

MARCELO GUEDES PACHIEL

**EFICIÊNCIA PRODUTIVA DE USINAS DE CANA-DE-AÇÚCAR DO ESTADO
DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

P116e
2009

Pachiel, Marcelo Guedes, 1983-

Eficiência produtiva de usinas de cana-de-açúcar do estado de São Paulo / Marcelo Guedes Pachiel. – Viçosa, MG, 2009. x, 67f. : il. ; 29cm.

Inclui anexo.

Orientador: Adriano Provezano Gomes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 62-65

1. Cana-de-açúcar - Aspectos econômicos - São Paulo (Estado) - Estudo de caso. 2. Agroindústria canavieira - São Paulo (Estado) - Estudo de caso. 3. Análise envoltória de dados. 4. Benchmarking (Administração). I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 338.17361098161

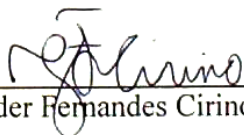
MARCELO GUEDES PACHIEL

O material constante neste documento foi registrado e tombado sob o nº 227371
Termo de Responsabilidade nº 1358
Viçosa, 08/10/2020

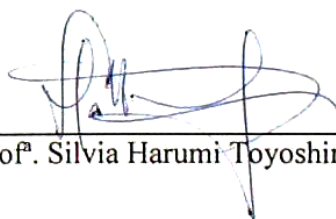
EFICIÊNCIA PRODUTIVA DE USINAS DE CANA-DE-AÇÚCAR DO ESTADO DE SÃO PAULO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 05 de outubro de 2009.



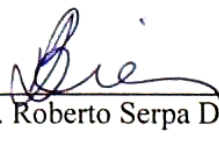
Prof. Jader Fernandes Cirino



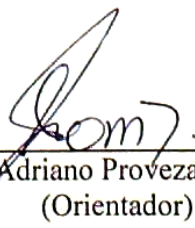
Prof. Silvia Harumi Toyoshima



Prof. Luiz Antônio Abrantes
(Co-orientador)



Prof. Roberto Serpa Dias



Prof. Adriano Provezano Gomes
(Orientador)

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Considerações iniciais	1
1.1.1 - Participação do setor canavieiro paulista no âmbito nacional.....	4
1.2 O problema e sua importância	6
1.3 Objetivos.....	9
1.3.1 Geral	9
1.3.2 Específicos.....	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1 Função de produção e rendimentos de escala.....	10
2.2 Produtividade.....	14
2.3. Análise de Eficiência.....	17
2.3.1 Medidas com orientação insumo	18
2.3.2 Medidas com orientação produto	20
2.4 Importância da análise financeira.....	21
2.4.1 Indicadores de Liquidez	23
2.4.1.1 Liquidez Corrente (LC)	23
2.4.1.2 Liquidez Geral (LG).....	24
2.4.2 Indicadores de Rentabilidade	24
2.4.2.1 Índice de Margem Líquida (IML)	25
2.4.2.2 Índice de Retorno sobre o Ativo (RSA)	25
2.4.2.3 Índice de Retorno sobre o Patrimônio Líquido (RSPL)	25
2.4.2.4 Índice de Giro do Ativo (GA)	26
3 METODOLOGIA.....	27
3.1. Análise envoltória de dados.....	27
3.2 O problema das folgas	34
3.3 Análise por meio de benchmarking.....	36
3.4 Análise através dos indicadores de liquidez e rentabilidade	36
3.5 Dados e modelos utilizados	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 Descrição da amostra.....	39
4.2 Análise das medidas de eficiência, segundo os modelos de retornos constantes e retornos variáveis.....	42

4.3 Análise das empresas separadas em grupos: eficientes e ineficientes.....	48
4.4 Análise das empresas segundo o tipo de retorno à escala.	51
4.5 Análise de benchmarking e projeção das firmas ineficientes na fronteira eficiente	54
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	60
6. REFERÊNCIAS	62
7. ANEXOS.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Combinações possíveis de insumo e produto das DMUs nos modelos DEA pressupondo-se retornos constante e variáveis.....	33
Tabela 2 - Descrição dos valores da amostra - em milhares de Reais - obtidos na safra 2006/07.....	39
Tabela 3 – Medidas de eficiência técnica e de escala das usinas de cana-de-açúcar selecionadas do estado de São Paulo na safra 2006/07.	43
Tabela 4 - Distribuição das usinas segundo o tipo de retorno de escala e o grau de pura eficiência técnica.	45
Tabela 5 – Detecção do principal problema das usinas por meio da observação da eficiência pura e de escala.	45
Tabela 6 – Distribuição das fábricas segundo o tipo de retorno à escala e o grau de pura eficiência técnica.	47
Tabela 7 - Recomendação técnica para as usinas aumentarem a eficiência.....	47
Tabela 8 - Produto e insumos utilizados pelas usinas de cana-de-açúcar, separadas em grupos segundo a pura eficiência técnica – valores em milhares de reais.....	48
Tabela 9 – Produtividades parciais médias das variáveis segundo a eficiência - medidas em unidades.	49
Tabela 10 - Indicadores de desempenho econômico, segundo a eficiência.	50
Tabela 11 – Média do produto e dos insumos segundo o tipo de retorno à escala - em mil reais.	52
Tabela 12 – Produtividades parciais de acordo com o tipo de retorno - medidas em unidades.....	53
Tabela 13 - Indicadores de desempenho econômico, de acordo com o tipo de retorno, antes da incidência dos tributos.	53
Tabela 14 – Tabela de Benchmarking das usinas de cana-de-açúcar.....	54
Tabela 15 - Discriminação do movimento radial e de folga para projetar a DMU K na fronteira eficiente.....	56
Tabela 16 – Comparação dos valores originais x valores projetados nas firmas ineficientes – em mil reais.....	57
Tabela 17 - Redução no valor gasto com os insumos para a projeção das usinas na fronteira de produção.....	57
Tabela 18 - Indicadores de desempenho econômico, de acordo com a eficiência, após a projeção das ineficientes na fronteira de produção.	58

LISTA DE QUADRO

Quadro 1: Indicadores econômico – financeiros abordados na pesquisa.	26
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de isoquantas.....	11
Figura 2: Rendimentos de escala.....	12
Figura 3: Fronteira de Produção.....	13
Figura 4: Função de produção: produtividade e eficiência.....	15
Figura 5: Função de produção: variações da produtividade e da eficiência.....	16
Figura 6 – Eficiências técnica e alocativa de uma orientação insumo.....	19
Figura 7: Mensuração de eficiência orientada para produtos.....	20
Figura 8 - Eficiência técnica e eficiência de escala.....	31
Figura 9 - O problema das folgas.....	34
Figura 10 - Análise da produtividade das 16 usinas, considerando o estoque.....	41
Figura 11 - Análise da produtividade das 16 usinas, considerando o investimento no imobilizado.....	41
Figura 12 - Análise da produtividade das 16 usinas, considerando os salários.....	41
Figura 13 - Quantificação das usinas de acordo com os intervalos de eficiência técnica e de escala.....	44

RESUMO

PACHIEL, Marcelo Guedes, M.Sc., Universidade Federal Viçosa, setembro de 2009, **Eficiência produtiva de usinas de cana-de-açúcar do estado de São Paulo**. Orientador: Adriano Provezano Gomes. Co-orientadores: Luiz Antônio Abrantes e Viviani Silva Lírio.

O setor da cana-de-açúcar nacional possui grande importância econômica, social e ambiental, sendo grande gerador de ocupação no meio rural, com geração de divisas e produção de energia renovável e limpa. Em 2007, gerou 4 milhões de empregos, beneficiando mil municípios e recolhendo R\$ 12 bilhões aos cofres públicos. A crescente demanda pelos derivados do produto exige das usinas planejar o tamanho de sua operação e também sua alocação de recursos, uma vez que o mercado tem se tornado mais competitivo, gerando crescentes lucros e atraindo a entrada de novas empresas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar a eficiência de dezesseis usinas beneficiadoras de cana-de-açúcar do estado de São Paulo, maior produtor do País, na safra 2006/07. Para a realização deste procedimento utilizou-se a Análise Envoltória de Dados (DEA), capaz de quantificar a eficiência produtiva das empresas que a constituem, de forma a auxiliar na detecção de ineficiências e fornecer parâmetros para se tornarem eficientes, caso dos *benchmarkings*. Os principais resultados encontrados foram que as usinas apresentam diferentes relações entre seus insumos - estoques, imobilizado e salários - e o produto - receita de vendas. Desta maneira, comparativamente às demais, seis revelaram-se eficientes tecnicamente, enquanto dez não utilizaram seus recursos da melhor maneira possível, sendo classificadas como ineficientes. No que diz respeito à eficiência de escala, a quantidade de empresas que soube identificar e atuar no ponto de custo médio mínimo foi de apenas quatro, o que revelou que doze não estavam operando com retornos constantes. Concluiu-se que as usinas que beneficiam cana e são eficientes estão agindo de forma mais racional do que as outras, alocando seus recursos e produzindo adequadamente, o

que se refletiu em maior retorno financeiro, verificado pelos indicadores de desempenho, aliado a menores custos médios. Já as empresas ineficientes não agiram de forma a evitar desperdícios de insumos ou de atuar acima do ponto de custo médio mínimo. Portanto, verificou-se a necessidade das usinas ineficientes levarem em consideração seus *benchmarkings*, de forma a alocar corretamente seus insumos e trabalhar no nível ótimo, permitindo que as mesmas tornem-se eficientes, possibilitando-as maior competitividade no mercado, o que as possibilitaria maior rentabilidade de seus fatores.

ABSTRACT

PACHIEL, Marcelo Guedes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2009, **Productive efficiency of sugarcane plants of Sao Paulo state**. Adviser: Adriano Provezano Gomes. Co-Advisers: Luiz Antônio Abrantes and Viviani Silva Lírio.

The national sector of sugarcane has great economical, social and environmental importance, being great generator of employment in rural areas, generation of exchange value and production of renewable and clean energy. In 2007, it generated 4 million jobs, benefitting a thousand municipal districts and collecting R\$ 12 billion to the public safes. The increasing demand for the derivatives of the product demands of the plants to also plan the size of its production and its allocation of resources, a time that the market if has become more competitive, generating increasing profits and attracting the entrance of new producers. Thus, the present work had as objective to analyze the efficiency of sixteen gins plants of sugar cane-of-sugar of the state of São Paulo, producing greater of the Country, in 2006/07. To carry out the procedure we used the Data Envelopment Analysis (DEA), able to quantify the productive efficiency of plants that are, in order to facilitate the detection of inefficiencies and provide parameters to become efficient, as such as *benchmarkings*. The main results were that the the plants have different relations between their inputs - stocks, real estate and wages - and the product - sales revenue. Thus, compared to the other, six proved to be technically efficient, while ten did not use its resources in the best possible way, and are classified as inefficient. With regard to scale efficiency, the number of companies that could identify and act at the point of minimum average cost was only four, which revealed that twelve were not operating with constant returns. It was concluded that the plants receiving sugar are efficient and are acting more rationally than others, allocating resources and producing properly, which was reflected in higher economic return, verified by performance indicators, combined with lower average costs. Since inefficient firms did not act in order to avoid waste of raw materials or work above the

point of minimum average cost. Therefore, there was the need for inefficient plants take into account their benchmarks in order to properly allocate their goods and work in the optimum level, enabling them to become efficient, making them more competitive in the market, that would allow greater profitability of its factors.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Introduzida no Brasil logo após seu descobrimento, a cana caracteriza-se por ser uma cultura perene e ter ciclo de produção que varia de cinco a sete anos, sendo extraída dela a sacarose, produto básico do qual se deriva a produção de açúcar e álcool combustível. Constitui ótima fonte de energia alternativa, pois a queima do seu bagaço permite a geração de energia elétrica. A essas características acrescenta-se o fato de que todos os resíduos industriais do processamento da cana são utilizados na lavoura como insumos de produção, ou seja, o ciclo produtivo da cana-de-açúcar possui multi-produtos nos vários estágios de sua produção (VENÂNCIO, 2008).

A atividade se destacou como fonte geradora de riqueza e de emprego, sendo utilizada inicialmente para a produção de açúcar. Sua produção, antes concentrada na região Nordeste, só se expandiu para o restante do território nacional após a Segunda Guerra Mundial, em função do aprimoramento das práticas agrícolas e do impulso de interiorização. Já a partir de 1950, o País tornou-se o maior produtor mundial de açúcar (BNDES, 1995).

No caso do álcool, este passou a ganhar destaque como produto representativo na pauta nacional a partir das ocorrências internacionais de alta do petróleo - os “choques”, ocorridos em 1973 e 1979. Percebeu-se, nesse período, a necessidade do desenvolvimento de combustíveis alternativos e economicamente viáveis, a fim de diminuir a dependência nacional das importações de derivados de petróleo. Além disso, a produção de etanol gerou impactos econômico-sociais relevantes, como a melhoria da renda rural; a geração de empregos em larga escala; a redução de dependência externa de petróleo e a melhoria da balança comercial (NEGRÃO, 2005).

As medidas tomadas pelo governo à época foram as de aplicar novas tecnologias para exploração e produção de petróleo, além da criação do Programa Nacional do Álcool – PNA, no ano de 1975, posteriormente chamado de Programa do Álcool (PROALCOOL). Este programa previa um incentivo governamental para que as montadoras produzissem automóveis movidos a álcool, levando o país a se tornar o único do mundo a utilizá-lo largamente em substituição ao combustível fóssil.

Adicionalmente, por questões relacionadas a decisões políticas e de regulamentação dos tipos de transporte nacional, o governo não foi capaz de resolver problemas logísticos estruturais, o que provocou uma crise localizada de abastecimento em 1989. A indústria automobilística, então, inverteu a curva de produção de carros a álcool e a participação anual desses veículos na frota nacional caiu para 1,02%, já no ano de 2001.

Todavia, é preciso considerar que esta queda da demanda por álcool hidratado (que decresceu do patamar de 10.228.583 m³ na safra 1990/91, para 9.451.482 m³ em 2006/07 – queda de 7,6%), foi parcialmente compensada pelo maior uso do álcool anidro misturado à gasolina, que acompanhou o crescimento da frota brasileira de veículos leves. Esse procedimento elevou a produção nacional de álcool anidro de 1.286.568 m³ em 1990/91 para 8.311.651 m³ em 2006/07, uma variação superior a 546% no período. (UNICA, 2008).

Os preços do álcool são desregulamentados e o governo brasileiro só define o percentual de mistura de álcool anidro na gasolina, que é de 25,0% desde 1º de julho de 2007. O aumento da mistura traz inúmeros benefícios, dentre eles a diminuição dos preços ao consumidor e a redução das emissões poluentes dos automóveis. Atualmente, os Estados Unidos e o Brasil são os principais produtores e consumidores de álcool, sendo que a maior parte do álcool produzido nos Estados Unidos deriva do milho.

Já o mercado de açúcar, principal subproduto da cana-de-açúcar, apresenta duas características. A primeira diz respeito ao fato das produções, na quase totalidade dos países produtores (particularmente nos desenvolvidos), receberem um forte auxílio estatal, geralmente com subsídios. Segundo Burnquist e Bacchi (1996), citados por Neto (2005), nos Estados Unidos, por exemplo, a produção de açúcar é incentivada pela manutenção em seu preço no mercado doméstico, superior ao preço no mercado internacional. A segunda é que, de acordo com Shikida e Bacha (1999a), citados por Neto (2005) os preços mundiais dessa *commodity* são muito instáveis, seja por movimentos especulativos (especialmente referentes à formação de estoques e de

grandes transações de compra e venda), seja por ocorrência de quebras localizadas de safras.

Os maiores consumidores deste produto são também os maiores produtores do mundo, sendo os seis principais países produtores responsáveis por cerca de 65% da produção mundial. O Brasil é o maior produtor e exportador de açúcar no mundo, com uma participação de aproximadamente 19,5% de toda a produção. O segundo e o terceiro maiores produtores são a Índia e a União Européia, com uma participação aproximada de 17,2% e 10,4%, respectivamente.

Vale destacar as principais quebras de safras, que foram as do começo da década de 1990 e a de 1999. A primeira foi uma consequência da extinção do Instituto do Açúcar e do Alcool - IAA - criado pelo estado para controlar o setor da cana-de-açúcar, que levou à desregulamentação do setor do açúcar. Com as políticas liberalizantes adotadas, o setor canavieiro passou por mudanças estruturais em seu sistema produtivo, objetivando aumentar a competitividade do açúcar e do álcool brasileiro no mercado internacional.

A segunda quebra de safra foi decorrente da desregulamentação da cana-de-açúcar, quando passou a prevalecer o livre mercado, em que preços e quantidades produzidas de cana, açúcar e álcool passaram a ser definidos pelas condições de oferta e demanda do mercado. Na tentativa de dar estabilidade e reduzir os riscos dos produtores, o setor privado introduziu o mercado futuro para o setor; assim, o açúcar e o álcool começaram a ser negociados na Bolsa de Mercadorias e Futuros.

Com a ausência do governo na determinação dos preços do setor, foram estabelecidas normas e um novo sistema de preços para a cana-de-açúcar. Estes passaram a ser fixados com base no preço do ATR (Açúcar Total Recuperável) e na qualidade da matéria-prima de cada fornecedor, ou seja, a remuneração da cana passou a ser feita de acordo com a quantidade de ATR's contidos em cada tonelada de cana do fornecedor. Já o valor do ATR é calculado por meio de uma fórmula paramétrica, que considera a qualidade da cana e os preços de mercado do açúcar e do álcool (AMARAL *et al*, 2003, citados por FERREIRA NETO, 2005).

Um entrave à expansão da cana-de-açúcar no comércio mundial são as várias medidas protecionistas dos países produtores e consumidores desses produtos, como, por exemplo, o financiamento da produção nacional, barreiras à importação e até subsídios à exportação, com o intuito de reduzir seus custos de produção mais altos para que eles consigam competir no mercado internacional.

Em termos de produção primária, o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, seguido por Índia e China. Geograficamente, o cultivo é realizado no Centro-Sul - que compõe a região Sul, Sudeste e Centro-Oeste do País, compreendendo os Estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul e Goiás - e no Norte-Nordeste - compreendendo os Estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Sergipe, Rio Grande do Norte e Bahia. Desta maneira, ocorrem dois períodos de safra - um em cada região - ocupando 2,2% de área total cultivável do solo brasileiro. Na região Centro-Sul, a safra ocorre entre os meses de abril e novembro e na região Norte-Nordeste, entre os meses de setembro e março. Produz-se, portanto, durante todo o ano, açúcar, álcool anidro (aditivado à gasolina) e álcool hidratado, para o mercado interno e o externo, com dinâmicas de preços e demandas bastante diferentes.

Com relação aos custos, o Brasil é o país mais competitivo. Entre os principais motivos, pode-se citar a grande disponibilidade de terras adequadas ao plantio de cana-de-açúcar, tecnologia agrícola e industrial de ponta, escala de produção e clima favorável. Este último fator permite a colheita entre cinco e seis vezes antes que seja necessário replantar, o que representa uma grande vantagem se comparado com outros países, como a Índia, por exemplo, onde em média a cana-de-açúcar precisa ser replantada a cada duas ou três colheitas.

1.1.1 - Participação do setor canavieiro paulista no âmbito nacional.

A utilização da cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de combustíveis apresenta diversas vantagens. Segundo Macedo (2000), a relação produto/insumo de energia renovável/fóssil é da ordem de 10:1 e contribui para a redução das emissões de CO₂ (dióxido de carbono) e de SO_x (dióxido de enxofre) e particulados, além de utilizar fertilizantes menos agressivos e em menor quantidade quando comparada a outras culturas. Além disso, existe a utilização em larga escala dos resíduos de processamento, a co-geração de energia elétrica limpa e a geração de empregos, sejam diretos ou indiretos. Estes fatores, aliados ao aumento da demanda por álcool e açúcar, além da necessidade de fontes alternativas de energia, em substituição aos combustíveis fósseis, causou um fortalecimento do setor, que precisou buscar novas áreas de plantio para atender ao aumento da procura.

Neste sentido, no contexto nacional, observa-se o estado de São Paulo como o maior produtor de cana-de-açúcar. Sua produção correspondeu, na safra 2006/07 a 62% do total nacional e 71% da região Centro-Sul do País. Ainda foi responsável pelo fornecimento de 61,5% do etanol e 65% do açúcar do total nacional. Dentro deste contexto, o estado de São Paulo mostra-se extremamente relevante e desempenha um papel de suma importância para o Brasil como um todo, apresentando evolução crescente desde o início da década de 90. A área destinada à cana-de-açúcar em São Paulo representava em 2007, em torno de 57 % da área total desta cultura no país. Entre 1990 e 2007 houve uma expansão de cerca de quatro milhões de hectares de área plantada de cana no país, ou seja, um crescimento de 93,5%. Deste aumento, 2,9 milhões de hectares foram ampliados no estado de São Paulo, levando a uma maior concentração da cultura no estado. Neste período a área destinada à lavoura de cana-de-açúcar no estado de São Paulo apresentou um crescimento de quase 165%.

Desta maneira, há uma forte concentração do número de usinas no Centro-Sul, principalmente em São Paulo, que possui quase 45% das unidades produtivas e processa 62% da cana produzida. Este quadro de concentração no Centro-Sul deve se ampliar nos próximos anos. Espera-se o surgimento de quase 90 novas usinas, das quais 31 deverão se localizar em SP e o restante nos estados do Centro-Sul. Assim, mesmo ocorrendo redução da importância relativa de São Paulo, este é o estado que apresentará maior crescimento absoluto (CAMPOS, 2008).

A expansão do setor de cana-de-açúcar deverá continuar nos próximos anos, tanto pela expansão do mercado externo como pelo crescimento do mercado interno, em especial o de etanol em função dos carros *flex*. As boas perspectivas do setor devem provocar uma ampliação significativa do número de usinas e da área destinada à cultura da cana-de-açúcar. Este processo tende a ser mais acentuado no Estado de São Paulo e nas regiões próximas: Triângulo Mineiro, Mato Grosso do Sul, Sudoeste Goiano e Paraná. Para SZMRECSÁNYI (1989), esta expansão é devida ao clima, à topografia e qualidade dos solos, maior disponibilidade de capital e maior proximidade dos grandes centros consumidores.

A forte expansão do setor gerou preocupações, como problemas relacionados ao aumento das queimadas e seus efeitos nocivos sobre a saúde humana, a degradação das condições de trabalho, o intenso fluxo migratório e seus efeitos negativos sobre as condições de vida nas cidades-dormitórios, entre outros aspectos. Alguns prefeitos levantam fortes resistências à introdução da cana em seus municípios alegando as

pressões que serão exercidas sobre os serviços de saúde e sociais dos municípios, em função dos fluxos migratórios, das queimadas, entre outros aspectos. Alega-se que a cana atrai uma mão-de-obra de baixa qualidade que ampliará os problemas sociais (CAMPOS, 2008).

Mas o mesmo autor reitera que, em relação ao mercado de trabalho do setor canavieiro, a remuneração média, controlando-se por qualificação, é significativamente maior do que nas demais culturas; os índices de formalização (carteira assinada) também são maiores; não se verifica indicadores de piores condições de trabalho. Assim, a cana tende a ser uma das culturas com maior impacto em termos de geração de emprego e renda, além de efeitos multiplicadores pela demanda gerada sobre outras atividades: prestação de serviços, manutenção de equipamento, entre outros. Este fato é corroborado por Camargo Junior & Toneto Junior (2009), que notaram que os municípios paulistas com forte intensidade em cana-de-açúcar apresentaram os maiores desempenhos em relação a indicadores socioeconômicos como IDH (Índice de Desenvolvimento Humano/ONU), IPRS (Índice Paulista de responsabilidade Social/Fundação Seade), remunerações na agricultura, indústria e comércio, além de níveis de arrecadação de impostos e renda per capita.

1.2 O problema e sua importância

O mercado da cana-de-açúcar mundial tem apresentado um dinamismo crescente nos últimos dez anos, em virtude, sobretudo, da ampliação da demanda por álcool combustível.

Uma hipótese da ampliação do mercado decorre da expectativa do aumento das restrições ao uso dos hidrocarbonetos fósseis (principal emissor de poluentes na atmosfera) nos próximos anos, fato que levaria, obrigatoriamente, ao aumento do uso de álcool e outros hidrocarbonetos renováveis, como os grãos (biomassa).

Já no caso do açúcar, este, quando comparado ao álcool, tem perdido espaço no mercado, uma vez que o combustível tem maior rentabilidade, devido ao crescimento da demanda. No Brasil, o significativo aumento das vendas de carros *flexfuel* (bicompostíveis) – grandes responsáveis pelo aumento do consumo doméstico de etanol – e o crescimento do uso do “rabo de galo”, prática na qual o consumidor abastece carros movidos a gasolina misturando certo percentual de álcool, podem exemplificar

este fato (UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO – ÚNICA, 2007).

A dinâmica do mercado da cana-de-açúcar leva em consideração o preço do petróleo, uma vez que o álcool é o substituto direto da gasolina. O preço do álcool tem, por sua vez, relação direta com a oferta e o preço do açúcar, pois as usinas instaladas no País têm a capacidade de produzir ambos os produtos. Assim, o produtor pode optar qual deles produzir, dependendo das condições de mercado. Além disso, segundo Venâncio (2008), é crescente o consenso a respeito da redução das reservas mundiais de petróleo, o que implica na perspectiva de aumento do preço do mesmo e, por consequência, do álcool, por ser um produto substituto.

O agronegócio da cana-de-açúcar movimentou cerca de R\$ 41 bilhões em 2007, entre faturamentos diretos e indiretos, equivalente a aproximadamente 3,65% do Produto Interno Bruto - PIB nacional naquele ano. Além disso, é um dos setores que mais empregam no país, com a geração de quatro milhões de empregos diretos e indiretos, exportações de 19 milhões de toneladas de açúcar e três bilhões de litros de álcool, congregando mais de 72.000 agricultores (PROCANA, 2008).

A produção atingiu na safra 2006/2007, o equivalente a 30 milhões de toneladas de açúcar e 17,5 bilhões de litros de álcool, de um total de 420 milhões de toneladas de cana. A indústria da cana-de-açúcar nacional é, também, setor prioritário para mais de 1000 municípios e envolve cerca de 50 mil empresas. Destina um volume superior a R\$ 5 bilhões/ano a investimentos, compras de equipamentos e insumos, e contratação de serviços por parte das usinas de açúcar e álcool, gerando mais de R\$12 bilhões em impostos a cada ano (PROCANA, 2008).

Para se ter uma idéia da expansão do setor, na safra 2008/2009 o Brasil moeu 569 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, produziu 31 milhões de toneladas de açúcar e 27,5 bilhões de litros de etanol. Ou seja, aumento de 25,5% da produção, em relação à safra 2006/2007. Com relação aos seus derivados, o acréscimo foi de 3,3% e de 57%, referente ao açúcar e ao álcool, respectivamente. Essa elevação se refletiu nas exportações e o País exportou em 2008/2009 um total de 20,8 milhões de toneladas de açúcar e 4,7 bilhões de litros de etanol - o que propiciou, respectivamente, um aumento de 9,5% e 56,7% nas vendas externas. No total, a produção movimentou R\$ 51 bilhões - gerando R\$ 13 bilhões em impostos e taxas e investimentos de R\$ 6 bilhões, proporcionada por uma área de plantio de 7,7 milhões de hectares (PROCANA, 2009).

A contribuição do setor canavieiro para o agronegócio brasileiro tem se tornado cada vez mais importante, contribuindo de forma significativa para a geração de renda e de emprego. A expansão da produção acirrou a concorrência entre as empresas, determinada pelo momento favorável do mercado, além das necessidades dos consumidores por melhor qualidade e menores preços. Isto faz com que as empresas desenvolvam competências para lidar com estas necessidades de forma a apresentar sistemas produtivos eficientes, capazes de produzir mais com maior qualidade, empregando a menor quantidade possível de recursos produtivos.

Essas questões, associadas aos novos investimentos no setor, aumentam a pressão para a eficiência das usinas. De acordo com Gomes *et al.* (2002), a eficiência de uma unidade produtiva é medida pela comparação entre os valores observados e os valores ótimos de seus produtos (saídas) e recursos (insumos). Esta comparação pode ser feita, em linhas gerais, pela razão entre a produção observada e a produção potencial máxima alcançável, dados os recursos disponíveis, ou pela razão entre a quantidade mínima necessária de insumos e a quantidade efetivamente empregada, dada a quantidade de produtos gerados. Combinações dessas razões podem igualmente prover informações importantes.

Avaliar a eficiência com que uma unidade produtiva opera tem importância tanto para fins estratégicos (comparação entre unidades produtivas) quanto para o planejamento (avaliação dos resultados do uso de diferentes combinações de fatores) e para a tomada de decisão (como melhorar o desempenho atual, por meio da análise da distância entre a produção atual e potencial) (GOMES *et al.*, 2002).

Outro artifício que pode ser utilizado na análise do desempenho de uma empresa é a análise financeira. Esta, embora complexa, é de suma importância para a tomada de decisão, parâmetro de risco e investimento, valor de mercado, além de fornecer o panorama global da situação atual e tendências futuras da empresa.

Diante destes fatores, foi elaborado este trabalho, cuja proposta está voltada à análise da eficiência de usinas de cana-de-açúcar selecionadas de São Paulo, Estado mais representativo no plantio da cana-de-açúcar, na safra 2006/07. Deve-se ressaltar que as usinas analisadas concentram suas atividades no beneficiamento da cana, não sendo responsáveis por sua produção, apenas por transformá-la em álcool ou açúcar.

Neste sentido, questiona-se: as usinas paulistas selecionadas operam com eficiência produtiva?

A hipótese central é de que as usinas beneficiadoras de cana-de-açúcar pesquisadas não trabalham, em sua maioria, de maneira ótima, o que gera perdas financeiras. Além disso, espera-se que aquelas que operam com maior grau de eficiência também apresentem índices econômico-financeiros mais satisfatórios do que as usinas que não alocam seus recursos de maneira ideal ou no nível adequado. Assim, este estudo permite mostrar o grau de eficiência produtiva a ser melhorado por cada uma delas, comparativamente às demais.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

O objetivo geral deste trabalho é determinar o grau de eficiência das usinas beneficiadoras de cana-de-açúcar estudadas do Estado de São Paulo na safra 2006/07, de forma a analisar se operam da melhor maneira possível ou se apresentam desperdícios.

1.3.2 Específicos

Especificamente, pretende-se:

- Calcular as medidas de eficiência técnica e de escala;
- Caracterizar as empresas separadas em grupos de eficientes e ineficientes, por meio das variáveis estoque, investimento no imobilizado e salários e dos indicadores de desempenho financeiro;
- Caracterizar as empresas separadas segundo os tipos de retornos à escala, por meio das variáveis utilizadas e dos indicadores de desempenho financeiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico, serão apresentadas as principais teorias que embasaram esta pesquisa: função de produção e rendimentos de escala; produtividade e análise de eficiência.

2.1 Função de produção e rendimentos de escala.

Um fator essencial a determinar a eficiência de uma firma é a sua produção e o tipo de retorno que esta proporciona ao empresário. No processo produtivo, os insumos são transformados em produtos, e esta relação é chamada de função de produção. Uma função de produção indica o produto (volume de produção) Q que uma empresa produz para cada combinação específica de insumos (PINDYCK; RUBINFELD, 1999).

Para simplificar, adota-se a premissa de que há apenas dois insumos: o trabalho L e o capital K . Pode-se escrever a função de produção como:

$$Q = F(K, L) \quad (1)$$

Essa equação ilustra que a quantidade de produto (Q) depende das quantidades de dois insumos: capital (K) e trabalho (L) (PINDYCK; RUBINFELD, 1999).

Quando o processo de transformação envolve dois insumos e um produto, a função de produção pode ser representada por uma superfície no espaço R^3 . Esta função mostra o montante máximo de produção que pode ser produzido a partir de qualquer conjunto específico de recursos, dada uma tecnologia específica. Assim, cortando essa superfície por um plano, tem-se uma curva denominada isoquanta. Essa curva

isoproducto ou isoquanta pode ser definida como uma região na qual todos os pontos representam combinações possíveis dos insumos que geram a mesma quantidade produzida (PINDYCK; RUBINFELD, 1999).

A característica de uma isoquanta depende essencialmente do grau de substitutibilidade existente entre os fatores. Se os fatores de produção são substitutos perfeitos, a isoquanta é representada por uma linha reta. Quando não são perfeitos, ela é representada por uma linha curvilínea, normalmente convexa em relação à origem dos eixos cartesianos. Quando a isoquanta é representada por linhas em ângulo reto os insumos não são substitutos, pois a produção exige uma combinação específica de cada bem (PINDYCK; RUBINFELD, 1999). Cada isoquanta está associada a um nível diferente de produção, e o nível de produção aumenta à medida que se move para cima e para a direita no gráfico que relata as relações entre insumo e produto.

O mapa de isoquantas é um conjunto de isoquantas, cada uma delas apresentando o volume máximo de produção que pode ser obtido para quaisquer conjuntos específicos de insumos. O mapa de isoquantas é um modo alternativo de descrever a função de produção. Cada isoquanta está associada a um nível diferente de produção, que aumenta à medida que se move para cima e para a direita, conforme pode ser visto na Figura 1 (PINDYCK; RUBINFELD, 1999).

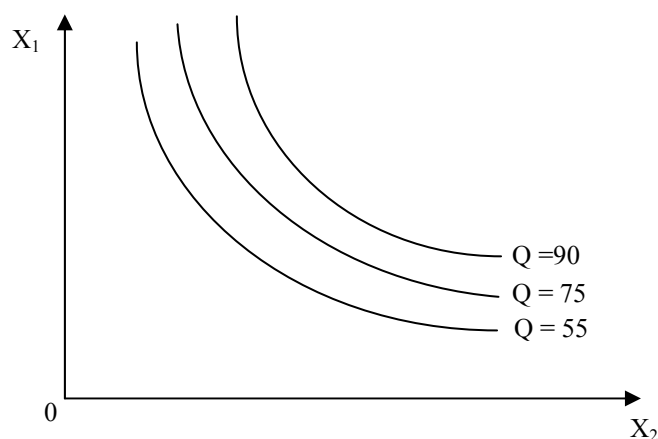


Figura 1: Mapa de isoquantas

Fonte: Pindyck e Rubinfeld (1999).

Os números que estão identificando as isoquantas significam as quantidades do produto. Qualquer combinação dos fatores X_1 e X_2 sobre cada isoquanta manterá a produção inalterada.

O resultado, em termos de produção final, obtido por meio da variação da utilização dos insumos, é denominado pelos economistas de rendimento de escala. Conforme a resposta da quantidade produzida em função da variação da quantidade utilizada dos insumos, é possível identificar três tipos de rendimentos de escala: os rendimentos crescentes de escala, os rendimentos constantes de escala e os rendimentos decrescentes de escala. Os rendimentos crescentes de escala ocorrem quando a produção cresce mais que os insumos. Os rendimentos constantes de escala ocorrem no caso de uma variação do produto total ser proporcional à variação da quantidade utilizada dos insumos. Por fim, os rendimentos decrescentes de escala ocorrem quando a produção aumenta menos do que a variação do produto. (PINDYCK; RUBINFELD, 1999).

Os três tipos de rendimentos de escala estão representados graficamente na Figura 2. Para isso, admite-se que a distância entre as isoquantas representa a escala de produção e identifica o comportamento dos rendimentos marginais de escala. Desta forma, quando respeitada a escala, as isoquantas deslocam-se para a direita revelando o aumento do nível de produção. Quando a distância entre elas diminui, tem-se a visualização gráfica do caso de rendimentos crescentes de escala; quando, por sua vez, a distância entre as isoquantas aumenta, tem-se a visualização gráfica do caso de rendimentos decrescentes de escala. Finalmente, quando a distância entre as isoquantas permanece constante e, embora respeitada a escala, a produção cresça, tem-se rendimentos constantes de escala (PINDYCK; RUBINFELD, 1999).

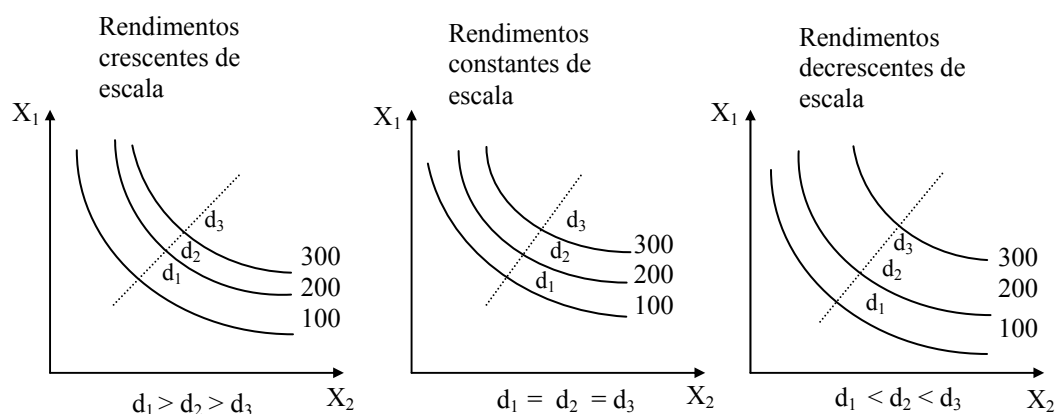


Figura 2: Rendimentos de escala

Fonte: Pindyck e Rubinfeld (1999).

A máxima produtividade que uma unidade de produção pode alcançar num processo de transformação utilizando certa combinação de insumos é definida como uma fronteira de produção. A produtividade é geralmente definida como a taxa de produtos agregados sob insumos agregados. Ela mede a eficiência com que uma unidade de produção converte insumos e produtos. Economistas usualmente consideram a distância que uma unidade de produção se encontra abaixo da fronteira de produção como uma medida de ineficiência (KAO *et. al.*, 1994).

Esta visão de medida de ineficiência pode ser demonstrada num processo de transformação de um insumo, exemplificado na Figura 3. Nesse caso, A, B, C e D são unidades eficientes, pois estão sobre a fronteira de produção. A unidade E que está abaixo da fronteira é considerada ineficiente. A taxa de eficiência de E (em relação ao produto) é EI/E^*I , que é, por definição, a razão do atual produto pelo máximo produto. Esta taxa indica o quanto uma unidade pode aumentar seu produto sem consumir mais insumos. O mesmo pode ser feito em função do insumo, ou seja, a razão do mínimo insumo sobre o atual insumo, mantido o corrente nível de produto (KAO *et. al.*, 1994).

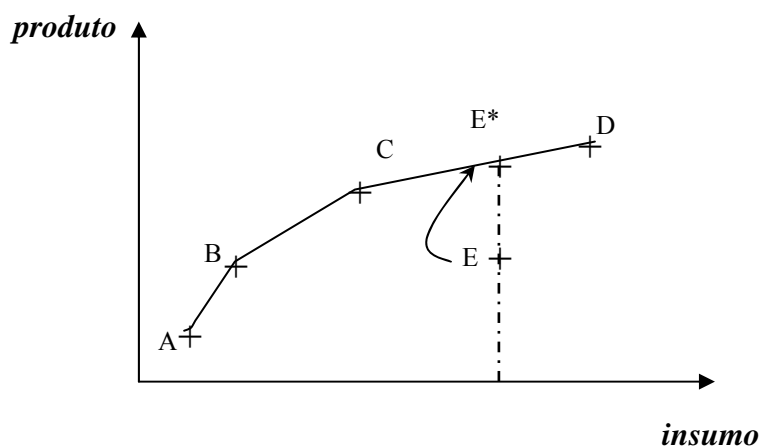


Figura 3: Fronteira de Produção

Fonte: Kao et al. (1994)

Graficamente, as unidades produtivas eficientes localizam-se sobre a fronteira de produção, o que quer dizer que não existe uma unidade de produção que apresente uma performance melhor à performance dessas unidades. Caso existisse, essa unidade produtiva não seria eficiente e ela teria uma empresa como modelo (benchmark) a fim de atingir a eficiência.

2.2 Produtividade

A produtividade de uma unidade de produção é entendida como sendo a razão entre o valor (ou quantidade) de seus produtos e o valor (ou quantidade) de seus insumos. Assim, está ligada à eficiência econômica e, conseqüentemente, refere-se à competitividade da empresa, sendo um indicador do seu desempenho. Sua determinação se dá pelo quociente da produção pelo insumo utilizado:

$$\frac{\text{Produção}}{\text{Insumo}} \quad (2)$$

No cálculo da produtividade do presente estudo será calculada uma proxy, obtida por meio da divisão do produto por cada um dos insumos utilizados, o que gera a produtividade parcial.

No âmbito microeconômico, a produtividade é utilizada como um indicador de desempenho de uma firma. Do ponto de vista agregado, a produtividade pode ser apresentada como indicador de um segmento produtivo ou de um país (FERREIRA; GOMES, 2008).

A eficiência produtiva é alcançada através da comparação entre os valores efetivos e os valores considerados ótimos na combinação dos insumos e produção obtida. Observa-se que o aumento e as diferenças na produtividade estão relacionados às mudanças de eficiência do processo produtivo (ou eficiência produtiva), as mudanças tecnológicas e as diferenças no ambiente econômico (ANJOS, 2005).

O conceito de produtividade sugere que o insumo esteja sendo utilizado da melhor forma possível, ou seja, sem excesso. Na Análise Envoltória de Dados (DEA), que usa o recurso de otimização da programação linear, a utilização de insumos além do estritamente necessário é denominado de folga. A eficiência técnica está relacionada à produção de um bem ou serviço com a menor utilização possível de recursos, ou seja, eliminando-se estas folgas. Como se trata de uma razão, o denominador determina a unidade de medida da produtividade (FERREIRA; GOMES, 2004).

De acordo com Ferreira e Gomes (2004), a eficiência técnica é um conceito relativo que compara o que foi produzido por unidade de insumo utilizado com o que

poderia ser produzido. Assim, a definição geral de eficiência técnica de uma organização ou atividade produtiva, quando se comparam duas ou mais dessas organizações, está relacionada à produção de um bem ou serviço com a menor utilização possível de recursos, ou seja, eliminando-se as folgas.

Por meio do conceito de função de produção estática de curto prazo, podem ser mostrados graficamente os conceitos de produtividade e eficiência, a partir de uma equação matemática que sintetiza a relação entre um insumo e o produto gerado no processo de transformação das formas e características dos bens e serviços. Desse modo, tem-se:

$$Q_y = f_y(\text{Insumo } X_i), \quad (3)$$

que pode ser visualizado na Figura 4.

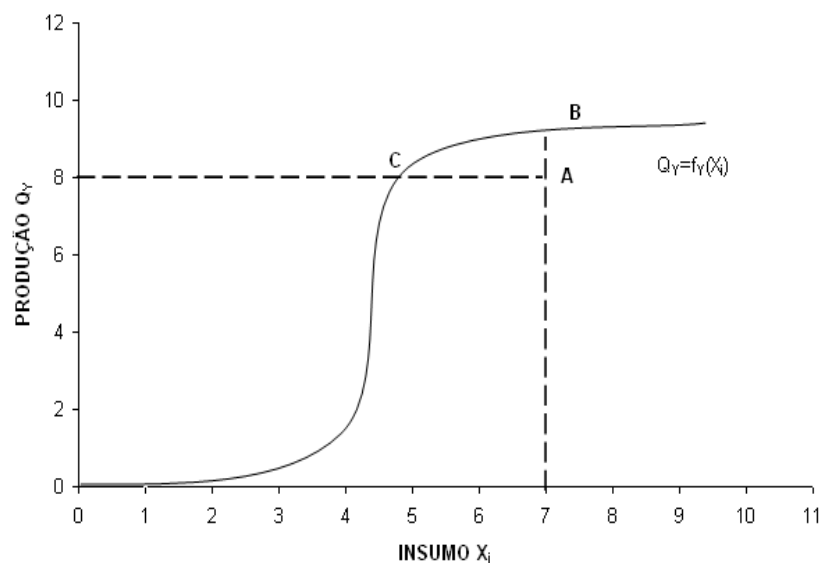


Figura 4: Função de produção: produtividade e eficiência

Fonte: Ferreira e Gomes (2008).

Os pontos C e B sobre a função de produção são tecnicamente eficientes, uma vez que se referem às produções máximas de Q_y , que podem ser obtidas com as correspondentes utilizações do insumo X_i . Contudo, o ponto C se refere a uma produção com maior produtividade do que o ponto B. Basta observar que, para produzir

Q_B no ponto B, é necessário aumentar a quantidade do insumo X_i , representada por \overline{CA} .

Porém, o aumento de produção, \overline{AB} , é pequeno, sendo a produtividade marginal $\frac{\overline{AB}}{\overline{CA}} < 1$. Deste modo, a produtividade média em C é maior do que em A. O ponto A, por seu turno, é uma produção ineficiente, já que com a mesma quantidade de insumo X_i é possível produzir uma quantidade Q_y maior.

A Figura 5 mostra essas diferenças de outra forma. O segmento \overline{OC} tangencia a função de produção no ponto C com maior ângulo possível. A inclinação de \overline{OC} , representada pela relação $\frac{Q_y}{X_i}$ (produtividade média) é crescente até o ponto C. A partir de C, tanto a produtividade média quanto a marginal decresce rapidamente (FERREIRA; GOMES, 2008).

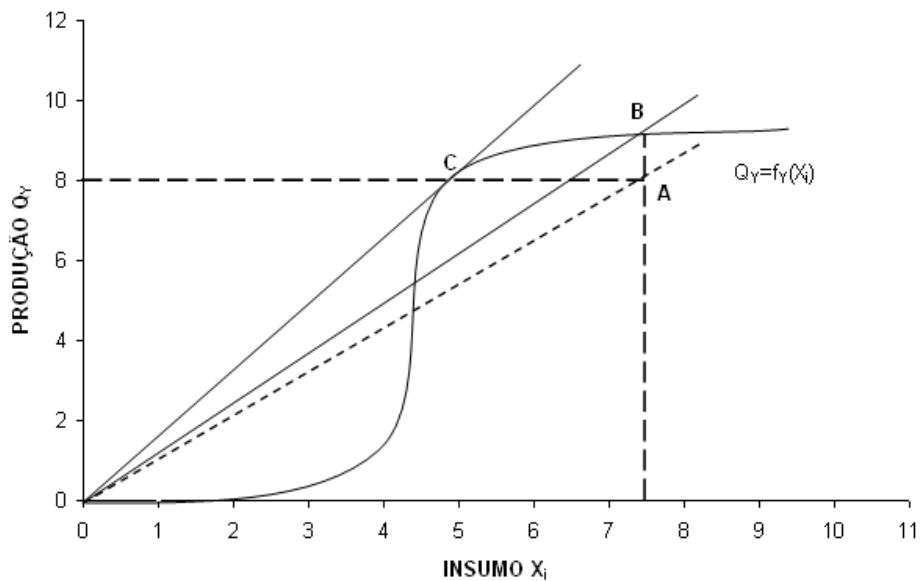


Figura 5: Função de produção: variações da produtividade e da eficiência
 Fonte: Ferreira e Gomes (2008).

Por exemplo, a menor inclinação do segmento \overline{OB} indica uma produtividade média decrescente a partir do ponto C, de modo que no ponto C a produtividade é a maior possível. Como já comentado, a produção no ponto A é ineficiente, e sua produtividade média é menor do que no ponto C ou no B. Há duas opções:

1) Deslocar o ponto A para o ponto C, reduzindo a quantidade do insumo utilizado de X_A para X_C . Esta escolha é denominada de orientada a insumo. Neste caso, a produção permanece no mesmo patamar que anteriormente.

2) Deslocar o ponto A para o ponto B, aumentando a quantidade produzida de Q_A para Q_B . Esta escolha é denominada de orientada a produto. Neste caso, é mantida a mesma utilização anterior do insumo X_A (FERREIRA; GOMES, 2008).

A eficiência produtiva, que está relacionada à produtividade, pode ser obtida de duas formas: a orientação produto e a orientação insumo, que serão mais bem explicadas no próximo tópico (análise de eficiência). Vale destacar que a mensuração da eficiência das unidades, por meio de razões entre outputs e inputs, não varia em função da substituição das unidades de medidas dos inputs e outputs.

2.3. Análise de Eficiência

A eficiência produtiva é a relação entre produto e insumo, e um objetivo geral é alcançar o maior produto possível, dados os insumos disponíveis. Existem duas abordagens tradicionais para a determinação da eficiência: paramétrica e não paramétrica (SEIFORD; THRALL *apud* MOITA, 1995).

Na abordagem paramétrica, uma função fronteira de produção é utilizada para caracterizar uma transformação eficiente de insumos em produtos. Esta função de produção teórica pode ser empregada para estimar o máximo produto, dados os insumos. Uma medida de eficiência relativa pode ser determinada pela comparação do produto observado de um dado conjunto de insumos com o produto "ideal" com os mesmos níveis de insumos. Na teoria da produção paramétrica, este produto "ideal" é calculado pela função de produção teórica. Assim, torna-se difícil encontrar uma forma funcional teórica em processos mais complexos, como em processos de múltiplos insumos e produtos (FERREIRA; GOMES, 2008).

Já os métodos não paramétricos não pressupõem nenhuma forma da função mencionada e são aquelas onde a eficiência de uma unidade ou firma é mensurada considerando-se a "performance" das demais unidades do grupo, sujeita a restrição de que todas as unidades produtivas estão sobre ou abaixo da fronteira de eficiência, sendo, dessa forma, baseada em medidas de valores extremos observados.

Farrell (1957) propôs que a eficiência fosse medida empiricamente. Ao invés de utilizar o modelo funcional teórico, foram desenvolvidas medidas de eficiência não paramétricas para unidades que congregassem múltiplos insumos. Para tal, foram investigadas as possibilidades do desenvolvimento de medidas de eficiência por meio de dois componentes: eficiência técnica, que reflete a habilidade da firma em obter o máximo de produtos para uma quantidade de insumos fornecida; e eficiência alocativa, que reflete a capacidade da firma usar os insumos em proporções ótimas, dados seus preços relativos.

A avaliação da eficiência técnica pode ser medida segundo duas orientações: aquela que se fundamenta na redução de insumo e aquela que coloca ênfase no aumento de produto.

Na orientação para insumo, a eficiência técnica mede a fração da quantidade de insumos que pode ser reduzida proporcionalmente sem reduzir a quantidade de produtos. Já, na orientação para produtos, a eficiência técnica mede a fração da quantidade de produtos que pode ser aumentada proporcionalmente sem aumentar a quantidade de insumos (COOPER et al., 2000)

2.3.1 Medidas com orientação insumo

Para ilustrar as medidas de eficiência com orientação insumo, será considerada uma firma usando dois insumos (X_1 e X_2) para produzir um único produto (Y), como demonstrado na Figura 6, assumindo-se retornos constantes à escala.

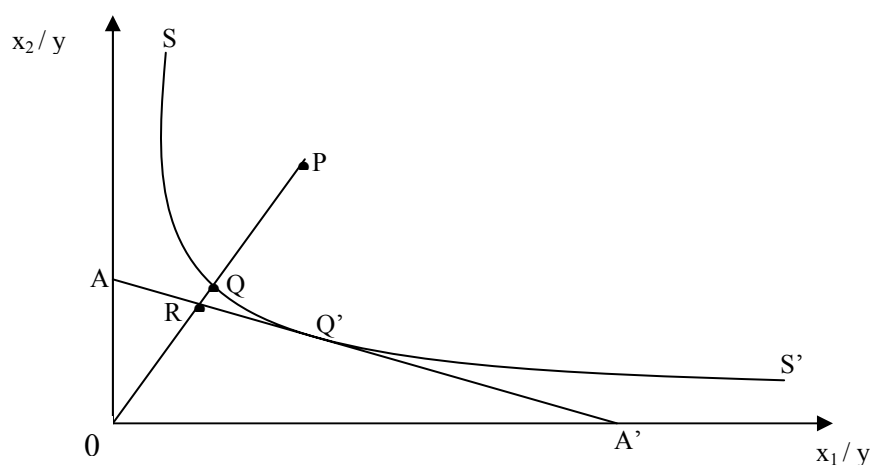


Figura 6 – Eficiências técnica e alocativa de uma orientação insumo

Fonte: Coelli (1996).

Supondo que a isoquanta unitária, representada por SS' , da firma eficiente seja conhecida, se certa firma usa quantidades de insumos, definidos pelo ponto P , para produzir uma unidade de produto, a ineficiência técnica (IT) dessa firma pode ser medida pela razão QP/OP , que é a fração de redução que pode ser aplicada aos insumos para tornar a unidade eficiente, sem reduzir o produto.

Assim, a eficiência técnica (ET) orientada para insumos da firma pode ser obtida por $ET = 1 - IT$, ou da seguinte forma:

$$ET = \frac{OQ}{OP} = 1 - \frac{QP}{OP} \quad (4)$$

Sendo $0 < ET \leq 1$, tem-se que para valores menores que 1 a firma é ineficiente, tão mais ela se distancie desse valor; e ela será eficiente se ET for igual a 1. Assim, na Figura 6, a firma será eficiente se ela situar-se no ponto Q . Além da eficiência técnica, se a relação entre o preço dos insumos, representada por AA' , for conhecida, também é possível calcular a eficiência alocativa (EA), que para uma firma que opera em P na Figura 6 é definida como:

$$EA = \frac{OR}{OQ} \quad (5)$$

Assim, a distância RQ representa a redução nos custos de produção que poderia ocorrer na unidade Q , por reconhecer que a unidade Q' é alocativa e tecnicamente eficiente, enquanto a unidade G é tecnicamente eficiente, mas alocativamente ineficiente.

Já a eficiência econômica (EE) é obtida pelo produto das eficiências técnica e alocativa, uma vez que uma empresa só será eficientemente econômica se apresentar tanto uma relação ótima entre os insumos e o produto (eficiência técnica), bem como produzir no ponto que possibilite o menor custo médio mínimo possível (eficiência alocativa):

$$EE = \frac{OQ}{OP} \times \frac{OR}{OQ} = \frac{OR}{OP} \quad (6)$$

2.3.2 Medidas com orientação produto

A descrição da mensuração de eficiência, orientada para produtos, pode ser feita por intermédio de um exemplo simples que envolve unidades que utilizam um único insumo (x) e dois produtos (y_1 e y_2). Novamente, ao assumir retornos constantes de escala, a curva de possibilidade de produção unitária (ZZ') pode ser representada em duas dimensões, conforme apresentado na Figura 7.

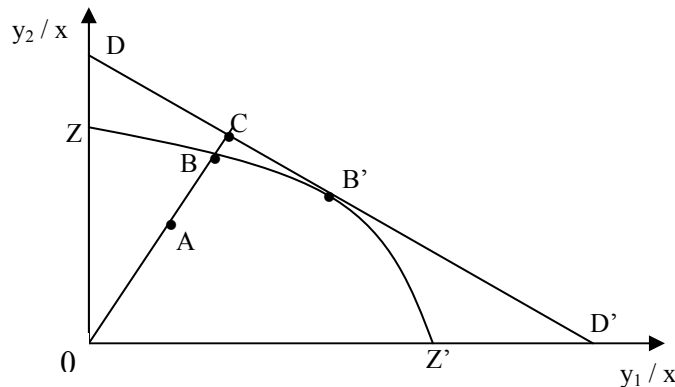


Figura 7: Mensuração de eficiência orientada para produtos

Fonte: Cooper, Seiford e Tone (2000).

Como se pode observar na Figura 7, o ponto A representa uma firma tecnicamente ineficiente, pois está abaixo da curva de possibilidades de produção, onde se encontram todas as firmas tecnicamente eficientes. Sendo assim, a eficiência técnica orientada para produtos (ETO), com retorno de escala constante, pode ser medida por:

$$ETO = OA / OB \quad (7)$$

Se a razão entre os preços dos insumos também é conhecida, conforme representado pelo segmento de reta DD', a eficiência alocativa (AEO) também pode ser calculada.

$$EAO = OB / OC \quad (8)$$

A eficiência econômica:

$$EEO = OA / OC = (OA / OB) \times (OB / OC) = ETO \times EAO \quad (9)$$

Dois aspectos merecem ser destacados:

I. A eficiência técnica de Farrell pode ser medida como a distância dos insumos e produtos das unidades ineficientes até a fronteira de eficiência;

II. A mensuração da eficiência das unidades, por meio de razões entre produtos e insumos, não varia em função da substituição das unidades de medidas dos insumos e produtos.

Baseados na avaliação de análise de eficiência proposta por Farrell - particularizada para um único insumo e um único produto – foi que Charnes, Cooper e Rhodes (1978) iniciaram o estudo da abordagem não-paramétrica para análise de eficiência com múltiplos insumos e múltiplos produtos denominada de *Data Envelopment Analysis* (DEA).

A metodologia DEA foi inicialmente desenvolvida para solucionar problemas em entidades não-lucrativas, onde os conceitos de lucro e preços de mercados não são bem definidos ou inexistentes. Exemplos destas aplicações incluem o desempenho da manutenção de bases militares, a análise de eficiência de unidades educacionais e a produtividade nos hospitais públicos. Subseqüentemente, as técnicas da metodologia DEA foram aplicadas com grande sucesso em casos como produtividades em minas de carvão, desempenho gerencial de agências bancárias e em outros problemas envolvendo órgãos lucrativos (MOITA, 1995).

2.4 Importância da análise financeira

A principal característica de distinção das empresas é a maneira como as decisões econômicas são tomadas, segundo Assaf Neto (2006). Como exemplo dessas medidas, tem-se: a adequada seleção de fatores de produção visando à minimização de

seus custos; o nível programado de produção e receitas; a escolha das alternativas de investimentos mais rentáveis e a mensuração de índices financeiros.

Para Hoji (2007), as empresas buscam, prioritariamente, a maximização de seu valor no mercado, aumentando, por consequência, a riqueza de seus proprietários. Estes, por outro lado, esperam que seus investimentos produzam um retorno compatível com o risco assumido, por meio de geração de resultados econômicos e financeiros adequados.

Neste contexto as ferramentas financeiras tornam-se notoriamente importantes para o auxílio ao gerenciamento empresarial, uma vez que a concorrência é cada vez mais forte entre as empresas e a busca pela competitividade é uma necessidade constante até mesmo para a sobrevivência do negócio. Desta forma, a análise da capacidade de pagamento, da rentabilidade, do endividamento e da rotatividade dos ativos, torna-se fundamental para sobrevivência da empresa.

Segundo Gropelli e Nikbakht (2002),

“A análise de índices ajuda a revelar a condição global de uma empresa. Ela auxilia analistas e investidores a determinar se a empresa está sujeita ao risco de insolvência e se ela está indo bem em relação a seu setor ou seus competidores” (GROPPELLI e NIKBAKHT, 2002: 408).

Marion nos fala sobre a importância dos índices em Marion (1998):

“Os índices são relações que se estabelecem entre duas grandezas; facilitam sensivelmente o trabalho do analista, uma vez que a apreciação de certas relações ou percentuais é mais significativa (relevante) que a observação de montantes, por si só” (MARION, 1998: 455).

Seguindo essa idéia, o referido autor afirma que a análise das demonstrações financeiras dedica-se ao cálculo de índices, de modo a avaliar o desempenho passado, presente e projetado da empresa; seja comparativamente com padrões do setor em que atua; seja uma análise de série temporal.

É fundamental entender as demonstrações financeiras para administrar um negócio e saber como ele opera. Para os administradores, as demonstrações financeiras fornecem uma rápida visão intuitiva da situação da empresa, servindo de ponto de partida para análises posteriores, também servindo como base para o planejamento de negócios e a elaboração de orçamentos internos. Para o público em geral, as demonstrações financeiras fornecem o conhecimento da situação econômico-financeira, verificando o grau de segurança dos recursos a serem cedidos à empresa e às

possibilidades de retorno tranquilo, dentro dos prazos estabelecidos (MILTERSTEINER, 2003).

A interpretação de cada indicador será feita nos tópicos subseqüentes.

2.4.1 Indicadores de Liquidez

Os indicadores de liquidez referem-se à solvência da situação financeira de uma empresa frente a seus diversos compromissos financeiros, no curto e longo prazo (GITMAN, 2001).

Nessa mesma linha, Silva (2004) diz que:

“Os índices de liquidez visam fornecer um indicador da capacidade da empresa de pagar suas dívidas, a partir da comparação entre os direitos realizáveis e as exigibilidades. No geral, a liquidez decorre da capacidade de a empresa ser lucrativa, da administração de seu ciclo financeiro e de suas decisões estratégicas de investimento e financiamento” (SILVA, 2004: 308).

Conforme Zdanawicz (1998):

“A liquidez é denominada de análise de razão ou quociente, visa a mensuração da capacidade financeira da empresa em pagar seus compromissos de formas imediata, a curto e a longo prazo” (ZDANAWICZ, 1998: 60).

Groppelli e Nikbakht (1998) defendem que o grau de liquidez de um ativo está relacionado à rapidez com que ele é transformado em caixa sem incorrer em perda substancial. A administração da liquidez consiste em equiparar os prazos das dívidas com os prazos dos ativos e outros fluxos de caixa a fim de evitar insolvência técnica. A mensuração da liquidez é importante. A questão central é, entretanto, se a empresa pode gerar caixa suficiente para pagar seus fornecedores e credores.

2.4.1.1 Liquidez Corrente (LC)

A liquidez corrente indica a quantia existente de ativos conversíveis em dinheiro no curto prazo para liquidar cada R\$1 de dívida de curto prazo. Mas, segundo Hoji (2004), esse índice também é resultado de diversos valores correntes de diferentes datas.

$$\text{Liquidez Corrente} = \frac{\text{Ativo Circulante}}{\text{Passivo Circulante}} \quad (10)$$

Se:

- $LC > 1$: denota capital circulante líquido positivo;
- $LC = 1$: denota capital circulante líquido nulo;
- $LC < 1$: denota capital circulante líquido negativo.

Quanto maior a liquidez corrente, maior a capacidade da empresa em financiar suas necessidades de capital de giro. Desta maneira, quanto maior, melhor.

2.4.1.2 Liquidez Geral (LG)

Esse indicador revela a liquidez da empresa a curto e longo prazo para honrar suas dívidas totais. De cada R\$ 1,00 que a firma possui em dívidas, a LG mostra o quanto há de direitos e haveres no ativo circulante e no realizável a longo prazo.

$$\text{Liquidez Geral} = \frac{\text{Ativo Circulante} + \text{Realizável a Longo Prazo}}{\text{Passivo Circulante} + \text{Exigível a Longo Prazo}} \quad (11)$$

Assaf Neto (2006) diz que a liquidez geral é utilizada também como uma medida de segurança financeira da empresa a longo prazo, revelando sua capacidade de saldar todos seus compromissos.

2.4.2 Indicadores de Rentabilidade

Os índices de rentabilidade determinam o retorno que a empresa está proporcionando sobre o capital investido, determinando o grau de êxito da empresa. Ainda, a rentabilidade pode ser medida em relação às vendas e, nesse caso, o índice reflete a lucratividade da empresa.

As medidas de rentabilidade avaliam, como um todo, o lucro ou retorno da empresa com relação a determinado nível de vendas, ativos ou investimentos dos proprietários (patrimônio líquido) (GITMAN, 2001).

2.4.2.1 Índice de Margem Líquida (IML)

Esse índice mensura o percentual de cada unidade monetária proveniente das vendas que resta após todos os custos e despesas terem sido deduzidos.

$$\text{IML} = \frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Vendas Líquidas}} \times 100 \quad (12)$$

Assim, o IML mostra lucro que a firma está obtendo em relação a seu faturamento. A interpretação desse indicador de retorno sobre as vendas é no sentido de que quanto maior, melhor.

2.4.2.2 Índice de Retorno sobre o Ativo (RSA)

Indica a lucratividade que a empresa propicia em relação aos investimentos totais. É uma medida de potencial de geração de lucro da empresa. O retorno do ativo total revela o retorno produzido pelo total das aplicações realizadas por uma empresa em seus ativos (ASSAF NETO, 2003).

$$\text{RSA} = \frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Ativo Total}} \times 100 \quad (13)$$

Este conceito é muito utilizado na área de finanças onde o lucro é caracterizado como uma espécie de prêmio pelo risco do investimento na empresa.

2.4.2.3 Índice de Retorno sobre o Patrimônio Líquido (RSPL)

Indica quanto de prêmio os acionistas ou proprietários da empresa irão adquirir em relação a seus investimentos no empreendimento.

$$\text{RSPL} = \frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Patrimônio Líquido}} \times 100 \quad (14)$$

O lucro, desta forma, é a compensação ao investidor pelo risco de seu negócio.

2.4.2.4 Índice de Giro do Ativo (GA)

O GA estabelece uma relação entre as vendas realizadas no período em análise e os investimentos totais da empresa, ou seja, quantas vezes o ativo se renova pelas vendas, dada pela expressão:

$$GA = \frac{\text{Vendas Líquidas}}{\text{Ativo Total}} \times 100 \quad (15)$$

A interpretação é no sentido de que quanto maior, melhor, indicando o nível de eficiência com que são utilizados os investimentos na empresa, ou seja, o ativo total.

O Quadro 1 resume os indicadores econômico-financeiros abordados no decorrer do estudo. Salienta-se que os referidos índices foram selecionados, em virtude de serem os mais utilizados. Porém, cabe lembrar que esses não são os únicos.

Quadro 1: Indicadores econômico – financeiros abordados na pesquisa.

ÍNDICES		FÓRMULAS
Liquidez ou Solvência	1. Liquidez Geral	$\frac{AC+RLP}{PC + ELP}$
	2. Liquidez Corrente	$\frac{\text{Ativo Circulante}}{\text{Passivo Circulante}}$
Rentabilidade	3. Liquidez ou Giro do Ativo	$\frac{\text{Vendas Líquidas}}{\text{Ativo Total}}$
	4. Margem Líquida	$\frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Vendas Líquidas}}$
	5. Rentabilidade do Ativo	$\frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Ativo Total}}$
	6. Rentabilidade. do Patrimônio Líquido	$\frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Patrimônio Líquido}}$

Fonte: Adaptado de Marion (1998).

3 METODOLOGIA

3.1. Análise envoltória de dados

Baseando-se nas análises de eficiência, os autores Charnes, Cooper e Rhodes (1978) iniciaram o estudo da abordagem não-paramétrica, para a análise de eficiência relativa de firmas com múltiplos insumos e múltiplos produtos, cunhando o termo *data envelopment analysis* (DEA). Vale ressaltar que, na literatura relacionada aos modelos DEA, uma firma é tratada como DMU (decision making unit), uma vez que estes modelos provêm uma medida para avaliar a eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão.

Os modelos que utilizados neste trabalho basearam-se em Gomes e Baptista (2004), Lins e Meza (2000), Coelli, Cooper, Seiford e Tone (2000), Charnes et al (1994) e Färe, Grosskopf e Lovell (1994).

A pressuposição fundamental na técnica DEA é que, se uma dada DMU A é capaz de produzir $Y(A)$ unidades de produto, utilizando $X(A)$ unidades de insumos, então outras DMUs poderiam também fazer o mesmo, caso elas estejam operando eficientemente. De forma similar, se uma DMU B é capaz de produzir $Y(B)$ unidades de produto, utilizando $X(B)$ de insumos, então outras DMUs poderiam ser capazes de

realizar o mesmo esquema de produção. Caso as DMUs A e B sejam eficientes, elas poderiam ser combinadas para formarem uma DMU composta, isto é, que utiliza uma combinação de insumos para produzir uma combinação de produtos. Desde que esta DMU composta não necessariamente exista, ela é denominada DMU virtual. A análise DEA consiste em encontrar a melhor DMU virtual para cada DMU da amostra. Caso a DMU virtual seja melhor do que a DMU original, ou por produzir mais com a mesma quantidade de insumos ou produzir a mesma quantidade usando menos insumos, a DMU original será ineficiente (GOMES; BAPTISTA, 2004).

Considere que existam k insumos e m produtos para cada n DMUs. São construídas duas matrizes: a matriz X de insumos, de dimensões $(k \times n)$ e a matriz Y de produtos, de dimensões $(m \times n)$, representando os dados de todas as n DMUs. Na matriz X , cada linha representa um insumo e cada coluna representa uma DMU. Já na matriz Y , cada linha representa um produto e cada coluna uma DMU. Para a matriz X , é necessário que os coeficientes sejam não-negativos e que cada linha e cada coluna contenha, pelo menos, um coeficiente positivo, isto é, cada DMU consome ao menos um insumo e uma DMU, pelo menos, consome o insumo que está em cada linha. O mesmo raciocínio se aplica para a matriz Y .

Assim, para a i -ésima DMU, são representados os vetores x_i e y_i , respectivamente para insumos e produtos. Para cada DMU, pode-se obter uma medida de eficiência, que é a razão entre todos os produtos e todos os insumos. Para a i -ésima DMU tem-se:

$$\text{Eficiência da DMU } i = \frac{u^T y_i}{v^T x_i} = \frac{u_1 y_{1i} + u_2 y_{2i} + \dots + u_m y_{mi}}{v_1 x_{1i} + v_2 x_{2i} + \dots + v_k x_{ki}} \quad (16)$$

em que u é um vetor $(m \times 1)$ de pesos nos produtos e v é um vetor $(k \times 1)$ de pesos nos insumos. Note que a medida de eficiência será uma escalar, devido às ordens dos vetores que a compõem (GOMES; BAPTISTA, 2004).

A pressuposição inicial é que esta medida de eficiência requer um conjunto comum de pesos que será aplicado em todas as DMUs. Entretanto, existe certa dificuldade em obter um conjunto comum de pesos para determinar a eficiência relativa de cada DMU. Isto ocorre pois as DMUs podem estabelecer valores para os insumos e produtos de modos diferentes, e então adotarem diferentes pesos. É necessário, então, estabelecer um problema que permita que cada DMU possa adotar o conjunto de pesos

que for mais favorável, em termos comparativos com as outras unidades. Para selecionar os pesos ótimos para cada DMU, especifica-se um problema de programação matemática. Para a i -ésima DMU, tem-se:

$$\begin{aligned} & \text{MAX}_{u,v} \quad (u \cdot y_i / v \cdot x_i), \\ & \text{sujeito a :} \\ & \quad u \cdot y_j / v \cdot x_j \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n, \\ & \quad u, v \geq 0. \end{aligned} \tag{17}$$

Esta formulação envolve a obtenção de valores para u e v , de tal forma que a medida de eficiência para a i -ésima DMU seja maximizada, sujeita à restrição de que as medidas de eficiência de todas as DMUs sejam menores ou iguais a um.

Linearizando e aplicando-se a dualidade em programação linear, pode-se derivar uma forma envoltória do problema anterior. Com isso, a eficiência da i -ésima DMU, considerando-se a pressuposição de retornos constantes à escala, é dada por:

$$\begin{aligned} & \text{MIN}_{\theta, \lambda} \quad \theta, \\ & \text{sujeito a:} \\ & \quad -y_i + Y \lambda \geq 0 \\ & \quad \theta x_i - X \lambda \geq 0, \\ & \quad \lambda \geq 0, \end{aligned} \tag{18}$$

em que θ é uma escalar, cujo valor será a medida de eficiência da i -ésima DMU. Caso o valor de θ seja igual a um, a DMU será eficiente; caso contrário, será menor que um. O parâmetro λ é um vetor ($n \times 1$), cujos valores são calculados de forma a obter a solução ótima. Para uma DMU eficiente, todos os valores de λ serão zero; para uma DMU ineficiente, os valores de λ serão os pesos utilizados na combinação linear de outras DMUs eficientes, que influenciam a projeção da DMU ineficiente sobre a fronteira calculada. Isto significa que, para uma unidade ineficiente, existe pelo menos uma unidade eficiente, cujos pesos calculados fornecerão a DMU virtual da unidade ineficiente, mediante combinação linear. As unidades eficientes que, quando combinadas, fornecem a DMU virtual para a unidade ineficiente, são conhecidas como pares ou *benchmarks* daquela DMU.

O problema de programação linear com retornos constantes pode ser modificado para atender à pressuposição de retornos variáveis, adicionando-se a

restrição de convexidade $N_1 \lambda = 1$, em que N_1 é um vetor ($n \times 1$) de algarismos unitários (uns). Essa abordagem forma uma superfície convexa de planos em interseção, a qual envolve os dados de forma mais compacta do que a superfície formada pelo modelo com retornos constantes. Com isto, os valores obtidos para eficiência técnica, com a pressuposição de retornos variáveis, são maiores ou iguais aos obtidos com retornos constantes. Isso porque a medida de eficiência técnica, obtida no modelo com retornos constantes, é composta pela medida de eficiência técnica no modelo com retornos variáveis, também chamada de pura eficiência técnica, e pela medida de eficiência de escala.

Os valores de eficiência técnica, obtidos no modelo com retornos constantes, podem ser divididos em dois componentes – um devido à ineficiência de escala e outro devido à pura ineficiência técnica. Para separar essas medidas, realiza-se o procedimento, conduzindo ambos, retornos constantes e variáveis, ao mesmo conjunto de dados. Se existir uma diferença nos valores de eficiência técnica para uma DMU qualquer, isto indica que esta DMU tem ineficiência de escala, que pode ser calculada pela diferença entre os valores das eficiências técnicas com retornos variáveis e com retornos constantes (GOMES; BAPTISTA, 2004).

A Figura 8 ilustra uma situação que envolve um insumo e um produto. Podem-se traçar as fronteiras eficientes calculadas pela DEA, isto é, a fronteira obtida com retornos constantes (RC), e a obtida com retornos variáveis (RV), sendo esta última descrita pela linha pontilhada - composta pelos modelos de retornos não decrescentes abaixo do ponto ótimo de produção R_C (RND), do próprio ponto de retornos constantes R_C e do ponto em que a produção se dá sob retornos não crescentes (RNC). Considere-se o ponto P na Figura 8. Na pressuposição de retornos constantes, a ineficiência técnica do ponto P é dada pela distância PP_C , enquanto a ineficiência técnica é dada pela distância PP_V , com a pressuposição de retornos variáveis. A diferença entre essas duas, $P_C P_V$, fornece a ineficiência de escala. As medidas de eficiência do ponto P, em termos de razão, isto é, limitadas entre zero e um, são dadas por:

$$\begin{aligned}
 ET_{I,RC} &= AP_C / AP, \\
 ET_{I,RV} &= AP_V / AP, \\
 EE_I &= AP_C / AP_V,
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

em que o subscrito I indica modelos com orientação insumo; R_C , retornos constantes; e R_V , retornos variáveis. Como $AP_C/AP = (AP_V/AP) \times (AP_C/AP_V)$, então $ET_{I,R_C} = ET_{I,R_V} \times EE_I$, isto é, a medida de eficiência técnica com retornos constantes à escala é composta pela eficiência técnica pura e pela eficiência de escala.

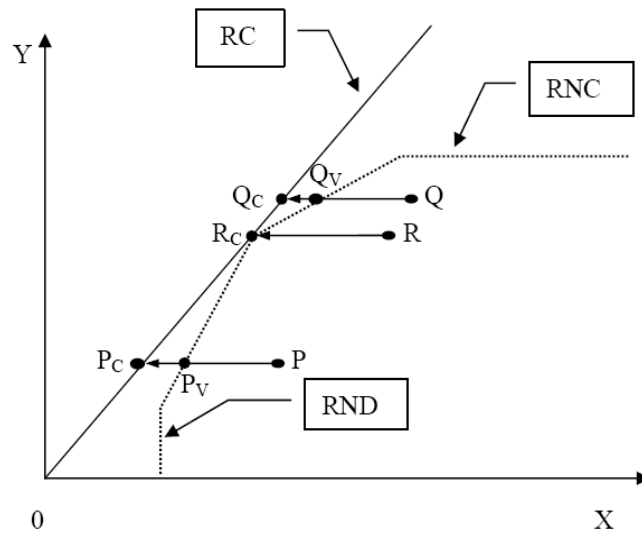


Figura 8 - Eficiência técnica e eficiência de escala.

Fonte: Gomes (2006).

Um problema dessa medida de eficiência de escala é que ela não indica se a DMU está operando na faixa de retornos crescentes ou decrescentes à escala. Sabe-se apenas que, se a medida de eficiência de escala for igual a um, a firma estará operando com retornos constantes à escala; no entanto, se for menor que um, poderão ocorrer retornos crescentes ou decrescentes. Para contornar essa situação, é necessário formular outro problema da programação, impondo a pressuposição de retornos não crescentes ou não decrescentes. Considerando-se o caso de retornos não crescentes, a formulação consiste em alterar a pressuposição de retornos variáveis no modelo DEA. Para isso, basta substituir a restrição $Ni\lambda=1$ pela restrição $Ni\lambda \leq 1$.

A fronteira obtida para o modelo com retornos não crescentes (RNC) está plotada na Figura 8. Ela é composta, inicialmente, por uma faixa da fronteira com retornos constantes, com origem em 0 até o ponto R_C , e, a partir daí, por uma faixa da fronteira de retornos variáveis. Para determinar a natureza da escala de uma DMU qualquer, basta verificar se o coeficiente de eficiência técnica no modelo com retornos

não crescentes é igual ao do modelo com retornos variáveis. Se forem diferentes, como é o caso do ponto P, então a DMU terá retornos crescentes à escala. Se forem iguais, como é o caso do ponto Q, ocorrerá uma situação de retornos decrescentes, isto é,

$$\begin{aligned}
 & - \text{ se } ET_{RNC} = ET_{RV} \Rightarrow \text{Retornos decrescentes,} & (20) \\
 & - \text{ se } ET_{RNC} \neq ET_{RV} \Rightarrow \text{Retornos crescentes.}
 \end{aligned}$$

De forma alternativa, pode-se formular um problema de programação, impondo a pressuposição de retornos não decrescentes à escala. Para isso, basta substituir a restrição $N1\lambda \leq 1$, no modelo com retornos não crescentes, pela restrição $N1\lambda \geq 1$. Assim, para identificar se a firma e/ou setor está operando com retornos crescentes ou decrescentes, basta comparar o resultado encontrado para eficiência técnica, no modelo com retornos variáveis (RV), com aquele encontrado no modelo com retornos não decrescentes (RND), ou seja,

$$\begin{aligned}
 & - \text{ se } ET_{RNC} = ET_{RV} \Rightarrow \text{Retornos crescentes,} & (21) \\
 & - \text{ se } ET_{RNC} \neq ET_{RV} \Rightarrow \text{Retornos decrescentes.}
 \end{aligned}$$

Após executar os modelos DEA, as DMUs podem ser classificadas segundo duas categorias:

1) De acordo com a pura eficiência técnica obtida no modelo pressupondo-se retornos variáveis. Nesse caso, as DMU's podem ser tecnicamente eficientes ou ineficientes. As DMU's eficientes são aquelas que estão produzindo uma quantidade compatível com o uso dos insumos; por outro lado, as ineficientes estão utilizando os insumos em excesso. Isso significa que, para se tornarem eficientes, podem-se reduzir os insumos, mantendo-se a mesma produção, ou, de modo equivalente, aumentar a produção utilizando-se os mesmos insumos.

2) De acordo com a eficiência de escala, obtida pela razão entre as medidas de eficiência técnica nos modelo com retornos constante e variáveis. Nessa categoria, as DMUs podem estar operando com retornos constantes, crescentes ou decrescentes. A produção com retornos constantes é conhecida como escala ótima, pois nesta situação a empresa estará trabalhando com o menor custo médio mínimo possível. Assim, a DMU operando com retornos crescentes está abaixo da escala ótima, necessitando expandir a

produção. Já a operação com retornos decrescentes implica uma situação acima da escala ótima, indicando necessidade de reduzir o volume produzido ou melhorar a tecnologia, ou seja, deslocar a fronteira de produção (ajustes qualitativos) (GOMES; BAPTISTA, 2004).

Assim, podem ocorrer seis situações distintas, descritas na Tabela 1. Cada situação reflete uma possível combinação de insumo e produto, conforme ilustrado na Figura 8.

Tabela 1 - Combinações possíveis de insumo e produto das DMUs nos modelos DEA pressupondo-se retornos constante e variáveis.

Tipo de retorno	Condições da DMU segunda a pura eficiência técnica	
	Eficiente	Ineficiente
Constante	<p>Esta é a melhor situação. A DMU está utilizando os recursos sem desperdícios e opera em escala ótima. O aumento da produção deve ocorrer mantendo-se a proporção de uso dos fatores.</p> <p>(Correspondente ao ponto Rc)</p>	<p>Apesar de estar operando na escala ótima, existe ineficiência técnica. Isso significa que se pode reduzir o uso dos insumos e continuar produzindo a mesma quantidade. De maneira equivalente, a produção pode crescer utilizando-se os mesmos insumos. Eliminando as ineficiências técnicas, a DMU torna-se eficiente com retornos constantes.</p> <p>(Corresponde ao ponto R)</p>
Crescente	<p>Apesar de tecnicamente eficiente, ou seja, não existem insumos utilizados em excesso, o volume de produção está abaixo da escala ótima. Isso significa que a DMU pode aumentar a produção a custos médios decrescentes. Neste sentido, o aumento da produção deve ocorrer mediante incorporação de insumos, porém mantendo-se as relações entre as quantidades de produto e insumos.</p> <p>(Correspondente ao ponto PV)</p>	<p>Nesta situação, existem dois problemas: ineficiência técnica, devido ao uso excessivo de insumos, e ineficiência de escala. Esta última ocorre pois a DMU está operando abaixo da escala ótima. Para aumentar a eficiência técnica é preciso eliminar os excessos de uso dos insumos. Por outro lado, para operar em escala ótima é necessário aumentar a produção. Em síntese, a DMU deve aumentar a produção, porém esse aumento deve ocorrer reduzindo as relações entre quantidades utilizadas de insumo e volume de produção.</p> <p>(Corresponde ao ponto P)</p>
Decrescente	<p>DMU tecnicamente eficiente, porém operando acima da escala ótima. Uma alternativa é reduzir o volume de produção da DMU, mantendo a mesma relação entre produto e insumos. Uma vez que não há ineficiência técnica, pode ser que a superutilização da planta seja vantajosa. Outra alternativa para elevar a produção seria a adoção de políticas qualitativas, ou seja, o aumento da produtividade dos fatores possibilitaria o crescimento da produção sem a necessidade de utilizar mais insumos. O fato é que, nesta situação,</p>	<p>Nesta situação, a DMU está operando acima da escala ótima e tem ineficiência técnica. É preciso corrigir os dois problemas. Para aumentar a eficiência técnica, deve-se eliminar os insumos que estão sendo utilizados em excesso, o que equivale a produzir mais utilizando os mesmos insumos. Com relação aos problemas de escala, pode-se simplesmente reduzir a produção em cada DMU ou utilizar um número maior de DMU's menores para produzir a mesma quantidade anterior. Pode-se, ainda, melhorar a tecnologia,</p>

o aumento da produção se dará a custos crescentes. (Correspondente ao ponto Qv)	aumentando a produtividade dos fatores de produção. (Correspondente ao ponto Q)
--	--

Fonte: GOMES *et al* (2006).

3.2 O problema das folgas

A forma linear da fronteira não-paramétrica utilizada nos modelos DEA pode causar algumas dificuldades na mensuração da eficiência. Este problema ocorre devido a algumas “faixas” da fronteira linear, que são paralelas aos eixos. Para melhor entender este problema, considere a figura 9, que ilustra uma situação envolvendo um produto e dois insumos. As DMU’s que estão utilizando as combinações C e D de insumos são eficientes, responsáveis pela definição da fronteira SS’. Já as DMU’s A e B são ineficientes.

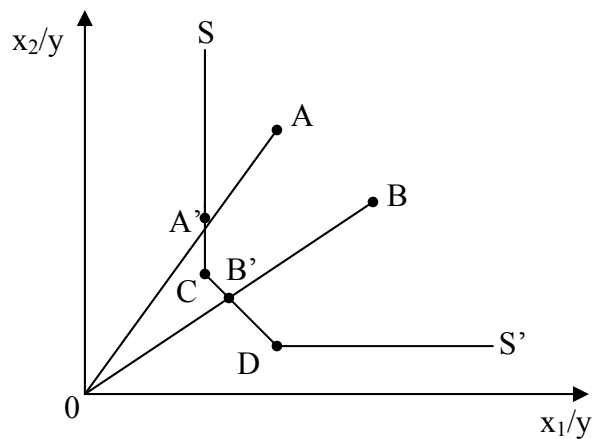


Figura 9 - O problema das folgas.

Fonte: Gomes *et al* (2006).

A medida de eficiência técnica, proposta por Farrel (1957), para a DMU A seria $0A' / 0A$. Entretanto, é questionável se o ponto A' é um ponto eficiente, uma vez que se pode reduzir a quantidade do insumo x_2 pela quantidade CA' e ainda produzir a mesma quantidade de produto. Esta situação é conhecida como folga de insumo (*input slack*). Se considerarmos uma situação envolvendo mais insumos e/ou múltiplos produtos, pode-se obter a ocorrência de um conceito relacionado, conhecido como folga de

produto (*output slack*), que é a possibilidade de aumentar a produção de um produto sem que seja necessário aumentar a utilização de um ou mais insumos

Na figura 9, a folga de insumo associada ao ponto A' é CA' do insumo x_2 . Entretanto, para casos onde existam mais insumos e produtos, a identificação de um ponto mais próximo na fronteira eficiente, tal como C, não é uma questão tão trivial. Torna-se necessário formular um segundo estágio para o problema de programação linear, baseado na solução ótima apresentada no primeiro estágio. Neste segundo estágio, obtém-se a projeção do ponto ineficiente, tal como A', para um ponto eficiente na fronteira, tal como C. Note que a medida de eficiência já foi obtida no primeiro estágio, isto é, a distância de A para A' já foi calculada. O segundo estágio do problema de programação linear é dado por:

$$\begin{aligned}
 & \text{MIN} - (M'_1 O_s + K'_1 I_s) \\
 & \text{s.a.} : -y_i + Y\lambda - O_s = 0 \\
 & \quad \theta x_i - X\lambda - I_s = 0 \\
 & \quad \lambda \geq 0, O_s \geq 0, I_s \geq 0
 \end{aligned} \tag{22}$$

em que O_s é um vetor ($m \times 1$) de folgas de produtos; I_s é um vetor ($k \times 1$) de folgas de insumos; e M_1 e K_1 são vetores de uns, com dimensões ($m \times 1$) e ($k \times 1$), respectivamente. Uma vez obtidas as folgas, pode-se projetar o ponto ineficiente da i -ésima DMU para a fronteira eficiente da seguinte forma:

$$y_i^* = y_i + O_s \tag{23}$$

$$x_i^* = \theta_i - I_s \tag{24.1}$$

em que o asterisco indica o ponto projetado. A diferença entre esse ponto na fronteira eficiente e a atual utilização de insumos indica as reduções possíveis na utilização dos insumos, sem afetar o nível de produção. Descrições mais detalhadas da metodologia DEA podem ser encontradas em diversos livros textos como, por exemplo, Coelli et al. (1998), Lins e Meza (2000), Cooper et al. (2000), Charnes et al. (1994) e Färe et al. (1994).

3.3 Análise por meio de benchmarking

Benchmarking é o processo sistemático em que se procura as melhores práticas, idéias inovadoras e procedimentos operacionais efetivos que levem a um desempenho superior (COUTTOLENC 2004). A aplicação dessa técnica consiste em identificar as firmas com melhor desempenho em cada área do processo produtivo em uma indústria ou mesmo fora dela e basear-se nela em relação a esse procedimento específico, levando a melhorias resultantes de maior eficiência.

Sua utilização permite o entendimento do que é possível em termos de eficiência e de como alcançar níveis superiores de performance através da observação das firmas que são referência em cada setor, ou seja, aquelas que adotam as práticas operacionais mais eficientes. Como na DEA, a análise proposta pela técnica de benchmarking possui seu foco no desempenho relativo das unidades produtivas dentro da amostra que se tem em mãos.

A técnica de benchmarking realiza a comparação entre processos produtivos através da análise em separado de cada um de seus aspectos relevantes, o que a distingue dos demais procedimentos utilizados em estudos de eficiência. Como tal, não implica no cálculo de escores sintéticos de eficiência relativa que condensam em uma só medida todos os aspectos relevantes que influenciam o nível de eficiência atingido pelas firmas em questão, o que torna comum a geração de indicadores parciais que apontam para resultados muitas vezes incompatíveis.

Em razão dessas especificidades, essa metodologia, como não podia deixar de ser, apresenta vantagens e desvantagens em relação àquelas anteriormente tratadas. Um aspecto favorável à sua implementação seria a sua relativa fácil aplicação e entendimento por parte do staff operacional, o qual, em última instância, pretende-se atingir. Como ponto negativo, ressalta-se o fato de não se levar em conta os demais fatores quando se comparam unidades produtivas em relação a um aspecto específico.

3.4 Análise através dos indicadores de liquidez e rentabilidade

Utilizou-se, como passo metodológico seguinte, a análise através dos indicadores financeiros identificados junto às usinas. Tal análise apoiou-se no seguinte conceito de Assaf Neto (2003):

"A análise das demonstrações financeiras visa o estudo do desempenho econômico-financeiro de uma empresa em determinado período passado, para diagnosticar, em consequência, sua posição atual e produzir resultados que sirvam de base para a previsão de tendências futuras. O que se pretende avaliar na realidade são os reflexos que as decisões tomadas por uma empresa determinam sobre sua liquidez, estrutura patrimonial e rentabilidade" (ASSAF NETO, 2003: 97).

Os Indicadores Financeiros são uma das técnicas mais importantes de análise das empresas pelos tomadores de decisões. Este modelo de análise do desempenho econômico-financeiro das empresas, através dos indicadores, é útil para que os agentes externos possam conhecer a situação e a evolução da empresa. Já com relação aos usuários internos, estas informações podem ser usadas para a tomada de decisões, buscando eliminar os pontos fracos e aproveitar os pontos fortes, para que os objetivos da empresa sejam alcançados. Gropelli e Nikbakht (2002) ressaltam a importância dos índices:

"Uma maneira de mensurar a liquidez, o grau de endividamento e a lucratividade de uma empresa é empenhar-se na análise dos índices financeiros. Essa análise pode servir como uma base para o planejamento financeiro e fornecer um instrumento para monitorar o desempenho"(GROPPELLI e NIKBAKHT, 2002: 408).

Além disso, outro conceito importante que auxiliou a pesquisa é de Silva (1999), que indicou como medida relativa de grandeza, que o índice deve permitir:

"Inicialmente, que compreendamos seu significado que é o ponto de partida para podemos analisar a relação das partes das demonstrações financeiras que ele apresenta; que possamos comparar sua evolução histórica numa mesma empresa, a partir da observação de seu comportamento ano a ano; que numa mesma época ou momento, possamos comparar o índice de uma empresa em particular com o mesmo índice relativo a outras empresas de mesma atividade, porte e região geográfica, para sabermos como está a empresa em relação às suas principais concorrentes ou mesmo em relação aos padrões do seu segmento de atuação" (SILVA, 1999: 228).

As demonstrações utilizadas, Balanço Patrimonial e a Demonstração do Resultado do Exercício de usinas de cana-de-açúcar do estado de São Paulo, objeto de estudo desta pesquisa, referente à safra de 2006/07, foram identificados mediante consulta junto ao site da empresa e também por meio da Gazeta Mercantil. As análises foram efetuadas mediante a aplicação dos seguintes grupos de indicadores:

- Indicadores de Liquidez; e
- Indicadores de Rentabilidade.

3.5 Dados e modelos utilizados

Os dados coletados para esta pesquisa, de caráter quantitativo, referem-se à safra 2006/2007. aforam levantadas informações sobre a produção e a utilização de fatores de produção de dezessete firmas do estado de São Paulo. Este período foi escolhido pela maior disponibilidade de dados no que concerne o número de usinas de cana-de-açúcar.

Com a finalidade de alcançar o objetivo deste trabalho, ou seja, comparar as medidas de eficiência de usinas beneficiadoras de cana-de-açúcar paulistas, realizou-se o levantamento de dados contábeis do balanço de pagamentos de beneficiadoras de cana-de-açúcar publicadas e disponíveis no Anuário da Gazeta Mercantil de 2008.

Também se utilizou como referência a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA), o site da PROCANA, da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento (MAPA), além dos sites das usinas de cana-de-açúcar do estado de São Paulo utilizadas nesta pesquisa.

Os modelos escolhidos para a análise dos dados têm as seguintes características:

- 1) **Retornos Constantes de escala (CCR) e Retornos variáveis de escala (BCC):** a utilização destes modelos permite a obtenção da medida de eficiência de escala.
- 2) **Orientação a insumo:** optou-se por um modelo DEA com base na minimização dos gastos, uma vez que se considera que o produto obtido por meio do beneficiamento da cana-de-açúcar seja máximo. É dito “orientado no sentido dos *insumos*” (*input oriented*).
- 3) **Variáveis utilizadas:** para determinar a eficiência produtiva das usinas beneficiadoras de cana-de-açúcar selecionadas, o estudo utilizou como insumo o estoque, o investimento no imobilizado e os salários. Como produto, utilizou-se a receita bruta das vendas de açúcar e álcool destas usinas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Descrição da amostra

O presente estudo engloba 16 empresas de cana-de-açúcar do estado de São Paulo. Entre elas há vários fatores que as diferenciam, como o faturamento advindo das vendas, os gastos com salários dos empregados, com os investimentos realizados no imobilizado e com o estoque - que variam conforme o planejamento. As diferentes combinações destas variáveis ajudam a determinar o tamanho das usinas, bem como suas eficiências - técnica e de escala -, a faixa de produção em que atuam e a produtividade de cada um dos insumos. Na Tabela 2 estão resumidos os valores máximos e mínimos de cada variável, além da média apresentada pelas unidades selecionadas do setor canavieiro na safra de 2006/07 com o respectivo coeficiente de variação.

Tabela 2 - Descrição dos valores da amostra - em milhares de Reais - obtidos na safra 2006/07.

Variáveis	Máxima	Mínimo	Média	Coef. Variação %
Receita	3.902.875,00	4.250,00	610.529,33	158,67
Estoque	503.350,00	4.087,00	107.756,66	117,29
Inv. Imobilizado	2.013.137,00	9.948,00	372.078,21	129,10
Salários	63.273,00	351,00	9.737,57	153,98
Produtividades				
Estoque	7,80	1,04	5,67	35,47
Inv. Imobilizado	4,92	0,22	1,64	85,97
Salários	128,61	12,11	62,70	57,07

Fonte: Resultados da pesquisa.

Por meio dos coeficientes de variação, percebe-se que há grande heterogeneidade entre os elementos da amostra. Por consequência, as produtividades parciais apresentam valores muito distintos, já que podem ocorrer diversas combinações dos insumos com a receita, gerando resultados diferentes.

A grande diferença entre os valores apresentados pelas usinas não quer dizer que haverá discrepância entre as eficientes e as ineficientes, pois não é o maior valor das variáveis ou das suas produtividades que irá determinar o grau de eficiência. Isto decorre da melhor relação entre os insumos e o produto e a determinação do nível adequado de produção. Além disso, a utilização de insumos de maneira ótima proporcionará um custo médio menor de produção.

As Figuras 10, 11 e 12 mostram a dispersão das produtividades de cada um dos insumos. Nelas, se observa que as empresas podem apresentar uma alta produtividade em determinado insumo e uma baixa produtividade em outros.

Os valores foram calculados por meio de uma *proxy*, obtidos pela razão do valor da receita de vendas pelo valor gasto em cada insumo utilizado, o que fornece a unidade que estoque, investimento no imobilizado e salários geram ao se investir em cada um deles.

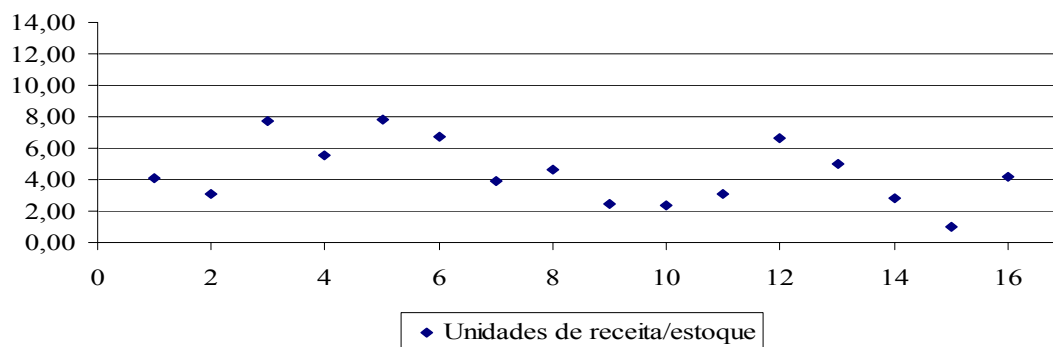


Figura 10 - Análise da produtividade das 16 usinas, considerando o estoque.

Fonte: Elaborada pelo autor.

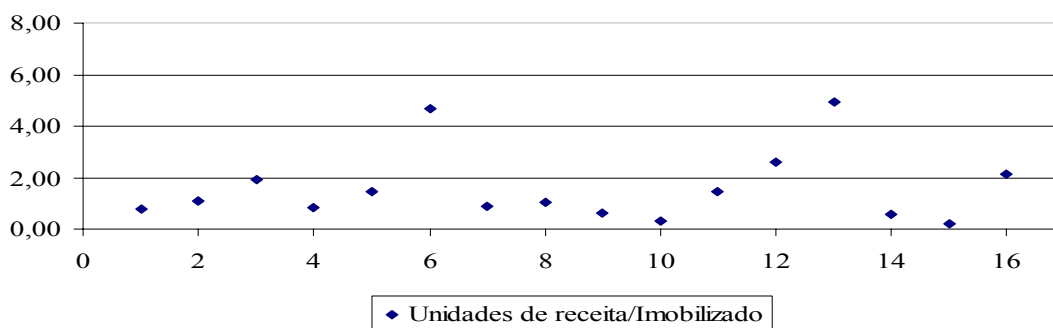


Figura 11 - Análise da produtividade das 16 usinas, considerando o investimento no imobilizado.

Fonte: Elaborada pelo autor.

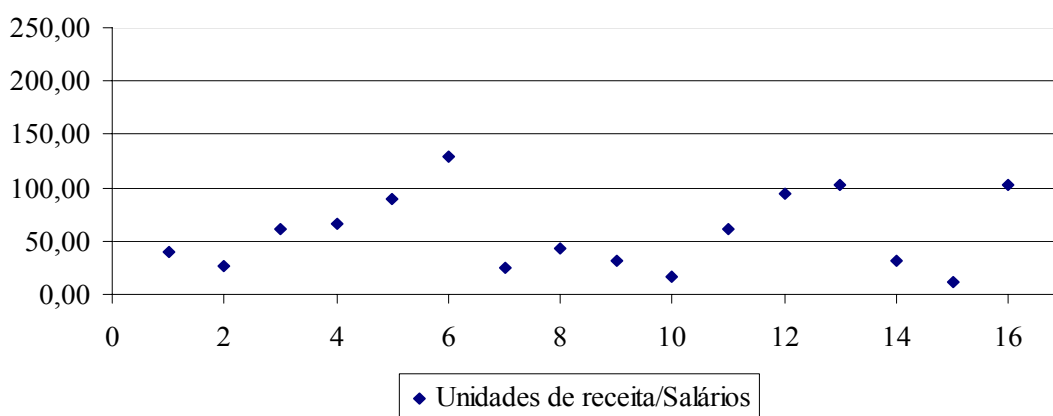


Figura 12 - Análise da produtividade das 16 usinas, considerando os salários.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A produtividade pode ser um indicador do grau de eficiência. Porém, tudo vai

depende da combinação dos insumos com o produto, além do grau tecnológico utilizado por cada usina.

4.2 Análise das medidas de eficiência, segundo os modelos de retornos constantes e retornos variáveis.

Utilizando-se os modelos DEA, foram obtidos os resultados sobre a eficiência técnica (retornos constantes e variáveis) e a eficiência de escala.

O modelo de retornos constantes à escala (CCR), que incorpora a pura eficiência técnica e a eficiência de escala, revelou que das dezesseis usinas da agroindústria, quatro apresentaram máxima eficiência. A eficiência média foi de 0,631 ou 63,1% (Tabela 3), o que equivale dizer que houve uma ineficiência média de 0,369 (1-0,631). Desta maneira, como o modelo utilizado pressupõe orientação insumo, isso significa que as empresas podem, em média, reduzir o uso dos insumos em 36,9%, sem que haja redução da produção. As usinas que alcançaram máxima eficiência técnica não podem, entretanto, diminuir a quantidade de insumos sem que o produto sofra uma contração. Entretanto, as demais podem fazê-lo, tendo como referência aquelas com eficiência técnica igual a um.

Os índices de eficiência técnica sob retornos variáveis (BCC) observados na Tabela 3 revelam que seis usinas possuem máxima eficiência. Nesse cenário, a eficiência média é de 76,4%, gerando desperdício (uso inadequado de insumos) de 23,6%. Ao comparar estes valores com os obtidos sob retornos constantes, nota-se uma superioridade da eficiência sob retornos variáveis - no primeiro modelo a eficiência apresentada foi de 63,1%. Essa diferença na eficiência entre os tipos de retornos variáveis e constantes se deve, conforme dito anteriormente, ao fato dos retornos variáveis medirem apenas a pura eficiência, ao passo que os retornos constantes resultam da eficiência tanto da eficiência técnica quanto da escala de produção, ou seja, englobam retornos variáveis e a eficiência de escala. Portanto, se sob retornos constantes a ineficiência foi de 36,9% e sob retornos variáveis foi de 23,6%, essa diferença é decorrente da ineficiência de escala incorporada quando se considera os retornos constantes.

Tabela 3 – Medidas de eficiência técnica e de escala das usinas de cana-de-açúcar selecionadas do estado de São Paulo na safra 2006/07.

DMU	Ef. Técnica - Retornos constantes	Ef. Técnica - Retornos variáveis	Ef. Escala
A	0,524	0,547	0,957
B	0,419	0,437	0,958
C	1,000	1,000	1,000
D	0,721	0,813	0,886
E	1,000	1,000	1,000
F	1,000	1,000	1,000
G	0,499	0,596	0,838
H	0,597	0,607	0,983
I	0,326	0,346	0,942
J	0,309	0,601	0,514
K	0,472	0,486	0,971
L	0,936	0,981	0,954
M	1,000	1,000	1,000
N	0,365	1,000	0,365
O	0,136	1,000	0,136
P	0,802	0,806	0,995
Média	0,631	0,764	0,844

Fonte: Resultados da pesquisa.

Ainda de acordo com a Tabela 3, nota-se que a eficiência média de escala é de 84,4%, o que mostra que as empresas teriam uma economia de insumos de 15,6% se estivessem operando na escala ótima, ou seja, obteriam a mesma quantidade de produto gastando 15,6% menos. O fato de este valor ser superior ao apresentado pela eficiência pura deixa claro que o principal problema a ser enfrentado pelos usineiros paulistas selecionados é a busca pela melhor utilização dos insumos, de maneira que sua maior produtividade contribua para uma elevação dos ganhos, mantendo os custos constantes, ou para a manutenção do produto reduzindo os custos. Como este trabalho tem como foco a orientação insumo, a última opção será a que estará em pauta.

A Figura 13 resume o desempenho das empresas em intervalos, segundo o tipo de eficiência. Nela, é possível perceber um maior grau de ineficiência sob retornos constantes, observado pela maior quantidade de empresas que se encontram nos estratos de eficiência mais baixos, em virtude deste modelo agregar deficiências técnicas e de escala. Ainda assim, quatro empresas mostraram-se eficientes.

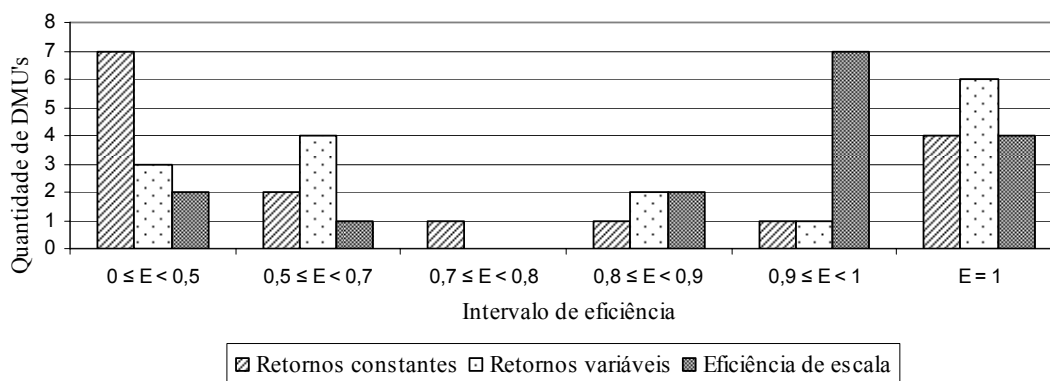


Figura 13 - Quantificação das usinas de acordo com os intervalos de eficiência técnica e de escala.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Já o modelo que considera retornos variáveis apresentou seis usinas eficientes. Como visto anteriormente, uma condição para que se apresente máxima eficiência técnica, com retornos constantes à escala, é que esta, quando se considera retornos variáveis, seja também máxima. Isto significa que, das seis empresas com eficiência técnica igual a um, no modelo com retornos variáveis, quatro são igualmente eficientes, no modelo com retornos constantes.

Por sua vez, a eficiência de escala apresentou quatro empresas eficientes em relação ao modelo de retornos variáveis, mas outras sete DMU's se aproximaram da máxima eficiência. Assim, a eficiência mostrou-se superior sob o aspecto da escala, o que caracteriza o uso adequado dos insumos como o maior entrave ao desempenho das 16 usinas pesquisadas.

Para detectar se as ineficiências de escala são devidas ao fato de o produtor operar na faixa de retornos crescentes ou na faixa de retornos decrescentes, foi elaborada a Tabela 4. Com isso, foi possível distribuir as usinas da amostra segundo o tipo de retorno e o grau de pura eficiência técnica.

Por meio da análise da distribuição das DMUS's eficientes e ineficientes de acordo com o tipo de retorno, pode-se concluir que doze empresas situaram-se na faixa de retornos crescentes - podendo desta forma, aumentar a produção a custos médios decrescentes. Dentre elas, dez tiveram problemas na alocação de seus recursos. Nenhuma operou na faixa de retornos decrescentes, ou seja, com custos médios crescentes.

Tabela 4 - Distribuição das usinas segundo o tipo de retorno de escala e o grau de pura eficiência técnica.

Tipo de retorno	Eficientes	Ineficientes	Total
Crescente	2	10	12
Constante	4	0	4
Decrescente	0	0	0
Total	6	10	16

Fonte: Resultados da pesquisa.

Dos 16 beneficiadores de cana-de-açúcar selecionados do estado de São Paulo, quatro foram classificados, segundo a metodologia DEA, como eficientes tecnicamente e em escala, operando no ponto Rc da Figura 8¹.

Tabela 5 – Detecção do principal problema das usinas por meio da observação da eficiência pura e de escala.

DMU	Condição ²	Retorno de escala	Problema maior	Ponto na Figura 8
A	Ineficiente	Crescente	Eficiência	P
B	Ineficiente	Crescente	Eficiência	P
C	Eficiente	Constante	Não tem	Rc
D	Ineficiente	Crescente	Eficiência	P
E	Eficiente	Constante	Não tem	Rc
F	Eficiente	Constante	Não tem	Rc
G	Ineficiente	Crescente	Eficiência	P
H	Ineficiente	Crescente	Eficiência	P
I	Ineficiente	Crescente	Eficiência	P
J	Ineficiente	Crescente	Escala	P
K	Ineficiente	Crescente	Eficiência	P
L	Ineficiente	Crescente	Escala	P
M	Eficiente	Constante	Não tem	Rc
N	Eficiente	Crescente	Escala	Pv
O	Eficiente	Crescente	Escala	Pv
P	Ineficiente	Crescente	Eficiência	P

Fonte: Resultados da pesquisa.

Isso significa que essas usinas, comparadas às demais consideradas nesta pesquisa, maximizam a produção com a menor proporção de insumos - são tecnicamente eficientes - e ainda utilizam o nível ideal de insumos relacionado ao nível

¹ A Figura 8, apresentada no tópico 3.1 da metodologia, página 37, permite visualizar as seis opções possíveis de uma DMU, ou seja, a combinação de eficiência com escala.

² Esta condição de eficiência refere-se ao modelo de retornos variáveis - BCC.

de produto - eficiência de escala -, ou seja, não podem aumentar sua eficiência alterando o nível utilizado dos insumos de produção.

A Tabela 5 também resume o principal problema que a beneficiadora de cana-de-açúcar enfrenta. Este problema pode ser de eficiência ou de escala. Caso a usina seja eficiente somente em escala, seu único problema será a relação dos insumos com o produto. Caso seja eficiente apenas tecnicamente, ela deverá buscar a otimização da escala produtiva. Sendo eficiente pura e em escala, ela não terá qualquer tipo de problema. Desta maneira, conclui-se que a firma se encontra no ponto Rc, não tendo como elevar sua eficiência por meio da mudança na quantidade de insumos.

Para que se interprete corretamente os dados obtidos da Tabela 5, é preciso lembrar que, do ponto de vista da empresa, o tipo de retorno que indica uma escala ótima de produção é chamado de retornos constantes. Essa é a escala ótima de operação. Retornos de escala crescentes indicam que a expansão da produção se dará a custos médios decrescentes. Já retornos decrescentes indicam que o acréscimo produtivo ocorrerá a custos médios cada vez maiores.

Desta forma, pode-se observar que existem seis DMU's tecnicamente eficientes, dentre as quais duas apresentam problemas de escala. Estas usinas com escala incorreta têm retornos crescentes, operando no ponto Pv da Figura 8. As demais têm retornos constantes e operam no ponto Rc, onde a relação dos insumos com o produto é a melhor possível.

Existem dez usinas que apresentam, além da ineficiência técnica, retornos crescentes de escala, operando no ponto P da Figura 8. A ineficiência de escala ocorre pois os setores estão operando abaixo da escala ótima.

De forma geral, o que se pode inferir após analisar a Tabela 5 é que a principal preocupação das usinas beneficiadoras de cana-de-açúcar selecionadas de São Paulo deve ser a alocação adequada dos recursos, de forma a evitar desperdícios. Tal afirmação é ratificada pelo fato da eficiência pura média ser de 76,4%, o que significa dizer que os recursos não estão sendo utilizados da melhor maneira, já que a amplitude na qual o setor pode ter sua pura eficiência melhorada é de 23,6%, sem gerar custos extras. Já a escala de produção apresenta 84,4% de eficiência média, ou seja, há 15,6%, em média, a ser incrementado na escala para que se alcance o ponto ótimo de produção, que proporcionará retornos constantes de produção.

A Tabela 6 é uma combinação das Tabelas 4 e 5. Nela percebe-se que as DMU's N e O apresentam retornos variáveis, ou seja, embora eficientes do ponto de vista de uso

dos insumos, possuem problemas de escala. Por sua vez, as usinas C, E, F e M estão na fronteira eficiente de retornos constantes.

Tabela 6 – Distribuição das fábricas segundo o tipo de retorno à escala e o grau de pura eficiência técnica.

Tipo de retorno	Condição de pura eficiência técnica	
	Eficientes	Ineficientes
Crescente	N, O	A, B, D, G, H, I, J, K, L, P
Constante	C, E, F, M	-
Decrescente	-	-

Fonte: Resultados da pesquisa.

Com o intuito de aumentar a eficiência técnica, algumas recomendações podem ser feitas (Tabela 7). Deve-se ressaltar que uma boa recomendação considera as características particulares de cada firma, bem como dos *benchmarks* de cada unidade ineficiente.

Tabela 7 - Recomendação técnica para as usinas aumentarem a eficiência.

DMU	Recomendação
C, E, F, M	Esta é a melhor situação, pois as usinas não apresentam nenhum problema. Estão utilizando os recursos sem desperdícios e operam em escala ótima. Caso resolvam aumentar a produção, este aumento deve ocorrer mantendo-se a proporção de uso dos fatores.
N, O	Apesar de tecnicamente eficiente, ou seja, não existem insumos utilizados em excesso, o volume de produção está abaixo da escala ótima. Provavelmente a empresa está operando com capacidade ociosa. Isso significa que pode aumentar a produção a custos médios decrescentes. Nesse sentido, o aumento da produção deve ocorrer mediante incorporação de insumos, porém mantendo-se as relações entre as quantidades de produto e insumos.
A, B, D, G, H, I, J, K, L, P	Nesta situação, existem dois problemas: ineficiência técnica, devido ao uso excessivo de insumos, e ineficiência de escala. Esta última ocorre pois a usina está operando abaixo da escala ótima. Para aumentar a eficiência técnica é preciso eliminar os excessos no uso nos insumos. Por outro lado, para operar em escala ótima é necessário aumentar o volume de produção. Em síntese, a firma deve aumentar a produção, porém esse aumento deve ocorrer reduzindo as relações entre quantidades utilizadas de insumo e o volume de produção, ou seja, eliminando os excessos.

Fonte: Adaptado de Gomes e Felipe (2009).

Em suma, para as usinas que possuem algum grau de pura ineficiência técnica é recomendável a eliminação desses excessos, através da observação de seus *benchmarks*, pois elas só foram consideradas ineficientes porque existe pelo menos outra firma com características semelhantes que produz gastando relativamente menos. Quanto aos problemas de escala, é preciso verificar em qual ponto da função de produção a firma se encontra.

4.3 Análise das empresas separadas em grupos: eficientes e ineficientes.

Neste item serão apresentados os resultados conforme a pura eficiência técnica. Para tal, utilizou-se o modelo DEA pressupondo-se retornos variáveis à escala por meio da adição de uma restrição de convexidade. Para evidenciar as diferenças, as empresas foram separadas em dois grupos: um grupo, denominado “eficientes”, composto pelas empresas que alcançaram medida de pura eficiência técnica máxima, ou seja, igual a 1. Este grupo é composto por seis empresas. Outro grupo, denominado “ineficientes”, composto pelas empresas que apresentaram algum grau de pura ineficiência técnica, ou seja, medida de eficiência menor que 1. Este grupo é composto por 10 empresas.

Na Tabela 8 encontram-se os valores médios dos insumos e do produto utilizados pelas usinas, separadas em grupos segundo a medida de pura eficiência técnica.

Tabela 8 - Produto e insumos utilizados pelas usinas de cana-de-açúcar, separadas em grupos segundo a pura eficiência técnica – valores em milhares de reais.

Variável	Eficientes	Ineficientes	Diferença % (Efic/Inef)
Receita	6.362.369,00	3.406.100,34	86,79%
Estoque	858.263,00	865.843,62	-0,88%
Imobilizado	3.014.345,00	2.938.906,32	2,57%
Salários	86.271,00	69.530,19	24,08%

Fonte: Dados da pesquisa.

Analisando a Tabela 8, percebe-se inicialmente que a receita, advinda das atividades relacionadas ao beneficiamento da cana-de-açúcar das usinas consideradas eficientes tecnicamente sob retornos variáveis, é 86,79% maior à apresentada pelas ineficientes. Esta melhor alocação dos recursos se verifica, pois, mesmo com receita bem superior, o grupo eficiente utiliza quantidade de insumos apenas 2,2% maior do

que o grupo ineficiente. Este dado não surpreende, pois este último não aloca seus recursos de maneira ótima, de maneira que ocorram mais gastos do que o necessário.

As usinas eficientes tecnicamente não conseguem aumentar o faturamento (com aquela quantidade de insumos), pois já operam com alocação ótima de recursos. Por sua vez, nas que tiveram problemas de pura eficiência a alocação dos insumos foi apenas 62,2% eficiente em média.

A maneira com que as usinas utilizam seus insumos pode ser observada na Tabela 9. Nela estão expressas as produtividades parciais médias de cada uma das variáveis explicativas do modelo, separadas em grupos de eficientes e ineficientes. Vale lembrar que estes valores foram calculados por meio de uma *proxy*, obtidos pela razão do valor da receita de vendas pelo valor gasto em cada insumo utilizado, o que fornece a unidade que estoque, investimento no imobilizado e salários geram ao se investir em cada um deles. Estas produtividades não implicam necessariamente em eficiência. Esta depende de outros fatores, como o tamanho da usina, o nível tecnológico empregado, que determina a relação adequada dos fatores produtivos, além do nível de produção em que ela opera.

Tabela 9 – Produtividades parciais médias das variáveis segundo a eficiência - medidas em unidades.

Produtividades	Eficientes	Ineficientes	Diferença %
Estoque	7,41	3,93	88,44%
Inv. Imobilizado	2,11	1,16	82,12%
Salários	73,75	48,99	50,55%

Fonte: Dados da pesquisa.

Comparando os valores das usinas dos dois grupos, é notória a diferença entre as produtividades. As produtividades médias são maiores no grupo eficiente, pois estas auferem maior receita com a utilização adequada dos recursos, o que consome relativamente menos insumos e, assim, gera menores gastos.

Caracterizada a amostra, pode-se calcular alguns indicadores de desempenho da atividade canvieira paulista, comparando as empresas separadamente em grupos segundo a pura eficiência (Tabela 10).

Tabela 10 - Indicadores de desempenho econômico, segundo a eficiência.

Indicadores	Eficientes	Ineficientes
Liquidez Corrente	2,06	1,66
Liquidez Geral	0,69	0,66
Margem Líquida	9,53%	9,22%
Ret. sobre o Ativo	6,31%	5,00%
Retorno sobre o PL	21,33%	11,61%
Giro do Ativo	0,66	0,54

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 10 evidencia a situação econômica e financeira das 16 usinas paulistas do presente estudo, separando-as em grupos de eficientes e ineficientes. A situação econômica destas empresas é demonstrada pelo giro do ativo, margem líquida, rentabilidade do ativo e retorno sobre o patrimônio líquido. Já a situação financeira é representada, nesse caso, pelos indicadores de liquidez.

Os índices financeiros apresentam-se em perspectivas distintas da capacidade de solvência das empresas. No que concerne à liquidez corrente, constata-se que todas as usinas - tanto eficientes quanto ineficientes - estão aptas a honrarem seus compromissos mais imediatos. Esse valor é reflexo da relação ativo circulante/passivo circulante, tanto nas DMU's eficientes quanto nas ineficientes.

Por sua vez, a liquidez geral demonstra um resultado não satisfatório, já que seus valores médios apresentaram-se inferiores a 1. As beneficiadoras de cana-de-açúcar estudadas podem não conseguir saldar seus compromissos, seja no curto ou no longo prazo, pressupondo a emergência de uma situação de solvência.

Ao analisar separadamente os índices de rentabilidade, é possível notar que a margem líquida, que representa o ganho advindo das receitas das atividades em relação ao lucro, obteve uma rentabilidade alcançada pelas usinas eficientes de 9,53%, ante uma performance das ineficientes de 9,22%. Isso pode ser observado analisando a mecânica de cálculo deste índice, que é basicamente a razão entre o lucro líquido e as vendas líquidas. Ou seja, as ineficientes têm um lucro menor com as vendas do que as eficientes. A rentabilidade maior deste último grupo pode ser explicada, dentre outros fatores, por apresentar o custo do produto vendido inferior ao das usinas ineficientes tecnicamente, uma vez que elas utilizam os recursos da melhor maneira possível, o que gera menores gastos com estoques, imobilizado e salários. Para se ter certeza disso se faria necessário analisar a estrutura das empresas.

Em relação à evolução do retorno sobre os investimentos realizados na produção, mais especificamente os ativos, verificam-se índices positivos tanto nas empresas eficientes quanto ineficientes. O grupo ineficiente apresenta um ganho médio de 5%, ao passo que o grupo eficiente atingiu um grau de 6,31%.

Nos mesmos moldes, a rentabilidade sobre o patrimônio líquido apresentou os maiores valores observados entre os indicadores. Notou-se melhor desenvoltura do grupo eficiente, de aproximadamente 21,33% de ganhos sobre o patrimônio líquido, muito superior aos 11,61% do grupo ineficiente.

Por fim, no giro do ativo, os valores apresentados pelas firmas eficientes são superiores aos das ineficientes. Em média a cada R\$ 1,00 investido, o grupo que aloca seus insumos da melhor forma vendeu R\$ 0,66, contra R\$ 0,54 vendido por real investido por usinas de cana-de-açúcar ineficientes na safra 2006/07.

O que se nota analisando os indicadores de desempenho é, em média, a superioridade do resultado apresentado pelas usinas eficientes sobre os valores apresentados pelas empresas ineficientes. Isso decorre do uso dos insumos em proporções ótimas no processo produtivo no grupo eficiente, o que evita gastos com insumos superiores ao necessário e, desta forma, permite a este grupo auferir maior rentabilidade de seus fatores.

4.4 Análise das empresas segundo o tipo de retorno à escala.

Neste item se dará ênfase à eficiência de escala. Esta, conforme mencionado anteriormente, resulta do coeficiente da eficiência técnica com retornos constantes sobre a eficiência técnica com retornos variáveis. Vale salientar que valores iguais a um indicam melhor desempenho e quanto mais próximo de zero maior o grau de ineficiência.

A ineficiência de uma empresa pode ser tanto técnica como de escala. No último caso, ela pode ocorrer devido à usina beneficiadora de cana-de-açúcar operar abaixo da escala ótima (retornos crescentes) ou acima da escala ótima (retornos decrescentes). Se estiver abaixo da escala ótima, ela pode aumentar a produção a custos médios decrescentes, ou seja, ocorrerá economia de escala. Por outro lado, se estiver acima da escala ótima, o aumento na produção ocorrerá a custos médios crescentes, ou seja, haverá deseconomia de escala.

Em média, as empresas que estão operando abaixo da escala ótima possuem uma receita de R\$ 3,4 bilhões, conforme mostra a Tabela 11. Já os gastos provenientes dos insumos totalizaram mais de R\$ 3,93 bilhões, ou seja, o retorno foi inferior ao investimento em mais de R\$ 500 milhões no conjunto das doze usinas que se situam nessa faixa de retorno. Uma possível explicação para esse resultado negativo talvez seja, além da alocação inadequada dos insumos - situação de dez empresas -, o fato dessa faixa de retorno ter pior eficiência de escala, de apenas 79,16%. Encontram-se nessa situação 75% da amostra.

Tabela 11 – Média do produto e dos insumos segundo o tipo de retorno à escala - em mil reais.

Especificação	Tipo de retorno		Diferença % (Cresc/Const)
	Crescente	Constante	
Receita	3.425.771,34	6.342.698,00	-45,99%
Estoque	875.364,62	848.742,00	3,14%
Imobilizado	2.986.232,32	2.967.019,00	0,65%
Salários	70.359,19	85.442,00	-17,65%

Fonte: Dados da pesquisa.

Do ponto de vista da escala ótima de produção, o volume de receita foi de cerca de R\$ 6,3 bilhões. Já os custos com insumos totalizaram R\$ 3,90 bilhões. Assim, a produção ótima de escala, aliada à alocação adequada dos insumos (100% de eficiência), permitiu que a receita suplantasse os custos mensurados na pesquisa em cerca de R\$ 2,44 bilhões no total das quatro usinas (25% da amostra) que se situam nessa faixa de produção. Obviamente, a escala ótima de produção difere para cada empresa, em virtude de sua configuração particular de insumos e produtos. Assim, esses dados devem ser interpretados com cautela.

A diferença na alocação dos insumos pode ser vista na Tabela 12. Nela estão expressas as produtividades médias de cada uma das variáveis explicativas do modelo, separadas de acordo com o tipo de retorno à escala. Comparando seus valores, percebe-se a diferença entre as produtividades destes grupos. As usinas que atuam na faixa de retornos constantes têm grande vantagem na forma com que relacionam os insumos ao produto, o que corrobora a vantagem de se atuar no ponto ótimo.

Tabela 12 – Produtividades parciais de acordo com o tipo de retorno - medidas em unidades.

Produtividades	Tipo de retorno		Diferença % (Const/Cresc)
	Crescente	Constante	
Estoque	3,91	7,47	-47,63%
Imobilizado	1,15	2,14	-46,34%
Salários	48,69	74,23	-34,41%

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 13 mostra os indicadores de desempenho conforme o tipo de retorno. Dos seis índices apresentados, cinco revelaram-se mais vantajosos para o grupo que atua na faixa de retornos constantes, ao passo que o grupo que trabalha com retornos crescentes obteve resultado ligeiramente superior somente no indicador de margem líquida.

No que tange aos retornos constantes e aos retornos variáveis de escala, percebe-se que as firmas que atuam abaixo do ponto ideal têm maior margem líquida, ou seja, o percentual de lucro sobre as vendas líquidas deste grupo é 0,04% maior do que o grupo que atua no ponto de custo médio mínimo.

Tabela 13 - Indicadores de desempenho econômico, de acordo com o tipo de retorno, antes da incidência dos tributos.

Especificação	Tipo de retorno		Diferença % (Const/Cresc)
	Crescente	Constante	
Liquidez Corrente	1,650	2,073	25,66%
Liquidez Geral	0,662	0,692	4,46%
Margem Líquida	9,45%	9,41%	-0,40%
Ret. sobre o Ativo	5,10%	6,25%	22,66%
Ret. sobre o PL	11,80%	21,29%	80,51%
Giro do Ativo	0,539	0,664	23,16%

Fonte: Dados da pesquisa.

Apesar disso, os demais indicadores corroboram a teoria de que trabalhar na escala ótima é mais vantajoso. Nesta situação, as usinas têm maior capacidade de honrar seus compromissos de curto e logo prazos, além de propiciarem maiores lucros com relação aos investimentos totais, maior prêmio aos acionistas da empresa e maior quantidade de vendas com relação aos investimentos. Assim, é mais vantajoso atuar no ponto de retornos constantes, haja vista que nesta situação a produção ocorre com custos médios mínimos, se tornando mais rentável às usinas pesquisadas.

4.5 Análise de benchmarking e projeção das firmas ineficientes na fronteira eficiente

Segundo Spendolini (1994), *benchmarking* é um processo contínuo e sistemático para avaliar produtos, serviços e processos de trabalho de organizações que são reconhecidas como representantes das melhores práticas, com a finalidade de melhoria organizacional. O *benchmarking* trata-se de um conjunto de práticas que visa atingir metas quantitativas ou mensuráveis a partir de dados coletados das empresas que apresentam as melhores práticas de uma determinada atividade, neste caso, o setor da cana-de-açúcar..

A capacidade de quantificar pode ser usada para apoiar as atividades e as decisões gerenciais. Desta maneira, sendo possível a identificação das firmas que conseguem os melhores resultados, aquelas que não obtiveram tamanha eficiência têm um parâmetro de melhoria, levando em consideração empresas de portes semelhantes.

Na Tabela 14, há a relação das usinas e seus respectivos *benchmarks*. As eficientes não sofrem influência de nenhuma outra, que não ela própria, pois não têm como melhorar a relação com que alocam seus recursos. As que não utilizaram adequadamente seus insumos, independente de terem escala ótima, sofrem influência de algumas DMU's eficientes, de modo a melhorarem sua eficiência.

Tabela 14 – Tabela de Benchmarking das usinas de cana-de-açúcar.

Firma	Benchmarks
A	E (38,5%), M (16,5%), N (45%)
B	C (5,3%), F (4,7%), M (90%)
C	C (100%)
D	E (16,5%), M (12,1%), N (71,7%)
E	E (100%)
F	F (100%)
G	E (10,3%), M (40,7%), N (49%)
H	C (8,6%), E (30,2%), M (61,2%)
I	C (0,3%), E (16,9%), F (0,3%), M (82,5%)
J	E (1,4%), N (98,6%)
K	F (19,8%), M (80,2%)
L	C (1,4%), E (6,7%), F (8,2%), M (873,6%)
M	M (100%)
N	N (100%)
O	O (100%)
P	F (62,3%), M (37,7%)

Fonte: Dados da pesquisa.

Como se pode verificar, apenas seis empresas são tecnicamente eficientes, o que equivale a 33% da amostra. As usinas beneficiadoras de cana que são referência às demais são puramente eficientes. Assim, quanto mais uma DMU é exemplo para outras, mais vezes ela é citada na Tabela 14. De posse desses dados, após identificar as empresas que alocam seus insumos da melhor maneira, aquelas que não obtiveram êxito num primeiro momento podem buscar corrigir suas falhas e alterar as relações de seus insumos com o produto, de forma a se tornarem eficientes, com base naquelas que são seus benchmarks.

Os valores entre parênteses são os valores dos *lambdas*, que resumem o grau de influência de cada *benchmark*. Eles fornecem a combinação linear para a empresa ineficiente se tornar eficiente.

Tomando a DMU K como exemplo, nota-se sua ineficiência, uma vez que ela tem outras firmas como referência produtiva. Nessa situação, trata-se das DMU's F e M. A DMU M exerce maior influência (80,2%) na determinação da DMU virtual que será considerada eficiente após a projeção na fronteira.

Desta maneira, o valor com que os *benchmarks* daquela firma ineficiente influenciam na sua determinação resulta da multiplicação dos gastos delas por seu *lambda*. Somando-se a quantidade revelada ideal da contribuição das unidades eficientes, chega-se aos valores que permitem que a DMU K opere sem desperdício de insumos.

O cálculo realizado para projetar a DMU K na fronteira é o seguinte³:

$$\text{Quantidade ótima da DMU K} = X_{J,K} = (X_{J,F} \times \lambda_{J,F}) + (X_{J,M} \times \lambda_{J,M})$$

Assim, utilizando os valores de cada insumo e sua influência, tem-se:

$$\text{Estoque: } (217.139 \times 0,198) + (9.798 \times 0,802) = 50.851,52$$

$$\text{Imobilizado: } (315.469 \times 0,198) + (9.948 \times 0,802) = 70.441,16$$

$$\text{Salários: } (11.410 \times 0,198) + (475 \times 0,802) = 2.641$$

Estes valores representam, assim, o quanto se deve utilizar de cada insumo produtivo para que a DMU K se torne eficiente. Vale ressaltar que o valor final calculado desta forma corresponde à soma do movimento radial e da folga. O

³ Os dados de produção das usinas estão disponíveis no anexo.

movimento radial é calculado multiplicando-se o valor original do insumo pela medida de eficiência técnica da DMU.

Considerando que a medida de eficiência técnica da DMU K é de 0,486, tem-se os seguintes movimentos radiais:

Estoque: $(105.597 \times 0,486) = 51,320,14$. Então: $(105.597 - 51,320,14) = 54.276,86$

Imobilizado: $(230.467 \times 0,486) = 112,007$. Então: $(230.467 - 112,007) = 118.460$

Salários: $(5.436 \times 0,486) = 2,641$. Então: $(5.436 - 2,641) = 2.795$

O movimento de folga é dado pela diferença entre o movimento total (feito pela combinação linear dos lambdas) e o movimento radial:

Estoque: $(105.597 - 54.276,86) - 50.851,52 = 468,6$

Imobilizado: $(230.467 - 118.460) - 70.441,16 = 41565,8$

Salários: $(5.436 - 2.795) - 2.641 = 0$

A Tabela 15 resume o valor ideal gasto com cada insumo para projetar a empresa na fronteira e o movimento radial e de folga.

Tabela 15 - Discriminação do movimento radial e de folga para projetar a DMU K na fronteira eficiente.

Insumo	Valor original	Movimento radial	Folgas	Valor projetado na fronteira	Varição (Projetado /original)
Estoque	105.597	-54.276,86	-468,6	50.851,52	-51,84%
Imobilizado	230.467	-118.460	-41565,8	70.441,16	-69,44%
Salários	5.436	-2.795	0	2.641	-51,42%

Fonte: Dados da pesquisa.

Esta tabela mostra os valores adequados de cada insumo a ser empregado na produção, de forma a auferir maior eficiência, o que proporcionaria relativamente menores custos para a obtenção da mesma receita. Uma rápida comparação destes novos gastos com os que eram praticados originalmente mostra o elevado grau de ineficiência técnica que esta firma possui, tendo em vista que os dispêndios podem ser reduzidos em até 69,44%, caso do imobilizado.

Essa variação significativa mostra que há uma grande diferença entre a alocação dos recursos das firmas eficientes para as ineficientes, o que revela grande desperdício daquelas que não estão atuando na fronteira produtiva. Isso é visto na Tabela 16.

Tabela 16 – Comparação dos valores originais x valores projetados nas firmas ineficientes – em mil reais.

Variáveis	Valor Total	Valor Projetado	Variação (Proj/total)
Estoque	1.724.106,62	1.350.035,08	-21,70%
Imobilizado	5.953.251,32	4.508.878,45	-24,26%
Salários	155.801,19	123.048,07	-21,02%

Fonte: Dados da pesquisa.

A comparação dos gastos reais com aqueles que se fariam necessários para uma produtividade maior, mantendo o produto constante, revela que as empresas ineficientes têm um desperdício médio com insumos superior a 20%. Esse valor fortalece a afirmação de que a maior dificuldade encontrada pelas usinas é a alocação correta de insumos por produto. A redução necessária para se tornarem tecnicamente eficientes pode ser vista na Tabela 17. Quanto mais ineficiente, maior será a redução dos gastos com os insumos utilizados. Por sua vez, as eficientes não alteram seus investimentos.

Tabela 17 - Redução no valor gasto com os insumos para a projeção das usinas na fronteira de produção.

DMU	Redução para se tornarem eficientes			Variação %		
	Estoque	Imobilizado	Salários	Estoque	Imobilizado	Salários
A	-41013,52	-211533,40	-5102,38	-45,27%	-45,27%	-54,58%
B	-58595,78	-166858,48	-7433,77	-56,29%	-56,29%	-63,42%
C	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%
D	-5587,86	-79290,45	-475,66	-18,70%	-39,17%	-18,70%
E	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%
F	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%
G	-12791,56	-55999,23	-3547,27	-40,38%	-40,38%	-70,42%
H	-55186,63	-239425,17	-6071,20	-39,32%	-39,32%	-40,69%
I	-57665,41	-230945,35	-4502,50	-65,39%	-65,39%	-65,39%
J	-4654,99	-60364,89	-1009,35	-39,91%	-62,42%	-62,15%
K	-54743,55	-160023,00	-2795,77	-51,84%	-69,43%	-51,43%
L	-803,46	-2048,55	-56,99	-1,92%	-1,92%	-1,92%
M	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%
N	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%
O	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%
P	-83028,78	-237884,36	-1758,25	-37,42%	-54,31%	-19,45%

Fonte: Dados da pesquisa.

Supondo que as firmas ineficientes alterem a alocação dos recursos que produzem seus bens, tomando como referência seus *benchmarks*, elas se tornarão eficientes. A Tabela 18 expressa a projeção dos indicadores de desempenho das dez usinas ineficientes na fronteira, alocando de forma ideal seus insumos na produção de cana-de-açúcar.

A alteração da quantidade usada dos insumos causou uma queda dos índices de liquidez. A capacidade de pagamento da empresa para com os credores reduziu-se, tanto no curto prazo (liquidez corrente) quanto no longo prazo (liquidez geral), em comparação aos valores iniciais apresentados pelo grupo deficiente.

Tabela 18 - Indicadores de desempenho econômico, de acordo com a eficiência, após a projeção das ineficientes na fronteira de produção.

Indicadores	Ineficientes	Ineficientes na fronteira
Liquidez Corrente	1,66	1,40
Liquidez Geral	0,66	0,56
Margem Líquida	9,22%	9,22%
Ret. sobre o Ativo	5,00%	7,29%
Retorno sobre o PL	11,61%	11,61%
Giro do Ativo	0,54	0,79

Fonte: Dados da pesquisa.

Esse acontecimento decorre diretamente da diminuição do uso dos insumos, uma vez que estes estavam sendo utilizados em excesso, tornando a relação insumo/produto inadequada. A possibilidade de honrar as dívidas caiu, o que pode ter sido causado pela queda do nível dos estoques em maior amplitude do que o encolhimento dos salários, uma vez que os estoques compõem o ativo circulante, que é o numerador destes indicadores, e os salários fazem parte do passivo circulante, denominador da liquidez corrente e geral. Outra explicação pode ser o fato de que, para obter uma alocação dos recursos mais competitiva, as usinas tiveram que investir em fatores produtivos, o que incorreu em busca de empréstimos ou de financiamentos, comprometendo, assim, sua capacidade de pagamento.

A margem líquida e o retorno sobre o patrimônio líquido mantiveram seus níveis estáveis, haja vista que as variáveis que compõem seus índices não sofreram mudanças após a projeção das unidades processadoras de cana-de-açúcar ineficientes na fronteira ótima de produção.

Quantitativamente, o potencial de geração de lucro da empresa aumentou de 5% para 7,29%, o que contribuiu para o acréscimo na lucratividade que a empresa propicia em relação aos investimentos totais. Já o giro do ativo mostra que a relação entre as vendas realizadas e os investimentos totais da empresa subiram de R\$ 0,54 vendido a cada R\$ 1 investido para o patamar de R\$ 0,79 vendido no período em análise.

De maneira geral, é possível observar que, após a projeção das empresas ineficientes na fronteira, gerando menor desperdício dos insumos, as usinas apresentaram resultados mais consistentes, principalmente no que concerne ao retorno sobre o ativo e ao giro do ativo. Estes elevaram suas médias, o que significa uma melhora nestes indicadores após considerar as ineficientes na fronteira. Ambos indicadores oscilaram devido ao menor estoque e pela contenção dos investimentos no imobilizado das empresas. Estes impactaram diretamente na queda do ativo total, que é o denominador das equações que determinam os dois medidores de desempenho. Uma vez que as vendas líquidas (numerador da equação de calcula o giro do ativo) e o lucro líquido (numerador da equação que mensura o retorno sobre o ativo) permaneceram constantes, o valor final destes indicadores apontou uma elevação em seus números.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente estudo buscou analisar a eficiência de 16 usinas beneficiadoras de cana-de-açúcar paulistas selecionadas, tanto tecnicamente quanto em escala, bem como analisá-las segundo alguns indicadores de desempenho. Para isto, utilizou-se a análise de eficiência DEA com orientação insumo.

Os principais resultados encontrados com relação à eficiência técnica foram que 37,5% das empresas alocaram seus recursos de forma ideal, ao passo que as outras 62,5% não o fizeram. Já com relação à escala, apenas 25% da amostra operou no nível adequado. Apesar disto, o principal problema encontrado pelas usinas selecionadas foi a eficiência pura, com ineficiência média de 23,6% - ante ineficiência de escala média de 15,6%. Esta ineficiência, que atinge dez observações, se não corrigida, manterá os custos médios de produção acima do custo médio mínimo, afetando negativamente a rentabilidade das empresas.

No que concerne à eficiência de escala, quatro empresas que beneficiam cana situaram-se na faixa de retornos constantes e tiveram a maior receita de vendas, aliada a menores gastos com insumos, o que contribuiu para a receita ser maior do que os custos apurados na pesquisa. Já as doze empresas que não trabalham no nível ótimo tiveram maior dispêndio com insumos do que as eficientes, mas não obtiveram retorno nas vendas, o que causou custos superiores à receita. Por seu turno, quando se trata de pura eficiência, os investimentos com estoques, imobilizado e salários são 2,2% maiores do que os observados pelos valores praticados pelas usinas que não utilizam seus insumos adequadamente, mas a receita é 86,79% maior, o que justifica os dispêndios.

Observando-se os indicadores de desempenho, percebeu-se que estes ratificam o maior retorno financeiro às firmas eficientes, fato confirmado tanto pelos indicadores de liquidez quanto de rentabilidade, em virtude de menores custos médios e de melhor relação dos insumos com o produto. A interpretação para as produtividades parciais das

variáveis do modelo se dá no mesmo sentido, ou seja, o grupo eficiente, seja tecnicamente ou em escala, apresentou valores mais consistentes do que o grupo ineficiente.

Uma forma de eliminar as perdas financeiras com gastos que excedem aqueles considerados ideais, seja por trabalhar na escala errada ou por não apresentar relação dos insumos com o produto considerada ótima, é a projeção das usinas ineficientes na fronteira. Isto reduziria significativamente os dispêndios com insumos, sem alterar o nível do produto, o que aumentaria o retorno sobre o ativo e o giro do ativo, mas em contrapartida reduziria os indicadores de liquidez corrente e geral.

A eliminação das ineficiências pode ser feita pela análise de *benchmarking*, pois permite às empresas ineficientes a identificação de seus excessos, comparativamente a outra empresa com características parecidas, mas que produz gastando proporcionalmente menos. A partir do momento que têm conhecimento de suas ineficiências, as usinas podem, por meio de recomendações técnicas, buscar melhor alocação de seus recursos e determinar seu nível adequado de produção.

Valendo-se destas recomendações técnicas e da análise de eficiência, constatou-se que apenas quatro usinas estudadas não apresentaram qualquer problema, ou seja, foram consideradas eficientes, sem desperdício de insumos e trabalhando na escala ótima.

Por outro lado, doze observações revelaram algum tipo de ineficiência. Dentre elas, duas se situavam na faixa de retornos crescentes, apesar de puramente eficientes, o que pode significar que tenham capacidade ociosa. Assim, seria vantajoso aumentar a produção, pois esta se daria a custos médios decrescentes.

Já as outras dez usinas ineficientes estavam com problemas tanto no uso excessivo dos insumos quanto na escala de produção, de retornos crescentes. Desta forma, estas DMU's devem elevar seu volume produtivo para atingir a escala ótima, mas é preciso que também melhorem a relação das quantidades utilizadas dos insumos com o produto.

Portanto, como se pode verificar, a análise de eficiência traz uma grande contribuição às usinas beneficiadoras de cana-de-açúcar, no sentido de permitir que observem como utilizam seus recursos, comparativamente às demais. Assim, permite que elas tomem decisões e realizem investimentos, objetivando a eficiência técnica e de escala, de maneira que possam auferir maior rentabilidade dos fatores, reduzir os custos médios de produção e elevar a sua competitividade no mercado.

6. REFERÊNCIAS

ANJOS, M. A. D. **Aplicação da Análise Envoltória de dados (DEA) no estudo da eficiência econômica da Indústria Têxtil Brasileira nos anos 90**. Tese do Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2005, 239p.

ASSAF NETO, A. **Estrutura e Análise de balanços: um enfoque econômico-financeiro**. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 2006.

ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças Corporativas e Valor**. São Paulo: Atlas, 2003.

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES. Disponível em: <www.bndes.gov.br>. Acesso em Dezembro de 2007.

CAMARGO JUNIOR, A. S.; TONETO JUNIOR, R. **Indicadores sócio-econômicos e a cana-de-açúcar no estado de São Paulo**. Informações Econômicas, SP, v.39, n.6, jun. 2009.

CAMPOS, C.; STOCCO, L.; PALOMINO, J. M. G.; TONETO JUNIOR, R. **A expansão da cana-de-açúcar e o impacto sobre a arrecadação fiscal dos municípios paulistas**. Ribeirão Preto-SP: Observatório do Setor Sucroalcooleiro, 2008 (Texto de Discussão).

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

CHARNES, A., COOPER, W. W., LEWIN, A. Y., SEIFORD, L. M. **Data envelopment analysis: theory, methodology, and application**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994.

COELHO NETO, P. **Micro e pequenas empresas: manual de procedimentos contábeis**. Brasília: 2005. 218p.

COELLI, T. J., RAO, P., BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1998.

Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA. Disponível em: <<http://www.cna.org.br/cna/index.wsp>>. Acesso em Janeiro de 2008.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver Software**. Norwell: Kluwer, USA, 2000. 318 p.

COUTTOLENC, B. F. **Em busca da excelência**: fortalecendo o desempenho hospitalar no Brasil – estudo de custos, eficiência e mecanismos de pagamento. Fase II: Eficiência e mecanismos de pagamento. Rio de Janeiro: Interhealth, Nov. 2004.

FÄRE, R., GROSSKOPF, S., LOVELL, C. A. K. **Production frontiers**. Cambridge: Cambridge University, 1994. 295 p.

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

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à Análise Envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**, DEE – UFV, 2008, 338p.

FERREIRA NETO, J. **Competitividade da produção de cana-de-açúcar no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

Food and Agriculture Organization – FAO – FAOSTAT. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/535/default.aspx>>. Acesso em Novembro de 2007.

GAZETA MERCANTIL. Anuário da Gazeta Mercantil. 2007. Disponível em :< www.gazetamercantil.com.br>. Acesso em Março de 2008.

GIAMBIAGI, F.; ALÉM, A. C. **Finanças Públicas**. 2º Ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000. 469 p.

GITMAN, L.J. **Princípios da administração financeira**. 2 ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2001.

GOMES, A. P.; BAPTISTA, A. J. M. S. Análise envoltória de dados: conceitos e modelos básicos. IN: SANTOS, M. L., VIEIRA, W. C. (Eds) **Métodos Quantitativos em Economia**. Viçosa: UFV, 2004. P. 121-160.

GOMES, A. P.; DIAS, R. S.; BAPTISTA, A. J. M. S. **Retornos à escala e desempenho econômico dos produtores de leite em Minas Gerais**. XLIV Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural – Fortaleza, Julho de 2006.

GOMES, A. P.; FELIPE, E. A. **Medidas de Eficiência nas Empresas do Arranjo Produtivo Local de Ubá - MG**. In: Luciano José Minette, Amaury Paulo de Souza. (Org.). Ambiente, Ergonomia e Tecnologia em Indústrias de Móveis. 1ª ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2009, v. 1, p. 251-274.

GROPPELLI, A. A. e NIKBAKHT, Ehsan. **Administração Financeira**. Tradução: Célio Knipel Moreira. 2 ed. São Paulo: Saraiva. 2002.

HOJI, Masakasu. **Administração Financeira: Uma abordagem prática**, 5 ed. São Paulo: Atlas. 2004.

HOJI, Masakasu. **Administração financeira: uma abordagem prática**. 10 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Dados estatísticos - 2007. Disponível em: www.ibge.gov.br/.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEADATA). Disponível em : <<http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?519647156>> Acesso em Maio de 2008.

KAO, C.; YANG, Y. C. **Productivity Improvement: Efficiency Approach vs Effectiveness Approach**, *Omega*, v.23, n.2, p.197-204, 1994.

LINS, M. P. E.; MEZA, L. A. **Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente de apoio à tomada de decisão**. Rio de Janeiro: Editora da COPPE/UFRJ, 2000. 232p.

LIRIO, V.S., VENÂNCIO, M.M. & FELIPE, E.A. **Evolução da participação brasileira no mercado sucroalcooleiro internacional**. XLIV Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural – Fortaleza, Julho de 2006.

MACEDO, I.C. **Emissões de Gases de Efeito Estufa e Emissões Evitadas na produção e Utilização de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool no Brasil:1990-1994**. Centro de Tecnologia Copersucar – CTC. Piracicaba -SP / Brasil. 2000.

MARION, José Carlos. **Contabilidade Empresarial**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

MILTERSTEINER, M. da R. **A validade estatística do uso de índices fundamentais, o mercado de Capitais Brasileiro: um estudo aplicado ao setor bancário**, 2003. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA -, 2007. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page?_pageid=33,969647&_dad=portal&_schema=PORTAL>. Acesso em Fevereiro de 2008.

Ministério da Fazenda. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/PessoaJuridica/PisPasepCofins/RegIncidencia.htm>> Acesso em 20 de Janeiro de 2009.

MOITA, M. H.V. **Medindo a eficiência relativa de escolas municipais de Rio Grande (RS) usando a abordagem DEA (Data Envelopment Analysis)**. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1995, 65 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia).

NEGRÃO, L.C.P.; URBAN, M.L.P. **Alcool como “commodity” internacional**. Extraído de: Economia e Energia (02 de março de 2005). Disponível em: <http://ecen.com/eee47/eee47p/alcool_commodity.htm>. Acesso em Março de 2008.

PINDYCK, R. S. e RUBINFELD, D.L. **Microeconomia**. 4.ed. São Paulo: Makron Books, 1999. 790 p.

PROCANA – Dados e Estatísticas. Disponível em: <<http://www.procana.com.br>>. Acesso em Abril de 2008.

SEIFORD, L. M.; THRALL, R. M. Recent development in DEA: the mathematical programming approach to frontier analysis. **Journal of Econometrics**, v. 46, p. 7-38, 1990.

SILVA, José Pereira, 1999, **Análise financeira das empresas**. 4 ed. São Paulo: Atlas.

SPENDOLINI, M.J. (1994). **Benchmarking**. 1ª ed., Makron Books do Brasil, São Paulo.

SZMRECSÁNYI, T. **Concorrência e complementariedade no setor açucareiro**. Cadernos de Difusão Tecnológica, v. 6, n. 2/3, p. 165-182, maio/dez. 1989.

União da Indústria de Cana-de-Açúcar – Unica. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/portalunica/>>. Acesso em Maio de 2008.

VENÂNCIO, M. M., **Análise da dinâmica e do desempenho da indústria sucroalcooleira nacional**. 2006. 94 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Lavras – MG.

ZDANAWICZ, José Eduardo. **Estrutura e análise das demonstrações contábeis**. 1ª ed. Porto Alegre: Zagra, 1998.

7. ANEXOS

Anexo 1: Dados utilizados para cálculo das eficiências das usinas - em milhares de reais.

DMU	Vendas	Estoques	Imobilizado	Salários
A	369896,00	90599,00	467278,00	9348,00
B	318236,00	104088,00	296403,00	11722,00
C	3902875,00	503350,00	2013137,00	63273,00
D	166701,00	29874,00	202428,00	2543,00
E	923459,00	118455,00	628465,00	10284,00
F	1467386,00	217139,00	315469,00	11410,00
G	122873,00	31676,00	138672,00	5037,00
H	645351,00	140352,00	608912,00	14922,00
I	214486,34	88181,62	353160,32	6885,19
J	28075,00	11664,00	96711,00	1624,00
K	329836,00	105597,00	230467,00	5436,00
L	278617,00	41902,00	106836,00	2972,00
M	48978,00	9798,00	9948,00	475,00
N	15421,00	5434,00	27978,00	478,00
O	4250,00	4087,00	19348,00	351,00
P	932029,00	221910,00	438039,00	9041,00
Q	369896,00	90599,00	467278,00	9348,00

Fonte: Dados da pesquisa.