



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search  
<http://ageconsearch.umn.edu>  
[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

# **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO PERÍMETRO IRRIGADO CURU-PARAÍPABA NO ESTADO DO CEARÁ**

**KILMER COELHO CAMPOS; ALESSANDRO DE ASSIS SANTOS OLIVEIRA ALESSANDRO; ROBERIO TELMO CAMPOS; ALAN FIGUEIREDO DE ARÊDES;**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**VIÇOSA - MG - BRASIL**

**alessandroassisufv@yahoo.com.br**

**PÔSTER**

**ADMINISTRAÇÃO RURAL E GESTÃO DO AGRONEGÓCIO**

## **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO PERÍMETRO IRRIGADO CURU-PARAÍPABA NO ESTADO DO CEARÁ**

**Resumo:** O objetivo do artigo foi analisar o nível de eficiência técnica e de retorno à escala dos produtores de cana-de-açúcar no perímetro Curu-Paraipaba/CE. Os dados utilizados são de natureza secundária e foram extraídos de pesquisa direta feita por PINHEIRO (1998) no perímetro. Como metodologia de pesquisa, foi utilizada a Análise Envoltória de Dados (DEA) na abordagem insumo-orientado. Dos 30 produtores analisados, 12 foram eficientes tecnicamente com retornos constantes à escala e 13 eficientes com retornos variáveis à escala, 18 foram tecnicamente ineficientes pela análise com retornos constantes à escala e 17 tecnicamente ineficientes pela ótica com retornos variáveis à escala. Observando a eficiência à escala, 5 apresentaram rendimentos decrescentes à escala e 11 rendimentos crescentes. A eficiência técnica média sob retornos constantes e variáveis à escala indica que os produtores podem reduzir em média os insumos em 18,4% e 14,5%, respectivamente, mantendo o mesmo volume de produção, caso queiram operar de forma eficiente. A eficiência à escala em média foi de 95,4% com retornos crescentes, evidenciando que o aumento da produção requer um acréscimo em menor proporção dos insumos, evidenciando que, na média, a quantidade produzida pelas unidades deverá elevar-se para que a atividade se torne tecnicamente eficiente. Para que as unidades ineficientes otimizem a produção (tornem-se eficiente), na média a área utilizada deve passar de 1,49 ha para 1,34 ha, a mão-de-obra reduzir de 69,88 h/d para 61,39 h/d, o capital investido cair de R\$ 98,16 para R\$ 62,42, o gasto com insumos diminuir de R\$ 245,75 para R\$ 131,60 e o volume de água utilizada cair de 10.927,92 m<sup>3</sup> para 7.302,53 m<sup>3</sup>. O artigo conclui que o DEA proporcionou indicativos valiosos para a melhor alocação dos recursos utilizados na produção da cana-de-açúcar, diminuindo o uso desnecessário de fatores e subsidiando informações importantes para a otimização da produção agrícola local.

**Palavras-chave:** Cana-de-Açúcar, Eficiência, Irrigação, Paraipaba, Ceará.

# ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO PERÍMETRO IRRIGADO CURU-PARAÍPABA NO ESTADO DO CEARÁ

**Grupo de Pesquisa:** Administração Rural e Gestão do Agronegócio

## 1 INTRODUÇÃO

Com a globalização e a segmentação dos países em blocos regionais, a sobrevivência do setor agropecuário ficou na dependência do desenvolvimento de atividades modernas com padrões aceitáveis de eficiência e competitividade. Tecnologias que fornecem alta produtividade agrícola foram desenvolvidas e estão disponíveis para adoção pelos produtores rurais do País. No Brasil, mais especificamente no Nordeste, no entanto, as produtividades e níveis de aplicação da tecnologia ainda estão muito aquém do ideal, tanto nas fazendas privadas quanto fora delas.

O Ceará, o quarto maior estado da região Nordeste em termos de área, desenvolve atividades agropecuárias bastante diversificadas que variam segundo a microrregião considerada; no entanto, apenas oito atividades de origem vegetal (milho, feijão, arroz, mandioca, caju, cana-de-açúcar e algodão arbóreo/herbáceo) e quatro de origem animal (bovinos de leite/carne, caprinos e ovinos) merecem destaque, tanto pela área ocupada quanto pela elevada significação social e econômica para a economia do Estado. Apesar dessa diversidade de produtos, a agropecuária do Ceará caracteriza-se pelo baixo nível técnico, o que explica, em boa parte, o atraso, a grande vulnerabilidade e a baixa produtividade da economia agrícola do Estado (CAMPOS, 1997).

Os praticantes dessas atividades são basicamente agricultores familiares, pois o Nordeste, segundo estudo de INCRA/FAO (2000), concentra o maior número de estabelecimentos familiares do Brasil. Especificamente para o Ceará, os estabelecimentos familiares representam 90,2% do total de 339.602, detêm 52,9% da área total de 8.986.842 ha e são responsáveis por 52,2% do valor bruto da produção agropecuária. Além disso, 84,1% dos estabelecimentos familiares empregam apenas mão-de-obra familiar em suas atividades.

A renda proveniente das atividades agropecuárias é também muito baixa, pois, dos 149.506 estabelecimentos familiares da categoria proprietários de terra, 70.846, ou 47,4%, enquadram-se na tipologia de “quase sem renda”, que compreende aqueles agricultores com renda total por hectare/ano de R\$ 23,00. Em ordem crescente, listam-se os de “renda baixa”, em número de 32.122, ou 21,5%, que perfazem renda de R\$ 62,00 por hectare/ano, os de “renda média”, que somam 34.376, ou 23%, e renda de R\$ 76,00/hectare/ano e, por fim, os de “maiores rendas”, que são 12.162, ou 8,1%, e obtêm renda média anual por hectare de R\$ 170,00. Deve-se ressaltar que a área média desses estabelecimentos é da ordem de 13,2, 23,2, 40,4 e 77,5 ha, respectivamente (INCRA/FAO, 2000).

Moreira Filho; Coelho; Rocha (1985) apontam o tradicionalismo das técnicas utilizadas como causa desse baixo desempenho, enquanto Casimiro (1984) identifica fatores tais como a baixa fertilidade dos solos, a inadequação das tecnologias disponíveis, as irregularidades pluviométricas, falta de recursos financeiros e de esquemas de comercialização, as arcaicas relações sociais de produção e os baixos níveis de escolaridade como fatores de entrave ao melhor desempenho das atividades produtivas.

Apesar da existência desses fatores que dificultam o rendimento da atividade agrícola, o agronegócio sucroalcooleiro ainda vem desempenhando papel de suma importância na economia nacional. Atualmente, movimenta R\$ 40 bilhões, representa 2,35% do PIB nacional,

gera mais de 3,6 milhões de empregos diretos e indiretos, investe R\$ 4 bilhões por ano e exporta 14,3 milhões de toneladas de açúcar e 2,5 bilhões de litros de Álcool (PROCANA, 2006).

A safra 2004/2005 no Brasil obteve uma moagem de 380 milhões de toneladas de cana, com produção de 14 bilhões de litros de álcool e 24 milhões de toneladas de açúcar. Com 304 indústrias em atividade, sendo 227 na região Centro-Sul e 77 na região Norte-Nordeste, o parque sucroalcooleiro nacional ocupa mais de 1.000 municípios brasileiros e ainda conta com 30 projetos em fase de implantação (PROCANA, 2006).

Estimativas da CONAB para as safras de 2005/06 demonstram que enquanto o País possui uma produtividade média de 74,30 t/ha, a região Nordeste apresenta uma produtividade média de apenas 55,22 t/ha. O destaque fica para a região Sudeste com produtividade média de 80,87 t/ha, onde o estado de São Paulo, maior produtor nacional, apresenta produtividade média de 83,53 t/ha.

No Ceará, as estimativas são de que a produtividade média fique em torno de 50,94 t/ha. Na bacia do rio Curu, estado do Ceará, a produtividade média já chegou a 60t/ha em 2001, maior que a média da região Nordeste, mas ainda considerada baixa para os cultivos conduzidos sob tecnologias modernas de manejo e de irrigação.

As políticas governamentais de incentivo a essa cadeia produtiva não se distribuíram uniformemente pelas etapas agrícola e agroindustrial do processo de produção, sendo que quase a totalidade dos recursos aplicados nessa atividade foi direcionada à modernização da indústria desse setor, enquanto, muito pouco se aplicou diretamente na agricultura.

Com isso, estes fatores contribuíram para o aparecimento de distorções nos indicadores de produtividade no Brasil, demonstrando que, apesar dos bons resultados que o setor sucroalcooleiro vem alcançando nos últimos anos, ainda existem unidades produtivas ineficientes que não acompanham a dinâmica do setor.

Assim, baseando-se nesta problemática, objetiva-se verificar o nível de eficiência técnica de produtores de cana-de-açúcar, identificando os produtores eficientes e ineficientes, e propor a alocação eficiente dos insumos para os produtores ineficientes que contribua para rendimentos positivos na atividade.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Referencial Teórico**

Em um processo de produção, podem-se identificar dois tipos de eficiência: técnica e econômica. A eficiência técnica refere-se à proficiência com que os insumos utilizados no processo produtivo são convertidos em produtos. Nesse contexto, afirma-se que um produtor é tecnicamente eficiente se, dada certa quantidade de insumos, ele só consegue aumentar a produção de um produto quando diminui a produção de outro, ou seja, quando não há desperdícios de insumos. Desta forma, uma produção é tecnicamente eficiente se não existir outro processo, ou combinação de processos, que consiga alcançar o mesmo nível de produção, utilizando-se uma quantidade inferior de pelo menos um insumo (PEREIRA, 1995).

Já a eficiência econômica refere-se à proficiência com que os produtores conduzem o processo produtivo, com o intuito de obter o máximo lucro ou o mínimo custo de produção. Um processo produtivo é economicamente eficiente se não existir outro processo alternativo, ou a combinação de processos, que produza a mesma quantidade, a menor custo ou maior lucro. Enquanto a eficiência técnica envolve o aspecto físico da produção (quantidade física), a

eficiência econômica trabalha o aspecto monetário da produção, envolvendo quantidades físicas e preços dos fatores.

De acordo com Lovell *apud* TUPY e YAMAGUCHI (1998), a eficiência de uma firma (ou unidade produtiva) é dada pela comparação entre valores observados e valores ótimos de insumos e produtos. Esta comparação pode ser verificada como a relação entre a quantidade de produto obtido e o seu nível máximo de produção, dada certa quantidade de insumos utilizados; ou como a relação entre a quantidade de insumo utilizada, dada as limitações do produtor, e o mínimo requerido para produzir determinada quantidade de produto; ou ainda, com a combinação dos dois anteriores.

Constata-se a eficiência de um processo de produção através da comparação da situação atual com uma situação ótima que poderia ser atingida, dadas as combinações de insumos ou de produtos existentes. Segundo MOITA (1995), comparar a eficiência de unidades de produção, ou firmas, pode ajudar a avaliar suas performances em relação a outras firmas. Se uma firma é eficiente, ela utiliza seus recursos para alcançar a máxima produção, ou seja, a eficiência é determinada pela comparação da produção observada com as produções máximas possíveis, dentro da sua limitação de insumos.

As medidas de eficiência podem ser calculadas através de uma função de fronteira de produção, que define os limites de máxima produtividade que uma unidade de produção pode alcançar num processo de transformação, utilizando-se certa combinação de fatores. Logo, uma medida de ineficiência seria a distância que uma unidade de produção encontra-se abaixo da fronteira de produção (GOMES, 1999).

Há situações em que várias firmas utilizam variados insumos e produzem muitos produtos. Daí a necessidade de se utilizar uma técnica que compare cada firma somente com a(s) melhor(es) firma(s), pois dentre um grupo de firmas pode-se constatar mais de uma firma eficiente, ou seja, que maximiza a produção ou minimiza custos dado seu nível de insumos utilizados. A análise envoltória de dados (DEA) realiza esta abordagem através da manipulação de insumos e produtos nos processos de produção, além de permitir a modelagem com retornos constantes e variáveis de escala. O método é uma abordagem não-paramétrica de programação matemática, como alternativa aos métodos estatísticos convencionais, para a estimação da eficiência, mediante fronteiras eficientes. Um pressuposto na aplicação do DEA é que a amostra deve ser homogênea e participar do mesmo ramo de atividade.

Segundo SILVA & SAMPAIO (2002), os modelos DEA partem da hipótese de que se constrói uma fronteira de produção com segmentos lineares, ou seja, “fronteira de melhor prática”, trabalhando com firmas reais nos pontos extremos e firmas virtuais ou compostas por combinações convexas, onde as firmas eficientes situam sobre a fronteira e as ineficientes abaixo da mesma.

O DEA permite medir a eficiência das unidades produtivas pelas abordagens com orientação produto e/ou insumo. Nas medidas de orientação produto, identifica-se qual a quantidade de produto que poderia ser proporcionalmente expandida sem alterações nas quantidades de insumos utilizados por determinada firma (produtor). Já nas medidas de orientação insumo, identifica-se a quantidade de insumos que pode ser proporcionalmente reduzida sem modificar a quantidade de produto que está sendo gerada na produção (GOMES, 1999).

A abordagem da DEA baseia-se em uma amostra de dados (insumos e produtos) observados para diferentes firmas, em que se constrói um conjunto de referência convexo, classificando estas firmas em eficientes e ineficientes, tendo como referencial essa superfície formada (GOMES, 1999).

De acordo com MOITA(1995), para se formar o conjunto referênci em um modelo com retornos constantes à escala, representa-se por um ponto as quantidades de insumos e produtos de cada firma. Se existirem “k” insumos e “m” produtos, cada firma será representada por um ponto no espaço “(k+m)”. Traçando-se raios que saem da origem e passam por esses pontos, obtêm-se combinações convexas que formarão o conjunto de referênci do modelo com retornos constantes à escala.

Para medir a eficiência de uma firma, estabelece uma comparação dos níveis de insumos e produtos dessa firma com os níveis encontrados no conjunto referênci. Caso os níveis de referênci dominem a firma que está sendo testada ou apresentem melhores resultados, a firma testada é ineficiente. Entretanto, observa-se a eficiência quando nenhuma outra firma ou combinação de firmas no conjunto referênci, produz mais produtos com os mesmos ou menos insumos; ou quando produz os mesmos ou mais produtos, utilizando-se menos insumos. Portanto, a DEA constrói uma fronteira envoltória sobre os dados, de forma que todos os pontos observados estejam sobre essa fronteira de produção ou abaixo dela (GOMES, 1999).

## 2.2 Referencial Analítico

Para determinar a medida da eficiência de uma firma, compara-se os níveis de insumos e produtos produzidos de uma firma com os níveis encontrados no conjunto referênci das firmas abordadas, construindo uma fronteira de produção, como é visualizado através do gráfico exposto na Figura 1.

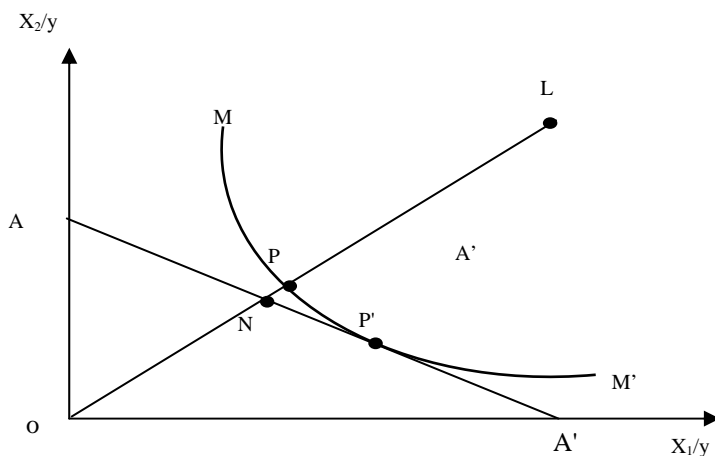


Figura 1: Representação gráfica de fronteira de produção.  
Fonte: COELLI *et. all* (1996).

O segmento MM' expressa uma isoquântica que permite medir a eficiência técnica, representada pela equação:

$$ET_1 = OP/OL \quad (1)$$

enquanto a eficiência alocativa é determinada pela razão:

$$EA_1 = ON/OP \quad (2)$$

e a eficiência econômica total será:

$$EET = ON/OL \quad (3)$$

Para medir a eficiência, pode-se derivar a seguinte forma envoltória equivalente ao problema típico de programação linear, cujo objetivo é minimizar a ineficiência de cada unidade produtiva:

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\phi, \lambda} \phi, & (4) \\ & \text{Sujeito a:} \\ & - Y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & \phi X_i - X\lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Onde:

$\phi$  = corresponde a um escalar cujo valor será a medida de eficiência da i-ésima unidade de produção;

$\lambda$  = corresponde ao um vetor Nx1, cujos valores são calculados a fim de se obter a solução ótima.

Para a firma eficiente os valores de  $\lambda$  serão iguais a zero, enquanto para as ineficientes os valores de  $\lambda$  serão os pesos utilizados na combinação linear de outras unidades de produção eficientes, às quais têm influência na projeção da firma ineficiente sobre a fronteira de produção.

Isso significa que para cada firma ineficiente existe pelo menos uma única firma eficiente, que servirá de modelo para a ineficiente, atuando como firma virtual, mediante combinação linear.

O valor do  $\phi$  obtido será o escore de eficiência para a i-ésima firma e a restrição de que  $\phi < 1$  dirá que a unidade de produção está fora da fronteira de produção. Logo, o valor  $\phi = 1$ , mostra que a firma está sobre a fronteira de produção sendo, portanto, eficiente (GOMES, 1999).

Os escores de eficiência técnica (ET) foram decompostos em dois componentes: uma DEA com Retornos Constantes à Escala (RCE) e uma DEA com Retornos Variáveis à Escala (RVE), utilizando-se o mesmo produto e os mesmos insumos. Segundo GOMES e BAPTISTA(2004), essa decomposição permite a separação da eficiência técnica da eficiência de escala, uma vez que ao utilizar apenas a análise sob retornos constantes à escala, as duas eficiências poderão ser confundidas, quando algumas firmas estão produzindo fora do ponto ótimo. A Figura 2 permite a visualização da decomposição da ET em RCE e com RVE .



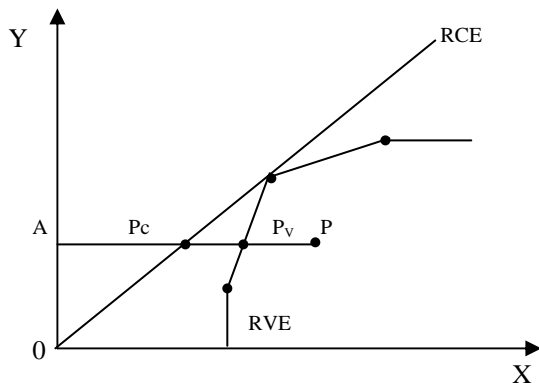


Figura 2: Representação gráfica da eficiência de escala.  
 Fonte: COELLI *et. all* (1996).

As medidas da eficiência técnica e de escala são obtidas pelas seguintes equações:

$$ET_{1, RCE} = AP_C/AP \quad (5)$$

$$ET_{1, RVE} = AP_V/AP \quad (6)$$

$$ES_{1, RVE} = AP_C/AP_V \quad (7)$$

Onde:

ET = medida da eficiência técnica;

ES = medida da eficiência de escala.

Para analisar a natureza de escala das firmas é necessário determinar o modelo com a preposição de retornos não-decrescentes à escala (GOMES e BAPTISTA, 2004), dado por:

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\phi, \lambda} \phi, & (8) \\ & \text{Sujeito a:} \\ & - Y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & \phi X_i - X\lambda \geq 0 \\ & N_i \lambda \geq 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

A representação da fronteira com retornos não-decrescentes à escala pode ser vista na Figura 2. Enquanto a fronteira com retornos constantes é definida por uma reta com origem no vértice do gráfico, a fronteira com retornos não-decrescentes possui um formato em parábola, embora sempre crescente que tangencia a fronteira com retornos constantes (GOMES e BAPTISTA, 2004).

A determinação da natureza do retorno à escala (calculada diretamente pelo *software* - DEAP) é dada pela comparação entre a ET obtida pelo modelo com retornos variáveis e a ET obtida pelo modelo com retornos não-decrescentes. Quando ET com retornos não-decrescentes for igual a ET com retornos variáveis, a firma opera com retornos crescentes à escala, mas quando a relação for diferente, a firma produz com retornos decrescentes (GOMES e

BAPTISTA, 2004). No primeiro caso, o empresário deve elevar o volume de produção para tornar-se eficiente. Em contraposição, no segundo caso, a eficiência será alcançada pela diminuição da produção.

### 2.3 Área de Estudo e Fonte dos Dados

O estudo foi realizado no perímetro irrigado Curu-Paraipaba no Município de Paraipaba no Estado do Ceará. O Projeto Curu-Paraipaba é de natureza pública, desenvolvido por pequenos irrigantes, em lotes com área média de 4,02 ha, sendo os produtores homogêneos e participantes do mesmo ramo de atividade, permitindo a aplicação do DEA. Os produtores são gerenciados conjuntamente pelo DNOCS e pela Cooperativa de Irrigantes. Uma das razões para a escolha dessa área de estudo foi o fato do projeto de irrigação ser o maior do Estado do Ceará (ROCHA,2001).

O perímetro Curu-Paraipaba está à margem esquerda do rio Curu e dispõe de água dos reservatórios General Sampaio (322 milhões de m<sup>3</sup>) e Caxitoré (202 milhões de m<sup>3</sup>) com capacidade total de acumular 919 milhões de m<sup>3</sup>, ficando a 90 km da cidade de Fortaleza, com acesso através da rodovia BR-222 até o Distrito de Croatá.

A área do projeto encontra-se assentada numa unidade geomorfológica denominada tabuleiro, com solos do tipo Bruno não cálcico e podzólicos vermelhos amarelo eutrófico. O clima da região é do tipo Aw, quente e úmido, com chuvas de verão/outono. A pluviometria média anual é da ordem de 1.108 mm, com desvios acentuados em decorrência da distribuição irregular das chuvas. A superfície total desapropriada para implantar o projeto foi de 12.347 ha, sendo irrigada 65% da área total.

Os dados utilizados para a realização desse trabalho são de natureza secundária e foram extraídos de pesquisas diretas feitas por PINHEIRO (1998) no Projeto. Os dados referem-se à safra de 1996/97. A análise envolve uma amostra de 30 produtores de cana-de-açúcar que utilizaram fatores básicos de produção, tais como: terra ( $x_1$ ), mão-de-obra ( $x_2$ ), capital ( $x_3$ ), insumos básicos ( $x_4$ ) e água ( $x_5$ ) combinados para a obtenção de um único produto: cana-de-açúcar ( $y$ ). Na realização do trabalho foi utilizado o *software* DEAP.

## 3 RESULTADOS

A eficiência técnica média, sob retornos constantes à escala, para as 30 unidades produtivas foi de 0,816, ou 81,6%, indicando que os produtores podem reduzir, em média, o uso de todos os insumos em 18,4%, sem comprometer o nível de produção total e operando tecnicamente eficiente. Sob a análise de retornos variáveis à escala, foi determinado um valor médio de 0,855 (85,5%), significando que os produtores, em média, podem reduzir o uso dos insumos em 14,5%, sem comprometer o nível de produção total caso queiram produzir de forma tecnicamente eficiente. A eficiência à escala, em média, foi de 0,954, evidenciando que as propriedades podem elevar sua produção utilizando insumos em menor proporção. Especificamente, 5 propriedades apresentaram rendimentos decrescentes à escala e 11 propriedades obtiveram rendimentos crescentes (Tabela 1).

Os resultados indicam que as unidades produtivas tecnicamente eficientes pela ótica com retornos constantes à escala foram a 3, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 21, 24, 28 e 29. Pelo ponto de vista dos retornos variáveis à escala, as propriedades tecnicamente eficientes foram a 3, 5, 8, 10, 12, 15, 16, 17, 21, 24, 25, 28 e 29. Embora a grande maioria das propriedades tecnicamente eficientes com retornos constantes tenham sido também tecnicamente eficientes com retornos

variáveis à escala, observou-se que, a unidade produtiva 5 e 25 foram eficientes apenas com retornos variáveis a escala, ao passo que a unidade 14 apresentou eficiência, somente, com retornos constantes a escala.

Quando analisada a eficiência à escala, as propriedades 3, 7, 8, 10, 12, 15, 16, 17, 21, 24, 26, 28 e 29 apresentaram retornos constantes à escala, mostrando um coeficiente igual a 1,00, o que indica que essas unidades estão otimizando a produção.

Por outro lado, as unidades 1, 11, 22, 23 e 30 apresentaram retornos decrescentes, uma vez que a eficiência técnica com retornos constantes à escala foi igual a eficiência técnica com retornos variáveis à escala, sugerindo que o produtor diminua o volume de produção para tornar-se eficiente e otimizar a produção. Em contraposição, nas propriedades 2, 4, 5, 6, 9, 13, 14, 18, 20, 25 e 27, verificou-se retornos crescentes à escala, pois a eficiência técnica com retornos constantes à escala foi diferente da eficiência técnica com retornos variáveis à escala, indicando que a eficiência e a otimização será alcançada pela elevação da produção.

Tabela 1: Medidas de eficiência técnica e de escala de produção de cana-de-açúcar no perímetro Curu-Paraipaba/CE.

Produtores	Eficiência Técnica		Eficiência de Escala
	Retornos Constantes à Escala	Retornos Variáveis à Escala	
1	0.613	0.717	0.855**
2	0.913	0.979	0.932***
3	1.000	1.000	1.000*
4	0.824	0.910	0.906***
5	0.536	1.000	0.536***
6	0.814	0.867	0.939 ***
7	0.968	0.969	1.000*
8	1.000	1.000	1.000*
9	0.739	0.775	0.954 ***
10	1.000	1.000	1.000*
11	0.428	0.433	0.988**
12	1.000	1.000	1.000*
13	0.953	0.796	0.958***
14	1.000	0.968	0.985***
15	1.000	1.000	1.000*
16	1.000	1.000	1.000*
17	1.000	1.000	1.000*
18	0.820	0.853	0.962***
19	0.688	0.688	0.999*
20	0.396	0.416	0.952***
21	1.000	1.000	1.000*
22	0.436	0.501	0.870**
23	0.208	0.216	0.960**
24	1.000	1.000	1.000*
25	0.897	1.000	0.897***
26	0.751	0.751	1.000*
27	0.915	0.968	0.945***
28	1.000	1.000	1.000*
29	1.000	1.000	1.000*
30	0.807	0.832	0.970**
Média	0.816	0.855	0.954***

Fonte: Resultados da Pesquisa.

\* Rendimentos Constantes à Escala

\*\* Rendimentos Decrescentes à Escala

\*\*\* Rendimentos Crescentes à Escala

Em relação aos ajustes necessários para conduzir as unidades (Tabela 2), especifica-se a quantidade de insumos necessários para as unidades tornarem-se tecnicamente eficientes.

Na Tabela 2, observando o produtor 1, constata-se que para ele atingir a eficiência técnica deverá reduzir quantidades físicas dos fatores: área de cultivada, de 2,00 ha para 1,53 ha; a mão-de-obra utilizada no processo deverá passar de 76,30 h/d para 64,09 h/d; o capital investido na atividade terá uma redução de R\$ 381,39 para R\$ 72,36; o montante gasto com insumos permanecerá constante e igual a R\$ 33,13; e a quantidade de água utilizada será reduzida de 9.175 m<sup>3</sup> para 8.306,8 m<sup>3</sup>. Assim, a situação ótima, que retrata a eficiência técnica, propõe uma combinação na utilização dos insumos, de forma a maximizar produção com o mínimo possível de insumos agrícolas. Este procedimento serve de base para a análise dos demais produtores ineficientes.

Em termos médios, a produção de cana-de-açúcar nas propriedades ineficientes será otimizada com uma redução da área utilizada, de 1,49 ha para 1,34 há; com uma diminuição da mão-de-obra (69,88 h/d) para 61,39 h/d. O capital médio investido deverá reduzir de R\$ 98,16 para R\$ 62,42; os gastos com insumos podem diminuir de R\$ 245,75 para R\$ 131,60 e o volume de água utilizada deverá cair de 10.927,92 m<sup>3</sup> para 7.302,53 m<sup>3</sup>. Portanto, verificou-se uma razoável quantidade de fatores de produção inutilizados para uma quantidade de produção média de 52,24 toneladas de cana-de-açúcar.

Assim, quando analisada a parcela total de fatores utilizados pelos produtores ineficientes, observa-se um montante considerável de recursos (quantidades e valores) consumidos desnecessariamente (Tabela 2). Pela análise, a economia dos recursos seria da ordem de 2,56 ha de área cultivada; 144,32 h/d de mão-de-obra; R\$ 607,66 de capital investido; R\$ 1940,43 de gastos com insumos e 61631,56 m<sup>3</sup> de volume de água utilizada.

Logo, a situação ótima de consumo dos recursos para produção de cada unidade produtiva, indica o melhor manejo dos fatores de produção (insumos) e conseqüentemente, o caminho para a eficiência técnica, em comparação aos produtores tecnicamente eficientes.

Tabela 2: Quantidade ótima de fatores para maximizar eficiência de produção no perímetro Curu-Paraipaba/CE.

Produtores Ineficientes	Situação Real					Situação Ótima				
	Área (ha)	M.D.O (h/d)	Capital (R\$)	Insumos (R\$)	Água (m <sup>3</sup> )	Área (ha)	M.D.O (h/d)	Capital (R\$)	Insumos (R\$)	Água (m <sup>3</sup> )
1	2,00	76,30	381,39	33,13	9175,00	1,53	64,09	72,36	33,13	8306,80
2	1,23	21,50	53,34	97,20	2134,40	0,63	21,50	24,15	21,50	2134,40
4	1,00	67,60	105,40	690,50	5604,10	1,00	50,04	60,80	95,83	5604,10
6	1,00	53,00	54,47	264,00	4816,40	1,00	51,10	54,47	108,49	4816,40
7	1,38	48,40	100,79	32,50	8917,80	1,38	48,40	52,92	32,50	8733,73
9	1,00	34,30	29,57	264,00	2640,40	0,80	34,30	29,57	67,35	2640,40
11	1,70	46,60	98,72	352,00	22611,40	1,48	46,60	53,07	352,00	10560,58
13	1,00	58,80	36,61	65,00	7729,30	1,00	41,48	36,61	65,00	6192,10
14	1,50	53,50	93,35	201,20	3867,00	1,34	53,50	43,15	121,51	3867,00
18	1,00	85,80	44,74	26,50	7261,50	1,00	40,21	44,74	26,50	6190,11
19	1,80	86,70	85,44	321,20	9758,30	1,80	86,70	85,44	268,82	9758,30
20	1,00	37,10	29,37	1,00	13782,90	1,00	35,21	29,37	1,00	4926,30
22	3,00	226,20	263,99	792,00	21765,40	3,00	206,22	193,60	554,03	12379,09
23	2,00	152,60	138,90	343,20	29214,60	2,00	124,74	137,22	302,85	11315,48
26	1,50	51,50	66,54	1,00	11369,10	1,35	51,50	57,51	1,00	6940,57
27	1,00	48,70	48,49	635,00	6623,40	1,00	48,70	48,49	127,48	6623,40
30	2,17	39,30	37,64	58,27	18503,60	1,42	39,30	37,64	58,27	13154,29
Total	25,28	1187,90	1668,75	4177,70	185774,60	22,72	1043,58	1061,09	2237,27	124143,04
Média	1,49	69,88	98,16	245,75	10927,92	1,34	61,39	62,42	131,60	7302,53

Fonte: Resultados da Pesquisa.

## 4 CONCLUSÕES

O índice de eficiência técnica dos produtores permite classificá-los como eficientes e ineficientes. Aqueles agricultores que atingiram índices de eficiência técnica mais próxima da fronteira de produção, ou seja, mais próximos de 1,00 são classificados como eficientes, portanto, atingiram a uma maior produção utilizando menor quantidade de insumos.

De acordo com os resultados obtidos por meio da discriminação dos produtores eficientes e ineficientes de cana-de-açúcar no projeto Curu-Paraipaba, foi verificado que a maior parte dos produtores não está operando com máxima eficiência e não está sobre a fronteira de produção. Dos 30 produtores entrevistados: 12 foram eficientes tecnicamente com retornos constantes à escala e 13 eficiência com retornos variáveis a escala, 18 foram tecnicamente ineficientes com retornos constantes à escala e 17 ineficientes com retornos variáveis à escala. Quando analisada a eficiência de escala, 5 produtores apresentaram rendimentos decrescentes à escala e 11 rendimentos crescentes.

A eficiência técnica média, sob retornos constantes à escala, foi de 81,6% e sob retornos variáveis, foi de 85,5%, mostrando que os agricultores podem tornar-se eficientes mantendo a quantidade produzida constante, mas diminuindo, em média, os insumos em 18,4% e 14,5%, respectivamente. A eficiência à escala, em média, foi de 95,4% com retornos crescentes, indicando que os produtores tornam-se mais eficientes ao elevar a sua produção.

Quanto aos ajustes necessários para conduzi-los a otimização da produção, tem-se que a produção de cana-de-açúcar nas propriedades ineficientes será maximizada quando a área utilizada atingir 1,34 há; a mão-de-obra reduzir de 69,88 h/d para 61,39 h/d; o capital investido cair de R\$ 98,16 para R\$ 62,42; os gastos com insumos diminuir de R\$ 245,75 para R\$ 131,60 e o volume de água utilizada cair de 10.927,92 m<sup>3</sup> para 7.302,53 m<sup>3</sup>.

Portanto, conclui-se que o DEA proporcionou indicativos valiosos para a melhor alocação dos recursos utilizados na produção da cana-de-açúcar, diminuindo o uso desnecessário de fatores e subsidiando informações importantes para a maximização da produção agrícola. A identificação do grau de eficiência é importante, pois auxilia e subsidia a gestão da propriedade rural e a prática de políticas de incentivos voltadas para o setor, bem como, a orientação dos agentes financeiros na concessão de créditos aos produtores com a finalidade de estabelecer um crescimento verticalizado no segmento econômico do setor agrícola regional.

O direcionamento de políticas governamentais como a implementação de cursos e palestras sobre gerenciamento de propriedades agrícolas, e sobre manejo e cultivo de plantas pode ser uma alternativa viável para o crescimento rural.

Enfim, o que se pretende é alertar os pequenos e médios produtores para uma melhor alocação de fatores de produção, visando desta forma, a otimização da produção agrícola dado os escassos recursos disponíveis do agricultor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, R.T. Produtividade e progresso tecnológico na agricultura cearense: 1970-1990. In: CAMPOS, R.T. (org.). **Mudança tecnológica na agricultura: aspectos conceituais e evidências empíricas**. Fortaleza: EUFC, 1997. p. 149-225.

**CANA DE AÇÚCAR NO BRASIL.** (Disponível em: [http://infoener.tee.usp.br/scripts/biomassa/br\\_cana.asp](http://infoener.tee.usp.br/scripts/biomassa/br_cana.asp) - Acesso em 10 dez.2005).

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

COELLI.T.J. **A guide to DEAP Version 2.1.** A Data Envolvment Analysis (computer) Program, CEPA Working Paper 96/8. Departamento of Econometrics University of New England, 1996. (Disponível em: <http://www.une.edu.au/econometrics/cepa/htm> - Acesso em: 10 dez.2005).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Cana-de-açúcar - Safra 2005/2006** - (Disponível em: <http://www.conab.gov.br/download/safra/Safra> - Acesso em 23 de mar. 2006).

GOMES, A. P. **Impactos das transformações da produção de leite no número de produtores e requerimentos de mão-de-obra e capital**. Viçosa: UFV, 1999.

GOMES, A. P; CARVALHO, F.M.A.de; SANTOS, F. A. A. Condicionantes da eficiência na agropecuária dos municípios que compõem as áreas canavieiras nordestinas.In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, XXIV., 2002, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo, 2002. p.1-13.

GOMES, A. P; BAPTISTA, A. J. M. S. Análise envoltória de dados: conceitos e modelos básicos. In: SANTOS, M. L.; VIEIRA, W. C. ed(s). **Métodos quantitativos em economia**. Viçosa: Editora UFV. 653 p., 2004.

INCRA/FAO. **Novo retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto**. Brasília: INCRA, 2000. 74p.

MOITA, M. H. V. **Medindo a eficiência relativa de escolas municipais da cidade do Rio Grande - RS usando a abordagem DEA**. Florianópolis: UFSC, 1995. 105p.

MOREIRA FILHO, J. de C.; COELHO, J. ; ROCHA, A. B. da. Aspectos produtivos da agropecuária do Nordeste. In: BRASIL. Ministério do Interior. SUDENE. **Aspectos gerais da agropecuária do Nordeste**. Recife, v. 3, SUDENE, 1985. p. 13-68 (Série Projeto Nordeste, 3).

PEREIRA, M. F. **Mensuramento da eficiência multidimensional utilizando a análise de envelopamento de dados: revisão da teoria e aplicações**. Florianópolis: UFSC, 1995. 85p.



PROCANA. **Dados & Estatísticas - Um mercado de R\$ 40 bilhões** - (Disponível em: <http://www.procana.com.br> – Acesso em 15 de mar. 2006).

PINHEIRO, J. C. V. **Valor econômico da água para irrigação no semi-árido cearense**. Piracicaba:USP,1998. 195p. (Tese de Doutorado)

ROCHA, F. C. S. **Avaliação da eficiência técnica e análise financeira de um plantio comercial de cana-de-açúcar, *Saccharum officinarum* L. microirrigado por gotejamento subsuperficial**.2001. 81f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2001.

SILVA, J. L. M.; SAMPAIO, Y. S. B. A eficiência técnica dos colonos nos perímetros irrigados em Petrolina e Juazeiro: uma análise de modelos de fronteiras de produção. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v.33, n.2, p. 159-179, abr. – jun. 2002.

TUPY, O.; YAMAGUCHI, L. C. T. Eficiência e produtividade: conceitos e medição. **Agricultura em São Paulo**, v. 45, n.2, p. 39-51, 1998.