

**EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS ESTABELECIMENTOS AGROPECUÁRIOS DA  
REGIÃO NORTE DO BRASIL**  
*TECHNICAL EFFICIENCY OF AGRICULTURAL ESTABLISHMENTS IN THE  
NORTH REGION OF BRAZIL*

<sup>1</sup>José Wanderley Moura Nogueira: Universidade Federal do Pará. Doutorando em Economia pela UFPA. E-mail: wanderley1807@gmail.com

<sup>2</sup>Juliana de Sales Silva: Professora Assistente da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA/IEDAR). Doutora em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV/DER). E-mail: julianasalessilva@live.com

**Resumo**

A economia brasileira baseia-se no setor agropecuário, principalmente pela sua grande produção e pela sua remuneração, a safra de grãos, por exemplo, atingiu no ano de 2019 um total de 242,1 milhões de toneladas, e a pauta agroexportadora fechou o rendimento em 2018 com um valor de US\$ 101,69 bilhões. Dada a importância dessa atividade, e que a região Norte apresenta o menor valor bruto da produção, os setores desta mesma Região podem estar atuando com ineficiência em sua atividade produtiva. Neste sentido, o objetivo do trabalho é analisar a eficiência técnica dos estabelecimentos agropecuários da região Norte. Para tal, utilizou-se a estimação de uma fronteira estocástica de produção para obter-se os escores de eficiência técnica dos estabelecimentos. A base de dados utilizada na pesquisa é fruto de uma tabulação especial elaborada a partir dos microdados do Censo Agropecuário 2006 disponibilizada pelo IPEA. Entre os principais resultados encontrados, observou-se que na estimação da fronteira de produção que a tecnologia traz retornos constantes à escala, e que dentre os escores de eficiência, o estado de Rondônia, demonstrou-se em média como o mais eficiente na produção agropecuária da Região supracitada, enquanto o Tocantins demonstrou-se, em média, o menos eficiente. Ademais, a eficiência destes estabelecimentos quando observada por grupos de áreas, obedeceu a uma distribuição normal, indicando que os médios estabelecimentos fazem melhor uso de seus recursos, é válido salientar que esta condição de eficiência não se altera quando alterado o recorte da análise de estadual para regional.

**Palavras-chave:** Valor Bruto da Produção. Ineficiência. Fronteira Estocástica de Produção.

**Abstract**

The Brazilian economy is based on the agricultural sector, mainly due to its large production and its remuneration, the grain harvest, for example, reached a total of 242.1 million tons in 2019, and the agro-export agenda yielded in 2018 a value of R\$ 76.44 billion. Given the importance of this activity, and that the North region has the lowest gross production value, the sectors of this same Region may be acting inefficiently in their productive activity. In this sense, the objective of the work is to analyze the technical efficiency of agricultural establishments in the North region. For this, the estimation of a stochastic frontier of production was used to obtain the technical efficiency scores of the establishments. The database used in the research is the result of a special tabulation based on the microdata from the Agricultural Census 2006 provided by IPEA. Among the main results found, it was observed that in estimating the production frontier that technology brings constant returns to scale, and that among the efficiency scores, the state of Rondônia, on average, proved to be the most efficient in agricultural production of the aforementioned Region, while Tocantins was, on average, the least efficient. In addition, the efficiency of these establishments when observed by groups of areas, obeyed a normal distribution, indicating that the medium establishments make better use of their resources, it is worth noting that this condition of efficiency does not change when the state analysis analysis is changed for regional.

**Keyword:** Gross Value of Production. Inefficiency. Stochastic Frontier of Production.

**Classificação JEL:** Q10, Q12, Q18, D24.

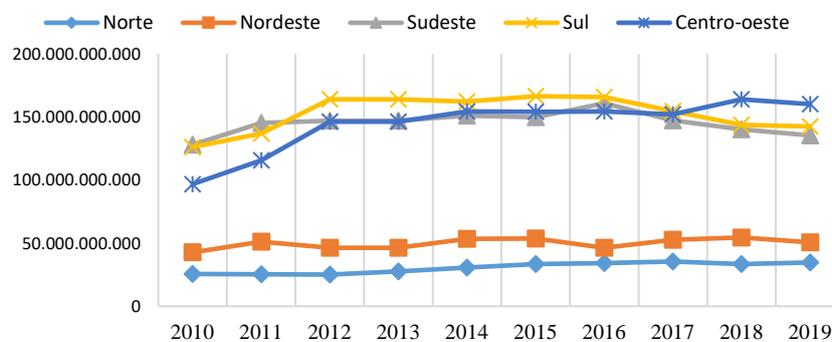
## 1. Introdução

Por volta da década de 1960 e 1970 o setor agrícola passou por um processo global de modernização, marcado principalmente pela introdução de máquinas e insumos mais modernos como fertilizantes e defensivos agrícolas, e novas variedades de raça de animais, sinalizando assim, uma expansão da atividade que antes era essencialmente agrícola para a atividade agropecuária, que por sua vez revelou-se como a atividade econômica base Nacional. A produção agropecuária brasileira expandiu-se, então, de maneira extraordinária, por exemplo, em 1990 a produção de grãos atingiu 58 milhões de toneladas, e em 2013 contabilizou um total de 187 milhões, fechando a safra 2019 com 242,1 milhões de toneladas. (AMORIM, 2009; BUANAIN *et al.* 2014, SEPULCRI *et al.*, 2005, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2019).

Deste modo, o País transformou-se em um grande ofertante global deste ramo, destinando sua produção voltada principalmente para o mercado externo, construindo um cenário favorável para o avanço do agronegócio brasileiro, composto em outubro de 2019 por uma pauta exportadora de 27% de complexo de soja; 18,1% de carnes; 12,8% de cereais, farinha e preparações; 10,8% de produtos florestais; 7,8% de complexo sucroalcooleiro (BUANAIN *et al.*, 2014; MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2019).

Gera-se por meio da venda externa dessas *commodities* grande parte das receitas do País, em 2010 o valor gerado pelas exportações de produtos agropecuários contabilizou em média US\$ 76,44 bilhões, em 2015 o saldo se elevou para US\$ 88,22 bilhões, fechando em 2018 com um valor de US\$ 101,69 bilhões. Ademais segundo o Censo agropecuário 2006 a agropecuária mantém um total de 16.568,205 mil pessoas ocupadas em sua atividade produtiva (BUANAIN *et al.* 2014., 2014; IBGE, 2006; MAPA, 2019). No Gráfico 1 pode-se observar o comportamento regional da renda agropecuária medida por meio do valor bruto da produção (VBP), com o intuito de ilustrar as grandes discrepâncias entre as regiões brasileiras.

**Gráfico 1- Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) por região do Brasil em reais**



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do MAPA (2019).

Entre os elementos a que se pode observar, o VBP agropecuária da região Norte demonstra-se em uma posição muito inferior às demais, com um comportamento quase constante ao longo dos últimos dez anos. Neste sentido, pode-se afirmar que esta Região pouco desfruta dos benefícios econômicos da atividade base da economia nacional, e deste modo apresenta um custo de oportunidade de crescimento e desenvolvimento, proporcional aos efeitos multiplicativos macroeconômicos que a renda agropecuária poderia gerar dentro da localidade. Com uma pauta produtiva diversificada, composta pelas culturas: do milho, mandioca, banana, açaí, cana de açúcar, soja, dendê, café, coco baía e laranja; e pela criação de aves, bubalinos e bovinos. O baixo valor bruto da produção dessas culturas pode ser reflexo de

uma condição de ineficiência em que os estabelecimentos agropecuários do Norte, podem estar atuando (IBGE, 2019).

Neste sentido, levando em consideração a grande importância socioeconômica da atividade agropecuária para o cenário nacional, o baixo valor bruto dessa atividade na região Norte e a possível condição de ineficiência dos estabelecimentos agropecuários desta mesma Região, e como não há uma avaliação para o referido período o objetivo geral deste artigo trata-se de avaliar a eficiência técnica dos estabelecimentos agropecuários da região Norte do Brasil; e para alcançar tal feito tem-se como objetivos específicos: Estimar os escores de eficiência técnica dos estabelecimentos agropecuários da Região; e Investigar os determinantes da ineficiência dos estabelecimentos analisados.

Desta maneira, os supracitados objetivos têm o intuito de examinar os fatores produtivos que mais influenciam o valor bruto da produção agropecuária, ampliando assim, o entendimento a respeito da eficiência técnica da localidade. Como a eficiência é refletida na renda gerada pela atividade produtiva, compreender os efeitos de cada fator produtivo sobre a eficiência é um caminho necessário para encontrar uma maneira de se elevar a renda agropecuária do Norte, que, comumente, tanto é afetado pela sua pouca competitividade neste setor em relação as demais Regiões brasileiras.

Além desta introdução, o presente trabalho divide-se em mais cinco seções: referencial teórico, onde apresenta-se os trabalhos basilares a respeito da eficiência; revisão de literatura, na qual aborda-se trabalhos internacionais, nacionais e regionais sobre medidas de eficiência; a estratégia metodológica, que apresenta a descrição dos dados e os passos de elaboração da pesquisa; os resultados e discussões do estudo, e por fim, as considerações finais.

## 2. Referencial teórico

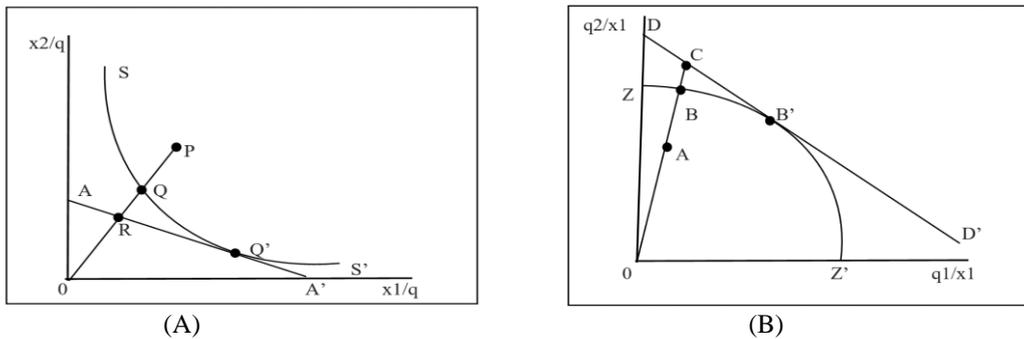
Na obra "*The Coefficient of Resource Utilization*", Debreu (1951) introduziu uma medida de eficiência técnica, na qual implica em um índice radial que serve como ferramenta para redução equiproporcional da totalidade dos insumos, ou uma maximização equiproporcional da totalidade dos produtos. Após Debreu (1951), Farrell (1957) avança neste sentido e propõe que a eficiência de uma empresa se basearia em dois componentes: a eficiência técnica, que é a habilidade de uma empresa de se obter a produção máxima com um determinado conjunto de insumos; e a eficiência alocativa, que reflete a capacidade de combinação ótima de insumos no processo produtivo, como por exemplo mão de obra e capital escolhidos para a produção de  $n$  unidades do bem a um custo mínimo. Desta forma, com a combinação da eficiência técnica e alocativa se obtém uma medida de eficiência econômica total.

Avançando nestas análises, Coelli *et al.* (1998) desenvolveram um estudo preocupados com a medição do desempenho de fábricas, considerando que o índice de produtividade é uma medida natural de desempenho, no qual seu cenário ideal é alcançado sempre que houver aumento proporcional de produtos. O conceito de desempenho é bem relativo, devido a possibilidade de apresentar várias formas de aferir esse fenômeno econômico. Alguns métodos necessitam apenas de informações de insumos e produtos como no caso da eficiência técnica, enquanto outros requerem mais variáveis, como preço e pressupostos comportamentais como no caso da eficiência alocativa.

Entre suas ideias, Farrell (1957) criou medidas de eficiência com duas orientações: insumo e produto. A orientação insumo poder ser ilustrada por meio do exemplo de uma empresa que utiliza dois tipos de insumos ( $x_1$  e  $x_2$ ) no processo produtivo de um único produto ( $q$ ) a retornos constantes de escala, permitindo que a tecnologia seja representada pela unidade isoquanta de firmas tecnicamente eficientes localizadas ao longo de  $SS'$  (Gráfico 2(A)).

Se uma empresa para produzir uma unidade de produto utiliza um nível de insumo do ponto  $P$ , então a distância  $QP$  representa a parte tecnicamente ineficiente, que é exatamente o valor em que os insumos devem ser diminuídos para atingir a condição de eficiência, sem que se reduza a produção (COELLI *et al.*, 1998). A eficiência técnica de uma firma é, de forma genérica, medida pela razão entre  $OQ$  e  $OP$ , que é igual a um menos  $QP/OP$  gerando um valor entre 0 e 1, no qual a firma com resultado 1 é dita tecnicamente eficiente e caso contrário (0), ineficiente tecnicamente.

**Gráfico 2: Eficiência técnica e alocativa de orientação insumo e produto**



Fonte: Coelli *et al.* (1998).

A orientação produto pode ser ilustrada pelo Gráfico 2(B), no qual considera-se uma situação produtiva envolvendo um insumo ( $x_1$ ) e dois produtos ( $q_1$  e  $q_2$ ), para retornos constantes de escala, com a tecnologia expressa por uma fronteira unitária de produção, da qual atua em duas dimensões  $ZZ'$ . Sendo assim, uma firma atuando no ponto  $A$  é considerada tecnicamente ineficiente pois está abaixo do limite superior de possibilidade de produção representado pela fronteira  $ZZ'$ . Já a distância entre os pontos  $AB$ , equivale ao montante pelo qual a quantidade de produtos poderia ser aumentada, sem que fosse necessário outra unidade de insumo.

Neste artigo, dado os objetivos propostos e assim como Freitas (2014), será utilizada a “orientação-produto”, que busca o aumento do produto, dado um nível de recursos disponíveis.

### 3. Revisão de literatura

Existe na literatura econômica diversos trabalhos que abordam a eficiência técnica de atividades produtivas, entre esses estudos podemos citar Bonjec *et al.* (2014); Wu *et al.* (2016); Vicente (2012); Freitas (2014); Silva *et al.* (2018); Pereira e mendes (2002); Pereira *et al.* (2016); Mariano *et al.* (2009); Santos *et al.* (2009); Freire *et al.* (2012); Lopes (2014); Nunes *et al.* (2014); Alvim e Stulp (2014); Silva *et al.* (2017).

Alvim e Stulp (2014) analisaram a eficiência técnica da produção agropecuária do Rio Grande do Sul e identificaram quais os seus possíveis determinantes. E para tal, os autores utilizaram o *Data Envelopment Analysis* e uma regressão *Tobit*, em informações censitárias agropecuária de 1970 a 2006. Entre os principais resultados, observou-se que houve uma redução da eficiência técnica global entre 1975 e 2006, as regiões mais eficientes aumentaram tanto a mão de obra quanto a parcela de lavouras permanentes, aves e pequenos animais na sua composição da atividade produtiva.

### 4. Estratégia metodológica

A forma estocástica da fronteira total produção (FTP) possui uma interpretação ajustada de ineficiência, o termo de erro é composto, subdividindo-se em duas partes, na qual a primeira

implica em um componente representativo de fatores aleatórios, captados por efeitos estocásticos, bem como os possíveis choques exógenos como nos casos de estiagens e pragas da atividade agropecuária; e a segunda parte na qual representa toda a ineficiência da firma comparada à fronteira. Deste modo, como o objetivo nesta pesquisa é medir a eficiência de estabelecimentos agropecuários da Região Norte do Brasil, utilizou-se assim como em Freitas (2014) e Silva *et al.* (2018) a forma paramétrica estocástica da fronteira (FREITAS, 2014; BARBOSA, 2018).

Para a estimação deste modelo, Coelli e Battese (1996) ressaltam que é necessária a definição da forma funcional da fronteira estocástica, que pode ser Leontief, Cobb-Douglas e Translog. Nesta pesquisa, empregou-se a forma funcional Cobb-Douglas<sup>1</sup>, que trabalha com retornos de escala restritos aos mesmos valores para todas as firmas da amostra e elasticidade de substituição unitária.

Neste estudo, os estabelecimentos agropecuários da Região Norte (*i*) foram agrupados por grupos de área (*j*), e foram incluídas variáveis *dummies* para estados do Norte e grupo de área total. Assim, com base em Coelli *et al.* (2003), a forma logarítmica da fronteira estocástica, pode ser especificada como:

$$\ln Y_{ij} = \sum_{i=1}^n \ln \beta_{ij} X_{ij} + \sum_{h=1}^{450} E_e + \sum_{g=1}^9 G_g + v_{ij} - u_{ij} \quad (1)$$

em que  $Y_{ij}$  representa o valor da produção do município *i* referente ao grupo de área *j*;  $X_{ij}$  representa as quantidades utilizadas dos fatores de produção: área do estabelecimento utilizada para lavoura e pastagem, trabalho, estoque de capital e despesas com insumos comprados;  $E_e$  representa *dummies* para os municípios da Região Norte do Brasil;  $G_g$  representa *dummies* para os 10 grupos de área total considerados; e  $\beta_{ij}$  é um vetor dos parâmetros estimados, que definem a tecnologia de produção. As *dummies* de estado e grupo de área foram incluídas para captar características fixas de cada estado e grupo de área, respectivamente, além de tentar controlar possível autocorrelação espacial, de forma a obter uma estimativa da eficiência, livre desses efeitos.

Os termos de erro  $v_{ij}$  e  $u_{ij}$  são vetores que representam componentes distintos do erro, no qual o primeiro é o termo de erro aleatório, com distribuição normal, independente e identicamente distribuída (*iid*), truncada em zero e com variância  $\sigma_v^2 [v \sim iid \quad N(0, \sigma_v)]$ ; e o segundo, é o responsável por captar a ineficiência técnica do *i*-ésimo grupo. Este termo unilateral pode seguir a distribuição meio-normal, normal truncada, exponencial e gama (AIGNER; LOVELL; SCHMIDT, 1977; GREENE, 1980). Neste trabalho, assim como em Tupy e Shirota (1998), foi considerada a distribuição exponencial<sup>2</sup>.

Em seguida a estimação da fronteira de produção, foram incorporados um vetor de variáveis explicativas do termo de erro relativo à ineficiência técnica, como especificação (2), para identificar os efeitos dessas variáveis sobre o desempenho produtivo dos estabelecimentos agropecuários do Norte do Brasil.

<sup>1</sup> Conforme argumentado em Freitas (2004), “Chambers (1988) e Silva (1996) identificaram algumas vantagens do uso da Cobb-Douglas: a) simplicidade na estimativa dos parâmetros, pois na forma logarítmica a função Cobb-Douglas é linear nos parâmetros; b) os coeficientes da regressão fornecem as elasticidades de produção, podendo ser comparadas entre si; c) por se tratar de uma função homogênea, o somatório dos coeficientes da regressão determina os rendimentos à escala; e d) se comparada à forma funcional transcendental logarítmica (translog), a função de produção Cobb-Douglas apresenta um pequeno número de parâmetros a serem estimados, sendo menos susceptível aos comuns problemas de multicolinearidade na estimativa da função de produção.”

<sup>2</sup> Muitos trabalhos empíricos já encontraram evidências de que a escolha da distribuição não influencia o resultado da estimação, como Greene (1990) e Kumbhakar e Lovell (2000).

$$\text{LnIT}_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \text{Escolaridade}_{ij} + \beta_2 \text{Sexo}_{ij} + \beta_3 \text{Experiência}_{ij} + \beta_4 \text{Aposentadoria}_{ij} + \beta_5 \text{Pluriatividade}_{ij} + \beta_6 \text{Irrigação}_{ij} + \beta_7 \text{RendaGov}_{ij} + \beta_8 \text{Assistência}_{ij} + \beta_9 \text{Financiamento}_{ij} \quad (2)$$

em que LnIT é o logaritmo da ineficiência técnica do estabelecimento  $i$  referente ao grupo de área  $j$ ;  $\beta_0$  é o termo independente;  $\beta_1$ Escolaridade representa a baixa escolaridade do responsável pelo estabelecimento;  $\beta_2$ sexo variável *dummy* que indique que responsável pelo estabelecimento seja homem;  $\beta_3$ Experiência, representa responsáveis que possuam pelo menos 10 anos de experiência no estabelecimento;  $\beta_4$ Aposentadoria, variável que indica o valor que o responsável pelo estabelecimento recebe de aposentadoria;  $\beta_5$ Pluriatividade, variável *dummy* se o estabelecimento é pluriativo, isto é, se é encontrada atividade agrícola e não agrícola;  $\beta_6$ Irrigação, variável *dummy* que indica se o estabelecimento possui sistema de irrigação;  $\beta_7$ RendaGov, variável que indica a renda recebida de programas sociais do governo;  $\beta_8$ Assistência, variável que indica se o estabelecimento tem acesso à assistência técnica do governo;  $\beta_9$ Financiamento, Variável *dummy* que indica se o estabelecimento possui financiamento.

Após à realização da estimação, para obter a medida de eficiência técnica executou-se o procedimento de Jondrow *et al.* (1982) na separação dos desvios da fronteira em seus componentes aleatórios e de ineficiência. Segundo este procedimento, a eficiência técnica pode ser definida como a razão entre o produto observado e o produto potencial da amostra.

#### 4.1 Fonte e tratamento de dados

Neste artigo, as informações sobre as variáveis utilizadas são originadas de uma tabulação especial dos microdados do Censo Agropecuário de 2006, realizada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Tal tabulação consistiu em organizar todos os dados de acordo com a classe de área dos estabelecimentos e condição do produtor, o que contribui para uma estimativa mais precisa da relação entre a eficiência técnica e seus determinantes dos estabelecimentos agropecuários do Norte do Brasil.

Assim como nos trabalhos de Helfand e Levine (2004), Helfand *et al.* (2015) e Silva *et al.* (2018), foram criadas unidades representativas para cada tamanho do estabelecimento e condição do produtor em relação a terra, em cada município. Estas unidades representativas foram obtidas pela divisão do valor total de determinada variável pelo número de estabelecimentos, em um grupo de área e município específico. Assim, em cada grupo de área pertencente a cada município, construiu-se uma unidade representativa. Como as informações obtidas não representam os microdados do Censo Agropecuário, a utilização de tal procedimento foi necessária.

Deste modo, criou-se *Dummies* representativas de 10 grupos de área: menos de 1 hectare (ha), 1 a menos de 5ha, 5 a menos de 10 ha, 10 a menos de 20ha, 20 a menos de 50ha, 50 a menos de 100ha, 100 a menos de 200ha, 200 a menos de 500ha, 500 a menos de 1000ha, mais de 1000ha.

## 5. Resultados e discussões

### 5.1 Análise descritiva dos dados

Após discutida as bases socioeconômicas nas quais a agropecuária se estabeleceu, esta seção se propõe a descrever as variáveis utilizadas na estimação da fronteira de produção e dos escores de eficiência da atividade agropecuária da região Norte do Brasil.

**Tabela 1 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas**

Variáveis	Média	Desvio-padrão
<i>Fronteira</i>		
VBP (R\$)	18.334,69	91.976,25
área (ha)	79,99	262,21
trabalho (und.)	2,52	2,60
insumos (R\$)	8.258,16	69.561,99
capital (R\$)	451.265,30	2.222.793,00
<i>Ineficiência</i>		
sexo (%)	0,908	0,108
escolaridade (%)	0,784	0,193
experiência (%)	0,498	0,232
irrigação (%)	0,039	0,105
assistência (%)	0,136	0,165
financiamento (%)	0,092	0,11
pluriatividade (%)	0,302	0,28
aposentadoria (R\$)	350,18	756,5
renda governo (R\$)	49,24	206,49
área total (ha)	301,63	665,82

Fonte: Elaboração própria com resultados da pesquisa.

Nota: VBP - valor bruto da produção; ha – hectares; und - unidade.

Observa-se na Tabela 1 que o Valor Bruto da Produção médio do Norte foi de R\$18.334,69, com elevado desvio-padrão, indicando grande heterogeneidade na amostra. No que refere-se a variável *área*, a qual representa a quantidade em hectares das porções de terra do estabelecimento utilizada somente na atividade produtiva agropecuária, esta apresentou uma média de utilização de quase 80 ha. A variável *trabalho*, que se refere a soma da quantidade de indivíduos contratados e da mão de obra familiar, teve uma média de 2,52 unidades/estabelecimento. *Insumos*, que corresponde aos gastos com meios de produção circulantes<sup>3</sup>, bem como matérias primas utilizadas na produção, teve um valor médio de R\$ 8.258,16.

No que tange a variável *capital*, que simboliza a soma do gasto efetuados na aquisição de meios de produção fixos<sup>4</sup> e em benfeitorias, esta obteve um gasto médio de R\$ 451.265,30. Dentre as variáveis utilizadas para determinar a ineficiência técnica, observou-se que em média a *dummy sexo* apresentou um valor de 90,8% indicando que quase todos os responsáveis pelos estabelecimentos são indivíduos do sexo masculino. Já no que se refere ao nível educacional, representada pela variável *escolaridade*, observa-se que 78,4% dos responsáveis pelos estabelecimentos possuem um baixo grau de instrução escolar.

Observa-se ainda na Tabela 1 que aproximadamente 50% dos responsáveis pelos estabelecimentos possuem pelo menos 10 anos de experiência na atividade agropecuária

<sup>3</sup> Conceito desenvolvido por Marx (1985) para caracterizar uma parte dos meios de produção nos quais podem se exaurir completamente em uma única utilização no processo produtivo, como por exemplo as matérias primas.

<sup>4</sup> Conceito argumentado em Marx (1985) onde explana a respeito de um elemento presente nos meios de produção, no qual transfere seu valor de forma gradual para a mercadoria, e por isso se exaure de maneira fracionária à sua utilização no processo produtivo, para tal temos como exemplo os maquinários.

(*experiência*). Outra informação extraída é que apenas 3,9% dos estabelecimentos possuem *irrigação* em seus sistemas produtivos, ainda que seja considerada pela literatura uma excelente prática para aumentar a produtividade, essa estatística possivelmente pode ser explicada pela falta de conhecimento técnico, provocada pela baixa escolaridade e pela falta de *assistência* que consta em média em apenas 13,6% dos estabelecimentos.

A variável *financiamento*, que representa todos os recursos adquiridos mediante a promessa de pagamento futuro firmado pelos produtores, obteve uma média de 9,2% dos mesmos adquiriram este tipo de compromisso. A *dummy pluriatividade*, que por sua vez representa a concomitância que um estabelecimento pode apresentar ao executar outras atividades que não sejam apenas agropecuárias, em média percebeu-se esse evento em pouco mais de 30% dos estabelecimentos pesquisados.

Para a *aposentadoria* constatou-se que em média os produtores recebem cerca de R\$ 350,18. Também foram capitadas outras formas de remunerações oriundas de programas sociais para populações carentes, famílias com perfil rural e etc., as quais são representadas pela variável *renda governo*, que contabilizou uma média de R\$ 49,24.

A última variável apresentada na supracitada tabela é a *área total*, a qual representa o somatório do espaço ocupado pelo estabelecimento agropecuário, esta se difere da *área* pois inclui em si, além da terra produtiva, os espaços que também pertencem ao produtor, mas não são destinados à produção. Nesta condição, a *área total* apresentou, em média, um espaço de 301,63 hectares.

## 5.2 Fronteira Estocástica de Produção

Na Tabela 2 encontram-se os resultados da estimação da fronteira de produção, dos quais foram obtidos por meio do método da Máxima Verossimilhança com o propósito de aumentar a capacidade representativa dos parâmetros. Ressalta-se que o processo de estimação consistiu na estimação dos coeficientes relativos ao valor bruto da produção, ou seja, da eficiência técnica.

Além disso, foram incluídas no termo de ineficiência (*U<sub>sigma</sub>*) variáveis que poderiam influenciar tal termo. Para a estimação, utilizou-se a forma logarítmica linear em uma função do tipo Cobb-Douglas, aplicando para o termo de ineficiência uma distribuição exponencial. Afim de se evitar problemas como a heterocedasticidade, utilizou-se o método *bootstrap* no qual concede maior grau de robustez aos erros e parâmetros do modelo.

Observa-se na supracitada tabela que o resultado da estatística de Wald indica um bom ajustamento do modelo, rejeitando-se a hipótese nula de insignificância conjunta das variáveis para os três modelos estimados. Com a divisão da variância do termo de erro relativo à ineficiência (*U<sub>sigma</sub>*) pela variância do termo de erro aleatório (*V<sub>sigma</sub>*), pode-se testar a existência significativa da ineficiência técnica. Dessa forma, devido ao valor ser superior a zero (1,608/0,124=12,968), têm-se que no modelo estimado, parte do termo de erro se deve à ineficiência.

Devido a soma das elasticidades (coeficientes) serem próximos a 1, diz-se que a tecnologia utilizada se aproxima de retornos constantes à escala, e desta forma um aumento na utilização destes fatores trará consigo um aumento proporcional ao valor bruto da produção. Trabalhos como Alves *et al.* (2012), Helfand *et al.* (2015) e Silva *et al.* (2018) encontraram esta mesma evidência em suas pesquisas a respeito do Brasil rural.

**Tabela 2 - Resultados da estimação da Fronteira Estocástica de Produção e Ineficiência Técnica**

Variáveis	Coefficientes	Erro-padrões robustos (bootstrap)
<i>Fronteira (ln VBP)</i>		
ln área	0,037***	0,011
ln trabalho	0,129***	0,024
ln insumo	0,032**	0,015
ln capital	0,702***	0,014
constante	1,505***	0,152
<i>Ineficiência (Usigma)</i>		
sexo	-0,523 <sup>ns</sup>	0,489
escolaridade	-0,339 <sup>ns</sup>	0,366
experiência	-1,227***	0,254
irrigação	-1,701*	0,979
assistência	0,199 <sup>ns</sup>	0,437
financiamento	-1,753**	0,777
pluriatividade	0,264 <sup>ns</sup>	0,212
ln aposentadoria	-0,227***	0,019
ln renda governo	-0,371***	0,044
ln área total	0,079**	0,032
constante	1,608***	0,498
<i>Vsigma</i>	-0,124***	0,047
Wald Test	25698,70	Prob>chi2 0,0000
LFMV		-7128,73
Número Observações		4.284

Fonte: Elaboração própria com resultados da pesquisa.

Nota: Significância estatística: \*\*\* 1%; \*\* 5%; \* 10%; ns - não significante; LFMV - Logaritmo da função de máxima verossimilhança.

Observa-se na Tabela 2 que todas as variáveis da fronteira de produção (*lnárea*, *lntrabalho*, *lninsumo*, *lncapital*) foram estatisticamente significantes e com sinais positivos, como esperado. O fator que mais contribui para um maior VBP é o capital, seguido do trabalho, área e insumo, conforme os valores de suas elasticidades.

Na variável *lnárea* observa-se que um aumento de 10% na área utilizada na agropecuária paraense, leva a um aumento de 0,37% no VBP. Freitas (2014) também observou uma relação positiva entre a área utilizada e o VBP, porém salientou que essa relação apesar de ser positiva é também não linear, e neste sentido os estabelecimentos conseguem uma elevação da sua eficiência técnica por meio do aumento da área até um determinado ponto, no qual a relação passa a se tornar inversa, resultado também encontrado aqui como pode ser observado na Tabela 3 e nos Gráficos 3 e 4.

Para a variável *trabalho*, nota-se que um aumento em 10% na quantidade de trabalhadores contratados e familiares, provoca, em média, uma elevação de 1,29% no VBP. Esta relação já se era esperada, pois esta variável apresentou um resultado compatível com o de Soares (2016) em algumas de suas estimações para soja e milho no Brasil rural. No que se refere

ao *insumo*, percebe-se que um aumento de 10% na quantidade desta variável está associado a uma elevação média de 0,32% no valor bruto da produção. Essa participação na agregação de valor da produção, por parte dessa variável, pode ser compreendida pela necessidade da utilização de energia, matéria prima, corretor químico de solo e etc. em todas as etapas do processo produtivo<sup>5</sup>. Os seguintes autores corroboram este resultado em seus estudos semelhantes: Helfand *et al.* (2015) e Silva *et al.* (2018).

Para finalizar as variáveis relacionadas aos fatores produtivos, têm-se que no *capital*, um aumento em 10% nesta variável gera, em média, um aumento de 7,02% no VBP. Uma possível explicação para isto está atrelada ao fato de que esta variável representa o valor investido em elementos que possuem a capacidade de aumentar o VBP por meio da elevação da produtividade dos estabelecimentos. Neste sentido é possível observar o aumento de produtos em relação ao tempo, quando investe-se na aquisição de novas tecnologias como maquinários, veículos e implementos; e/ou gera-se melhorias no estabelecimento por meio de benfeitorias, às quais recompõe a capacidade produtiva gasta pela depreciação. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva *et al.* (2018) e Alves *et al.* (2012).

No que tange as elasticidades dos prováveis fatores explicativos da ineficiência, observa-se que *sexo*, *escolaridade*, *assistência* e *pluriatividade*, não foram estatisticamente significantes, não possibilitando assim, inferências com relação a essas variáveis. Por sua vez, a *experiência* foi estatisticamente significativa a 1% e exerce um efeito negativo sobre a ineficiência, ou seja, o responsável do estabelecimento ter pelo menos 10 anos de experiência com a atividade agropecuária, diminui sua ineficiência.

A elasticidade encontrada indica que um aumento de 10% da experiência diminui, em média, 12,27% a ineficiência. Este resultado já se era esperado devido o aprendizado empírico advindo com os anos de experiência, isto é, a produtividade agropecuária pode ser elevada pela experiência do produtor, que faz com que este consiga se sobressair de situações adversas que a atividade pode ter. Resultados semelhantes foram encontrados por Oyewol (2009) em sua pesquisa sobre determinantes da cultura do milho, Abdulai *et al.* (2013) no estudo a respeito da eficiência técnica na produção de milho e Freitas (2014) na sua pesquisa de produtividade e tamanho do estabelecimento no Brasil.

A variável *irrigação* demonstrou, assim como esperado, uma relação significativa e negativa com a variável dependente. Nesta perspectiva, quando ocorrer um aumento em 10% de estabelecimentos que utilize essa tecnologia, isto implicará em uma redução média de 17,01% na ineficiência técnica. Este evento pode estar associado ao aumento da produtividade, provocado pela possibilidade de reprodução de cenários climáticos, dos quais podem homogeneizar aspectos como temperatura e condições do solo de maneira a atender as especificidades das lavouras e pastagens. Este resultado concilia-se com outros estudos como de o Helfand *et al.* (2004), Vicente (2004), Khai e Yabe (2011) e Freitas (2014).

Com base no resultado *financiamento* na Tabela 2, pode-se inferir que um aumento de 10% desta variável estaria associado a uma redução da ineficiência de 17,53%. Acredita-se que este resultado é explicado pelo fato que novos recursos, oriundos do financiamento, podem ampliar a possibilidade de investimento na produção agropecuária. Esta suposição corrobora-se com a ótica produtivista de financiamento discutida em Freitas e Teixeira (2011). Além disso, Freitas (2014) discute ainda em seu trabalho que esta variável provoca a elevação da eficiência principalmente em pequenas propriedades.

Dentre as variáveis significantes estatisticamente e negativas, a *aposentadoria* apresentou o menor efeito na composição da ineficiência agropecuária do Norte. Têm-se que

---

<sup>5</sup> Marx (1985) em sua obra O Capital argumenta sobre a importância desses bens pela sua capacidade de transferência de valor para o produto final.

um aumento de 10% na aposentadoria está associado a uma redução em 2,27 % nos efeitos da ineficiência. Dessa forma, podemos associar esse acontecimento ao fato de que quando o responsável pelo estabelecimento possui aposentadoria, o mesmo dispõe-se de uma remuneração a mais, na qual pode ser utilizada como um recurso disponível para ser aplicado na atividade produtiva, esta perspectiva dialoga com a literatura conforme a explicação do *financiamento* embasada pelo autores supracitados.

Quanto a variável *ln renda governo*, percebe-se que o aumento de 10% na renda recebida do governo por programas sociais está associado a uma redução de 3,71% na ineficiência produtiva das propriedades. Assim como no *financiamento*, este efeito justifica-se com o argumento de que, o aumento dos recursos disponíveis ao produtor, pode aumentar o montante destinado ao investimento na produção e, por conseguinte, a produtividade e eficiência conforme discutido em Freitas *et al.* (2011) e Freitas (2014).

Por fim, a variável *área total*, a qual destacou-se por ser a única a apresentar efeito positivo e significativo estatisticamente, mostra que um aumento de 10% na área total ocupada pela propriedade provocará um aumento de 0,79% na ineficiência produtiva. Este resultado, possivelmente pode ser explicado pela composição da variável, pois nesta se leva em consideração também a terra na qual não é destinada a atividade produtiva e isso pode reduzir o valor bruto da produção. Além disso, esta evidência mostra a relação inversa entre eficiência e tamanho do estabelecimento, já encontrada na literatura por Helfand e Levine (2004), Almeida (2012), Freitas (2014) e Silva *et al.* (2018). Outro fato que pode contribuir para compreender este resultado é que segundo a Lei 12.651/2012 do código florestal obriga o dono de estabelecimentos rurais da região Norte a reservar pelo menos 50% da sua propriedade para fins ambientais, e isso aumenta a ineficiência dada a diminuição do insumo terra (Código Florestal, 2012).

### **5.3 Escores de eficiência técnica**

Posteriormente a estimação da fronteira de produção, os escores de eficiência foram gerados de acordo com os passos descritos na seção 4.2. Sendo assim, pode-se observar na Tabela 3 os resultados dos escores de eficiência em termos médios, os quais foram estimados levando em consideração grupos de áreas compostos por semelhança em tamanho das propriedades, e concomitantemente divididos por estados.

**Tabela 3 - Escores de eficiência técnica média, segundo grupo de área e estado**

<b>Grupo de área</b>	<b>Rondônia</b>	<b>Acre</b>	<b>Amazonas</b>	<b>Roraima</b>	<b>Pará</b>	<b>Amapá</b>	<b>Tocantins</b>
<i>menos de 1 ha</i>	0,414 (0,212)	0,465 (0,262)	0,552 (0,251)	0,477 (0,333)	0,577 (0,227)	0,349 (0,219)	0,457 (0,236)
<i>1 a menos de 5 ha</i>	0,702 (0,165)	0,636 (0,217)	0,601 (0,208)	0,397 (0,258)	0,606 (0,211)	0,431 (0,287)	0,429 (0,222)
<i>5 a menos de 10 ha</i>	0,688 (0,168)	0,665 (0,161)	0,539 (0,219)	0,341 (0,233)	0,596 (0,221)	0,460 (0,256)	0,492 (0,194)
<i>10 a menos de 20 ha</i>	0,733 (0,122)	0,692 (0,153)	0,544 (0,223)	0,398 (0,279)	0,604 (0,214)	0,378 (0,254)	0,546 (0,198)
<i>20 a menos de 50 ha</i>	0,748 (0,100)	0,730 (0,120)	0,559 (0,223)	0,501 (0,240)	0,659 (0,175)	0,433 (0,253)	0,624 (0,183)
<i>50 a menos de 100 ha</i>	0,754 (0,093)	0,725 (0,105)	0,589 (0,202)	0,471 (0,218)	0,641 (0,192)	0,447 (0,148)	0,595 (0,175)
<i>100 a menos de 200 ha</i>	0,688 (0,100)	0,692 (0,120)	0,578 (0,199)	0,487 (0,194)	0,592 (0,201)	0,461 (0,222)	0,562 (0,175)
<i>200 a menos de 500 ha</i>	0,594 (0,093)	0,654 (0,166)	0,471 (0,223)	0,432 (0,239)	0,527 (0,200)	0,343 (0,211)	0,539 (0,171)
<i>500 a menos de 1000 ha</i>	0,448 (0,162)	0,521 (0,203)	0,360 (0,157)	0,391 (0,207)	0,371 (0,197)	0,365 (0,209)	0,465 (0,196)
<i>mais de 1000 ha</i>	0,400 (0,168)	0,324 (0,223)	0,341 (0,217)	0,372 (0,226)	0,295 (0,199)	0,472 (0,151)	0,456 (0,217)
<b>Eficiência técnica média</b>	0,620 (0,195)	0,615 (0,214)	0,520 (0,229)	0,520 (0,229)	0,426 (0,238)	0,550 (0,232)	0,415 (0,222)

Fonte: Elaboração própria com resultados da pesquisa.

Nota: ha - hectares; valores entre parênteses referem-se ao desvio padrão.

Os resultados da Tabela 3, quando observados a nível de unidade federativa, demonstram que os escores médios de eficiência técnica de Rondônia apresentaram-se como os valores mais discrepantes de toda a amostra, dispondo-se de um percentual médio de 62% de eficiência. Deste modo, pode-se considerá-lo como o estado que pratica a atividade agropecuária da maneira mais eficiente de toda Região, este resultado também significa que pode-se melhorar o desempenho dos estabelecimentos em 38% sem alterar a quantidade utilizada dos fatores de produção. Ademais, esse escore é compatível com a realidade do estado, visto que sua economia sempre foi baseada em ciclos, como o da agropecuária, e outros de perfil semelhantes como o da madeira e o da agricultura, e neste caso, o aperfeiçoamento das técnicas produtivas tendem a melhorar com a experiência da localidade com a atividade.

O estado do Acre, apresentou-se com um percentual de eficiência de 61,5%, resultado bem próximo a Rondônia, e por isso coloca-se como o segundo estado tecnicamente mais eficiente na agropecuária. Este estado dispõe ainda de uma capacidade média de 38,5% de desenvolvimento do desempenho produtivo, sem a necessidade de expandir seus recursos. É válido ressaltar que o Acre e Rondônia, para além de uma localização próxima, e tamanho territorial semelhante, possuem ainda uma conjuntura histórica com bases semelhantes no âmbito do agroextrativismo, das quais se mantiveram como base da economia. Neste sentido, pode-se especular que seus escores de eficiência são aproximados, devido a semelhança produtiva na qual tende a convergir os níveis de eficiência de ambas as regiões.

Ainda na Tabela 3, o estado do Amazonas apresentou-se como o quarto estado mais eficiente na agropecuária do Norte, contabilizando um escore de eficiência técnica média de 52%. Desta forma, aproximadamente metade da sua produção apresenta uma condição de eficiência técnica, e neste sentido possui uma oportunidade de expandir-se em 48% o desenvolvimento da sua atividade produtiva, apenas pela mudança da atuação da capacidade produtiva para uma condição ótima de orientação produto. Além do Amazonas ser o maior estado em extensão territorial, em seu passado, a localidade teve forte laços com extrativismo, do qual de maneira geral possui técnicas muito semelhantes à da agropecuária familiar, e isto influencia na escolha da forma de produção da agropecuária.

Roraima equipara-se com Amazonas em sua posição de eficiência, pois também possui um escore médio de 52%, e desta maneira, também dispõe da possibilidade de aumentar o desenvolvimento da sua produção agropecuária em 48% sem alterar sua composição de insumos. Estes estados assemelham-se em condições de proximidade geográfica, porém Roraima possui suas particularidades, além de ser menor em tamanho que o Amazonas, este estado permanece durante muito tempo dentro da sua história com uma parte da sua economia baseada no garimpo, e a outra na agropecuária. Portanto, pode-se observar que o acúmulo de conhecimento provocado pela experiência auxilia na tomada de decisão do produtor em relação a sua forma de produzir, podendo provocar impactos positivos na sua eficiência técnica.

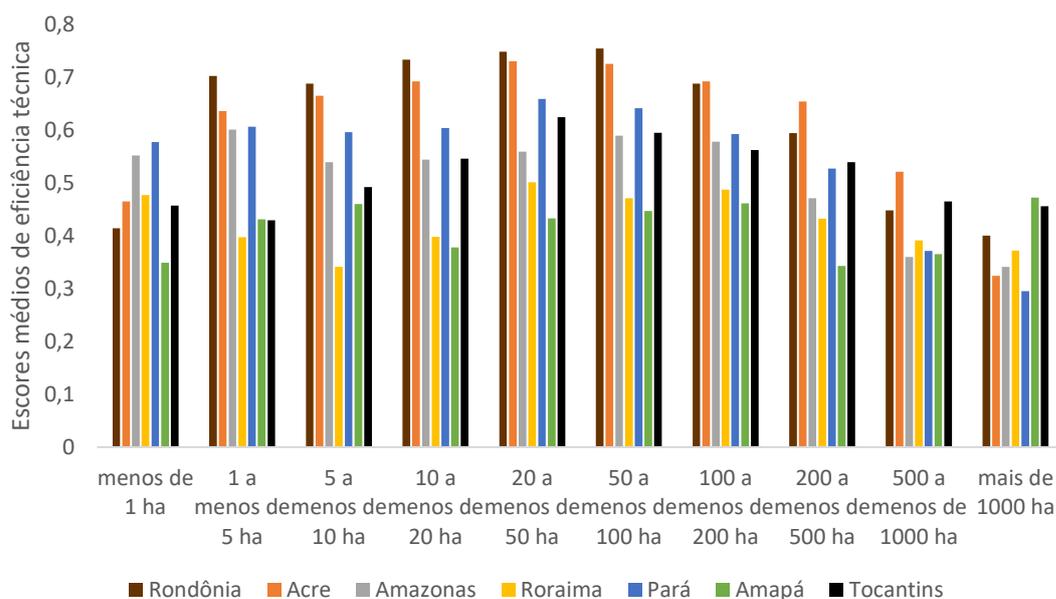
Considerando-se os estados do Amazonas e Roraima como os quartos mais tecnicamente eficiente da Região, o Pará ocupa a quinta colocação, dado que apresenta um escore médio de 42,6%. Este resultado também permite observar que este estado poderia elevar o seu desenvolvimento produtivo agropecuário, em mais da metade da sua capacidade atual sem precisar expandir seus meios de produção. Pode-se observar ainda, que a atividade econômica base do Pará divide-se entre a mineração e a pecuária. Desta forma o *modus operandi* da atividade agropecuária se moldará para beneficiar as necessidades de apenas uma parte desta atividade, reduzindo a capacidade de desenvolvimento produtivo da agropecuária como um todo, e isto pode refletir nessa eficiência abaixo da metade da sua capacidade.

O Amapá apresentou, em média, como um estado produtivo, sendo o terceiro estado tecnicamente mais eficiente, contabilizou um escore médio de 55%, neste sentido demonstrou

que mais da metade do seu desenvolvimento produtivo é tecnicamente eficiente, exibindo ainda uma margem para expansão de 45% sua eficiência, sem a necessidade de alterar a composição dos meios de produção. Este é um resultado já esperado, pois assim como o Amazonas este Estado desenvolve entre suas atividades econômicas básica o extrativismo mineral, que por sua vez apresenta estrutura e técnicas de produção semelhantes à atividade agropecuária.

O estado do Tocantins, apesar de não tão distante do percentual de Rondônia, apresentou-se como o menos eficiente do Norte, contando com um escore médio de 41,5% de eficiência técnica, dispondo-se então de uma capacidade de expansão da sua eficiência de aproximadamente 60%. Desta forma, o Estado exibe um resultado curioso, pois demonstra uma economia baseada na agropecuária e ao mesmo tempo, atua com uma capacidade abaixo da metade da sua eficiência. Este cenário pode ser compreendido se leva-se em consideração a relação entre tamanho e eficiência, na qual segundo a literatura os estabelecimentos com tamanhos médios são tecnicamente mais eficientes, aos pequenos e grandes estabelecimentos, neste sentido este estado pode apresentar pouco número de médias propriedades declinando assim sua eficiência. No intuito de aprofundar essa discussão entre eficiência e tamanho, pode-se analisar o Gráfico 3.

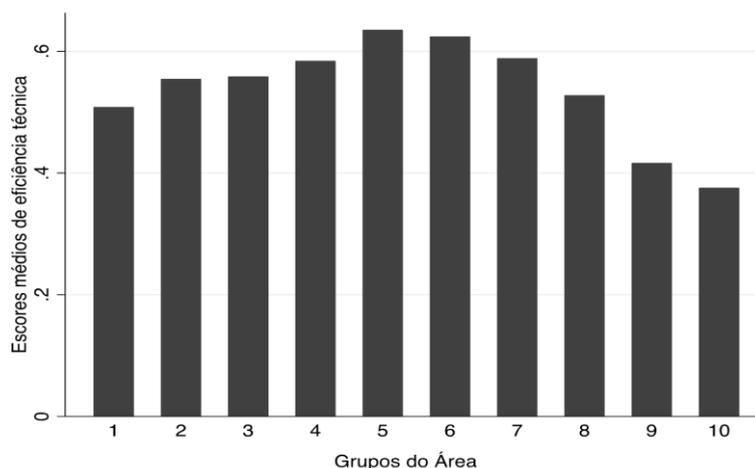
**Gráfico 3- Escores de eficiência técnica média, segundo grupo de área e estado**



Fonte: Elaboração própria com resultados da pesquisa.

Observa-se neste gráfico que a distribuição dos escores de eficiência foram divididos em grupos de áreas dentro de cada estado. De maneira geral, pode-se observar que a eficiência comportou-se obedecendo uma distribuição normal, para quase todos os estados, quando plotada em relação ao tamanho dos estabelecimentos. Neste caso, os maiores picos de eficiência se manifestaram em estabelecimentos que medem entre 10 e menos de 200 hectares, portanto as propriedades médias são as mais eficientes tecnicamente. Deve-se ainda salientar que neste caso, existe uma relação positiva entre o tamanho da propriedade e a eficiência, porém essa relação é não linear, isto é, elevando-se com o aumento da terra até um determinado ponto, a partir do qual passasse a declinar, assinalando o ganho de independência do produtor em relação ao fator terra.

#### Gráfico 4- Escores de eficiência técnica, por grupo de área, para os estabelecimentos representativos da Região Norte do Brasil em 2006



Fonte: Elaboração própria com resultados da pesquisa.

Quanto a análise regional da eficiência, esta será desenvolvida com base no Gráfico 4, no qual representa o comportamento da distribuição dos escores de eficiência e o tamanho dos estabelecimentos agropecuários para a região Norte como um todo, diferentemente do Gráfico 3 que levava em consideração a distribuição da eficiência dentro dos grupos de áreas, separados por estado.

O Gráfico 4 demonstrou que a eficiência técnica para a região Norte segue, assim como na abordagem estadual, uma distribuição normal. Indicando que os estabelecimentos em tamanhos médios são os mais eficientes, mais especificamente as propriedades que possuem entre 10 e menos de 200 hectares, localizados entre os grupos 4 e 7, que têm os escores mais elevados.

Ademais, isto pode indicar que existe semelhanças nas quantidades de pequenas, médias e grandes propriedades na maioria dos estados, pois em caso de muita heterogeneidade nos estabelecimentos de estados em relação à sua composição de tamanho, teria então um efeito detectado pela diferença do comportamento entre os escores de eficiências regional e estadual, como por exemplo, o caso do Amapá, que apresenta distinção entre o comportamento da sua eficiência (Gráfico 3) em relação à eficiência de toda a Região (Gráfico 4).

#### 7. Considerações finais

Visto que a agropecuária é a atividade básica da economia brasileira, e que dentre todas suas regiões, o Norte apresenta-se com o menor valor bruto da produção, isto pode ser indícios que seus estabelecimentos podem estar produzindo de maneira ineficiente. Neste sentido, o intuito da presente pesquisa foi analisar a eficiência técnica dos estabelecimentos agropecuários da região Norte do Brasil.

Utilizou-se como metodologia a estimação de uma fronteira estocástica de produção afim de se obter escores de eficiência técnica da Região, neste caso, utilizou-se o procedimento de *bootstrap* para gerar robustez nos erros, e agrupamentos dos estabelecimentos em grupos de áreas, para evitar possíveis vieses. Entre os principais resultados encontrados, observou-se que a variável *capital* apresentou a maior elasticidade, e neste sentido possui o maior efeito na formação o valor bruto da produção, seguido por *capital*, *trabalho* e *insumo*. Quanto a

ineficiência produtiva, a variável *financiamento* foi a que mais reduz efeitos não eficientes na produção, seguido pela *irrigação*, *experiência*, *ln renda governo*, *ln aposentadoria*, e a *ln área total*.

A elasticidade indicou que a tecnologia permite retornos proporcionais à quantidade de investimentos na produção, dado os retornos constantes de escala. Os escores de eficiência, por sua vez, demonstraram que o estado de Rondônia, em média, é o mais eficiente, e o Tocantins é o menos eficiente do Norte. Ademais, os coeficientes de eficiência obedeceram a uma distribuição normal, mesmo quando organizado os grupos de áreas por estado, quanto por região. Adicionalmente, observou-se que os médios estabelecimentos agropecuários são os que fazem melhor uso de seus recursos.

De modo geral, os resultados encontrados nesta pesquisa contribuíram com a literatura de maneira a proporcionar conhecimento a respeito da condição de eficiência produtiva agropecuária da região Norte. Neste sentido, a pesquisa demonstrou que os médios estabelecimentos são os mais eficientes, e com base nos efeitos das variáveis estudadas, investimentos que aumentem a produtividade dos fatores elevam também a eficiência técnica na produção.

Por tanto, torna-se importante a formulação de políticas públicas que financie os produtores agropecuários desta Região, para que os mesmos tenham condições de investir em tecnologias e benfeitorias em seus estabelecimentos que aumentem a produtividade e consequentemente, seus níveis de eficiência.

Por fim, acredita-se ser bastante contributivo para a literatura o avanço da pesquisa analisando os efeitos que o financiamento público rural tem sobre a eficiência técnica dos pequenos, médios, e grandes estabelecimentos agropecuários da região Norte. Caso seja possível, os microdados do Censo Agropecuário 2017 seriam muito úteis para uma maior precisão e atualidade dos resultados. Outra sugestão de pesquisa para estes mesmos microdados, seria uma análise da eficiência técnica da pecuária e agricultura separadamente, de modo a se obter mais detalhes oriundos da desagregação destes dois pilares da agropecuária.

## Referências

- ABDULAI, S.; NKEGBE, P.K.; DONKOH, S.A. Technical efficiency of maize production in Northern Ghana. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 43, p.5251-5259, 2013.
- AIGNER, D.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Economics**, v. 6, n. 1, p. 21-37, 1977.
- ALMEIDA, P. N. A. **Fronteira de produção e eficiência técnica da agropecuária brasileira em 2006**. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Esalq, Piracicaba-SP, 205 p. 2012.
- ALVES, E.; SOUZA, G. S.; ROCHA, D. P. Lucratividade da Agricultura. **Revista de Política Agrícola**, v. 1, n.2, p. 45-63, 2012.
- ALVIM, A. M.; STULP, V. J. Eficiência técnica da produção agropecuária nas regiões do Rio Grande do Sul de 1975 a 2006. **Planejamento e Políticas Públicas**, v. 1, n. 43, 2014.
- AMORIM, A. L.; CORONEL, D. A.; TEIXEIRA, E. C. A agropecuária na economia brasileira: uma análise de insumo-produto. **Perspectiva Econômica**, São Leopoldo-RS, v. 5, p. 1-19, 2009.
- BARBOSA, G. d. S.; COSTA, E. M.; ARAÚJO J. A.; BARBOSA, G. S. Eficiência dos produtores frutícolas em Petrolina: Uma análise de fronteira estocástica. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza-CE, v. 49, n. 1, p133-148, 2018.
- BOJNEC, Š.; FERTŐ, I.; JÁMBOR, A.; TÓTH, J. determinants of technical efficiency in agriculture in new EU member states from central and eastern europe. **Acta Economica**, v. 64, n. 2, p. 197–217, 2014.

BUAINAIN, Antônio Márcio; ALVES, Eliseu; SILVEIRA, José Maria da; NAVARRO, Zander. O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola. **Embrapa**, Brasília-DF, 1185 p. 2014.

COELLI, T.J.; RAO, D.S.P.; O'DONNELL, C.J.; BATTESE, G.E. An introduction to efficiency and productivity analysis. **Springer**, v. 2, n. 1, p. 1-312, 1998.

COELLI, T.J.; BATTESE, G. E. Identification of factors which influence the technical inefficiency of Indian farmers. **Australian Journal of Agricultural Economics**. V.40, n.2, p. 103-128, 1996.

COELLI, T.J.; RAO, D.S.P. Total factor productivity growth in agriculture: a Malmquist index analysis of 93 countries, 1980-2000. **Working Paper Series**, Centre for Efficiency and Productivity Analysis, v.1, n. 2, 31 p., 2003.

DEBREU, G. The Coefficient of Resource Utilization. **The Econometric Society, Econometrica**, v. 19, n. 3, p. 273-292, 1951.

FARREL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, n. 3, p.253-290, 1957.

FREITAS, C.O.D. **Tamanho dos estabelecimentos e eficiência técnica na agropecuária brasileira**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, p. 66-72, 2014.

FREIRE, A. H.; REIS, R. P.; LIMA, D. P. M.; FONTES, R. E. Eficiência econômica da cafeicultura no sul de minas gerais: uma abordagem pela análise envoltória de dados. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras-MG, v. 14, n. 1, p. 60-75, 2012.

FREITAS, C. O.; TEIXEIRA, E. C. A agricultura familiar e comercial no censo agropecuário de 2006. **Políticas Públicas e Desenvolvimento: Suprema**, v. 1, n. 1, p.374-406, 2011.

GREENE, W. H. Maximum likelihood estimation of econometric frontier functions. **Journal of econometrics**, Lausanne, v.13, n.1, p.27-56, 1980.

GREENE, W. H. A gamma-distributed stochastic frontier model. **Journal of Econometrics**, North-Holland, v.1, n. 46, p. 141-163, 1990.

HELFAND, S. M.; MAGALHÃES, M.M.; RADA, N.E. Brazil's Agricultural Total Factor Productivity Growth by Farm Size. In. **Annals...** Agricultural & Applied Economics Association, San Francisco-CA, July 26-28, 2015.

HELFAND, S.; LEVINE, E. S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. **Agricultural Economics**, v. 31, p. 241-249, 2004.

IBGE. Censo Agropecuário 2006. Agricultura Familiar. **Primeiros resultados**. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Brasília/Rio de Janeiro: MDA/MPOG, 2009. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/50/agro\\_2006\\_agricultura\\_familiar.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/50/agro_2006_agricultura_familiar.pdf) Acesso em: 02 nov. 2019.

IBGE. Censo Agropecuário 2017. Resultados definitivos. Informativos para Downloads. Templates. **Censos.ibge.gov.br**. 2019 Disponível em: [https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/pdf/ro.pdf](https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/pdf/ro.pdf) Acesso em: 28 nov. 2019, 14:06.

JONDROW, J; LOVELL, C.A.K.; MATEROV, I.S.; SCHMIDT, P. On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. **Journal of Econometrics**, Lausanne, v.19, n. 2-3, p.233-238, 1982.

JURISDIÇÃO. BRASIL. Código Florestal. **Lei nº12.651/2012**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 27 Dez. 2019.

KHAI, H.V.; YABE, M. Technical Efficiency Analysis of Rice production in Vietnam. **Journal of ISSAAS**, v. 1, n. 17, p. 135-146, 2011.

KUMBHAKAR, S. C.; LOVELL, C. A. K. Stochastic Frontier Analysis. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 84, n. 2, 343p., 2000.

LOPES, B. M. G. **Ecoeficiência na agropecuária: uma aplicação de análise envoltória de dados - DEA nos municípios brasileiros da região Norte**. Dissertação (mestrado) – Programa de pós-graduação em agronegócio, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 183 p., 2014.

MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasil fecha safra 2018/2019 com recorde de 242,1 milhões de toneladas de grãos. Brasília, 10 nov. 2019, 11:11. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/brasil-fecha-safra-2018-2019-com-recorde-de-242-1-milhoes-de-toneladas-de-graos>. Acesso em: 22 nov. 2019.

MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Balança Comercial - Série Histórica (1997-2018). Intercâmbio Comercial do Agronegócio. Brasília, 05 nov 2019, Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/relacoes-internacionais/estatisticas-de-comercio-exterior>. Acesso em: 25 nov. 2019.

MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Valor Bruto da produção janeiro/2019. Política agrícola. Brasília, 16 out. 2019, Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp> Acesso em: 26 nov. 2019.

MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Balança Comercial do Agronegócio – Outubro/2019. Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio. Brasília, 07 nov 2019, Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/notaimprensaoutubro2019> acesso em: 25 nov. 2019.

MARIANO, J. L.; PINHEIRO, G. M. Eficiência Técnica da Agricultura Familiar no Projeto de Irrigação do Baixo Açu (RN). **Revista Econômica do Nordeste**, v. 40, n. 2, p. 283-296, 2009.

Marx, K. O capital: crítica da economia política. **São Paulo: Nova cultural**. Coleção os economistas, v. 2, n. 1. 1985.

Ministério, da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assuntos. Camaras setoriais temáticas. Documentos. Infraestrutura e logística. 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-tematicas/infraestrutura-e-logistica>. Acesso em: 19/10/2019.

NUNES, E. D. S.; SOUSA E. P. D.; DAMASCENO, N. P. Eficiência técnica da extração do pequi no Ceará. **Revista de Economia e Agronegócio**, v.11, n. 3, p. 350-352, 2014.

OYEWOL, O. Determinants of Maize Production among Maize Farmers in Ogbomoso South Local Government in Oyo State, Nigeria. **Agricultural Journal**. v. 4, n. 3, p.144-49, 2009.

PEREIRA, B. D.; MENDES, C. M. Eficiência Técnica: Arroz De Sequeiro: Sorriso (Mt). **Revista de Estudos Sociais** – v. 4, n. 8, p. 37-51, 2002.

PEREIRA, C. N.; SILVEIRA, J.M.F.J. Análise Exploratória da Eficiência Produtiva das Usinas de Cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do Brasil. **RESR**, Piracicaba-SP, v. 54, n. 1, p. 147-166, 2016.

SANTOS, J. A. S.; ALMEIDA, P. N. A.; OLIVEIRA, I. J. Análise de eficiência técnica na produção de soja nas principais regiões produtoras brasileiras. **Anais...** 47º Congresso da SOBER, Porto Alegre, 26 a 30 de julho de 2009.

SEPULCRI, O.; PAULA, N. **A evolução da agricultura e seus reflexos na EMATER**. Dissertação (MESTRADO) Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2005.

SILVA, J. de S., FERREIRA, M. D. O.; LIMA, J.R.F.D. Eficiência técnica dos produtores de manga do Vale do São Francisco. **Revista de Economia e Agronegócio – REA**, v. 15, n.1, p. 28-49, 2017.

SILVA, J. d. S.; FREITAS, C. O. d.; COSTA, L.V. Effects of pluriactivity of brazilian rural establishments on technical efficiency. **Review of Agricultural Economics**, Italian, v. 73, n. 2, p. 147-169, 2018.

SOARES, P. **Determinantes da eficiência técnica da agricultura: um estudo para as culturas de milho e soja no Brasil**. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba-SP, 97 p., 2016.

TUPY, O.; SHIROTA, R. Eficiência econômica na produção de frango de corte. **Informações Econômicas**. São Paulo, v.28, n.10, p.25-40, 1998.

VICENTE, J. R. Produtividade total de fatores e eficiência no setor de lavouras da agricultura brasileira. **Revista de economia e agronegócio**, v. 9, n. 3, p304-324, 2012.

VICENTE, J. R. Economic efficiency of agricultural production in Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.42, n.2, p.201-222, 2004.

WU, Y.; HU, Y; XIAO, X.; MAO, C. Efficiency assessment of wind farms in China using two-stage data envelopment analysis. **Energy Conversion and Management**, v. 123, n.1, p. 46–55, 2016.