNAE.

2. Referencial Teórico e Revisão de Literatura

A eficiência de uma unidade produtiva é aferida por meio da comparação entre os valores observados e os valores possíveis de seus produtos (*outputs*) e recursos (*inputs*). Esta comparação pode ser feita mediante à razão entre a produção observada e a produção potencial máxima alcançável, dados os recursos disponíveis, ou pela razão entre a quantidade mínima necessária de recursos e a quantidade efetivamente empregada, dada a quantidade de produtos gerados (GOMES; MANGABEIRA; MELLO, 2005).

Segundo Gomes e Baptista (2004), a eficiência econômica total é formada pela combinação da eficiência técnica, que ocorre quando se obtém o máximo produto a partir de um conjunto de insumos, e da eficiência alocativa, que se refere à utilização dos insumos em proporções ótimas, dados seus preços relativos. Essas medidas de eficiência podem ser precedidas por duas orientações radiais: orientação insumo, que se embasa na redução de insumos, e orientação produto, que considera o aumento do produto. Neste estudo, utilizou-se a orientação produto.

Para Ferreira e Gomes (2009), a eficiência técnica pode ser constituída por duas formas de eficiência: a pura eficiência e a eficiência de escala, que se refere ao quociente entre os escores de eficiência técnica com retornos constantes e com retornos variáveis.

Na literatura, a eficiência de unidades produtivas agrícolas tem sido objeto de estudo em diferentes espaços, como nos municípios da Romênia em 2002 e 2010, considerando uma distribuição de três grupos baseados em características geográficas, como áreas de planície, colina e montanha (TOMA *et al.*, 2015); nos países da União Europeia durante o período de 2007 a 2011 (KOČIŠOVÁ, 2015); com produtores de milho no estado de Kano no noroeste

da Nigéria durante o período de cultivo de 2013 a 2014 (MUKHTAR *et al.*, 2018); com uma amostra de agricultores localizados em cinco províncias da Turquia durante a temporada de produção agrícola de 2014 a 2015 (GUNES; GULDAL, 2019); e com 14 cooperativas agrícolas familiares no Brasil e 14 na Espanha em 2015 (SILVA *et al.*, 2020).

No Brasil, pode-se destacar o projeto de irrigação do Baixo Açu no Rio Grande do Norte, cuja pesquisa de campo foi realizada em 2002 (MARIANO; PINHEIRO, 2009); na Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco e Minas Gerais, que foram os cinco estados onde o Programa Cédula da Terra foi implementado em 2000, porém a pesquisa foi realizada em 2003 (MAGALHÃES *et al.*, 2011); nas microrregiões mineiras, considerando como período de referência os anos de 2005 e 2006 (MOTTER; SILVEIRA, 2012); com produtores rurais beneficiários e não beneficiários do Programa Bolsa Família, entrevistados em 2011/2012, no município cearense de Sobral (SOUSA; BENEVIDES; TABOSA, 2014); com agricultores agroecológicos e não agroecológicos da região sul do Rio Grande do Sul entrevistados em 2001/2002 (FERNANDES; PASCUAL, 2015); nos Estados brasileiros participantes (18 Estados) do Programa de Aquisição Alimentar (PAA) em 2011 para a modalidade compra com doação simultânea (MORAES; RAMBO; SABBAG, 2016); nos territórios paulistas de Andradina e Noroeste que participaram do PAA, utilizando dados para 2012 (CARVALHO *et al.*, 2016); nas microrregiões brasileiras (OLIVEIRA NETO, 2018); em estabelecimentos rurais do Mato Grosso do Sul no período de 2009 a 2010 (REIS; MOREIRA; VILPOUX, 2018); nas principais regiões brasileiras produtoras de leite, como Colorado do Oeste e Ouro Preto do Oeste, em Rondônia; Angicos e Caicó, no Rio Grande do Norte; Bambuí, Patos de Minas e Unaí, em Minas Gerais; Orizona e Itapuranga, em Goiás; Itapiranga e Rio do Sul, em Santa Catarina; e Ijuí e Teutônia, no Rio Grande do Sul, no período de 2008 a 2015 (PERES, 2018); em Goiânia (FERRAZ *et al.*, 2019); e com produtores de batata doce da região paulista de Presidente Prudente, cuja pesquisa de campo foi realizada em 2018 (NAKAO *et al.*, 2020).

Dentre esses estudos, somente Magalhães *et al.* (2011); Sousa, Benevides e Tabosa (2014); Moraes, Rambo e Sabbag (2016); e Oliveira Neto (2018) contemplaram o estado do Ceará. Em termos de políticas públicas, a eficiência do Programa de Reforma Agrária de Mercado, denominado Programa Cédula da Terra, foi tratada por Magalhães *et al.* (2011); do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) por Motter e Silveira (2012); do Programa Bolsa Família por Sousa, Benevides e Tabosa (2014); do Programa de Aquisição Alimentar (PAA) por Moraes, Rambo e Sabbag (2016) e Carvalho *et al.* (2016); e do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) por Ferraz *et al.* (2019),

que analisaram se os produtos oferecidos pelos produtores rurais são eficientes em relação ao preço médio e à quantidade ofertada de produtos semielaborados ou elaborados, ou seja, consideraram uma abordagem diferente do presente estudo.

No tocante aos métodos analíticos utilizados para se mensurar a eficiência de unidades produtivas agrícolas, Mariano e Pinheiro (2009); Motter e Silveira (2012); Sousa, Benevides e Tabosa (2014); Kočišová (2015); Toma *et al.* (2015); Moraes, Rambo e Sabbag (2016); Mukhtar *et al.* (2018); Ferraz *et al.* (2019); Gunes e Guldal (2019); Nakao *et al.* (2020) e Silva *et al.* (2020) aplicaram o *Data Envelopment Analysis* (DEA). Mariano e Pinheiro (2009) utilizaram também o *Free Disposal Hull* (FDH). Magalhães *et al.* (2011); Fernandes e Pascual (2015); e Reis, Moreira, Vilpoux (2018) empregaram a fronteira estocástica de produção (SFA). Além dessas técnicas, Oliveira Neto (2018) adotou a regressão quantílica sob o enfoque bayesiano.

3. Metodologia

3.1. Área de estudo

Das sete mesorregiões do estado do Ceará, este estudo focou nos Sertões, mais precisamente nos municípios de Arneiroz e Senador Pompeu, ilustrados na Figura 1.

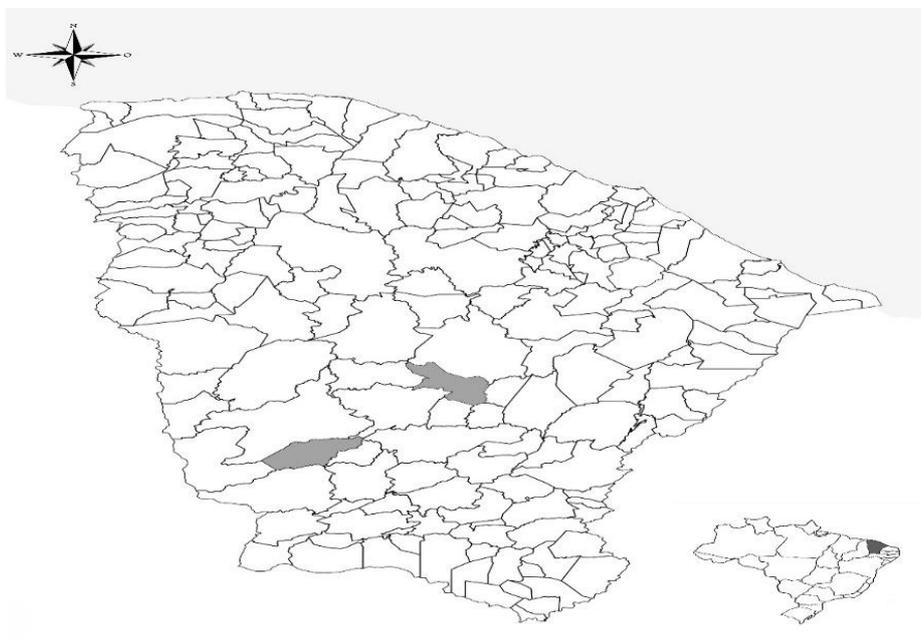


Figura 1: Localização dos municípios de Arneiroz e Senador Pompeu, que compõem a área de estudo deste trabalho

Fonte: Adaptado de IBGE Mapas (2020).

Essa mesorregião é constituída por quatro microrregiões (Sertão de Crateús, de Quixeramobim, de Inhamuns e de Senador Pompeu) e por 30 municípios (Senador Pompeu, Arneiroz, Aiuaba, Novo Oriente, Saboeiro, Mombaça, Ipaporanga, Piquet Carneiro, Quixeramobim, Deputado Irapuan Pinheiro, Quiterianópolis, Catarina, Choró, Tauá, Pedra Branca, Monsenhor Tabosa, Milhã, Crateús, Solonópole, Parambu, Tamboril, Aarendá, Nova Russas, Banabuiú, Independência, Madalena, Acopiara, Quixadá, Boa Viagem e Ibaretama), sendo que, segundo o FNDE (2016), 18 deles (Senador Pompeu, Arneiroz, Aiuana, Novo Oriente, Saboeiro, Mombaça, Ipaporanga, Piquet Carneiro, Quixeramobim, Deputado Irapuan Pinheiro, Quiterianópolis, Catarina, Choró, Tauá, Pedra Branca, Monsenhor Tabosa, Milhã e Crateús) tiveram o percentual de pelo menos 30% dos valores investidos na aquisição de gêneros alimentícios diretamente da agricultura familiar para o PNAE, cumprindo a exigência estabelecida pela Lei nº 11.947/09. Desses 18 municípios que atendem esse percentual, Senador Pompeu e Arneiroz foram escolhidos neste artigo por se destacarem com os maiores percentuais investidos na aquisição de alimentos diretamente da agricultura familiar para o PNAE, com, respectivamente, 60,47% e 59,60%.

3.2. Natureza dos dados e tamanho da amostra

Os dados utilizados neste estudo são de natureza primária, obtidos por meio da aplicação de questionário, inspirado a partir dos estudos desenvolvidos por Oliveira, Batalha e Pettan (2017) e Elias *et al.* (2019), com agricultores familiares beneficiários do PNAE. Para possibilitar a operacionalização do método analítico, o questionário contemplou perguntas a respeito do preço e da quantidade dos produtos agrícolas produzidos, a receita auferida pelo produtor rural e os custos médios mensais com insumos agrícolas (sementes, defensivos agrícolas, fertilizantes e adubo orgânico) e com mão de obra (permanente e temporária).

A pesquisa de campo foi realizada durante os meses de março a maio de 2019 diretamente com uma amostra de produtores rurais beneficiários e não beneficiários do PNAE, nos municípios cearenses de Arneiroz e Senador Pompeu. Os dados são referentes a 2018. A aplicação dos questionários com os agricultores foi iniciada após o cumprimento de todos os trâmites e aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa sob CAAE 88738318.5.0000.5055 e contou com o apoio financeiro da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP).

Ademais, este estudo utilizou também dados secundários provenientes de artigos publicados em revistas nacionais e internacionais, Anais de eventos científicos, e **Custos e @gronegocio on line** - v. 17, n. 1, Jan/Mar - 2021. www.custoseagronegocioonline.com.br

Dissertações, a fim de comparar os resultados encontrados para os produtores familiares da área de estudo considerada em relação àqueles que residem em outros locais, permitindo verificar semelhanças e diferenças; assim como dados colhidos de órgãos nacionais, como Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) e Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), no caso da verificação dos percentuais de participação do PNAE; e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em que foram coletados dados a respeito dos municípios considerados neste estudo; e órgãos municipais, como Secretaria Municipal de Educação de Arneiroz e Cooperativa Agropecuária de Senador Pompeu, que forneceram os dados referentes ao número de agricultores participantes do PNAE em seus respectivos municípios.

Para determinação da amostra, empregou-se a fórmula (1), proposta por Triola (2013), para populações finitas por meio da amostragem aleatória simples:

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{d^2 \cdot (N - 1) + z^2 \cdot p \cdot q} \quad (1), \text{ em que } n \text{ se refere ao tamanho da amostra; } z, \text{ abscissa da normal}$$

padrão; p , estimativa da proporção da característica pesquisada no universo; $q = 1 - p$; N , número total de beneficiários do PNAE; e d , erro amostral.

De acordo com a Secretaria de Educação (SEDUC) de Arneiroz, o município de Arneiroz possui 18 beneficiários do PNAE, considerando o ano de 2018 (SILVA, 2019). Entretanto, seis deles não residiam mais no município ou não se encontravam no município no momento da pesquisa de campo. Considerando $N = 12$ e admitindo um erro de estimação de 10% ($d = 0,10$), abscissa da normal padrão $z = 1,64$, ao nível de confiança de 90% e $p = q = 0,5$ (na hipótese de se admitir o maior tamanho da amostra, já que não se conhecem as proporções estudadas) e aplicando a fórmula (1), obteve-se uma amostra constituída por 10 beneficiários.

No caso de Senador Pompeu, conforme a Cooperativa Agropecuária de Senador Pompeu (COSENA), responsável direta pela inscrição no PNAE e pela organização dos produtos fornecidos pelos seus integrantes, 20 agricultores familiares participaram do Programa em 2018 (SOUZA, 2019), porém cinco deles não estavam no município no período da coleta de dados. Desta forma, utilizando a fórmula (1) e admitindo $N = 15$ e replicando os demais dados empregados em Arneiroz, obteve-se uma amostra de 12 beneficiários. Para fins de comparação, utilizou-se tal amostra para os não beneficiários de cada um desses municípios considerados neste estudo.

Segundo Sabbag, Costa e Barroso (2018) ao citarem Ali e Seiford (1993), para uma amostra ser considerada satisfatória no uso da ferramenta Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*), é necessário que o número de unidades produtivas seja no mínimo duas vezes a soma do número de *inputs* e *outputs*. Neste presente estudo, conforme definida na próxima seção, foram consideradas três variáveis *input-output*. Assim, cumpriu-se esse critério estabelecido na determinação das amostras dos dois municípios analisados.

Para a aplicação dos questionários com esses produtores rurais, contou-se com o apoio da Secretaria Municipal de Educação, da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE) nos municípios selecionados e da Cooperativa Agropecuária de Senador Pompeu, que disponibilizaram técnicos para auxiliar os pesquisadores até o lócus dos agricultores familiares beneficiários e não beneficiários do PNAE.

3.3. Método de análise

Buscando mensurar os escores de eficiência técnica e de escala dos produtores rurais, empregou-se o método matemático não paramétrico de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*). Este método se fundamenta no estudo pioneiro de Farrell (1957). Charnes, Cooper e Rhoades (1978) ampliaram o trabalho seminal desenvolvido por Farrell (1957) e consideraram múltiplos produtos (*outputs*) e insumos (*inputs*) para distintas unidades de produção, também chamadas unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Units – DMUs*). Diferentemente da abordagem de Ferraz *et al.* (2019), em que as DMUs representam os alimentos fornecidos pelos agricultores, no presente estudo, estas correspondem os produtores rurais beneficiários e não beneficiários do PNAE nos Sertões cearense.

Para Gomes e Baptista (2004), existem dois tipos de modelos DEA frequentemente aplicados na literatura. O primeiro se refere ao modelo com retornos constantes de escala, indicado por CRS (*Constant Returns to Scale*) ou por CCR em virtude das iniciais dos seus precursores Charnes, Cooper e Rhoades (1978), enquanto o segundo diz respeito ao modelo com retornos variáveis de escala, sendo representado por VRS (*Variable Returns to Scale*) ou por BCC devido às iniciais de seus formuladores Banker, Charnes e Cooper (1984). O modelo CRS admite a proporção entre insumos e produtos, ao passo que, no modelo VRS, adiciona-se uma restrição de convexidade ao modelo CCR.

Em termos algébricos e considerando a orientação produto, conforme Coelli, Rao e Battese (1998), os modelos DEA com retornos constantes e variáveis de escala podem ser representados, respectivamente, pelas equações (1) e (2):

$$\text{Max}_{\theta, \lambda_0}, \text{sujeito a: } -\theta y_i + Y\lambda \geq 0, x_i - X\lambda \geq 0 \text{ e } \lambda \geq 0 \quad (1)$$

$$\text{Max}_{\theta, \lambda_0}, \text{sujeito a: } -\theta y_i + Y\lambda \geq 0, x_i - X\lambda \geq 0, N_1' \lambda = 1 \text{ e } \lambda \geq 0 \quad (2)$$

em que: $1 \leq \theta < \infty$ refere-se ao escore de eficiência técnica bruto das DMUs; $(\theta - 1)$ corresponde à elevação proporcional do produto que poderia ser adquirida pela i -ésima DMU, permanecendo inalterado o uso de insumos. A partir da expressão $(\bar{\theta} - 1)$, obtém-se o montante médio deste lapso de eficiência técnica das DMU's, sendo que $\bar{\theta}$ diz respeito à média de θ ; $1/\theta$ representa o escore de eficiência padronizado de uma DMU, com variação de zero a um; em contrapartida, y associa-se ao produto da DMU e x simboliza o insumo. X equivale à matriz de insumos ($n \times k$) e Y reflete a matriz de produtos ($n \times m$); λ apresenta-se como vetor de constantes que multiplica a matriz de insumos e produtos. N_1 representa o vetor ($N \times 1$) de algarismos unitários.

Para uma DMU ser eficiente no modelo CRS, ela precisa ser necessariamente eficiente no modelo VRS, todavia a recíproca não é verdadeira (COELLI; RAO; BATTESE, 1998). Caso os escores de eficiência técnica se diferenciem nos dois modelos, significa que a DMU considerada possui ineficiência de escala. Assim, segundo Ferreira e Gomes (2009), a eficiência técnica global das unidades produtoras pode ser formada pela pura eficiência técnica e pela eficiência de escala, sendo que esta última corresponde ao quociente entre o escore obtido nos modelos CRS e VRS.

Neste estudo, os escores de eficiência foram aferidos para os modelos CRS, VRS e eficiência de escala, sob a orientação produto. Esse tipo de orientação foi aplicado por Motter e Silveira (2012); Moraes, Rambo e Sabbag (2016); e Nakao *et al.* (2020). Tais modelos foram operacionalizados por meio do *software DEAP (Data Envelopment Analysis Program)* na versão 2.1, fornecido pelo *Centre for Efficiency and Productivity Analysis (CEPA)* da Universidade de Queensland, localizada na Austrália.

Tendo em vista que o modelo DEA é bastante sensível à presença de *outliers* e que, consoante Gomes e Baptista (2004), a presença de apenas uma observação discrepante na amostra influenciará todas as medidas de eficiência, diversos estudos têm descartado os *outliers* para não comprometer a confiabilidade dos resultados estimados. No entanto, essa

técnica pode não ser necessária se as médias dos escores de eficiência para as amostras (uma completa, sem a retirada das observações discrepantes; e outra com a remoção dessas) não forem estatisticamente diferentes, que é o caso deste trabalho. Portanto, foram utilizados os dados da amostra completa de agricultores entrevistados na pesquisa de campo.

Quanto às variáveis consideradas no modelo DEA, empregaram-se os custos anuais com insumos (sementes, defensivos agrícolas, fertilizantes e adubos orgânicos) e custos anuais com mão de obra (diaristas e não diaristas) como *inputs*; e a receita anual bruta como *output*.

4. Resultados e Discussão

As principais estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no modelo DEA são expostas na Tabela 1. Em termos médios, nota-se que os dados anuais de receita e custos com insumos e com mão de obra são muito maiores para os agricultores que destinam seus produtos alimentícios para a merenda escolar do que para aqueles que não participam do PNAE nos Sertões cearenses. Esse resultado pode ser atribuído ao fato de que programas governamentais de compra de alimentos, como o PNAE, geram efeitos econômicos positivos para os produtores rurais, como aumento da renda, diversificação da produção, ampliação dos postos de trabalho e acesso a novos mercados (SILVA; DIAS; AMORIM JÚNIOR, 2015; CUNHA; FREITAS; SALGADO, 2017). Em outros termos, os produtores partícipes do Programa tendem a produzir em maiores quantidades e, portanto, arcam com maiores custos de produção.

Tabela 1: Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas na mensuração dos escores de eficiência dos produtores rurais participantes e não participantes do PNAE na mesorregião cearense dos Sertões

Agricultores familiares	Variáveis*	Estatísticas descritivas			
		Mínimo	Média	Máximo	CV (%)**
Participantes do PNAE	Receita	5.520,00	48.009,83	190.470,00	93,21
	Custos insumos	1.800,00	15.742,49	96.000,00	132,91
	Custos mão de obra	399,96	2.722,72	10.800,00	105,91
Não participantes do PNAE	Receita	594,96	12.839,68	54.529,92	123,55
	Custos insumos	15,00	2.076,64	9.600,00	118,17
	Custos mão de obra	105,00	1.256,58	9.600,00	167,47
Amostra total	Receita	594,96	30.424,76	190.470,00	123,74
	Custos insumos	15,00	8.909,57	96.000,00	182,55
	Custos mão de obra	105,00	1.989,65	10.800,00	130,81

Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Notas: * Expressas em reais para o ano de 2018; ** Refere-se ao coeficiente de variação.

Quanto à variabilidade, constata-se que todas as variáveis consideradas possuem elevada heterogeneidade, já que, segundo Gomes (1990), essa classificação pode ser atribuída quando o coeficiente de variação estiver acima de 30%. No caso deste estudo, observou-se pela pesquisa de campo que a diferença entre os custos mínimo e máximo pode ser explicada pelos distintos caráter e tamanho das produções individuais, pelo fato de muitos agricultores utilizarem insumos próprios para o cultivo (por exemplo, a adoção de sementes selecionadas na safra do ano anterior e a aplicação do esterco, proveniente de seus criatórios, como adubo), pelo emprego de mão de obra familiar e/ou optarem por não fazer uso de produtos químicos. Ao analisar os valores dos coeficientes de variação, percebe-se que a maior dispersão ocorre quando se consideram os custos com insumos para a amostra completa, em que um dos agricultores não beneficiários do PNAE residente de Arneiroz declarou o custo anual com insumos de apenas R\$15,00, ao passo que um dos produtores participantes desse programa no mesmo município informou o custo anual com insumos de R\$96.000,00.

Verifica-se ainda que, para todas as variáveis analisadas, há diferenças expressivas entre os agricultores que fazem parte de um mesmo grupo, tendo em vista que os coeficientes de variação atingiram valores próximos ou superiores a 100%. Assim, enquanto a menor receita de um participante do PNAE é de R\$5.520,00, a maior, R\$190.470,00, excede consideravelmente esse valor. Por outro lado, os custos com insumos variam de R\$1.800,00 a R\$96.000,00, enquanto os gastos com mão de obra ficam entre quase R\$400,00 e R\$10.800,00. No caso dos agricultores não participantes do PNAE, tais extremos ficam em torno de R\$595,00 e R\$54.530,00, em relação à receita anual; R\$15,00 e R\$9.600,00, no que tange aos custos com insumos; e de R\$105,00 a R\$9.600,00 concernentes aos custos com mão de obra.

A Tabela 2 mostra os escores de eficiência padronizado (E) dos produtores rurais participantes e não participantes do PNAE na mesorregião cearense dos Sertões e o acréscimo proporcional de eficiência que um dado produtor rural pode obter sem modificar os insumos empregados. Conforme se observa, o escore de eficiência padronizado (E) mostrou-se mais heterogêneo no modelo com retornos constantes à escala (CRS) do que nos modelos com retornos variáveis (VRS) e de eficiência de escala em todas as situações analisadas. Esse resultado corrobora o obtido no estudo de Barbosa *et al.* (2013) para a agropecuária nas microrregiões brasileiras.

Tabela 2: Estatísticas descritivas dos escores de eficiência dos produtores rurais participantes e não participantes do PNAE na mesorregião cearense dos Sertões

Agricultores familiares	Modelos de eficiência		Estatísticas descritivas de $E = 1/\theta_e \theta - 1$ *			
			Mínimo	Média	Máximo	CV (%)**
Participantes do PNAE	CRS	E	0,02	0,34	1,00	96,61
		$\theta - 1$	0,00	6,78	46,62	146,40
	VRS	E	0,08	0,51	1,00	70,72
		$\theta - 1$	0,00	2,94	10,90	128,17
	Escala	E	0,16	0,67	1,00	45,91
		$\theta - 1$	0,00	1,06	5,10	133,78
Não participantes do PNAE	CRS	E	0,01	0,26	1,00	116,34
		$\theta - 1$	0,00	15,88	165,67	219,72
	VRS	E	0,01	0,50	1,00	78,72
		$\theta - 1$	0,00	8,40	70,43	203,38
	Escala	E	0,09	0,59	1,00	55,70
		$\theta - 1$	0,00	1,75	10,49	152,60
Amostra total	CRS	E	0,01	0,30	1,00	104,88
		$\theta - 1$	0,00	11,33	165,67	227,39
	VRS	E	0,01	0,51	1,00	74,04
		$\theta - 1$	0,00	5,67	70,43	221,03
	Escala	E	0,09	0,63	1,00	50,32
		$\theta - 1$	0,00	1,41	10,49	152,41

Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Notas: * $E = 1/\theta$ representa o escore de eficiência padronizado de uma DMU e $\theta - 1$ refere-se ao aumento proporcional no escore de eficiência que pode ser obtido pela i -ésima DMU, mantendo-se constante o uso dos insumos; ** Refere-se ao coeficiente de variação.

A partir da Tabela 2, pode-se inferir também que, no modelo CRS, o escore médio de eficiência técnica para a amostra completa analisada é 0,30, sendo 0,34 para o grupo dos agricultores participantes do PNAE e 0,26 para os que não participam desse programa. O acréscimo da eficiência pode variar, em média, respectivamente, 678% e 1.588% para os produtores que vendem os gêneros alimentícios para a merenda escolar e os que não são beneficiários do PNAE.

Sendo assim, infere-se que, embora ambos os grupos tenham apresentado um nível elevado de desperdício de recursos, este tende a ser maior para aqueles que não participam do Programa, o que evidencia a necessidade de se analisar alguns aspectos determinantes dessas diferenças, como o perfil socioeconômico desses agricultores e o tempo de experiência no campo. Ademais, tais resultados também levantam a importância de que novos estudos observem a influência de questões relacionadas ao solo, ao clima, às tecnologias empregadas e ao principal tipo de produto comercializado sobre a eficiência produtiva.

No tocante à pressuposição de retornos variáveis à escala, tem-se que o escore médio de eficiência técnica é 0,51 para a amostra total pesquisada e para os agricultores que

participam do PNAE, ficando muito abaixo da média obtida no trabalho de Motter e Silveira (2012), que encontraram uma eficiência média de 0,68 para as microrregiões mineiras na utilização dos recursos destinados ao PRONAF. Essa diferença se torna ainda mais expressiva quando se compara com os escores médios de eficiência alcançados nos estudos realizados por Toma *et al.* (2015) para municípios da Romênia; por Mukhtar *et al.* (2018) para o estado de Kano na Nigéria; e por Kočišová (2015) para países europeus, que foram, respectivamente, acima de 0,82; 0,80; e 0,87.

Quanto à eficiência de escala, nota-se que seu crescimento médio pode modificar, respectivamente, 106% e 175% para os produtores beneficiários e não beneficiários do PNAE, dados os insumos de que dispõem, ao passo que seus níveis de eficiência são 0,67 e 0,59, sendo inferiores às médias obtidas no trabalho de Toma *et al.* (2015) para municípios da Romênia, que excederam a 0,86. Dessa forma, além do uso excessivo de recursos, verifica-se que os produtores analisados estão operando com escala inadequada de produção.

Com base nos dados exibidos na Tabela 2, verifica-se ainda que, em média, os produtores rurais que fornecem os alimentos para a merenda escolar possuem maiores escores de eficiência técnica e de escala do que aqueles que não participam do PNAE. O ganho de eficiência dos agricultores beneficiários dessa política pública pode estar associado com o fortalecimento da organização local dos agricultores, já que, conforme Cunha, Freitas e Salgado (2017), esse é um dos efeitos promovidos pelo PNAE. Segundo Silva *et al.* (2020), as cooperativas que obtiveram as melhores colocações no *ranking* de eficiência foram as que utilizam o benefício de comercialização institucional, como PNAE e PAA, demonstrando a relevância dessas medidas públicas para a agricultura familiar.

Gunes e Guldal (2019) defendem que os registros contábeis realizados por empresas agrícolas são relevantes para que se tenha um planejamento adequado de produção. Durante a pesquisa de campo, observou-se que os agricultores que vendem seus produtos para programas governamentais, como o PNAE, fazem anotações a respeito dos custos efetivados, tornando-se mais organizados e com melhor gestão da produção do que os demais entrevistados. Tal prática pode estar associada, entre outros fatores, ao nível de escolaridade e à participação em cursos de capacitação, que, conforme Sousa, Oliveira e Ferreira (2020), tendem a ser maior para os participantes do Programa.

Os Gráficos 1, 2 e 3 ilustram a distribuição relativa dos produtores rurais participantes e não participantes do PNAE por grupos de eficiência, considerando, respectivamente, a estimação dos modelos CRS, VRS e de escala.

Conforme se percebe pelo Gráfico 1, sob a pressuposição de retornos constantes de escala, nas classes em que os escores de eficiência estão abaixo de 0,25 e entre 0,25 e 0,50, a participação relativa (63,64% e 22,73%, respectivamente) de produtores que não fornecem gêneros alimentícios para a merenda escolar excede à frequência relativa (59,09% e 18,18%, respectivamente) de agricultores que destinam seus produtos para a alimentação escolar. Em contrapartida, somente um beneficiário (4,55%) desse programa em Senador Pompeu e dois não beneficiários (9,09%) em Arneiroz encontram-se sobre a fronteira de produção. Esses três produtores rurais podem ser considerados relativamente eficientes, ou seja, registraram eficiência técnica dentro do grupo de produtores rurais analisados, considerando as variáveis especificadas de *inputs* e *output*. A esse respeito Kočišová (2015) ressaltaram que se outras variáveis forem utilizadas ou se o número de produtores investigados for modificado, os resultados da mensuração da eficiência podem ser alterados.

Tais dados revelam que a eficiência dos produtores rurais nos Sertões cearense é baixa. Esses resultados corroboram com os obtidos por Mariano e Pinheiro (2009) para o Baixo Açu no Rio Grande do Norte e por Oliveira Neto (2018) ao destacarem que os agricultores da região Nordeste possuem as menores médias de eficiência.

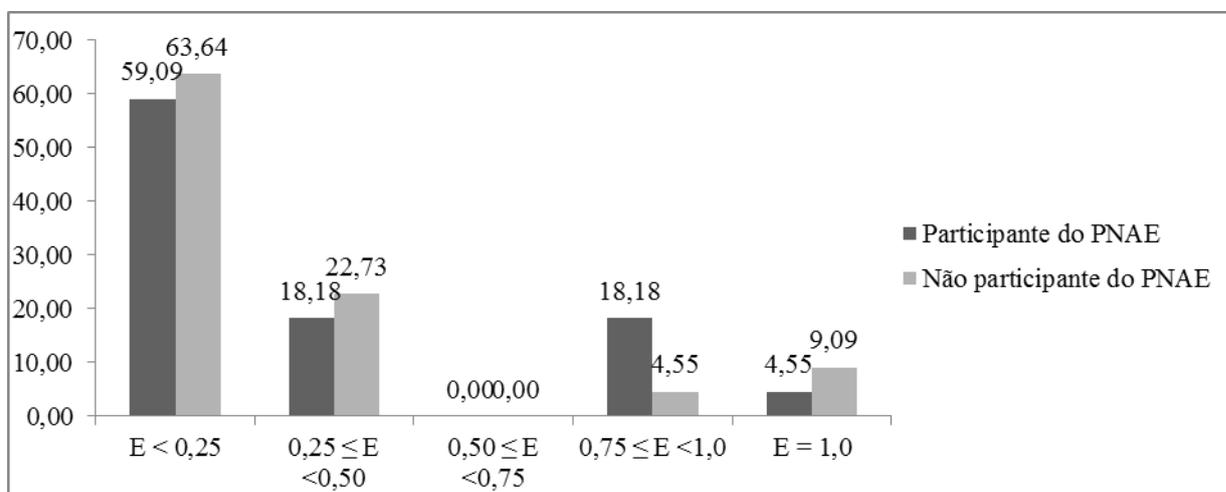


Gráfico 1: Distribuição relativa dos produtores rurais participantes e não participantes do PNAE na mesorregião cearense dos Sertões segundo intervalos de escores de eficiência técnica (E) com retornos constantes à escala (CRS)

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Ao se incluir uma restrição de convexidade, observa-se pelo Gráfico 2 que 22,73% e 36,36%, respectivamente, dos produtores rurais possuem escores de eficiência inferior a 0,25. Por outro lado, 27,27% dos agricultores que destinam seus produtos para a merenda escolar, o

que corresponde a seis, mostraram-se completamente eficientes, sendo que cinco deles encontram-se na fronteira de retornos variáveis, mas não fazem parte da fronteira de retornos constantes. Isso significa dizer que tais agricultores não possuem problemas de uso excessivo de insumos, porém apresentam problemas quanto à escala inadequada de produção. Sousa, Benevides e Tabosa (2014, p. 383) também constataram que “as ineficiências no setor agrícola familiar de Sobral se deve muito mais a escala do que as ineficiências puramente técnicas”. Em relação aos agricultores que não participam do PNAE, 31,82% desses, o equivalente a sete, atingiram o escore de eficiência igual à unidade, sendo que um deles pode ser atribuído à igualdade dos escores obtidos nos modelos CRS e VRS.

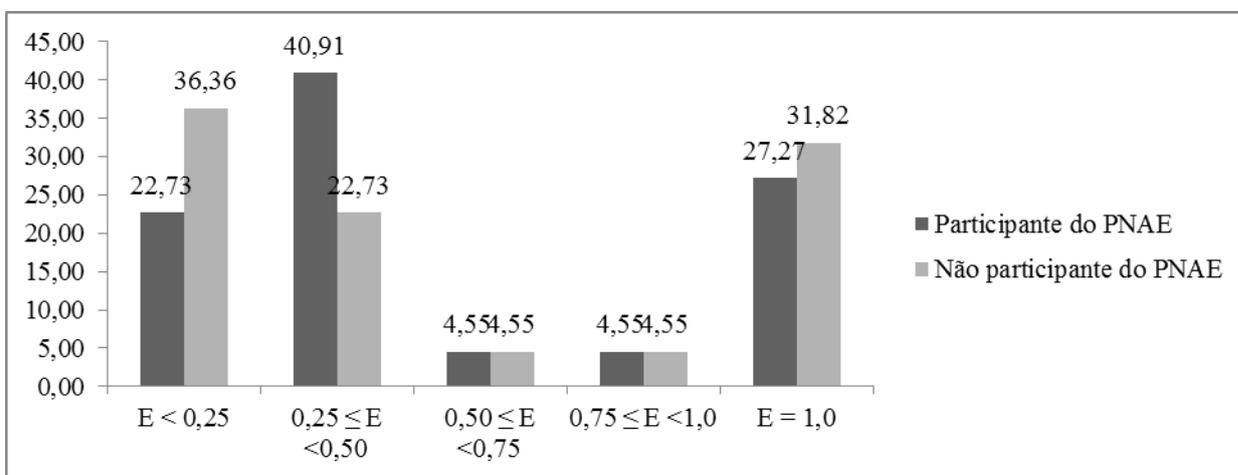


Gráfico 2: Distribuição relativa dos produtores rurais participantes e não participantes do PNAE na mesorregião cearense dos Sertões segundo intervalos de escores de eficiência técnica (E) com retornos variáveis à escala (VRS)

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

No tocante à eficiência de escala, verifica-se pelo Gráfico 3 que a maioria dos agricultores entrevistados (95,45% e 86,36%, respectivamente, de participantes e não participantes do PNAE) tiveram ineficiência de escala, uma vez que registraram escores de eficiência de escala inferiores à unidade. A partir desse gráfico, pode-se inferir também que a metade dos produtores que não destina os gêneros alimentícios para a merenda escolar possui eficiência de escala abaixo de 0,50, ao passo que a metade dos que comercializa os produtos agrícolas para a merenda escolar detém eficiência de escala entre 0,75 a 1,0.

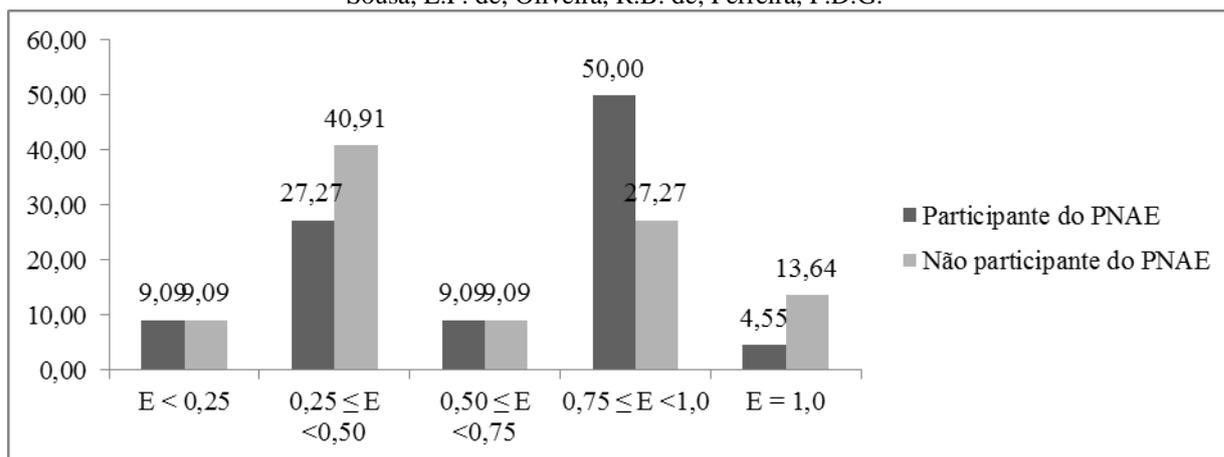


Gráfico 3: Distribuição relativa dos produtores rurais participantes e não participantes do PNAE na mesorregião cearense dos Sertões segundo intervalos de escores de eficiência (E) de escala

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Tendo em vista que 95,45% dos agricultores participantes e 86,36% dos não participantes do PNAE possuem ineficiência de escala, torna-se importante identificar a fonte dessa ineficiência. De acordo com a Tabela 3, verifica-se que há uma predominância de retornos decrescentes de escala nos dois grupos analisados, sendo mais expressiva a participação para os produtores rurais que fornecem os alimentos para a merenda escolar. Essa preponderância de retornos decrescentes de escala também foi identificada por Carvalho *et al.* (2016) para os municípios pertencentes aos territórios paulistas de Andradina e Noroeste que participaram do PAA em 2012.

Tabela 3: Distribuição absoluta e relativa dos produtores rurais participantes e não participantes do PNAE na mesorregião cearense dos Sertões, segundo os tipos de retornos de escala

Tipo de retornos de escala	Participantes do PNAE		Não participantes do PNAE		Amostra total	
	fi	%	fi	%	fi	%
Crescente	-	-	08	36,36	08	18,18
Constante	01	4,55	03	13,64	04	9,09
Decrescente	21	95,45	11	50,00	32	72,73
Total	22	100,00	22	100,00	44	100,00

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Moraes, Rambo e Sabbag (2016) evidenciaram a presença de retornos decrescentes de escala para os estados do Ceará, Espírito Santo, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais e Rio Grande do Norte, que participaram do PAA em 2011.

5. Considerações Finais

Os resultados indicam que, dos 44 produtores rurais considerados neste estudo, somente um e dois, respectivamente, que participam e não participam do PNAE, estão empregando os recursos de maneira totalmente eficiente, admitindo o modelo de retornos constantes de escala. No tocante a esse tipo de modelo, os dados apontam que, em termos médios, os agricultores podem aumentar a eficiência, respectivamente, em até 678% e 1.588% para os produtores que vendem os gêneros alimentícios para a merenda escolar e os que não são beneficiários do PNAE.

Ao se incluir uma restrição de convexidade, observou-se que cinco produtores rurais que participam do PNAE não se encontravam na fronteira de retornos constantes de escala, todavia passam a fazer parte da fronteira com retornos variáveis, ou seja, tais agricultores podem aumentar, em média, a eficiência em até 294%. Isso significa que eles não apresentam restrições quanto ao uso indevido de insumos, porém possuíam dificuldades no que diz respeito à escala inadequada de produção. Em média, os produtores rurais que fornecem os gêneros alimentícios para a merenda escolar possuem maiores escores de eficiência técnica e de escala do que aqueles que não participam do PNAE.

Esses resultados apontam como os recursos produtivos estão sendo empregados, contribuindo com um potencial de melhoria da alocação de recursos dos produtores rurais que são beneficiários ou não do PNAE e podem ser utilizados por gestores e formuladores de políticas públicas como forma de aprimorar a eficiência dessas unidades produtivas de base econômica familiar. A esse respeito, é notório destacar que a avaliação da eficiência de propriedades agrícolas exerce um papel fundamental na tomada de decisões das organizações produtivas. Ademais, esse tipo de análise reveste-se de importância, visto que a literatura carece de estudos que utilizem dados primários para avaliar a eficiência de unidades produtoras familiares agrícolas.

Em relação aos retornos de escala, foi constatado que parcela majoritária dos agricultores beneficiários e não beneficiários do PNAE apresentou retornos decrescentes, porém, no caso dos participantes do PNAE, tal parcela corresponde à quase totalidade de seus membros. Uma possível justificativa para isso é que, por obterem um nível de renda maior e mais estável, dado o fato do poder público comprar os gêneros alimentícios a um preço superior ao de mercado, durante quase todo o ano, os beneficiários do PNAE possuem maior capacidade de investir em melhorias para o seu processo produtivo e, assim, obterem retornos

decrecentes de escala. Todavia, são necessários novos estudos, a fim de verificar essa possibilidade.

Para pesquisas posteriores, recomenda-se que essa questão analisada neste estudo seja abordada para outras realidades, como também identificar os determinantes da eficiência desses produtores rurais como forma de propor medidas de políticas públicas que possam promover uma melhor distribuição de renda e condições de vida, colaborando para reduzir a desigualdade social e a pobreza.

6. Referências

ALI, A. I., SEIFORD, L. M. The mathematical programming approach to efficiency analysis. In: FRIED, H. O., LOVELL, C. A. K., SCHIMIDT, S. S. (Orgs.). *The measurement of productive efficiency: techniques and application*. New York: Oxford University Press, 1993, p. 120-159.

AROUCHA, E. P. T. L. *Agricultura familiar na alimentação escolar: estudo de oportunidades e desafios*. 2012. 182f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Humana e Gestão Socioambiental) – Universidade do Estado da Bahia, Paulo Afonso, 2012.

BANKER, R. D.; CHARNES, H.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

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

CARVALHO, J. B.; MODENESE, V. S.; SANTANA, V. Z.; SABBAG, O. J. Análise de eficiência do Programa Aquisição de Alimentos para o território de Andradina e Noroeste Paulista. *Espacios* (Caracas), v. 37, n. 10, p. 16-23, 2016.

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.

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

CUNHA, W. A.; FREITAS, A. F.; SALGADO, R. J. S. F. Efeitos dos programas governamentais de aquisição de alimentos para a agricultura familiar em Espera Feliz, MG. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 427-444, 2017.

ELIAS, L. P.; BELIK, W.; CUNHA, M. P.; GUILHOTO, J. J. M. Impactos socioeconômicos do Programa Nacional de Alimentação Escolar na agricultura familiar de Santa Catarina. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 215-233, 2019.

FARREL, M.J. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A, part III, p. 253-290, 1957.

FERNANDES, L. A. O.; PASCUAL, U. Análise da eficiência da agricultura familiar agroecologista. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. Rio de Janeiro, v. 24, p. 221-233, 2015.

FERRAZ, D.; YAMANAKA, L.; SEVERINO, M. R.; FUCHIGAMI, H. Y REBELATTO, D. A. N. A eficiência na oferta de alimentos por pequenos agricultores em Goiânia para segurança alimentar: uma análise pelo método Data Envelopment Analysis. *Segurança Alimentar e Nutricional*. Campinas, v. 26, p. 1-11, 2019.

FERREIRA, M. O. *et al.* Especialização produtiva e mudança estrutural da agropecuária cearense. *Teoria e Evidência Econômica*. Passo Fundo, v. 14, n. 26, p. 91-111, maio 2006.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. *Introdução à Análise Envoltória de Dados: teoria, modelos e aplicações*. Viçosa, MG: UFV, 2009.

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO – FNDE. *Dados da agricultura familiar*. 2016. Disponível em: <<https://www.fnde.gov.br/programas/pnae/pnae-consultas/pnae-dados-da-agricultura-familiar>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

2017. Disponível em: <<https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/pnae/pnae-sobre-o-programa/pnae-historico>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

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.

GOMES, L. G.; MANGABEIRA, J. A. C.; MELLO, J. C. C. B. S. Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso. *Revista de Economia Rural*. Rio de Janeiro, v. 43, n. 4, p. 607-631, 2005.

GOMES, F. P. *Curso de Estatística Experimental*. Piracicaba, SP: Nobel, 1990.

GUNES, E.; GULDAL, H. T. Determination of economic efficiency of agricultural enterprises in Turkey: a DEA. *New Medit*, n. 4, p. 105-115, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *IBGE Mapas*. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/politico-administrativo/estaduais>> Acesso em: 15 de abril de 2020.

KOČIŠOVÁ, K. Application of the DEA on the measurement of efficiency in the EU countries. *Agricultural Economics, Czech*, v. 61, n. 2, p. 51-62, 2015.

MAGALHÃES, M. M.; SOUZA FILHO, H. M.; SOUSA, M. R.; SILVEIRA, J. M. F. J.; BUAINAIN, A. M. Land reform in NE Brazil: a stochastic frontier production efficiency evaluation. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 9-30, 2011.

MALAGUTI, J. M. A. *Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE): desafios para a inclusão dos produtos da agricultura familiar na merenda escolar de Itapeçerica da Serra – SP*. 2015. 116f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Políticas e Organizações Públicas) – Universidade Federal do Estado de São Paulo, Osasco, 2015.

MARIANO, J. L.; PINHEIRO, G. M. T. L. Eficiência técnica da agricultura familiar no Projeto de Irrigação do Baixo Açu (RN). *Revista Econômica do Nordeste*. Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 283-296, abr./jun. 2009.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO – MDA. *O encontro da agricultura familiar com a alimentação escolar*. 2011. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_arquivos_64/pageflip-2583697-3759191-lt_O_ENCONTRO_DA_AGRICULT-5903054.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2019.

MORAES, M. D.; RAMBO, J. R.; SABBAG, O. J. Análise da eficiência da utilização dos recursos do Programa de Aquisição de Alimentos modalidade compra com doação simultânea. *Extensão Rural*, v. 23, n. 4, p. 95-113, 2016.

MOTTER, K. Z.; SILVEIRA, S. F. R. Avaliação da eficiência do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf): uma análise das microrregiões de Minas Gerais. In: Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração, 36, 2012. *Anais...* Rio de Janeiro, RJ: ANPAD, 2012.

MUKHTAR, U.; MOHAMED, Z.; SHAMSUDDIN, M. N.; SHARIFUDDIN, J.; ILIYASU, A.

Application of Data Envelopment Analysis for technical efficiency of smallholder pearl millet farmers in Kano State, Nigeria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, v. 24, n. 2, p. 213-222, 2018.

NAKAO, D. C. C.; SABBAG, O. J.; SILVA, D. P.; OLIVEIRA, F. A. S.; PAULA, G. L. C. M. C.; VARGAS, P. F. Análise de eficiência técnica na produção de batata doce na região de Presidente Prudente – SP. *Custos e @gronegocio on line*, v. 16, n. 1, p. 202-221, 2020.

OLIVEIRA, L. G.; BATALHA, M. O.; PETTAN, K. B. Comparative assessment of the food purchase program and the National School Feeding Program's impact in Ubá, Minas Gerais, Brazil. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 47, n. 1, p. 1-6, 2017.

OLIVEIRA NETO, R. C. *Regressão quantílica sob enfoque bayesiano como alternativa no ajuste da eficiência técnica: uma aplicação para a agricultura familiar brasileira*. 2018. 65f.

Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

PEIXINHO, A. M. L. *Um resgate histórico do Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE*. 2011. 133f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino em Ciências da Saúde) – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2011.

PERES, M. B. M. *Análise de eficiência técnica e de escala pelo DEA aplicado aos custos da produção leiteira familiar*. 2018. 48p. Monografia (Graduação em Ciências Contábeis) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. MG. 2018.

REIS, C. V. S.; MOREIRA, T. B. S.; VILPOUX, O. F. *Fatores que afetam a eficiência técnica de produção em Assentamentos Rurais: fronteira estocástica e two-limit Tobit*. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 411-424, 2018.

SABBAG, O. J.; COSTA, S. M. A. L.; BARROSO, R. M. Eficiência técnica da piscicultura pelo método DEA na região Noroeste Paulista. *Custos e @gronegocio on line*, v. 14, n. 3, p. 21-36, 2018.

SILVA, A. L. F. *Comunicação Oral*. Arneiroz – CE: SEDUC, 2019.

SILVA, E. M.; FERRAZ, D.; LÓPEZ, J. D. G.; COSTA, R. B.; CONSTANTINO, M. Eficiência de cooperativas agrícolas familiares no Brasil e na Espanha. *Custos e @gronegocio on line*, v. 16, n. 4, p. 262-296, 2020.

SILVA, M. G.; DIAS, M. M.; AMORIM JÚNIOR, P. C. G. Mudanças organizacionais em empreendimentos de agricultura familiar a partir do acesso ao Programa Nacional de Alimentação Escolar. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Piracicaba, v. 53, n. 2, p. 289-304, 2015.

SOUSA, E. P.; OLIVEIRA, R. B.; FERREIRA, F. D. G. Competitividade dos produtores familiares cooperados e beneficiários do PNAE vis-à-vis os que não são: uma análise para o Ceará. *Revista de Administração, Ciências Contábeis e Sustentabilidade*, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 107-118, 2020.

SOUSA, F. E. J.; BENEVIDES, A. A.; TABOSA, F. J. S. O Programa Bolsa Família influencia na eficiência técnica dos agricultores familiares do município de Sobral (CE)? In: BARRETO, F. A. F. D.; MENEZES, A. S. B.; DANTAS, R. F.; ALBUQUERQUE, E. L. S.; SOUSA, F. J. (Org.). *Economia do Ceará em Debate 2013*. Fortaleza: IPECE, 2014, v. 1, p. 357-388.

SOUZA, V. Q. *Comunicação Oral*. Senador Pompeu – CE: COSENA, 2019.

TOMA, E.; DOBRE, C.; DONA, I.; COFAS, E. DEA applicability in assessment of agriculture efficiency on areas with similar geographically patterns. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, n. 6, p. 704-711, 2015.

TRIOLA, M. F. *Introdução à Estatística*. 11 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

7. Agradecimentos

À FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro na realização deste trabalho, mediante o Edital BPI FUNCAP n. 3/2018.