

**ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) PARA AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA EM RELAÇÃO AOS CUSTOS DO MILHO SAFRA****DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) FOR EVALUATION OF PRODUCTIVE EFFICIENCY IN RELATION TO THE COSTS OF CORN CROP****Tatiane Bento da Costa**

Graduanda em Administração - UFU

Aluna da Faculdade de Gestão e Negócios da Universidade Federal de Uberlândia

e-mail: [tatianecosta@adm.ufu.br](mailto:tatianecosta@adm.ufu.br)

(34) 9193-4893

**Marcelo Tavares**

Doutor em Agronomia ESALQ - USP

Professor da Faculdade de Matemática da Universidade Federal de Uberlândia

e-mail: [mtavares@ufu.br](mailto:mtavares@ufu.br)

(34) 3239-4360

**Resumo:**

A análise envoltória de dados (DEA) é usada para medir a eficiência de processos. A demanda crescente da sociedade por produtos alimentícios aumentou, seguindo o crescimento populacional global, tem-se assim, maior pressão por produtividade das áreas agrícolas por consequência da maior demanda. Neste ponto entra o auxílio do DEA, pois ela pode medir a eficiência das produções agrícolas e, assim, indicar quais são as produções eficientes e evidenciar os pontos de ineficiência. Este trabalho utiliza DEA BCC orientado a *output* aplicado aos recursos (custos) utilizado no milho safra do Brasil para analisar a sua eficiência no período de 1999 a 2008. Este trabalho também propõe a construção de um ranking percentual de eficiência, construídas a partir da variável do *output* preço e das variáveis de *inputs* que são: a qualidade da conservação do solo; a área de plantio; os tratos culturais; colheita; total de operações; fertilizantes; material de plantio; herbicidas e total de Insumos. Para a aplicação da DEA foi utilizado o banco de dados disponível no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Verificou-se a análise envoltória de dados mostrou-se viável na área livre de eficiência produtiva do milho safra com base no seu custo de produção que o ano 2003 foi o ano que obteve o valor de maior eficiência, e a DMU menor foi 2005.

**Palavras-chave:** Eficiência. DEA. Milho. Safra.**ABSTRACT**

The data envelopment analysis (DEA) is used to measure the efficiency of processes. The growing demand of the society for food products increased following the global population growth has thus increased pressure for productivity of agricultural areas as a result of higher demand. At this point enters the help of the DEA, as it can measure the efficiency of agricultural production and thus indicate which are the efficient production and highlights the points of inefficiency. This paper uses DEA BCC output oriented applied to (cost) resources used to harvest corn in Brazil to analyze their efficiency in

the period 1999-2008. This work also proposes the construction of a percentile rank of efficiency, constructed from variable the output price and the input variables are: the quality of soil conservation; planting area; cultural practices; harvest; total operations; fertilizers; planting material; herbicides and Total Petrochemicals. For the application of the DEA database available at the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) was used. Verified the data envelopment analysis was feasible in the free area of productive efficiency of maize crop based on its cost of production that the year 2003 was the year we got the value of greater efficiency, and the lowest was DMU 2005.

**Keywords:** Efficiency. DEA. Corn. First crop.

## 1 Introdução

No cenário nacional agrícola, a cultura do milho afirmou-se com duas safras anuais constantes. A safra chamada de primeira safra anual e a safrinha chamada de segunda safra anual (EMBRAPA, 2012). A safrinha nos últimos 15 anos se consolidou no sistema de produção de milho no Brasil. O milho safrinha tem aumentado sua participação no percentual geral de produção anual, a sua participação nas safras totais de 2010/2011 foi 37,5% maior se comparado a 2009/2010, porém o milho safra ainda é o grande responsável pelo abastecimento deste grão (CONAB, 2011; 2012).

O milho safrinha é desenvolvido em sistema de sequeiro, onde, esta nova plantação é realizada após uma cultura de verão, e assim, possibilita a otimização da mão de obra e de maquinários da propriedade agrícola, contribuindo para diminuir a sazonalidade da produção desta cultura e, por consequência, estabelece menor irregularidade no abastecimento e nos preços comercializados da safra do milho (TSUNECHIRO; OLIVEIRA; FURLANETO; DUARTE, 2006).

Não só a cultura do milho mais as *commodities* de maneira geral possuem diversas variáveis que influenciam nos custos do produto final, descobrir a combinação dessas variáveis de maneira a reduzir o custo da produção é o desafio dos gestores responsáveis por essas produções, se faz necessário utilizar ferramentas que gerem informações e apoiam a tomada de decisões para otimizar o processo produtivo para aumentar a lucratividade das safras dos grãos, levando em consideração que o custos das commodities é fixo, reduzir os custos é a única alternativa para aumentar o lucro

A partir deste raciocínio, estabelecer a fronteira de eficiência é uma informação útil para tomada de decisão para planejamento de redução de custos, otimização da produção e máxima eficiência. O objetivo principal deste estudo é a exposição da fronteira de eficiência na geração de produção da safra e safrinha do milho de acordo com recursos (custos) nos anos de 1999 à 2008, evidenciando como os resultados podem ser fontes de tomadas de decisão para redução de custos. Por meio da análise envoltória de dados (DEA), este estudo tem como objetivo secundário também o de evidenciar um ranking de eficiência percentual relativa de acordo com as variáveis: de output, preço e nove inputs: conservação do solo; plantio; tratos culturais; colheita; total de operações; fertilizantes; material de plantio; herbicidas e total de Insumos.

Além dessa introdução, este artigo é composto por mais 4 seções: (i) a seção 2 foi destinada ao referencial teórico que é a base de fundamentação deste estudo, (ii) a seção 3 material e métodos apresentou os procedimentos metodológicos desenvolvidos e aplicados; (iii) a seção 4 análise dos dados e resultados evidenciou o processo de análise dos dados secundários utilizados neste estudo e após cada procedimento foi realizado uma breve explicação dos resultados atingidos; (iv) a seção 5 das considerações finais apresentou uma conclusão de todo o proceder investigativo e científico desenvolvido nesta pesquisa e suas limitações de pesquisa, foi exposto ao fim deste estudo, sugestões para desenvolver futuros trabalhos.

## 2 Referencial Teórico

A extrema concorrência na área agrícola tem reduzido as margens de lucro dos produtores, para aumentar esse percentual de lucro, eles buscam incessantemente aumentar a eficiência da produção e para isso percorrem o objetivo de maximizar a produção atrelada a redução de custos dos recursos utilizados para produzi-los.

Ao evidenciar o aumento da importância da cultura do milho no mercado consumidor e sua consolidação na cultura de inverno (safrinha) como o ponto chave de minimizar os efeitos de preço, produção e sazonalidade, destaca-se a otimização de recursos da safrinha anterior, será que essa otimização gera custos menores de produção? A eficiência é um parâmetro necessário de comparação, pois conhecer a fronteira de eficiência da produção do milho safra permite-se a compreensão das melhores técnicas de plantio para as safras e descobrir as técnicas que dispendem menos recursos financeiros é uma vantagem quando se trata de *commodities*.

A análise envoltória de dados (DEA) é um rico transformador de dados em informações que pode apoiar a decisão de vários assuntos diferenciados, esta análise foi desenvolvida para ser uma facilitadora de decisão. A DEA é um modelo matemático que permite medir a eficiência de variáveis que ocasionam custos incorridos e através dos valores gerados comparar unidades produtivas.

Alguns autores estudaram os modelos DEA utilizando variáveis da produção e chegaram a algumas conclusões sobre a produtividade e os gastos incorridos na produção: Bezerra Neto, Gomes e Oliveira (2007) utilizaram o DEA para avaliar a produtividade biológica em sistemas consorciados de cenoura e alface através de indicadores agros econômicos e métodos multicritérios. Já as mudanças no uso e manejo da terra podem ser responsáveis por incrementos na produtividade agrícola e é analisada por Bezerra Neto, Gomes e Oliveira (2007) com modelos DEA clássicos e utilizaram como variáveis as produções de arroz, milho e café como outputs, e a área total plantada dessas culturas como input, os resultados obtidos mostraram que o plantio simultâneo de arroz e milho foi a combinação de melhor desempenho.

Os autores Hasanov e Nomman (2011) fizeram uma análise no país Uzbequistão, onde a escassez de água e a degradação da terra levaram a um forte aumento dos custos dos *inputs*, encarecendo os produtos finais agrícolas, o estudo focou na utilização de recursos escassos por meio da análise de eficiência e obtiveram como resultados a má utilização dos *inputs* tornando sua utilização ineficiente e outro interessante resultado foi de que podem reduzir a quantidade de insumos utilizados pois, produziriam o mesmo resultado.

O nível de competição e a necessidade de acesso ao mercado global com produtos atualizados tecnologicamente, que tenham qualidade, custos competitivos e prazos de entrega cada vez menores, demandam a otimização dos processos de compra e a minimização dos custos de aquisição (ALVAREZ, 2004). Para que haja assertividade nas decisões dentro das organizações existe a necessidade das informações estarem corretas, claras e objetivas para que possam ser comparadas e servirem de parâmetros para tomada de decisões.

No mercado atual competitivo ao extremo, só há espaço para empresas eficientes, que sejam capazes de agregar valor em suas tomadas de decisões (ASSAF NETO, 2010). Esse raciocínio se estende ao cenário agrícola exportador brasileiro, onde, faz frente a concorrência internacional para ‘ganhar’ a corrida contra a concorrência e conseguir ser efetivo na venda do milho produzido no país a um preço justo.

A definição de eficiência, muito utilizada na teoria econômica não diverge muito do conceito utilizado nas demais ciências sociais aplicadas que referem-se ao conceito de otimizar recursos e percorrer à ausência de desperdício, portanto, a eficiência se dá pela utilização máxima dos recursos existentes para satisfazer as necessidades e os desejos de indivíduos e organizações. (FERREIRA; GONÇALVES; BRAGA, 2007).

A utilização do DEA aplicada na agricultura pode vir a apoiar as decisões dos agricultores (também dos órgãos de fomento ou de associações de agricultores) quando indicam as fontes das ineficiências e as unidades mais eficientes que podem ser tomadas como

referência às práticas adotadas (identificando os *benchmarks*) (GOMES *et al.*, 2009). Assim, tendo estabelecido a referência de eficiência é possível estudá-la a fundo, descobrir suas particularidades para reproduzir as técnicas e métodos de produção utilizados em unidades produtivas ineficientes para otimizar a produção e torná-las eficientes.

A eficiência está ligada à comparação entre unidades produtivas. Quando construímos um ranking de produção teremos somente uma única unidade produtiva eficiente que será a unidade que terá 100% como resposta da análise. (GOMES *et al.*, 2009).

Ao identificar a origem e a ineficiência relativa de cada uma das DMUs (Unidades produtivas), é possível analisar qualquer uma de suas dimensões relativas a saídas e/ou entradas. A fronteira de eficiência compreende o conjunto de DMUs paretos eficientes (MELLO *et al.*, 2005). É justamente neste ponto que se encontram os gargalos (pontos de melhorias) onde a DEA evidencia através da ineficiência produtiva onde, essa informação é base para tomada de decisão.

A disponibilidade de dados sobre preços e da imposição de uma hipótese de minimização de custos ou maximização de lucros conduzem ao conceito de eficiência alocativa, em adição as medidas de eficiência técnica (COELLI (2005) *apud* GOMES *et al.*, 2009).

Os autores afirmam a utilidade da análise envoltória de dados aplicada a custos se deve a produção de informação para a tomada de decisão, onde é descoberta a unidade eficiência que se tornará referência (*benchmark*) podendo ser copiada as demais unidades produtivas, para que estas deixem de ser ineficientes. A DEA permite também descobrir os gargalos das unidades ineficientes. A DEA aumenta a confiabilidade e segurança das informações produzidas que serão base para decisões administrativas e estratégicas, pois, a DEA auxilia na identificação de unidades eficientes e assim, apoia nas estimativas de custos da produção em geral.

### 3 Material e Métodos

A (DEA) é uma abordagem não paramétrica que foi desenvolvida para determinar a eficiência de unidades produtivas (tomadoras de decisão) as quais, são as denominadas DMU's (*Decision Making Units*) cada DMU é como se fosse um 'endereço', onde é possível considerar várias entradas (variáveis ou *inputs*) e várias saídas (variáveis ou *outputs*), neste estudo as DMU's são os dados das safras de cada ano do período analisado (MELLO *et al.*, 2005).

A medida de eficiência calculada pela análise envoltória faz uma generalização da medida de produtividade, que é a razão dos resultados obtidos e os recursos utilizados por cada unidade sob análise, cada DMU e sua respectiva formulação matemática é descrita em um programação linear, o DEA resolve vários cálculos matemáticos para cada unidade DMU (ADLER; FRIEDMAN; SINUARY-STER, 2002).

A produtividade é a razão entre o que foi produzido e o que foi gasto para produzir, sendo que, o que foi produzido é seu numerador e os recursos financeiros dispendidos para produzir é o denominador.

Para definir eficiência é usada a comparação entre as DMUs, após a comparação é possível verificar qual é a DMU mais produtiva e *rankear* as DMUs de acordo com os resultados de produtividade e comparação. O DEA otimiza cada observação individual objetivando calcular uma fronteira de eficiência, determinada pelas unidades que são Pareto eficientes. Uma unidade é Pareto eficiente se, e somente se, essa unidade não consegue melhorar alguma de suas características sem piorar as demais características (MELLO *et al.*, 2005).

Para manipular os dados uma tabela foi construída com dados secundários extraídos de duas fontes distintas: os dados foram levantados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na área produção agrícola municipal e a segunda fonte de dados utilizada está disponível na Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), na área de indicadores CONAB.

Em relação à composição do modelo utilizado para compor o banco de dados utilizado, o período analisado de todas as variáveis foram de 1999 a 2008, todas as variáveis possuem a unidade de R\$ por alqueire. As variáveis de *inputs* utilizadas foram: Conservação do Solo;

Plantio; Tratos Culturais; Colheita; Total de Insumos; Total de Operações; Fertilizantes; Material Plantio; Herbicidas. A variável de *output* utilizada foi o preço final de custo da saca de milho.

Para todas as análises e a construção do *ranking* de eficiência os dados serão trabalhados no programa SIADv3® – Sistema Integrado de Apoio à Decisão, versão 3.

Para a análise dos dados foram utilizados os modelos Multidimensionais DEA. Existem vários modelos, neste estudo aplica-se o uso do modelo BCC.

O modelo BCC substitui o axioma da proporcionalidade pelo axioma da convexidade, devido à isso este modelo também é chamado de *VRS – Variable Returns to Scale*, que significa que os retornos variáveis de escala consideram que o acréscimo de uma unidade de *input*, pode aumentar não proporcionalmente os *outputs*. O modelo BCC ao obrigar que a fronteira seja convexa, permite que as DMUs operem com baixos valores de inputs, tenham retornos crescentes de escala e as que operam com altos valores tenham retornos decrescentes de escala (MELLO *et al.*, 2005).

Abaixo, segue as representações matemática do modelo BCC ou VRS conforme Neves Junior, Vasconcelos e Brito (2012), e a expressão do modelo BCC ou VRS orientado à *output* (produto), que é a fórmula utilizada neste estudo:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^n V_i X_{ki} + V_k \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{r=1}^m U_r Y_{rk} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^m U_r Y_{jr} - \sum_{i=1}^n V_i X_{ji} - V_k \leq 0 \quad (3)$$

$$U_r, V_i \geq 0 \quad (4)$$

Onde: y: produtos; x: insumos; u e v: pesos; r = 1..., m; i = 1; j = 1...,n.

De acordo com Barros e Garcia (2006) *apud* Rafaeli (2009) sempre que há formação de *ranking* utilizando o DEA na maioria das vezes várias DMUs ficam com 100% de pontuação de eficiência, utilizando diferentes modelos visto que, essa é uma limitação da fronteira de eficiência clássica calculada pela análise envoltória de dados em distinguir as unidades eficientes. Desta forma utilizou-se também a fronteira invertida DEA que é a fronteira pessimista das DMU's. Ocorre no caso a troca dos *inputs* pelos *outputs* do modelo original dos dados utilizados de cada DMU.

Para determinação do ranking foi calculada a eficiência composta normalizada, onde cada DMU possuirá um valor diferente sempre. As expressões para cálculo da eficiência composta e eficiência composta normalizada segundo Neves Junior, Vasconcelos e Brito, (2012) e Mello *et al.*, 2005, são apresentadas a seguir:

$$\text{Eficiência Composta} = \text{Eficiência Padrão(Otimista)} + \frac{(1 - \text{Eficiência Invertida(Pessimista)})}{2} \quad (5)$$

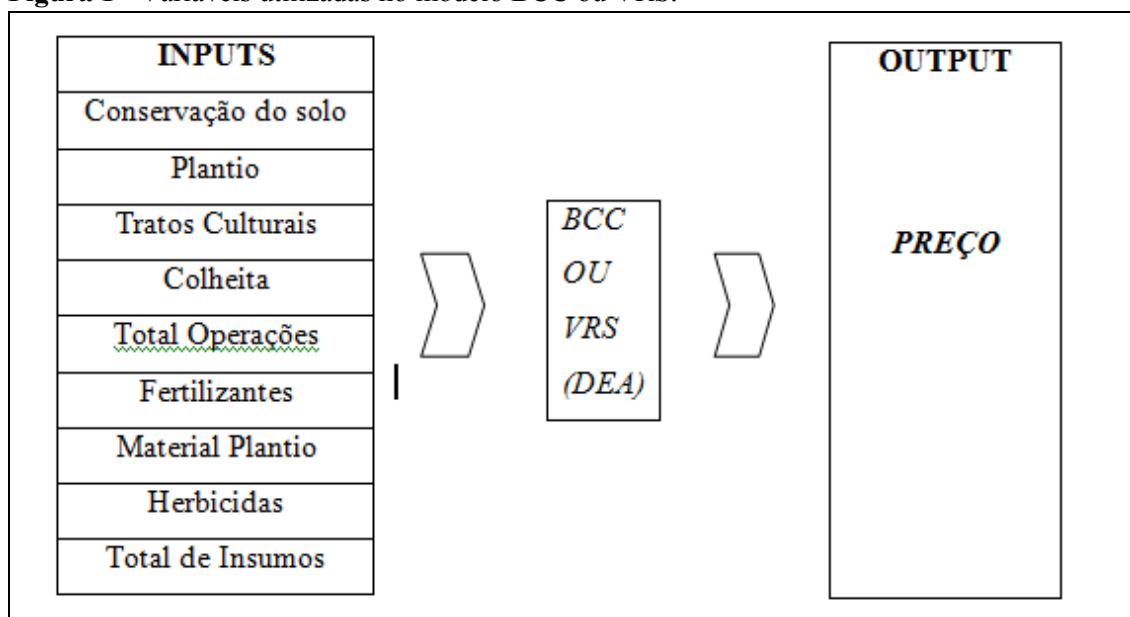
$$\text{Eficiência Composta Normalizada} = \frac{\text{Eficiência Composta}}{\text{Máxima (Eficiência Composta)}} \quad (6)$$

O modelo BCC foi o escolhido por ser o mais adequado para que atinjamos nosso objetivo principal de verificarmos a DMU mais eficiente de acordo com seus custos de produção, ou seja, a otimização de recursos financeiros é o principal fator positivo que classificará a eficiência de uma DMU.

A escolha das variáveis seguiu o que propõe a literatura e considerando o cenário onde a máxima utilização dos recursos (*inputs*) retorna ao produtor do milho safra o mínimo custo possível para aumentar sua margem de lucro frente ao produto comercializado.

Portanto, segue o modelo BCC ou VRS utilizado neste trabalho orientado a *output*:

**Figura 1** - Variáveis utilizadas no modelo BCC ou VRS.



**Fonte:** elaborado pelos autores.

Segundo Gil (1987), a pesquisa é exploratória, pois o estudo em questão será realizado em uma área relativamente pouco explorada, uma área nova, onde há pouco material sobre o assunto disponível. A pesquisa também se enquadra conforme cita Martins e Théophilo (2009) em positivista, pois se propõe ao estudo de fatos e estabelece as interações e relações entre os fatos e estes fatos são apurados através de métodos estatísticos.

A pesquisa segundo Vergara (2000) é metodológica, representa uma ideia permitindo a utilização de ferramentas de apoio que permite à superação das limitações particulares do pesquisador. A (DEA) é uma abordagem não paramétrica (MELLO *et al.*, 2005).

Portanto, este estudo pode ser classificado como uma pesquisa científica de natureza exploratória, metodológica, não paramétrica e positivista todas as análises realizadas foram quantitativas apoiadas por métodos de análises multivariadas aplicadas às análises das variáveis do milho safra e safrinha com foco em resolver o objetivo principal de pesquisa, identificando a unidade produtiva eficiente e as unidades produtivas ineficientes através da formação de um ranking.

#### 4 Resultados e Discussões

Na Tabela 1 estão relacionadas análises descritivas do milho safra, para as 9 variáveis de entrada (*inputs*) e uma variável de saída (*output*). Como os dados analisados são dos anos de 1999 a 2008 cada ano é tratada como uma DMU, sendo assim, são 10 DMUs do milho safra. Cada ano é tratado como uma DMU (tomadora de decisão) pois cada ano possui suas particularidades e liberdade na decisão e na utilização de insumos para a produção de produtos, assim é possível comparar qual ano foi mais eficiente em relação aos anos passados e futuros, analisar a DMU mais eficiente e tentar tomá-la como padrão pra otimizar recursos e ainda

assim, sempre estar em revisão contínua de melhoramento na eficiência da produção para diminuir os gargalos da produção do milho.

A análise descritiva apresentada através da Tabela 1, mostram os resultados, de valores mínimos e máximos apresentados de acordo com cada *input* e *output*. São apresentadas também as médias de cada variável onde é evidenciado as estimativas de médias de maior magnitude é 370,07 que é o total de insumos, mostrando ser este fator de custo importante. O maior percentual de variação foi da variável fertilizantes com 81,34% de variação, sendo que todas as outras variáveis apresentaram variação próxima de 50%.

**Tabela 1** - Análise descritiva do milho safra de acordo com cada variável utilizada.

| Análise Descritiva |                     |        |         |                  |               |                          |
|--------------------|---------------------|--------|---------|------------------|---------------|--------------------------|
|                    | Variáveis           | Mínimo | Máximo  | Média Aritmética | Desvio Padrão | Coefficiente de Variação |
| Inputs             | Conservação do solo | 5,33   | 23,25   | 10,43            | 5,72          | 54,88%                   |
|                    | Plantio             | 11,87  | 56,98   | 26,91            | 14,53         | 54,01%                   |
|                    | Tratos Culturais    | 13,74  | 64,95   | 27,97            | 16,36         | 58,50%                   |
|                    | Colheita            | 21,98  | 72,9    | 39,8             | 14,44         | 36,29%                   |
|                    | Total Operações     | 60,05  | 228,29  | 120,74           | 50,21         | 41,59%                   |
|                    | Fertilizantes       | 107,35 | 742     | 230,76           | 187,71        | 81,34%                   |
|                    | Material Plantio    | 28,08  | 139,78  | 65,12            | 31,8          | 48,83%                   |
|                    | Herbicidas          | 22     | 92,19   | 48,35            | 23,93         | 49,49%                   |
|                    | Total Insumos       | 170,68 | 1001,81 | 370,07           | 240,22        | 64,91%                   |
| Output             | Preço               | 3,5    | 11,03   | 6,3              | 2,42          | 38,51%                   |

Fonte: elaborado pelos autores.

Na Tabela 2, é possível verificar uma forte correlação entre todas as variáveis, a menor estimativa foi o valor 0,7537. Portanto, conclui-se que entre as variáveis analisadas há forte correlação linear positiva. Todas as estimativas de correlações foram significativas ao nível de significância nominal de 0,05. As estimativas de correlação estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2** - estimativas da correlação de Pearson entre as variáveis de custo de produção e preço do Milho safra. (Tendo como variáveis de Output A: Preço; e as variáveis de Input são: B: Conservação de solo; C:Plantio; D:Tratos Culturais; E:Colheita; F:Total Operações; G: Fertilizantes; H: Material Plantio; I: Herbicidas e J: Total Insumos, todas variáveis estão avaliadas por hectare (ha)).

| SAFRA MILHO | A | B   | C   | D   | E   | F   | G   | H   | J   | J   |
|-------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A           | 1 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

|   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |     |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| B | 0,8957 | 1      | ---    | ---    | ---    | ---    | ---    | ---    | ---    | --- |
| C | 0,86   | 0,9736 | 1      | ---    | ---    | ---    | ---    | ---    | ---    | --- |
| D | 0,8624 | 0,9838 | 0,946  | 1      | ---    | ---    | ---    | ---    | ---    | --- |
| E | 0,9241 | 0,9108 | 0,8639 | 0,873  | 1      | ---    | ---    | ---    | ---    | --- |
| F | 0,8816 | 0,8691 | 0,8095 | 0,8415 | 0,9797 | 1      | ---    | ---    | ---    | --- |
| G | 0,8299 | 0,9158 | 0,8779 | 0,9087 | 0,9109 | 0,8524 | 1      | ---    | ---    | --- |
| H | 0,9422 | 0,9548 | 0,9237 | 0,9205 | 0,9623 | 0,8992 | 0,9431 | 1      | ---    | --- |
| I | 0,8184 | 0,9294 | 0,9387 | 0,8735 | 0,8236 | 0,7537 | 0,8096 | 0,9106 | 1      | --- |
| J | 0,8651 | 0,9438 | 0,9136 | 0,9247 | 0,935  | 0,8742 | 0,9937 | 0,9711 | 0,8655 | 1   |

**Fonte:** elaborado pelos autores.

Na Tabela 3 estão apresentados de acordo com os *scores* eficiência (%) e na Tabela 4 de cada DMU o ranking de eficiência das 10 DMU's (anos 1999 a 2008) do milho safra. Os *scores* foram calculados para a fronteira padrão, fronteira invertida, fronteira composta e fronteira composta normalizada.

Aplicando o DEA BCC à base de dados utilizada apresentamos os resultados de acordo com o seu *score*, analisando a fronteira de eficiência padrão, do milho safra com DMUs eficientes foram: as dos anos de 1999, 2000, 2001 e 2002.

A Tabela 3 apresenta o ranking da fronteira invertida que serve para discriminar as DMUs que tiveram 100% de eficiência na fronteira padrão, que na fronteira invertida podem ser interpretadas como ineficientes teoricamente e vice-versa. É atribuído um *score* pelo DEA a cada DMU como forma de desempatar as DMUs consideradas 100% eficientes pela fronteira padrão isso ocorreria se algumas DMUs consideradas 100% eficientes na fronteira padrão não tivessem também obtido 100% de eficiência na fronteira invertida o que nos permite uma análise mais profunda do problema de eficiência, esse ocorrido confirma a revisão de literatura onde há ocorrência de DMUs com falsa eficiência' na fronteira invertida.

**Tabela 3 - Score de eficiência dos anos de 1999 a 2008 da do milho safra.**

| DMU              | Safrá (Milho) |           |          |                      |
|------------------|---------------|-----------|----------|----------------------|
|                  | Padrão        | Invertida | Composta | Composta Normalizada |
| 1999             | 100           | 100       | 50       | 77,9916              |
| 2000             | 100           | 100       | 50       | 77,9916              |
| 2001             | 100           | 100       | 50       | 77,9916              |
| 2002             | 100           | 100       | 50       | 77,9916              |
| 2003             | 100           | 71,7811   | 64,1095  | 100                  |
| 2004             | 81,359        | 100       | 40,6795  | 63,4532              |
| 2005             | 78,693        | 100       | 39,3467  | 61,3742              |
| 2006             | 94,602        | 91,519    | 51,5415  | 80,3961              |
| 2007             | 100           | 86,9749   | 56,5125  | 88,1501              |
| 2008             | 100           | 100       | 50       | 77,9916              |
| Eficiente (s)    | 7             | 7         | 1        | 1                    |
| Ineficientes (s) | 3             | 3         | 9        | 9                    |

**Fonte:** elaborado pelos autores.

De acordo com a análise da fronteira invertida do milho safra que foram 100% na fronteira invertida foram, as dos anos de 1999, 2000, 2001, 2002, 2004 e 2005. É possível perceber que ocorreu DMU'S com 100% tanto na fronteira de eficiência padrão e na fronteira



de eficiência invertida, aconteceu com essas DMUs à falsa eficiência nas DMU'S: 1999, 2000, 2001, 2002, 2004, 2005 2007 e 2008.

Na Tabela 4 é possível classificar a eficiências das DMUs de acordo com a fronteira composta normalizada.

**Tabela 4** - Ranking de eficiência normalizada do milho safra.

| Milho Safra |      |                        |
|-------------|------|------------------------|
| Posição     | DMU  | Eficiência Normalizada |
| 1°          | 2003 | 100,00%                |
| 2°          | 2007 | 88,15%                 |
| 3°          | 2006 | 80,40%                 |
| 4°          | 1999 | 77,99%                 |
| 5°          | 2000 | 77,99%                 |
| 6°          | 2001 | 77,99%                 |
| 7°          | 2002 | 77,99%                 |
| 8°          | 2008 | 77,99%                 |
| 9°          | 2004 | 63,45%                 |
| 10°         | 2005 | 61,37%                 |

**Fonte:** elaborado pelos autores.

Este ranking na Tabela 4 foi construído comparando as DMUs com *ranking* de eficiência do milho safra conforme o resultado do cálculo da eficiência composta normalizada, conforme Tabela 4, foram apresentados os valores percentuais de cada DMU e é possível verificar que dentre o milho safra, a DMU mais eficiente de acordo com os *inputs* e analisando o *output* gerado é a DMU do ano 2003.

## 5 Considerações Finais

Portanto, a análise envoltória de dados (DEA) se mostrou satisfatória na análise de custos, pois foi possível identificar a fronteira de eficiência das variáveis analisadas de acordos com as DMUs. Foi possível a construção do *ranking* de acordo com a fronteira de eficiência do milho safra e através da análise desse *ranking* foi possível identificar as fronteiras eficientes e também a identificação das DMUs ineficientes. Com base na eficiência normalizada, o ano mais eficiente foi o de 2003.

Este estudo atingiu o seu objetivo proposto e evidenciou a importância de comparar as eficiências das unidades produtivas para descobrir qual a combinação de variáveis que mais otimizam o *output* desejado, com esse tipo de estudo é possível perceber a importância da eficiência produtiva, como citado no referencial teórico: a eficiência se dá pela utilização máxima dos recursos existentes para satisfazer as necessidades e os desejos de indivíduos e organizações. (FERREIRA; GONÇALVES; BRAGA 2007, p.3).

Os produtores rurais incessantemente buscam aumentar a eficiência da produção e para isso percorrem o objetivo de maximizar a produção, atrelado a redução de custos dos recursos utilizados para produzi-los. A utilização da DEA é um rico transformador de dados em informações que pode apoiar a decisão de vários assuntos diferenciados, esta análise foi desenvolvida para ser uma facilitadora de decisão. Permite-se a compreensão das melhores técnicas de plantio para as safras e descobrir as técnicas que dispendem menos recursos financeiros é uma vantagem quando se trata de *commodities*, pois só assim aumenta-se o lucro, reduzindo os custos, já que o preço de venda das *commodities* é padrão.

Sugere-se que este presente estudo seja ampliado por estudos que trabalhem com a atualização dos dados do milho safra e a inclusão de outras variáveis de custo explicativas

possíveis de serem incluídas e alterarem a escolha dos inputs-outputs, de acordo com a conveniência e objetivo definido. Este estudo mostrou que o método da análise envoltória de dados (DEA) pode ser aplicado à área agrícola.

## Referências

ADLER, N.; FRIEDMAN, L.; SINUARY-STERN, Z. *Review of ranking methods in the data envelopment analysis context*. *European Journal of Operational Research*, v. 140. Issue 2. p. 249-265. Reino Unido, 2002.

ALVAREZ, M.P. **A evolução das responsabilidades e atribuições da função compras/suprimentos** - um estudo na indústria têxtil-confecção de Santa Catarina. 2004. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

ASSAF NETO, A. **Finanças corporativa e valor**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BEZERRA NETO, F.; GOMES, G. E.; OLIVEIRA, A.M. Produtividade biológica em sistemas consorciados de cenoura e alface avaliada através de indicadores agro econômicos e métodos multicritério. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 193-198, abr-jun. 2007.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos Safra 2010/2011**. 12º Levantamento. Set. 2011. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&&Pagina\\_objcmsconteudos=7#A\\_objcmsconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&&Pagina_objcmsconteudos=7#A_objcmsconteudos)>. Acesso em: 18 dezembro 2013.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos Safra 2011/2012**. 6º levantamento. Mar. 2012. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&&Pagina\\_objcmsconteudos=6#A\\_objcmsconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&&Pagina_objcmsconteudos=6#A_objcmsconteudos)>. Acesso em: 18 dezembro 2013.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Base de dados Indicadores CONAB**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 18 dezembro 2013.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Comunicado técnico 172**. Viabilidade Econômica da Cultura do Milho Safrinha 2012. em Mato Grosso do Sul. Embrapa Agropecuária Oeste. 1º edição, Dourado, MS, 2012. Disponível em: <<http://www.cpa.embrapa.br/publicacoes/online/zip/COT2011172.pdf>>. Acesso em: 18 dezembro 2013.

FERREIRA, M. A. M.; GONÇALVES, R. M. L.; BRAGA, M. J. Investigação do desempenho das cooperativas de créditos de Minas Gerais por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA). **Revista de Economia Aplicada**, Ribeirão Preto, v. n. 3, p. 425-445, 2007.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas da pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1987.

GOMES, E. G.; GREGO, C. R.; MELLO, J. C. C. B. S.; VALLADARES, G. S.; MANGABEIRA, J. A. C.; MIRANDA, E. E. Dependência espacial da eficiência do uso da terra em assentamento rural na Amazônia. **Revista Produção**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 417-432, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/prod/v19n2/v19n2a15.pdf>>. Acesso em: 24 outubro 2013.

HASANOV, S.; NOMMAN, A. M. Agricultural efficiency under resources scarcity in Uzbekistan: A Data Envelopment Analysis. **Magazine Business and economic Horizons**. v. 4. Issue1. p. 81-87. Jan. 2011. Disponível em: <<http://academicpublishingplatforms.com/article.php?journal=BEH&number=4&article=252>>. Acesso em: 18 dezembro 2013.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Base de dados produção agrícola municipal**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa\\_resultados.php?id\\_pesquisa=44](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=44)>. Acesso em: 18 dezembro 2013.

MARTINS, G.A; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para as ciências sociais aplicadas**. 2º edição. São Paulo: Atlas, 2009.

MELLO, J.C.C.B. S.; MEZA, A. L.; GOMES, E.G.; BIONDI NETO, L. Curso de Análise de Envoltória de Dados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL 37., 2005, Gramado/RS. **Anais...** Rio de Janeiro-RJ. Uff, 2005. Disponível em: <[http://www.uff.br/decisao/sbpo2005\\_curso.pdf](http://www.uff.br/decisao/sbpo2005_curso.pdf)>. Acesso em: 02 mai. 2014.

NEVES JUNIOR, I. ; VASCONCELOS, E.S.; BRITO, J.L. Análise da eficiência na geração de retorno aos acionistas das empresas do setor da construção civil com ações negociadas na BM&FBOVESPA nos anos de 2009 e 2010 por meio da análise envoltória de dados – DEA. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA; TEMA: GESTÃO, INOVAÇÃO E TECNOLOGIA PARA A SUSTENTABILIDADE, 9., 2012. **Anais...** Resende-RJ : AEDB, 2012. Disponível em: < <http://www.aedb.br/seget/artigos12/52616625.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2014.

RAFAELI, L. **A análise envoltória de dados com ferramenta para avaliação de desempenho relativo**. 2009. 166 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2009.

ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G. ; GOMES JÚNIOR, S.F. **SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão: software**. Version 3.0. Disponível em: <<http://www.uff.br/decisao/>>. Acesso em: 18 dezembro 2012.

TSUNECHIRO, A.; OLIVEIRA, M. D. M.; FURLANETO, F. P. B.; Duarte, A. P.. **Análise técnica e econômica de sistemas de produção de milho safrinha, região do médio Paranapanema, Estado de São Paulo**. Informações Econômicas, São Paulo, v. 36, n. 9, set. p. 62-70, 2006.

VERGARA, S.C. **Projetos e relatórios de pesquisa de administração**. São Paulo: Atlas, 2000.