



## EFICIÊNCIA ECONÔMICA DA AGROPECUÁRIA NOS MUNICÍPIOS MINEIROS MEDIDA PELA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) E INVESTIGAÇÃO SOBRE SEUS CONDICIONANTES

**GRUPO DE PESQUISA:** Evolução e Estrutura da Agropecuária no Brasil

ALEXANDRE RODRIGUES LOURES (UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA -  
UFPB), GUSTAVO INÁCIO DE MORAES (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE  
CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL – PUCRS)

**Resumo:** Como objetivo de mensurar o nível de eficiência econômica dos produtores rurais de Minas Gerais o presente trabalho utilizou da abordagem paramétrica Data Envelopment Analysis - DEA. A fonte de informação utilizada consta nos Censos Agropecuários de 1996 e de 2006, do IBGE, e encontra-se desagregada por municípios. Para 1996 foram analisados 750 municípios enquanto para 2006 a base era composta por 842 municípios. Em seguida, utilizou-se de um modelo de regressão censurada Tobit para investigar os condicionantes dos escores de eficiência. Por meio dos resultados reportados pelo estudo percebe-se que apenas para a distribuição meia-normal, em 2006, a grande maioria dos municípios ficou compreendida no intervalo de classe 0,50-0,750 (aberto no limite inferior e fechado no superior). Já para o modelo Tobit a variável explicativa adubos e corretivos foi estatisticamente significativa em todas as análises mantendo sempre uma relação diretamente proporcional, isto é, melhorando o nível de eficiência.

**Palavras-Chave:** Agropecuária, Análise Envoltória de Dados – DEA, modelo Tobit

**Abstract:** In order to measure the level of economic efficiency of farmers in Minas Gerais the present study used the parametric approach of Data Envelopment Analysis - DEA. The source of information contained in the Agricultural Censuses of 1996 and 2006, the IBGE, and is broken down by municipalities. For 1996 analyzed 750 municipalities as the basis for 2006 was composed of 842 municipalities. Then we used a censored Tobit regression model to investigate the determinants of efficiency scores. Through the results reported by the study it is clear that only the half-normal distribution, in 2006, the vast majority of municipalities was in the range of 0.50 to 0.70 class (open and closed at the lower limit on the top). As for the Tobit model the explanatory variable fertilizer and lime was statistically significant in all analyzes while maintaining a direct relationship, ie, improving the level of efficiency.

**Key Words:** Agricultural, Data Envelopment Analysis – DEA, Tobit model.

**JEL Classification:** C24, C46, Q12.



# 51° CONGRESSO DA SOBER

NOVAS FRONTEIRAS DA AGROPECUÁRIA  
NO BRASIL E NA AMAZÔNIA: **desafios da**  
sustentabilidade

---

Belém - PA, 21 a 24 de julho de 2013

*SOBER - Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*



## 1. Introdução

O estado de Minas Gerais é um estado do ponto de vista agrícola diverso e que tem contribuído para o dinamismo do agronegócio brasileiro. Segundo o Perfil do Agronegócio Mineiro, de dezembro de 2011, da Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais – SEAPA/MG, 2,8 milhões de hectares (ha) são dedicados ao plantio de grãos (algodão, amendoim, arroz, feijão, mamona, milho, soja, sorgo e trigo), 18,0 milhões de ha (30,6%) são utilizados para pastagens (naturais e plantadas), 109 mil ha (0,2%) para cultivo de oleícolas (alho, batata, cebola, tomate e mandioca), 85 mil ha (0,1%) para atividades de fruticultura (abacaxi, banana, coco-da-baía, laranja e uva), 999 mil ha (1,7%) na cultura de café, 831 mil ha (1,4%) na cultura de cana-de-açúcar, 1,5 milhão de ha (2,6%) de florestas plantadas, 19,5 milhões de floresta nativa (33,3%) e de área com outros usos são 14,8 milhões de ha (25,3). Destaca-se, ainda, a expressiva participação da pecuária no Estado uma vez que 30,6% do território mineiro são utilizados com pastagens naturais e plantados. Essa diversidade de atividades agrícolas justifica-se devido à extensão do território mineiro, ocasionando uma diferença climática expressiva entre as diversas regiões mineiras e, conseqüentemente, uma heterogeneidade na produção agrícola. Ou seja, cada região se especializa na produção dos produtos que melhores se adaptam ao clima, solo e recursos econômicos locais.

Tal heterogeneidade abrange não apenas o perfil da produção, mas também pode ser constatada quando se avalia a intensidade tecnológica no uso de tratores entre as diferentes mesorregiões mineiras, conforme a tabela 1. Enquanto no vale do Jequitinhonha há um trator por 1.776 hectares, no campo das vertentes esta cifra é de apenas 153 hectares. Com relação ao número médio de trabalhadores enquanto a Zona da Mata tem apenas 7,49 hectares por trabalhador, a mesorregião Noroeste de Minas registra 61 hectares por trabalhador.

Essas diferenças podem ser atribuídas, seja pelas condições de clima e solo, mas também pode ser decorrente do nível de desenvolvimento humano e econômico, diferenciação de organização produtiva, posse da terra, consequência de um processo histórico e social diferenciado em cada uma das mesorregiões mineiras.

Em especial, o Produto Interno Produto (PIB) do agronegócio mineiro, calculado pelo Centro de Estatística e Informações da Fundação João Pinheiro – CEI/FJP – do Governo de Minas Gerais, na década compreendida entre 1999 e 2009 cresceu 156,2%, pois naquele ano o valor adicionado da agropecuária foi de R\$ 8,8 bilhões enquanto nesse atingiu valor de R\$ 22,7 bilhões. Para efeitos de comparação, no mesmo período, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o PIB agropecuário brasileiro partiu de uma base de R\$ 50,7 bilhões em 1999 e uma década mais tarde alcançou a marca de R\$ 157,2 bilhões, isto é, obteve expansão de 209,6%.

Portanto, pela representatividade do estado, torna-se importante analisar, através dos dados que constam nos Censos Agropecuários de 1996 e 2006, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), as atividades agrícolas e pecuárias, determinando o nível de eficiência econômica dos produtores rurais. Como finalidade, o estudo pode subsidiar tanto políticas públicas bem como programas de fomento ao meio rural que busquem captar recursos para estimular o crescimento e desenvolvimento regional através do setor agropecuário.



**Tabela 1** – Intensidade tecnológica das mesorregiões mineiras

Mesorregiões	Intensidade tecnológica	
	hectares/trabalhadores	hectares/tratores
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	31,71	235,87
Sul/Sudoeste de Minas	8,22	112,54
Noroeste de Minas	61,09	547,06
Zona da Mata	7,49	522,15
Norte de Minas	19,74	998,40
Oeste de Minas	14,62	227,73
Vale do Rio Doce	14,50	1.116,10
Metropolitana de Belo Horizonte	13,90	351,90
Central Mineira	46,50	517,30
Campo das Vertentes	11,90	153,50
Jequitinhonha	16,10	1.772,60
Vale do Mucuri	23,70	1.526,40

**Fonte:** elaboração própria com base em IBGE (2006).

Constitui-se, portanto, importante mensurar a ineficiência técnica na agropecuária dos municípios de Minas Gerais a partir da Análise Envoltória de Dados (DEA). Em paralelo, comparar os resultados obtidos nos anos de 1996 e 2006, tentando, assim, inferir se há diferença nas distribuições, além de como objetivo específico investigar quais fatores socioeconômicos estariam condicionando o nível de eficiência dos agropecuaristas de Minas Gerais.

Além desta introdução, recordaremos na próxima seção trabalhos que já estudaram a eficiência da agropecuária, bem como tenham utilizado a metodologia pela qual optamos, a Análise Envoltória de Dados – DEA. Na terceira seção discutiremos as metodologias para apurar a eficiência técnica e a forma como foram investigados os fatores condicionantes. Na quarta seção os resultados são apresentados. Uma última seção apresenta comentários finais.

## 2. Breve Revisão de Literatura

As aplicações utilizando-se da metodologia DEA para avaliação de eficiência são difundidas em vários setores de atividade. A agricultura, em especial, tem sido um setor com inúmeras análises pelo seu caráter heterogêneo, onde produtores enfrentam condições diferenciadas para estabelecer sua produção de um ponto de vista natural. Adicionem-se os diferentes ciclos de produto, as diferentes condições financeiras ou de capitalização, além dos diferentes canais de comercialização e teremos um quadro propício a um resultado múltiplo da perspectiva da utilização dos recursos produtivos.

Aplicações da metodologia, todavia, também são encontrados para setores como educação, saúde, serviços de utilidade pública, seja no contexto privado, como no



público. O trabalho de Kassai (2011), por exemplo, aplica-o a demonstrações contábeis para averiguar níveis de eficiência empresarial. Macedo e Cavalcante (2010) o aplicam a agências bancárias. No quadro 1, são apresentados alguns dos trabalhos brasileiros que se utilizam deste referencial. No quadro 2, contudo, são apresentados trabalhos em que o setor onde se aplica a metodologia é a agricultura. Nele é possível perceber que raros são os trabalhos onde a comparação entre anos distintos é realizada, objetivo deste artigo. Ademais, alguns poucos avançam em tentar determinar as causas da eficiência, tal como neste artigo.

**Quadro 1 – Estudos selecionados utilizando Análise Envoltória de Dados – DEA - Brasil**

Artigo	Problema	Características
Mello et al. (2003)	Companhias de aviação	Output oriented; Escala variável
Nanci, Azeredo e Mello (2004)	Distribuidora de Jornais no RJ	Escala variável
Macedo, Silva e Santos (2006)	Companhias de seguros	Índices de lucratividade e risco
Onusic, Casa Nova e Almeida (2007)	Empresas Brasileiras	Possibilidade de insolvência
Pessanha, Souza e Laurencel (2007)	Fornecimento de Energia Elétrica	Output oriented
Lins et al. (2007)	Hospitais universitários	Input oriented Output oriented
Proite e Souza (2007)	Hospitais brasileiros	Análise dos determinantes da ineficiência por regressão quantílica
Sampaio e Sampaio (2007)	Abastecimento de água e coleta de esgoto	Aplicação de DEA e pesquisa de fatores que determinam a ineficiência
Cesconetto, Lapa e Calvo (2008)	Hospitais do Sistema SUS em SC	Médicos, leitos, liberações e retorno financeiro; output oriented
Macedo e Cavalcante (2009)	Agências bancárias	Output oriented
Sampaio e Guimarães (2009)	Escolas de primeiro e segundo grau	Investigação acerca da eficiência no setor privado e público
Acosta, Silva e Lima (2011)	Aplicação a Portos Brasileiros	Índices; output oriented
Kassai (2011)	Setor elétrico brasileiro	Demonstrações contábeis

Fonte: Elaboração própria



**Quadro 2 – Estudos selecionados utilizando Análise Envoltória de Dados – DEA na Agropecuária - Brasil**

Artigo	Problema	Características
Nogueira (2005)	Microrregiões brasileiras	
Gomes, Mangabeira e Mello (2005)	Agricultores do município de Holambra	Output oriented; renda líquida da propriedade
Santos, Viera e Baptista (2005)	Produtores de leite da microrregião de Viçosa/MG	Homogeneização dos resultados atribuída ao padrão técnico
Magalhães e Campos (2006)	Produtores de leite do estado do Ceará	Output oriented; propriedades de médio e grande porte
Ferreira e Braga (2007)	Cooperativas e sociedades de capital na indústria de laticínios no Brasil	Constrói análise dos determinantes da eficiência
Ferreira, Gonçalves e Braga (2007)	Cooperativas de crédito em Minas Gerais	Constrói análise dos determinantes da eficiência
Vilela, Nagano e Merlo (2007)	Cooperativas de Crédito Real	Associação entre eficiência e disponibilidade de recursos
Abreu et al. (2008)	Análise da introdução de tecnologias na pecuária extensiva	Comparação entre função multi-critério e funções com índices
Alvim e Stulp (2011)	Municípios Gaúchos em 1975, 1996 e 2006	Análise de eficiência e investigação das causas

**Fonte: Elaboração própria**

Gomes (2008), adicionalmente, realiza um levantamento no qual abrange tão somente os artigos publicados e que aplicam o DEA à problemas agrícolas na literatura internacional e nas revistas brasileiras, sendo que a mistura de bases acaba por criar um vício amostral.

### 3. Metodologia

Farrell (1957) introduziu a discussão sobre uma técnica capaz de mensurar a eficiência de uma atividade produtiva qualquer baseada na decomposição em dois componentes; um técnico e outro alocativo. Sendo que a fronteira isoquanta unitária, ou seja, uma tecnologia uniproduto, foi empregada como padrão de eficiência. A eficiência técnica caracteriza-se por ser uma grandeza quantificadora da capacidade de uma firma em obter o máximo de *outputs* dado um conjunto de *inputs* enquanto a eficiência alocativa caracteriza-se por ser uma grandeza quantificadora da capacidade de uma firma usar os *inputs* numa proporção ótima, uma vez que são conhecidos o vetor preço e a tecnologia de produção. Para Kopp e Diewert (1982), esse é um conceito que evoluiu para as fronteiras de produção e de custo que são atualmente utilizadas nas análises da eficiência técnica. Ainda conforme esses autores, os desvios observados em relação à fronteira estocástica foram classificados por

Belém - PA, 21 a 24 de julho de 2013

*SOBER - Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*



Farell como uma medida de ineficiência técnica enquanto a ineficiência alocativa refere-se aos desvios em relação à taxa de minimização do custo dos *inputs*.

Embora a abordagem analítica inicial, introduzida por Farell (1957), da ineficiência técnica ser direcionada para o setor industrial, isso não inviabiliza aplicabilidade dessa para o setor primário. Segundo Coelli e Battese (1996), os economistas agrícolas têm demonstrado interesse para as técnicas de medição da eficiência produtiva de uma firma, em uma indústria, como uma técnica a ser replicada no setor primário objetivando comparar a produção de uma fazenda em relação a outras fazendas, contribuindo para que haja muitas aplicações das fronteiras de produção para as indústrias agrícolas ao longo dos anos.

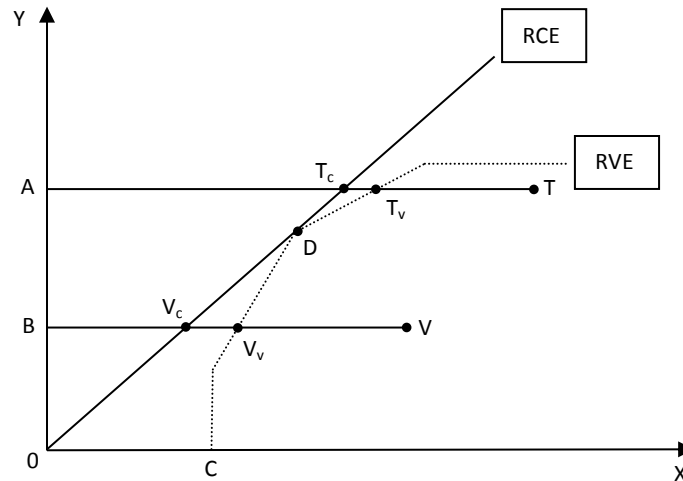
Segundo Coelli e Battese (1996), Bravo-Ureta e Pinheiro (1993) salientam a importância das aplicações que procuram encontrar uma relação entre eficiência técnica e diversas variáveis socioeconômicas tais como: idade e nível de educação do agricultor, tamanho da propriedade rural, acesso ao crédito e utilização de serviços de extensão. Uma vez identificado cada um dos fatores que estão impactando negativamente o nível de eficiência técnica dos produtores rurais, os formuladores de políticas públicas podem usar dessas informações para tentarem aumentar o nível médio da eficiência dos fazendeiros.

Segundo Coelli (1996), a Análise Envoltória de Dados (DEA) consiste numa abordagem não-paramétrica, utilizando-se de programação matemática linear, para a estimação de uma fronteira de produção segmentada que envolveria os dados observados e, assim, possibilitaria calcular a eficiência em relação a essa fronteira. Souza, Gomes, Gazzola et al. (2008), argumentam que se os desvios em relação à fronteira, isto é, à produção ótima, são ocasionados por ineficiência técnica e a abordagem DEA, que é definida por problemas de programação linear, seria adequada.

Charnes, Cooper e Rhodes (1978), propuseram um modelo de Análise Envoltória dos Dados (DEA) em que se admite uma tecnologia com retornos constantes de escala e uma orientação insumo e que é conhecida na literatura como modelo CCR. Vale ressaltar que também foram esses autores que cunharam a expressão *Data Envelopment Analysis* – DEA – e que até hoje é utilizado.

### 3.1 Modelos com Retornos Variáveis de Escala

Banker, Charnes e Cooper (1984), propuseram um modelo de programação matemática linear no qual introduziram uma restrição de convexidade, em relação ao modelo CCR. Assim, se houver alterações na escala de produção esse modelo será capaz de captar os efeitos ao longo da função de produção decorrentes dessas alterações. Esse modelo é conhecido na literatura de Análise Envoltória de Dados (DEA) como BCC.



**Figura 1** - Eficiência técnica e eficiência de escala

Na Figura 1 estão representadas duas fronteiras eficientes calculadas pelo DEA em que a linha contínua caracteriza uma fronteira para o modelo de retornos constantes de escala (RCE) enquanto a linha pontilhada caracteriza uma fronteira para o modelo de retornos variáveis de escala (RVE). Do ponto *C* ao *D* da curva RVE os retornos são crescentes, sendo que no ponto *D* os retornos são constantes, e do ponto *D* em diante os retornos são decrescentes. Os pontos *V* e *T* são representativos de duas DMU's que são tecnicamente ineficientes sob as duas perspectivas em análise (RCE e RVE). Considerando o ponto *V* a ineficiência técnica desse sob o pressuposto de retornos constante é dada pela distância  $VV_c$ , por sua vez, sob a suposição de retornos variáveis a ineficiência técnica será a distância  $VV_v$ . Como supracitado anteriormente a ineficiência de escala para a DMU<sub>v</sub> será a diferença entre as distâncias  $VV_v$  e  $VV_c$ . Os valores das medidas de eficiência para a DMU<sub>v</sub> são dados por:

$$\begin{aligned} ET_{RCE} &= BV_c/BV; \\ ET_{RVE} &= BV_v/BV; e \\ EE &= BV_c/BV_v. \end{aligned} \quad (1)$$

em que  $ET$  é a eficiência técnica e  $EE$  é a eficiência de escala. Com essas igualdades é fácil perceber que  $ET_{RCE} = ET_{RVE} * EE$ , ou seja, que a medida de eficiência técnica sob o pressuposto de retornos constante de escala é composta pela eficiência técnica pura e pela eficiência de escala. Esse mesmo raciocínio se aplica para calcular os valores das medidas de eficiência para a DMU<sub>T</sub>, todavia, essa se encontra na parte da fronteira cujos retornos são decrescentes. Dessa forma, evidencia-se que os pressupostos, mais precisamente  $N_1\lambda = 1$ , não permite que se faça a distinção entre qual faixa de retorno encontra-se a DMU em análise. A única conclusão que se tira é que se a medida de eficiência de escala for igual a um a DMU estará operando na faixa com retornos constantes de escala, mas quando esse valor for inferior a um a unidade produtora poderá estar operando na faixa de retornos crescentes ou decrescentes. Segundo Gomes e Baptista (2004), se a ineficiência de escala for comprovada não se saberá se essa se dá em função de retornos crescentes ou decrescentes de escala.





## 3.2 Modelo Tobit

Nos casos em que a variável explicada está limitada entre certos valores ou concentrada em torno de um valor limite, o que representaria um problema, utiliza-se um modelo de regressão censurada Tobit. Pois se fosse realizada uma estimação pelo método dos mínimos quadrados (MQO), sob essas condições, os estimadores dos parâmetros da regressão não seriam consistentes, em virtude das observações estarem concentradas em um ocasionando uma correlação entre o termo de erro da regressão e as covariadas ( $X$ 's). Portanto, para que se possam obter parâmetros não viesados a esperança matemática do erro deve ser calculada como uma esperança condicional,  $[\mu_i | \mu_i < y_i^c - X_i\beta]$ . Contudo, torna-se importante destacar que as variáveis explicativas podem assumir qualquer valor. Sendo assim, optou-se pela utilização desse modelo econométrico objetivando identificar quais são os condicionantes da eficiência dos municípios de Minas Gerais. Então, como regressanda será utilizado os escores de eficiências anteriormente estimados pelas metodologias paramétricas e não-paramétricas e por sua vez como regressoras serão empregados fatores relacionados com as atividades agrícolas e pecuárias e que possam estar impactando no nível de eficiência dos agropecuaristas mineiros. Conforme Greene (1997), o método de estimação do modelo Tobit é o da máxima verossimilhança cuja equação estrutural é dada por:

$$y_i^* = X_i\beta + \varepsilon_i \quad (2)$$

em que  $\varepsilon_i$  é a variável aleatória do modelo,  $\beta$  representa o vetor dos coeficientes a serem estimados,  $X_i = (X_1, X_2, \dots, X_n)$  são as variáveis exógenas do modelo e a variável observada  $y_i^*$  é aquela que assume apenas valores inferiores a um e que será censurada para valores iguais ou maiores a um. Logo, a representação matemática para essa restrição será dada por:

$$y_i = \begin{cases} y_i^* & \text{se } y_i^* < y_i^c \\ y_i^c & \text{se } y_i^* \geq y_i^c \end{cases} \quad (3)$$

Mas uma vez que o valor da censura é representado por  $y_i^c$ , e esse é igual a um, tem-se:

$$y_i = \begin{cases} y_i^* & \text{se } y_i^* < 1 \\ 1 & \text{se } y_i^* \geq 1 \end{cases} \quad (4)$$

De acordo com Winkelmann e Boes (2009), a representação da contribuição das variáveis censuradas bem como das não-censuradas na formação da função de verossimilhança é dada respectivamente por:

$$\begin{aligned} \Pr(y_i = y_i^c) &= \Pr(y_i^* \geq y_i^c) \\ &= \Pr(X_i\beta + \mu_i \geq y_i^c) \\ &= \Pr(\mu_i \geq y_i^c - X_i\beta) \\ &= \Pr\left(\frac{\mu_i}{\sigma} \geq \frac{y_i^c - X_i\beta}{\sigma}\right) \end{aligned} \quad (5)$$



$$\begin{aligned} &= 1 - Pr\left(\frac{\mu_i}{\sigma} \leq \frac{y_i^c - X_i\beta}{\sigma}\right) \\ &= 1 - \Phi\left(\frac{y_i^c - X_i\beta}{\sigma}\right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pr(y_i = y_i^*) &= Pr(y_i = X_i\beta + \mu_i) \\ &= Pr(\mu_i = y_i - X_i\beta) \\ &= Pr\left(\frac{\mu_i}{\sigma} = \frac{y_i - X_i\beta}{\sigma}\right) \\ &= \frac{1}{\sigma} \varphi\left(\frac{y_i - X_i\beta}{\sigma}\right) \end{aligned} \quad (6)$$

Com essas duas contribuições torna-se possível a formulação, para o modelo Tobit, da função log-verossimilhança encontrando os valores estimados para o vetor de parâmetros  $\beta$  bem como as estimações para o parâmetro  $\sigma$  do desvio-padrão da regressão como se segue:

$$l(\beta, \sigma, y) = \sum_{y_i \geq y_i^c} \log \left[ 1 - \Phi\left(\frac{y_i^c - X_i\beta}{\sigma}\right) \right] + \sum_{y_i = y_i^c} \log \left[ \frac{1}{\sigma} \varphi\left(\frac{y_i - X_i\beta}{\sigma}\right) \right] \quad (7)$$

em que  $\Phi(\cdot)$  representa a função de distribuição cumulativa normal padrão enquanto  $\varphi(\cdot)$  representa a função de densidade normal padrão.

Entretanto, nos modelos de regressão censurada a relação entre a variável explicada e as explicativas não é interpretada diretamente por meio dos parâmetros da regressão, mas antes pelo contrário, pelo efeito marginal dessas sobre aquela. Desse modo, segundo Greene (1997) a equação do efeito marginal é dada por:

$$EM = \left[ 1 - F\left(\frac{-X'\beta}{\sigma}\right) \right] \beta \quad (8)$$

em que a função de distribuição acumulada normal ( $\Phi$ ) é representada por  $F$  e, por sua vez, os parâmetros estimados são representados por  $\beta$  e  $\sigma$  sendo esses estimados por meio da máxima verossimilhança.

Desse modo, após calcular o efeito marginal de cada uma das variáveis elencadas, calculado no ponto médio, é possível mensurar o impacto dessas sobre o nível de eficiência dos produtores rurais assim como fazer simulações e projeções.

#### 4. Estimação e Resultados

Para as fronteiras de produção determinísticas, as medidas de eficiências, em ambos os anos, foram analisadas sob os pressupostos das seguintes tecnologias: retornos variáveis de escala, retornos decrescentes de escala, retornos crescentes de escala e retornos constantes de escala. Embora nos resultados deste trabalho, tanto para o ano de 1996 quanto para 2006 a tecnologia que obteve a maior eficiência custo médio foi retornos variáveis de



escala no presente trabalho optou-se em analisar as propriedades rurais mineiras sob os pressupostos dos retornos constantes de escala uma vez que sob essa tecnologia os agropecuaristas possuíam tanto a eficiência técnica quanto a eficiência de escala.

A fonte de informação utilizada no presente trabalho consta nos Censos Agropecuários de 1996 e de 2006, do IBGE, e encontra-se desagregada por municípios. Para os dados de 1996 havia 756 municípios, sendo que, Belo Horizonte, Diogo de Vasconcelos, Palmópolis, Raposos, Santo Antônio do Jacinto e Timóteo foram excluídos por apresentarem dados faltantes em algumas das variáveis elencadas por este trabalho e, portanto, restaram 750 observações. Por sua vez, a base de dados de 2006 continha 853 municipalidades, contudo, Córrego Novo, Divisa Alegre, Nova Lima, Presidente Kubitschek, Raposos, Rio Acima, Santa Cruz de Minas, São José da Safira, Sarzedo, Timóteo e Wenceslau Brás foram eliminadas da análise por possuírem algumas variáveis com dados faltantes, resultando em uma base de dados com 842 observações. Nas análises, tanto para 1996 quanto para 2006, foram considerados três fatores de produção: terra ( $L$ ), mão de obra ( $M$ ) e tratores ( $T$ ) sendo os vetores preços desses representados por  $w_L, w_M$  e  $w_T$ , respectivamente. Ressalva-se que os valores monetários para 1996, neste trabalho, estão a preços de 2006 corrigidos pelo Índice de Preço por Atacado (produtos agropecuários) – IPA – da Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Para calcular a eficiência técnica tanto nos modelos de fronteira de produção determinística utilizou-se como variável dependente ( $E_{t_i}$ ) o logaritmo do produto financeiro da agropecuária mineira, ou seja, produção agrícola e pecuária, indicado por IBGE (1996) e IBGE (2006). Como variáveis independentes utilizou-se os logaritmos das quantidades dos *inputs* empregados nessa atividade, informação disponibilizada em IBGE (1996) e IBGE (2006), que foram: a) a área, em hectares, utilizada nas atividades agropecuárias ( $Q_L$ ); b) o número de trabalhadores empregados nas propriedades rurais<sup>1</sup> ( $Q_M$ ) e c) o número de tratores existentes nos estabelecimentos rurais ( $Q_T$ ). Logo, a equação representativa da regressão para os modelos de fronteira de produção estocástica é como se segue:

$$E_{t_i} = \beta_0 + \beta_1 \ln Q_{L_i} + \beta_2 \ln Q_{M_i} + \beta_3 \ln Q_{T_i} + e_i \quad (9)$$

#### 4. 1 Análise envoltória de dados (DEA) para o ano 1996

Dos 750 municípios analisados em 1996, apenas Coronel Fabriciano obteve eficiência econômica igual a um, isto é, foi totalmente eficiente sob os pressupostos de retornos constantes de escala. Percebe-se pela Tabela 2 que com uma tecnologia de produção com retornos constantes de escala a eficiência média para aquele ano foi de 0,6854 enquanto a eficiência custo mediana foi de 0,6786.

---

<sup>1</sup> Nogueira 2005 pondera os indivíduos ocupados nos estabelecimentos rurais como: homem (100%), mulher (80%) e crianças (50%) para diferenciar a produtividade de cada um deles, contudo, no presente trabalho optou-se por não adotar tal metodologia, pois considera que a mesma possa compensar alguma ineficiência.



**Tabela 2** – Estatísticas descritivas para as eficiências econômicas (1996)

Tecnologia de produção	Média	Mediana
$E^{VRS}$	0,7232	0,7125
$E^{DRS}$	0,7079	0,6980
$E^{IRS}$	0,7007	0,6922
$E^{CRS}$	0,6854	0,6786

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

$E^{VRS}$  – eficiência econômica sob o pressuposto de uma tecnologia com retornos variáveis de escala

$E^{DRS}$  – eficiência econômica sob o pressuposto de uma tecnologia com retornos decrescente de escala

$E^{IRS}$  – eficiência econômica sob o pressuposto de uma tecnologia com retornos crescente de escala

$E^{CRS}$  – eficiência econômica sob o pressuposto de uma tecnologia com retornos constante de escala

Conforme a Tabela 3, sob os pressupostos da tecnologia de retornos constantes de escala, 10% dos produtores rurais possuíam uma eficiência igual ou inferior a 0,6356 e por sua vez para 90% a eficiência era igual ou inferior a 0,7387. Sendo assim, a amplitude entre os primeiros nove decis é moderada, caracterizando haver uma homogeneização no sistema produtivo agropecuário mineiro, isto é, as práticas produtivas dos produtores rurais mineiros são equivalentes. O que é coerente, pois é sabido que no meio rural os produtores agropecuários informam-se sobre as práticas produtivas com outros “fazendeiros” mais do que com agentes extensionistas. Sendo assim, vale destacar que quando se pretende realizar alguma campanha para os agropecuaristas é interessante que se identifique aqueles possuidores de um nível de educação mais elevado e que sejam capazes de influenciar os demais para que as políticas públicas tenham mais efetividade.

**Tabela 3** – Percentis para as eficiências econômicas (1996)

Tecnologia de produção	Percentis							
	10%	20%	30%	40%	60%	70%	80%	90%
$E^{VRS}$	0,6525	0,6717	0,6885	0,7009	0,7270	0,7405	0,7645	0,8014
$E^{DRS}$	0,6379	0,6586	0,6731	0,6853	0,7109	0,7278	0,7506	0,7868
$E^{IRS}$	0,6447	0,6588	0,6705	0,6800	0,7030	0,7146	0,7320	0,7638
$E^{CRS}$	0,6356	0,6516	0,6622	0,6714	0,6904	0,6998	0,7134	0,7387

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

$E^{VRS}$  – eficiência econômica sob o pressuposto de uma tecnologia com retornos variáveis de escala

$E^{DRS}$  – eficiência econômica sob o pressuposto de uma tecnologia com retornos decrescente de escala

$E^{IRS}$  – eficiência econômica sob o pressuposto de uma tecnologia com retornos crescente de escala

$E^{CRS}$  – eficiência econômica sob o pressuposto de uma tecnologia com retornos constante de escala

Corroborando com esses resultados, a tabela de intervalo de classes (Tabela 4) demonstra que em 526 municípios, isto é, em 70,1% da base de dados, a eficiência econômica dos produtores rurais foi igual ou inferior a 0,70 (mas não inferior a 0,50) e em apenas 3 cidades (0,4%) a eficiência foi superior a 0,90<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Nogueira (2005) e Ferreira (2005) considerando como eficientes índices iguais ou superiores a 0,90, entretanto, no presente trabalho será considerado apenas eficientes aqueles produtores cujo valor reportado para a eficiência seja igual a 1.



**Tabela 4** - Intervalo de classe para as eficiências econômicas (1996)

Classes	Freq. absoluta	Freq. relativa (%)	Freq. acumulada (%)
$0 < E \leq 0,50$	0	0	0
$0,50 < E \leq 0,70$	526	70,1	70,1
$0,70 < E \leq 0,90$	221	29,5	99,6
$0,90 < E \leq 1$	3	0,4	100,0

Fonte: Resultados da pesquisa.

#### 4.2 Análise envoltória de dados (DEA) para o ano de 2006

Assim como para 1996, em 2006, apenas um município foi totalmente eficiente sob uma tecnologia de produção com retornos constantes de escala, o município de Planura. Nota-se pela Tabela 5 que a eficiência custo média para o ano de 2006 foi de 0,6343 e que por sua vez eficiência econômica mediana reportada foi de 0,6326.



**Tabela 5** – Estatísticas descritivas para as eficiências econômicas (2006)

Tecnologia de produção	Média	Mediana
$E^{VRS}$	0,7690	0,7610
$E^{DRS}$	0,6343	0,6326
$E^{IRS}$	0,7690	0,7610
$E^{CRS}$	0,6343	0,6326

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

$E^{VRS}$  – eficiência econômica sob o pressuposto de uma tecnologia com retornos variáveis de escala

$E^{DRS}$  – eficiência econômica sob o pressuposto de uma tecnologia com retornos decrescente de escala

$E^{IRS}$  – eficiência econômica sob o pressuposto de uma tecnologia com retornos crescente de escala

$E^{CRS}$  – eficiência econômica sob o pressuposto de uma tecnologia com retornos constante de escala

Analogamente ao ano de 1996 a diferença entre o primeiro e o nono decil para o ano de 2006 é moderada, portanto, podendo ser interpretado como uma homogeneização na função custo dos agropecuaristas. Conforme a Tabela 6 o valor para aquele decil é de 0,5669 enquanto para esse é de 0,6982. Desse modo, noventa por cento das eficiências econômicas dos produtores rurais mineiros são inferiores a 0,6982.

**Tabela 6** – Percentis para as eficiências econômicas (2006)

Tecnologia de produção	Percentis							
	10%	20%	30%	40%	60%	70%	80%	90%
$E^{VRS}$	0,6970	0,7173	0,7341	0,7470	0,7754	0,7943	0,8150	0,8499
$E^{DRS}$	0,5669	0,5919	0,6093	0,6212	0,6432	0,6546	0,6704	0,6982
$E^{IRS}$	0,6970	0,7173	0,7341	0,7470	0,7754	0,7943	0,8150	0,8499
$E^{CRS}$	0,5669	0,5919	0,6093	0,6212	0,6432	0,6546	0,6704	0,6982

**Fontes:** Resultados da pesquisa.

$E^{VRS}$  – eficiência econômica sob o pressuposto de uma tecnologia com retornos variáveis de escala

$E^{DRS}$  – eficiência econômica sob o pressuposto de uma tecnologia com retornos decrescente de escala

$E^{IRS}$  – eficiência econômica sob o pressuposto de uma tecnologia com retornos crescente de escala

$E^{CRS}$  – eficiência econômica sob o pressuposto de uma tecnologia com retornos constante de escala

Percebe-se pela Tabela 7 que em apenas dois municípios, dos 842 da base de dados, os produtores alcançaram eficiência econômica superior a 0,90; ratificando assim os resultados reportados para os percentis e que foram apresentados na tabela anterior em que noventa por cento das cidades a eficiência ficou inferior a 0,6982.



**Tabela 7** – Intervalo de classe para as eficiências econômicas (2006)

Classes	Freq. absoluta	Freq. relativa (%)	Freq. acumulada (%)
$0 < E \leq 0,50$	15	1,8	1,8
$0,50 < E \leq 0,70$	746	88,7	90,5
$0,70 < E \leq 0,90$	78	9,3	99,8
$0,90 < E \leq 1$	3	0,2	100,0

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota-se pela Tabela 8 que 73,4% dos agropecuaristas da mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba obtiveram uma eficiência entre 0,50 e 0,70. Considerando que, conforme caracterização do capítulo 2 deste trabalho, essa região possui solos favoráveis à agricultura bem como um relevo que facilita uma mecanização intensa infere-se que os produtores dessa região não estavam utilizando os recursos na melhor proporção possível. Contudo, embora em 2006 a grande maioria dos municípios ainda continuava classificados naquele intervalo, foi nessa mesorregião que os produtores do município de Planura obtiveram eficiência máxima

Para as regiões da Zona da Mata (42,6%), Vale do Rio Doce (43,9%) e Metropolitana de Belo Horizonte (48,5%) quase que a metade dos municípios dessas, de acordo com a Tabela 8, situaram-se num intervalo de classes cuja eficiência está compreendida entre 0,70 e 0,90 (os valores entre parênteses indica a porcentagem de municípios classificados nesse intervalo). Para a Zona da Mata esses resultados foram coerentes uma vez que os tipos de solos encontrados nessa região são favoráveis ao aproveitamento agrícola. Como uma porção territorial da Vale do Rio Doce é composto pelo solo podzólico-vermelho escuro (argissolo vermelho-amarelo), mesmo solo da Zona da Mata, também pode explicar os escores de eficiências obtidos pelos municípios dessa região, a qual pertence Coronel Fabriciano único município mineiro a ter eficiência máxima em 1996. Embora a região Metropolitana de Belo Horizonte não tenha um solo que favoreça a utilização agrícola da mesma a grande maioria dos produtores dessa obtiveram escores de eficiência razoáveis, Tabela 20. Talvez o que tenha contribuído para esse resultado tenha sido um balanço hídrico mensal favorável o que evitou gastos com sistemas de irrigação das lavouras. Porém, para o ano de 2006, esse quadro não se manteve e a grande maioria dos produtores dessas três mesorregiões situou-se no intervalo 0,50-0,70. O que pode ter resultado da crise agrícola de 2005 cuja uma das consequências foi o aumento dos insumos agropecuários.



**Tabela 8 – Intervalo de classes para as eficiências econômicas – DEA (1996)**

Mesorregião	Retornos Constantes de Escala ( $E^{CRS}$ )			
	$0 < E \leq 0,50$	$0,50 < E \leq 0,70$	$0,70 < E \leq 0,90$	$0,90 < E \leq 1$
Triângulo	0	47	17	0
Sul/Sudoeste	0	108	36	0
Noroeste	0	11	2	0
Zona da Mata	0	74	55	0
Norte	0	50	3	0
Oeste	0	39	5	0
Rio Doce	0	45	36	1
Metropolitana	0	48	47	2
Central	0	25	5	0
Vertentes	0	31	4	0
Jequitinhonha	0	34	7	0
Mucuri	0	14	4	0

Fonte: Resultados da pesquisa.

**Tabela 9 – Intervalo de classes para as eficiências econômicas – DEA (2006)**

Mesorregião	Retornos Constantes de Escala ( $E^{CRS}$ )			
	$0 < E \leq 0,50$	$0,50 < E \leq 0,70$	$0,70 < E \leq 0,90$	$0,90 < E \leq 1$
Triângulo	0	53	11	2
Sul/Sudoeste	0	128	16	1
Noroeste	0	17	2	0
Zona da Mata	0	126	16	0
Norte	7	78	3	0
Oeste	0	42	2	0
Rio Doce	3	90	6	0
Metropolitana	2	87	12	0
Central	0	26	4	0
Vertentes	0	32	3	0
Jequitinhonha	3	45	2	0
Mucuri	0	22	1	0

Fonte: Resultados da pesquisa.

### 4.3 Determinantes da ineficiência – modelo Tobit

Para o modelo de regressão censurada Tobit tanto para a análise referente ao ano de 1996 quanto para 2006 a variável dependente ( $E_i$ ) utilizada foi os escores das eficiências econômicas da DEA. Como variáveis independentes utilizou-se os logaritmos do número de estabelecimentos com assistência técnica ( $X_1$ ), do número de estabelecimentos que utilizaram adubos e corretivos de solo ( $X_2$ ), do número de estabelecimentos que realizaram o controle de pragas e doenças ( $X_3$ ), do número de estabelecimentos que utilizaram a técnica de irrigação nas lavouras ( $X_4$ ), valor dos investimentos, por município, realizados pelos estabelecimentos ( $X_5$ ), valor do financiamento, por município, efetuado pelos estabelecimentos ( $X_6$ ), do somatório da área (ha) de lavouras permanentes e temporárias, pastagens naturais e artificiais e matas naturais e plantadas ( $X_7$ ) – indicando a intensidade de utilização da terra em cada

Belém - PA, 21 a 24 de julho de 2013

SOBER - Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural





município, da área (ha) de lavouras em descanso e produtivas e não utilizadas em cada município ( $X_8$ ) e a média dos anos de estudo em cada município, indicando a importância do nível educacional ( $X_9$ ) (IBGE, 2006). Desse modo, a função da regressão Tobit é:

$$E_i = \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \dots + \beta_8 \ln X_8 + \beta_9 \ln X_9 + \varepsilon_i \quad (10)$$

Tanto as medidas de eficiências do modelo paramétrico quanto as do modelo não-paramétrico, bem como o modelo Tobit, foram calculadas utilizando-se o software estatístico R 2.15.1.

Para os condicionantes da eficiência econômica no ano de 1996 para a Análise Envoltória de Dados três variáveis foram estatisticamente significantes (Tabela 10). Para o controle de praga e doenças a relação é inversa com a eficiência, o que parece ser coerente, pois na maioria das vezes o controle de praga e doenças ocorre quando as lavouras já se encontram infestadas diminuindo a eficiência. Com uma relação positiva tem-se investimento, porém o impacto sobre a variável explicada é bem pequeno (0,0096). Por último, lavouras em descanso reportou uma relação inversa com os escores de eficiência. Desse modo, a técnica de rotação de áreas talvez não estivesse sendo a melhor opção para melhoria da produção. Por sua vez, para o ano de 2006, mas ainda sob a análise DEA, assistência técnica, controle de praga e doenças, lavouras permanentes e temporárias, pastagens naturais e artificiais e matas naturais e plantadas e anos de estudos são diretamente proporcionais aos escores, conforme Tabela 10.

**Tabela 10** – Condicionantes da eficiência econômica (Modelo Tobit)

Variáveis explicativas	DEA 1996		DEA 2006	
	Efeito marginal	Probabilidade	Efeito marginal	Probabilidade
Constante	0,7966	< 2e-16 <sup>a</sup>	0,5115	<2e-16 <sup>a</sup>
Assistência técnica	-0,0019	0,3084	0,0074	0,0505 <sup>d</sup>
Aubos e corretivos	0,0025	0,3823	-0,0032	0,2790
Pragas e doenças	-0,0316	3,94e-13 <sup>a</sup>	0,0083	0,0064 <sup>b</sup>
Irrigação nas lavouras	0,0019	0,1420	-0,0025	0,1656
Investimentos	0,0096	0,0001 <sup>a</sup>	-0,0146	0,0008 <sup>a</sup>
Financiamento	0,0005	0,5715	0,0021	0,7070
Intensidade do uso da terra	-0,0012	0,7039	0,0061	0,0371 <sup>c</sup>
Lavouras em descanso	-0,0044	0,0033 <sup>b</sup>	-0,0016	0,3344
Média de anos de estudo	0,0065	0,2933	0,0392	0,0003 <sup>a</sup>
$\sigma$	-3,3776	<2e-16 <sup>a</sup>	-2,8967	<2e-16 <sup>a</sup>

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nível de significância: a = 0,1%; b = 1%; c = 5% e d = 10%.

## 5. Comentários Finais

Constatou-se que coerentemente com a caracterização dos tipos de solo das mesorregiões no ano de 1996 o fator físico pode ter influenciado o *ranking* de escores de eficiências econômicas. Por exemplo, a mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba que apresenta, no conjunto, solos favoráveis ao aproveitamento agrícola, para a medida de eficiência, naquele ano obteve, respectivamente o maior, o segundo maior e o segundo maior escore. Importante salientar que o fator clima também pode ter influenciado em outras regiões, pois para a região Sul/Sudoeste de Minas que apesar do aspecto físico (solo) ser desfavorável a posição dessa região no *ranking* (para 1996) foi segundo, sexto e sexto

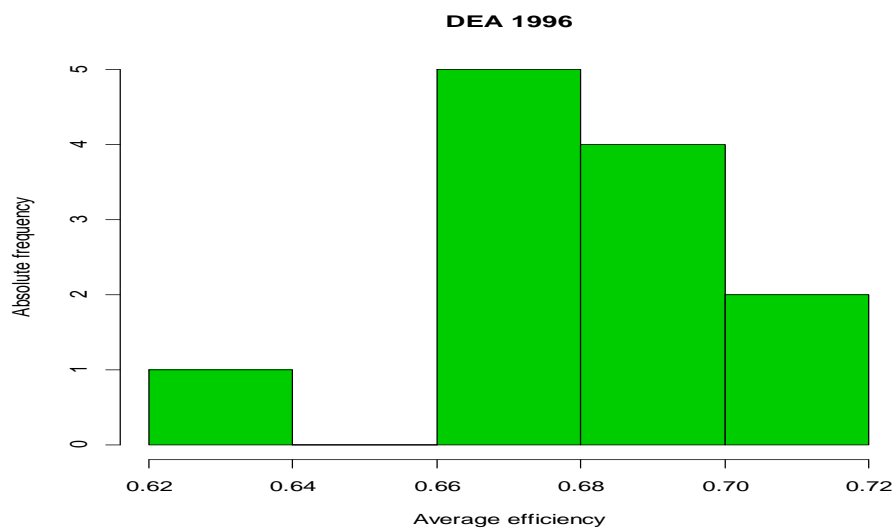
Belém - PA, 21 a 24 de julho de 2013

SOBER - Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural



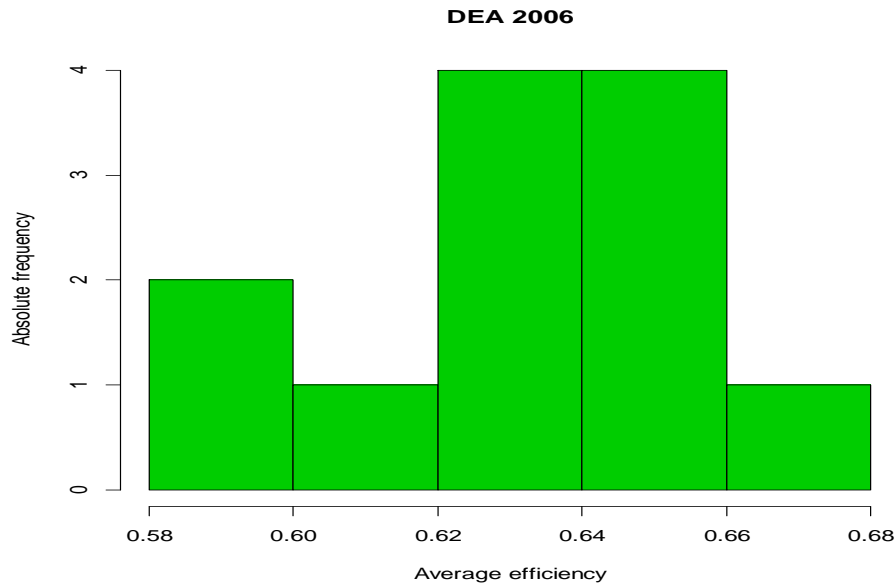
maior escore, respectivamente. Ou como supracitado pode ocorrer que nessa região encontravam-se propriedades rurais mais modernas e que foram capazes de adquirirem novas tecnologias.

Outra verificação é que entre os anos de 1996 e 2006 as eficiências de todas as mesorregiões diminuíram o que pode estar correlacionado com a crise agropecuária de 2005. Pois um dos fatores dessa foi o aumento dos custos de produção para esse setor que, conseqüentemente, minimizou as eficiências regionais em 2006. Também se verifica no período 1996-2006 uma mudança de posições entre as doze mesorregiões de Minas Gerais bastante intensa. Uma das possíveis razões para essa mudança é que com a abertura neoliberal da década de 1990 houve um incremento de bens de capitais para o setor primário da economia o que pode ter contribuído para que mesorregiões antes ineficientes adotassem novas tecnologias aumentando a eficiência dessas ou, ainda, como não possuíam uma produção expressiva, os impactos da crise de 2005 foram menores. As figuras 2 e 3, respectivamente,



**Figura 2 – Histograma de Frequências para os resultados do DEA 1996, Municípios de Minas Gerais**

Fonte: Resultados da Pesquisa



**Figura 3 – Histograma de Frequências para os resultados do DEA 2006, Municípios de Minas Gerais**

Fonte: Resultados da Pesquisa

Verificou-se que, dos 750 municípios analisados no ano de 1996, sob o pressuposto de retornos constante de escala, apenas o município de Coronel Fabriciano (pertencente à mesorregião Vale do Rio Doce) foi classificado como economicamente eficiente. Sendo que, 70,1% dos municípios mineiros, isto é, a grande maioria, estava operando com uma eficiência econômica igual ou inferior a 0,70. Por sua vez, em 2006, a base analítica era composta por 842 municipalidades, sendo que apenas os produtores rurais de Planura (localizada na mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba) alcançaram a eficiência máxima, ou seja, um. Já 761 municípios, isto é, 90,5% da base de dados, possuíam eficiência econômica inferior a 0,70. Dessa forma, uma vez que neste trabalho optou-se pela *input orientated*, significa que a grande maioria dos agropecuaristas, tanto em 1996 quanto em 2006, poderiam reduzir os insumos utilizados na agropecuária e, mesmo assim, ainda manteriam o nível de produção.

## Referências

ABREU, U.G. P.A.; GOMES, E.G.; LOPES, P.S.; TORRES, R.A.; SANTOS, H.N. Avaliação sistêmica de introdução de tecnologias na pecuária de gado de corte no Pantanal por meio de modelos de análise envoltória de dados (DEA). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 2069-2076, 2008.

ACOSA, C.S.M.; SILVA, A.M.V.A.; LIMA, M.L.P. Aplicação de análise envoltória de dados (DEA) para medir a eficiência dos portos brasileiros. **Revista de Literatura dos Transportes**, v. 5, n. 4, p. 88-102, 2011.



BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W.. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**. v. 30, n. 9, p. 1078-1092, setembro, 1984.

BRAVO-URETA, B. E; PINHEIRO, A. E.. Efficiency Analysis of Developing Country Agriculture: A Review of the Frontier Function Literature. **Agricultural and Resource Economics Review**. v. 22, p. 88-101, 1993.

CESCONETTO, A.; LAPA, J.S.; CALVO, M.C.M. Avaliação da eficiência produtiva de hospitais do SUS de Santa Catarina, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 24, n. 10, p. 2407-2417, 2008.

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

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

FARRELL, M. J.. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**. v. 120, n. 3, pp. 253-290, 1957.

FERREIRA, M.A.M; BRAGA, M.J. Eficiência das Sociedades cooperativas de capital na indústria de leite. **Revista Brasileira de Economia**, v. 61, n. 2, p. 231-244, 2007.

FERREIRA, M.A.M.; GONÇALVES, R.M.L.; BRAGA, M.J. Investigação do desempenho de cooperativas de crédito por meio da análise envoltória de dados. **Economia Aplicada**, v. 11, n.3, p. 425-445, 2007

GREENE, W. H.. **Econometric Analysis**. New Jersey: Pearson Education, 2008, 1178 p..

GOMES, Adriano Provezano; BAPTISTA, Antonio José Medina dos Santos. **Análise Envoltória de Dados: Conceitos e Modelos Básicos**. Métodos quantitativos em economia. Viçosa, Editora UFV. v. 1, n. 1, p. 121-160, 2004.

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

GOMES, E.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 e Sociologia Rural**, v. 43, n. 4, p. 607-631, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 1996**. Rio de Janeiro: IBGE, 1996. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/1995\\_1996/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/1995_1996/default.shtm)>. Acessado em 19/07/2012.

KASSAI, S. **Utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) na Análise de demonstrações contábeis**. Tese apresentada ao departamento de contabilidade e atuária da FEA-USP, 2002.



KOPP, R. J. & DIEWERT, W. E.. The decomposition of frontier cost function deviation into measures of technical and allocative efficiency. **Journal of Econometrics**. v. 19, n. 2-3, p. 319-331, agosto, 1982.

LINS, M.E.; LOBO, M.S.C.; SILVA, A.C.M.; RIBEIRO, V.J.P. O uso da análise envoltória de dados (DEA) para avaliação de hospitais universitários brasileiros. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 4, p. 985-998, 2007.

MACEDO, M.A.S.; CAVALCANTE, G.T. Performance de agências bancárias: aplicando DEA a múltiplas perspectivas de desempenho. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, v.1, n. 12, p. 87-108, 2009.

MACEDO, M.A.S. ; SILVA, F.F.; SANTOS, R.M.. Análise do mercado de seguros no Brasil: uma visão do desempenho organizacional das seguradoras no ano de 2003. **Revista Contabilidade Financeira**, Especial Atuária, p. 88-100, 2006.

MAGALHÃES, K.A.; CAMPOS, R.T. Eficiência técnica e desempenho econômico de produtores de leite no estado do Ceará, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, n. 4, p. 695-711, 2006.

MELLO, J.C.C.B.S.; MEZA, L.A.; GOMES, E.G.; SERAPIÃO, B.P.; LINS, M.P.E. Análise envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. **Pesquisa Operacional**, v. 23, n. 2, p. 325-345, 2003.

NANCI, L.C.; AZEREDO, S.M.; MELLO, J.C.C.B.S. Estudo da eficiência das empresas distribuidoras de jornais usando análise envoltória de dados. **Produto & Produção**, v. 7, n.3, p. 27-35, 204.

NOGUEIRA, Magda A. **Eficiência técnica na agropecuária das microrregiões brasileiras**. Tese apresentada na UFV, Departamento de Economia, Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, 2005.

ONUSIC, L.M.; CASA NOVA, S.P.C.; ALMEIDA, F.C. Modelos de previsão de insolvência utilizando a análise envoltória de dados: aplicação à empresas brasileiras. **Revista de Administração Contemporânea**, Edição especial, p. 77-97, 2007.

PESSANHA, J.F.M.; SOUZA, R.C.; LAURENCEL, L.C. Um modelo de análise envoltória de dados para o estabelecimento de metas de continuidade do fornecimento de energia elétrica. **Pesquisa Operacional**, v. 27, n. 1, p. 51-83, 2007.

PROITE, A.; SOUSA, M.C.S. **Eficiência técnica, economias de escala, estrutura de propriedade e tipo de gestão no sistema hospitalar brasileiro**. Anais do XXXII Encontro Nacional de Economia, Anpec, João Pessoa – PB, 2004.

SAMPAIO, B.; GUIMARÃES, J. Diferenças de eficiência entre ensino público e privado no Brasil. **Economia Aplicada**, v. 13, n.1, p. 45-68, 2009.

SAMPAIO, B.; SAMPAIO, Y. Influências políticas na eficiência de empresas de saneamento brasileiras. **Economia Aplicada**, v. 11, n. 3, p. 369-386, 2007.

SANTOS, J.A.; VIEIRA, W.C.; BAPTISTA, A.J.M.S. Eficiência técnica em propriedades leiteiras da microrregião de Viçosa-MG: uma análise não paramétrica. **Organizações rurais e agroindustriais**, v.7, n.2, p.162-172, 2005.

---

Belém - PA, 21 a 24 de julho de 2013

*SOBER - Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*



SOUZA, G. da S.; GOMES, E. G.; GAZZOLA, R.; WANDER, A. E.. **Eficiência técnica na agricultura brasileira: uma abordagem via fronteira estocástica.** Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/866987>>. Acessado em 18/08/2011.

VILELA, D.L.; NAGANO, M.S.; MERLO, E.M. Aplicação da análise envoltória de dados em cooperativas de crédito rural. **Revista de Administração Contemporânea**, Edição Especial, p. 99-120, 2007.

WINKELMANN, Rainer; BOES, Stefan. **Analysis of microdata.** 2ª Ed. New York: Springer, 2009, 357 p.