

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
MESTRADO EM ECONOMIA RURAL
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA

HELLEN CRISTINA RODRIGUES ALVES

**A IMPORTÂNCIA DO CAPITAL HUMANO NA EFICIÊNCIA TÉCNICA E NA
PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES DO SETOR CANAVIEIRO DO BRASIL**

**FORTALEZA
2008**

HELLEN CRISTINA RODRIGUES ALVES

**A IMPORTÂNCIA DO CAPITAL HUMANO NA EFICIÊNCIA TÉCNICA E NA
PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES DO SETOR CANAVIEIRO DO BRASIL**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Economia Rural, do Departamento de Economia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Economia Rural.

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima

**FORTALEZA
2008**

A48i Alves, Hellen Cristina Rodrigues

A importância do capital na eficiência técnica e na produtividade total dos fatores do setor canavieiro do Brasil. Fortaleza, 2008.

67fl. il. 21 cm.

Orientador Prof^a. Dr^a. Patrícia Verônica Sales Lima

Mestrado (Dissertação) em Economia Rural

1.Cana de açúcar. 2.Capital humano. 3. Produtividade

HELLEN CRISTINA RODRIGUES ALVES

**A IMPORTÂNCIA DO CAPITAL HUMANO NA EFICIÊNCIA TÉCNICA E NA
PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES DO SETOR CANAVIEIRO DO BRASIL**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Economia Rural, do Departamento de Economia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia Rural.

Aprovada em 29 de Agosto de 2008

BANCA EXAMINADORA

Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima(Orientadora)
Universidade Federal do Ceará

Ahmad Saeed Khan
Universidade Federal do Ceará

Espedito Cesário Martins
Pesquisador da EMBRAPA – Professor da Universidade Estadual do Vale do Acaraú

**FORTALEZA
2008**

*Dedico aos meus pais Pedro e Fátima e às
minhas filhas Rebeca e Raquel.*

AGRADECIMENTOS

A Deus que me deu a vida e me dá forças para cumprir todas as etapas da vida.

Ao Senhor Jesus Cristo que é minha alegria, luz e paz.

Aos meus pais, Pedro quinto Alves e Lúcia de Fátima Rodrigues Alves, que acreditam em meu potencial e me apóiam.

Às minhas filhas, Rebeca e Raquel, que estão sempre presentes em minha vida.

À minha querida orientadora e amiga, Patrícia, pelo reconhecimento, paciência e incentivo.

Aos professores Saeed e Espedito, por enriquecerem a dissertação e fazerem parte da Banca Examinadora.

Aos colegas Vanessa, César, Raquel, Felipe, Leonardo e Fábio.

Aos meus amigos que contribuíram direta e indiretamente para a elaboração desta dissertação.

Finalmente, a todos aqueles que sempre torceram por minhas vitórias e conquistas.

RESUMO

O estudo buscou mostrar a importância do capital humano na eficiência técnica e produtividade total dos fatores do setor canavieiro do Brasil. Foram consideradas como unidades de análise os principais estados produtores do Brasil. Como método de análise adotou-se a análise de fronteira estocástica e o índice de produtividade de Malmquist. Os resultados mostram que os estados das regiões Sul e Centro-Oeste são, em geral, mais eficientes, com produtividades parciais da terra e mão de obra maiores que os das regiões Sudeste e Nordeste. Ficou explícita a importância do capital humano na eficiência técnica e na produtividade o que levou a conclusão principal de que o nível educacional dos trabalhadores do setor canavieiro brasileiro é uma variável relevante a ser considerada na elaboração e implantação de políticas públicas que visem a aumentar a produtividade do setor.

ABSTRACT

The study shows the importance of human capital in technical efficiency and productivity of factors of sugar cane in Brazil. It was considered as analysis' unites the producers States of Brazil. The methodology used was based in analysis of stochastic frontier and the Malmquist productivity index. The results shows that the states of the South and Mid-West are generally more efficient, with partial productivity of land and labor-higher than those from the South and Northeast. It was clear the importance of human capital in technical efficiency and productivity which led the main conclusion that the education level of workers is an important variable in policies designed to increase productivity of sugar cane.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição dos empregados formais no setor canavieiro segundo o nível de escolaridade. Brasil – 2005.....	10
Figura 2. Distribuição dos empregados formais no setor canavieiro segundo o nível de escolaridade. Principais regiões produtoras do Brasil – 2005.....	11
Figura 3. Conjunto de possibilidades de produção e fronteira de produção $y=f(x)$	15
Figura 4. Conjunto de Possibilidade de Produção.....	25
Figura 5. Função Distância.....	26
Figura 6. Índice de Produtividade de Malmquist.....	27
Figura 7. Eficiência Técnica das Regiões Produtoras de Cana-de-açúcar – 2005.....	38
Figura 8. Comportamento da Eficiência das Regiões ao longo dos anos.....	39
Figura 9. Eficiência Média dos Estados no período 1994 – 2005.....	40
Figura 10. Taxas de Crescimento anual de Produtividade, da Eficiência e Tecnológica da Região Nordeste.....	42
Figura 11. Taxa de Crescimento da Produtividade, Eficiência e Tecnológica da Região Sudeste.....	44
Figura 12. Taxa de Crescimento da Produtividade, da Eficiência e Tecnológica da Região Sul.....	45
Figura 13. Taxa de Crescimento da Produtividade, da Eficiência e Tecnológica da Região Centro-Oeste.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Principais técnicas de medição de eficiência.....	18
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Evolução do número de empregados permanentes e temporários do setor canavieiro - 1995 a 2005.....	6
Tabela 2. Número de empregados formais no setor canavieiro dos principais estados produtores do Brasil, segundo o nível de escolaridade. 2005.....	8
Tabela 3. Comportamento dos principais estados produtores de cana de açúcar quanto à produção no período 1995 – 2005.	33
Tabela 4. Comportamento dos principais estados produtores de cana de açúcar quanto à produtividade parcial da terra no período 1995 – 2005.	34
Tabela 5. Comportamento dos principais estados produtores de cana de açúcar quanto à produtividade parcial da mão de obra no período 1995 – 2005.....	35
Tabela 6. Estimadores de máxima verossimilhança do modelo de fronteira estocástica.....	36
Tabela 7. Índices de Eficiência Técnicas dos principais estados produtores de cana-de-açúcar do Brasil – 1994 -2005.....	41
Tabela 8. Mudanças na eficiência técnica, tecnologia e produtividade total dos fatores nos principais estados produtores de cana de açúcar no período 1994 – 2005.....	46

LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE

Tabela 1A. Evolução Anual da variação da Produtividade Total dos Fatores – 1994 – 2005.....	66
Tabela 2A. Evolução anual da variação na eficiência técnica: 1994 – 2005.....	67
Tabela 3A. Evolução anual da variação técnica: 1994 – 2005.....	67

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 O problema e sua importância	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo Geral	2
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Estrutura do trabalho	3
2 CAPITAL HUMANO NO SETOR CANAVIEIRO	4
2.1 A especialização da mão-de-obra no setor canavieiro	5
2.2 Análise do Capital Humano no Setor Sucroalcooleiro	6
3 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 Capital humano: algumas concepções	13
3.2 Eficiência	14
3.2.1 Eficiência: aspectos conceituais	14
3.2.2 Técnicas de medição de eficiência	17
3.2.3 Stochastic Frontier Analysis (SFA) – Análise de Fronteira Estocástica	18
3.3 Produtividade	21
3.3.1 Produtividade: aspectos conceituais	21
3.3.2 Decomposição da produtividade: o Índice de Malmquist	22
4 METODOLOGIA	29
4.1 Natureza e Origem dos Dados	29
4.2 Área de Estudo	29
4.3 Descrição das Variáveis Utilizadas no Modelo	29
4.4 Estimação da fronteira estocástica e cálculo do índice de Malmquist	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 Produtividade parcial da terra e da mão de obra	33
5.2 Fronteira Estocástica	36
5.3 Índices de Eficiência Técnica	38
5.4 Análise das taxas de crescimento da produtividade.	42
6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
APÊNDICE	56

1 INTRODUÇÃO

1.1 O problema e sua importância

As mudanças ocorridas na economia mundial, a partir da década de 1990, de modo especial a abertura comercial, exigiram a reestruturação da agroindústria brasileira. No caso específico do setor sucroalcooleiro ressaltam-se a perspectiva do crescimento da demanda internacional por subprodutos oriundos da cana de açúcar, principalmente pelo etanol, e a desregulamentação do setor. Esses fatores tornaram imperativa uma nova configuração setorial de modo a levar o Brasil ao nível de competitividade exigido pelo mercado internacional.

Nesse contexto, a qualidade, eficiência e produtividade são essenciais para toda a competitividade da cadeia produtiva da cana de açúcar. A busca por competitividade tem levado os produtores de cana de açúcar a adotar estratégias visando à redução de custos e ao aumento da produtividade. Assim, conforme Bonelli ; Gonçalves (1998) nota-se uma clara reorientação nas estratégias das usinas, passando da lógica de acumulação extensiva – na qual se objetivava o aumento da produção e da área plantada, vigente nas décadas de 1960 a 1980 - para uma lógica de acumulação intensiva, premente a partir da década de 1980. Nesta última, busca-se o aumento da produtividade em suas operações e transações.

Percebe-se que a produção de cana de açúcar sofreu transformações relativas à terceirização de serviços agrícolas e industriais, à adoção de novas tecnologias, como a mecanização do corte e plantio da cana-de-açúcar, plantio direto, incorporação de novos insumos, mudanças no padrão de organização. Ocorreu ainda a proibição da queima da cana-de-açúcar como método de desgalha, com a conseqüente adoção da mecanização da colheita da cana-de-açúcar. Segundo Eid (1994), no processo produtivo da cana de açúcar foram inseridas mudanças na gestão da força de trabalho por meio de de novas tecnologias de base microeletrônica.

Ricci (1994) destaca como conseqüências das mudanças no setor sucroalcooleiro a redução no tempo das tarefas realizadas, redução da demanda por mão-de-obra, redução da mão-de-obra residente na propriedade e mudança qualitativa por trabalhadores, pois as novas atividades, como tratoristas, operadores de máquinas, motoristas requerem maior grau de

especialização. Esta última consequência coloca-se como uma séria limitação ao processo de modernização da produção de cana de açúcar, diante da tradicionalmente mal qualificada mão de obra canavieira, força motriz dos canaviais brasileiros. Segundo Oliveira (2007), não há como alcançar os ganhos de produtividade na produção de cana de açúcar no Brasil sem uma mão-de-obra qualificada, sem investimentos em educação formal. Tal autor considera que:

“... os empresários da cana, paralelo ao aumento de estoque de capital, deveriam dar prioridade a investimentos que ampliassem a oferta de capital humano.”
(Oliveira, 2007, p.16).

Em face do exposto, o propósito deste estudo é reforçar que as mudanças verificadas no processo produtivo da cana de açúcar só serão efetivas no aumento da eficiência e produtividade do setor se acompanhadas de investimentos em educação básica, em programas de inclusão de trabalhadores agrícolas voltados a sua formação educacional, enfim, se houver aumento de capital humano. Para tanto, realiza-se uma análise da evolução da eficiência técnica e da produtividade total dos fatores de produção nos principais estados produtores de cana de açúcar do Brasil.

Diferente da maioria dos estudos sobre o tema, em que a produtividade é analisada em um contexto com as unidades produtoras sujeitas apenas a variações na eficiência técnica enquanto as variações tecnológicas, responsáveis pela expansão da fronteira de possibilidade de produção, não são consideradas, nesta análise, considera-se o crescimento da produtividade, distinguindo os fatores que provocam suas mudanças, ou seja, as variações de eficiência técnica e variações tecnológicas. Isto é relevante no direcionamento de políticas específicas que visem a ganhos de produtividade.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a importância do capital humano na eficiência técnica e na produtividade total dos fatores do setor canavieiro do Brasil.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estimar a Fronteira de Produção Estocástica para as regiões produtoras de cana de açúcar e para o Brasil;
- Estimar as eficiências técnicas dos principais estados produtores de cana-de-açúcar;
- Analisar a influência do capital humano sobre a eficiência técnica e da produtividade total dos fatores de produção de cana de açúcar;
- Analisar as variações na eficiência técnica e as variações tecnológicas que compõem o crescimento da produtividade da cana de açúcar nas regiões e nos estados brasileiros, ao longo do tempo.

1.3 Estrutura do trabalho

O estudo aqui apresentado é composto por seis capítulos. Além desta introdução, em que é abordada a problematização do tema central da análise, tem-se o capítulo dois, que descreve a trajetória recente da cana-de-açúcar no Brasil com ênfase no capital humano; em seguida, vem o terceiro capítulo, que tem por objetivo apresentar o referencial teórico de amparo ao modelo utilizado nas estimações realizadas. No capítulo quatro são especificados os métodos de análise e a fonte dos dados adotados. A discussão dos resultados é feita no capítulo cinco, e, no sexto capítulo, são apresentadas as conclusões.

2 CAPITAL HUMANO NO SETOR CANAVIEIRO

A atividade canavieira é uma das mais antigas do Brasil. Durante muitos anos o Brasil teve como principal subproduto agrícola o açúcar. No entanto, dificuldades no mercado externo levaram à perda de espaço para outros países. Com a decadência da exportação do açúcar, por volta de 1930, o Nordeste procurou direcionar as vendas para o Sul, onde o café predominava como produto agrícola. Porém, os produtores desta região também passaram a cultivar a cana de açúcar.

A queda das exportações de açúcar e a migração dos produtores de café para a produção de cana de açúcar enfraqueceram os pequenos engenhos, que passaram a ser absorvidos pelos grandes, principalmente a partir do início do século XX, foram transformando-se em modernas usinas.

Inicialmente, essas usinas começaram comprando a cana dos pequenos engenhos. Depois passaram a comprar as terras destes. Com isso, os camponeses deixaram de ter as pequenas plantações de cana. Passaram a viver como simples assalariados, com trabalho apenas em época de plantio e colheita. Recolhidos em casa, nos bairros da periferia das cidades, eram transportados pela manhã, em carrocerias de caminhão, trabalhando o dia inteiro, alimentando-se de comida fria (daí o nome bóia-fria) e voltavam à noite para casa. Com o passar dos anos, com o aumento do cultivo da cana na região Centro-Sul, muitos dos trabalhadores nos canaviais vinham dos Estados do Nordeste, na época da colheita. A maior parte deles não sabia escrever o próprio nome, em 1994. Segundo dados da RAIS (Relação Anual de Informações Sociais), desagregados por setor, dos trabalhadores formalmente ligados ao setor da cana, 26% eram analfabetos, e 64% tinham menos de quatro anos de estudo.

Como uma tentativa de amenizar a crise no setor, o governo instituiu o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), criado em 1975, com uma proposta energética frente aos derivados do petróleo, mudando a participação e a própria evolução da agroindústria da cana no Brasil. O Proálcool garantia preço e mercado para o produto e teve três períodos claros desde a sua implementação: a expansão moderada (1975-1979), através de financiamento da montagem e ampliação das destilarias anexas às usinas existentes, o que aumentou de forma significativa a produção de açúcar e a destilação de álcool anidro para ser misturado à

gasolina; a segunda fase ou expansão acelerada (1980-1985), quando cresceu a produção de álcool hidratado para uso em motores a álcool, e, por fim, a fase de desaceleração e crise (1986-1990), quando o Estado pôs fim aos subsídios ao setor e iniciou-se a desregulamentação da agroindústria canavieira (SHIKIDA, 1997).

Durante a desregulamentação da agroindústria da cana-de-açúcar o Instituto do Açúcar e Álcool (IAA)¹, criado para garantir as políticas de interesse do setor foi dissolvido. Observou-se, então, uma mudança do **paradigma subvencionista** para o **paradigma tecnológico**. Antes, o produtor da cana-de-açúcar estava sujeito aos recursos públicos, subsidiados, que ligavam os interesses do setor tradicional da cana às políticas de cada região produtora. Na década de noventa, o setor procurou se atentar ao desenvolvimento de novas tecnologias e aproveitamento econômico de subprodutos, no contexto de um novo ambiente mais competitivo, em que a sobrevivência de unidades e empresas não eficientes vêm diminuindo paulatinamente ante as transformações técnico-produtivas ocorridas no setor (SHIKIDA, 1997).

2.1 A especialização da mão-de-obra no setor canavieiro

A preocupação em reduzir custos e o aproveitamento econômico de subprodutos para aumentar as receitas e evitar desperdícios intensificou-se o uso de avançadas tecnologias agrícolas, industriais, e novas formas de gestão. Neste contexto, marcado pela abertura comercial, diante da desregulamentação do setor e do ambiente competitivo que as próprias unidades produtoras estavam enfrentando, revelou-se a existência de produtores de cana que optaram pelo maior desenvolvimento tecnológico de suas estruturas produtivas, seja no âmbito agrícola, industrial ou administrativo, demarcando uma nova dinâmica no processo de evolução da agroindústria canavieira no Brasil.

As mudanças provocaram um aumento na produção, assim como nos níveis gerais de produtividade. A expansão da produção no setor da cana, de 292.101.835 toneladas em 1994 para 422.956.646 toneladas em 2005, e os índices de produtividade agrícola são

¹ Através do Decreto nº. 22.789, parágrafo 6º, de 1º criado em junho de 1933, o IAA teve como objetivo defender as empresas açucareiras e alcooleiras nacionais mediante a utilização de uma série de mecanismos capazes de garantir, dentre outras coisas, o equilíbrio interno entre as safras anuais de cana-de-açúcar e o consumo de seus principais produtos (SHIKIDA, 1997).

resultados das incorporações tecnológicas e da diversificação produtiva que estão ocorrendo num ritmo bem mais rápido que nas décadas anteriores.

Toda essa evolução produtiva foi acompanhada pela redução do número de ocupações no setor analisado, apresentando uma queda de 16,11% entre 1995 e 2005. Os dados da Tabela 1 mostram uma queda de 22,7% no número de empregados permanentes e 5,4% de empregados temporários no período 1995 -2005. Nesse mesmo período ocorreu um aumento dos preços internacionais do açúcar com o aumento sucessivo de produção a cada safra, principalmente na região Centro-Sul, dando ao Brasil a posição do maior exportador mundial de açúcar, bem como a reorientação de processamento do álcool no mercado diante do crescimento da demanda interna e externa do produto com o aumento do percentual a ser adicionado na gasolina. As exigências de mão-de-obra qualificada aumentaram dada a expressiva especialização tecnológica que o setor sofreu em um período de tempo pequeno.

Tabela 1- Evolução do número de empregados permanentes e temporários do setor canavieiro - 1995 a 2005.

Anos	Número de Empregados		
	Permanente	Temporário	Total
1995	380.099	238.797	618.896
1996	378.273	260.873	639.146
1997	323.699	236.012	559.711
1998	322.601	133.368	455.969
1999	300.098	161.410	461.508
2000	222.418	192.671	415.089
2001	246.357	205.000	451.357
2002	229.981	218.902	448.883
2003	252.394	241.682	494.076
2005	293.631	225.566	519.197
Variação o período (%)	-22.75	-5.54	-16.11

Fonte: PNAD – IBGE.

Pode-se sugerir que a queda no número de empregados foi decorrência do processo de modernização do setor canavieiro em busca de elevações nos ganhos de produtividade. O Brasil, apesar dos avanços no campo técnico-produtivo, mantém uma participação relativamente baixa nas ocupações profissionais superiores, e, por consequência, uma participação bem maior nas ocupações inferiores, o que lhe confere um extremo grau de exclusão dos trabalhadores segundo Moraes (2007). Este cenário aponta para uma questão social: a necessidade de investimento em capital humano.

2.2 Análise do Capital Humano no Setor Sucroalcooleiro

Conforme os dados das RAIS, o número de empregados formais do setor canavieiro no Brasil, em 2005, foi de 155.043 trabalhadores. Do total de trabalhadores, 32% pertenciam a região Nordeste e 68% às regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. O maior grupo de trabalhadores formais (75.995), em 2005, situava-se no Estado de São Paulo, representando 49% do total brasileiro, tendo uma grande representatividade do setor nos últimos anos.

A introdução do corte mecânico da cana teve conseqüências: aumento da produtividade agrícola e perda de postos de trabalhos não qualificados, entre outros fatores. A Tabela 2 apresenta o número de trabalhadores formais envolvidos na produção de cana-de-açúcar para os estados analisados neste trabalho e o total do Brasil considerando os graus de instrução.

Tabela 2 - Número de empregados formais no setor canavieiro dos principais estados produtores do Brasil, segundo o nível de escolaridade. 2005.

ESTADOS REGIÕES	ANALFABETO	4.SÉRIE		8.SÉRIE		2.GRAU		SUPERIOR		TOTAL
		INCOMPLETA	COMPLETA	INCOMPLETA	COMPLETA	INCOMPLETO	COMPLETO	INCOMPLETO	COMPLETO	
Maranhão	293	650	150	173	30	33	78	2	9	1.418
Ceará	167	294	127	35	26	3	5	0	0	657
Rio Grande do Norte	878	1.493	178	452	49	157	135	6	13	3.361
Paraíba	2.616	4.771	1.445	389	150	443	160	15	32	10.021
Pernambuco	9.201	11.658	2.609	2.131	581	343	782	58	135	27.498
Alagoas	1.835	2.583	664	361	272	88	119	17	41	5.980
Sergipe	192	458	287	104	55	9	44	2	8	1.159
Bahia	266	930	410	96	44	26	84	7	12	1.875
NORDESTE	15.448	22.837	5.870	3.741	1.207	1.102	1.407	107	250	51.969
Minas Gerais	76	550	1.182	551	474	146	313	36	78	3.406
Espírito Santo	187	755	267	284	113	84	111	3	15	1.819
Rio de Janeiro	272	1.958	428	164	196	158	70	11	21	3.278
São Paulo	2.065	16.977	19.585	15.136	9.357	4.121	6.634	602	1.518	75.995
SUDESTE	2.600	20.240	21.462	16.135	10.140	4.509	7.128	652	1.632	84.498
Paraná	351	3.799	1.167	1.196	597	437	569	81	117	8.314
SUL	351	3.799	1.167	1.196	597	437	569	81	117	8.314
Mato Grosso do Sul	95	664	388	809	439	222	624	62	121	3.424
Mato Grosso	225	969	666	710	234	163	301	16	30	3.314
Goiás	177	831	536	675	177	149	269	24	37	2.875
CENTRO-OESTE	497	2.464	1.590	2.194	850	534	1.194	102	188	9.613
TOTAL	18.911	49.499	30.195	23.424	12.842	6.616	10.411	943	2.202	155.043

Fonte: RAIS - Relação Anual de Informações Sociais. Ministério do Trabalho (2005)

Analisando os principais estados produtores separadamente, o perfil dos trabalhadores se altera de forma considerável. Do total de trabalhadores analfabetos 82% estão ligados à produção da cana-de-açúcar no Nordeste. Os estados que se destacam em número de analfabetos da região Nordeste são Pernambuco (59%), Paraíba (17%) e Alagoas com 12%.

Na região Sudeste, o estado que vem com um número expressivo de trabalhadores analfabetos é São Paulo, com 79% dos trabalhadores analfabetos, se comparados com o total da região Sudeste. Esta proporção elevada é decorrência direta do grande número de trabalhadores empregados no setor canavieiro paulista se comparado com o dos demais estados da região.

A região Centro-Sul apresenta indicadores de educação melhores que os da Nordeste. Nesta região, bem como no Sudeste e Sul, o processo de inovações tecnológicas e a concentração do mercado exigem, na prática, maiores índices no nível educacional. O ambiente institucional e organizacional existente também colabora para um maior nível de capital humano.

Como pode ser observado, em 2005, para o Brasil, prevaleceu o grupo com quatro anos de estudos incompletos (32%), seguido pelo grupo de quatro anos completos (19%). É expressivo o número de analfabetos ligados ao setor (12%), principalmente no Nordeste.

Ainda, segundo os dados da RAIS, o percentual de analfabetos e semi-analfabetos (número de trabalhadores com a 4ª série incompleta) foi de 44,12% no ano de 2005, enquanto o percentual de pessoas com 8ª série concluída foi de apenas 6,71% para todos os estados em análise. Figura 1.

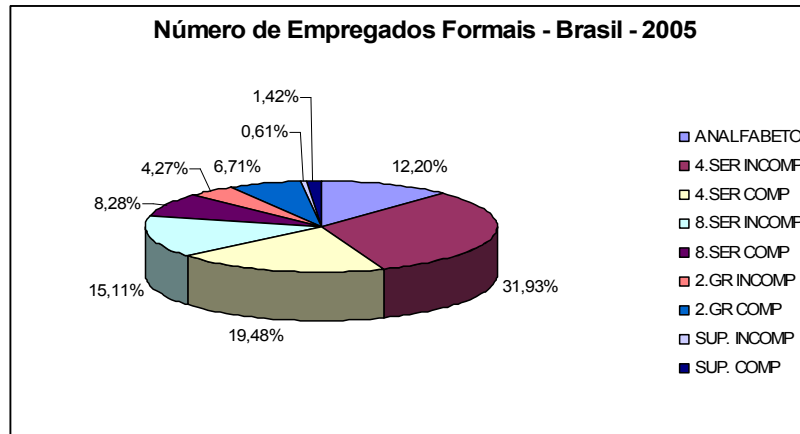


Figura 1 -Distribuição dos empregados formais no setor canavieiro segundo o nível de escolaridade. Brasil (2005).

Fonte: Adaptado de RAIS - Relação Anual de Informações Sociais. Ministério do Trabalho (2005)

Percebe-se uma grande disparidade entre a totalização dos números, porém é preciso fazer uma análise mais minuciosa de quanto cada região tem de peso no percentual de trabalhadores analfabetos e com 4^a série incompleta ou ainda trabalhadores com 8^a série concluída. Dos analfabetos e semi-analfabetos (44,13%) do total verificado em 2005, a região nordestina ficou com 55,96%; as regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste ficaram com 33,38%, 6,06% e 4,3%, respectivamente. Já a classe dos operários com o Ensino Médio concluído, 6,71% de todo o Brasil, nesse mesmo ano ficou com uma distribuição bem diferenciada da anterior. O Sudeste liderou com 68,46% desses seguido pelas regiões Nordeste (13,51%), Centro-Oeste (11,47) e Sul (5,46%).

A distribuição do número de operários com o ensino médio concluído é bem semelhante a da classe de operários com nível superior completo (1,42% do total de operários do setor em 2005). A região Sudeste (74,11%) lidera seguida pela região Nordeste (11,35%), pela Centro-Oeste (8,53%) e Sul (5,31) do total de 1,42%.

Como resultado desses desníveis entre operários com pouca ou nenhuma instrução educacionais e operários com mais anos de estudo, o processo de informatização do setor, a busca por novos técnicos agrícolas, mudanças tecnológicas na área industrial e agrícola, incentivos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) no setor podem migrar para regiões mais propícias ao desenvolvimento do setor que cresce mais diante das exigências do mercado e das perspectivas de aumento da demanda dos inúmeros produtos e subprodutos do setor sucroalcooleiro.

A Figura 2 mostra os dados referentes ao número de empregados formais para as quatro regiões produtoras, considerando os graus de instrução e o ano de 2005. Ao comparar os dados referentes ao número de analfabetos e semi-analfabetos (4 série incompleta) entre as quatro regiões de estudo, verifica-se que o Nordeste é a região com maior proporção de trabalhadores nessa situação (73,67%).

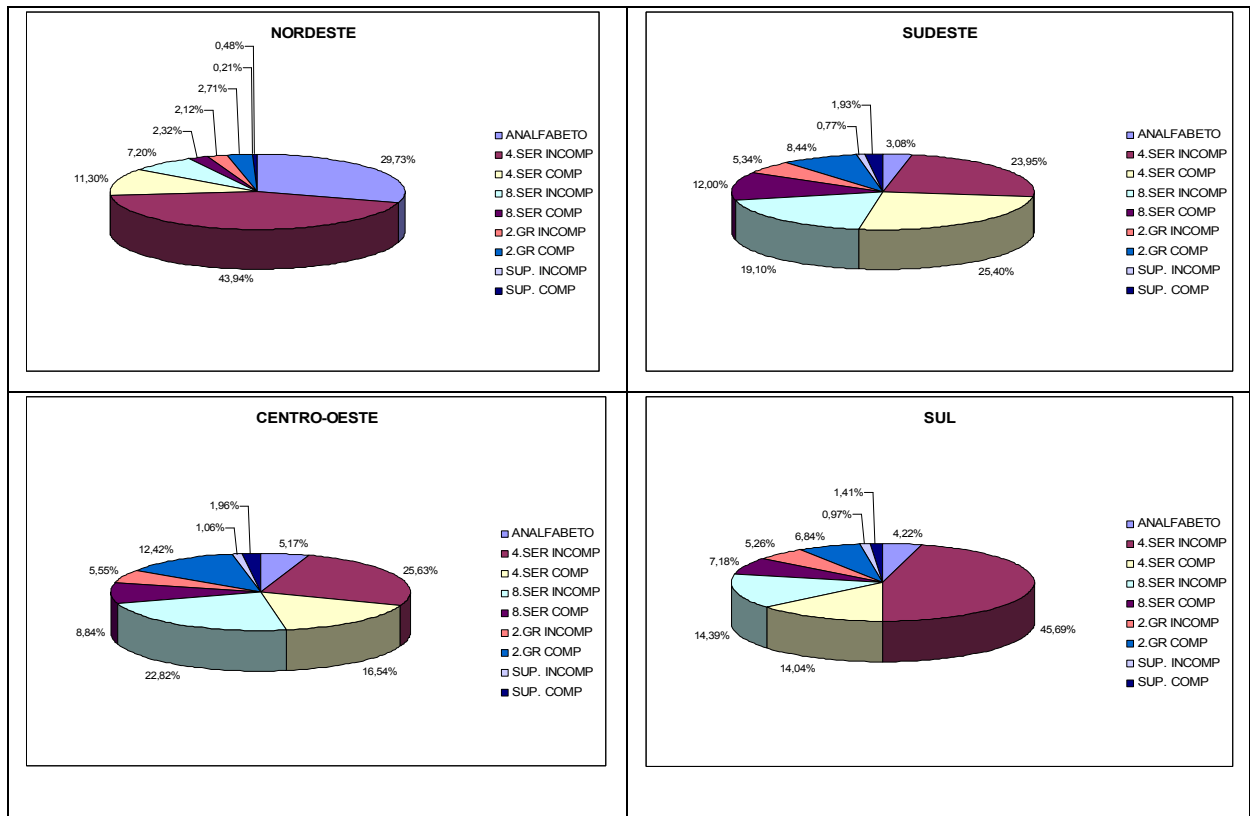


Figura 2 - Distribuição dos empregados formais no setor canavieiro segundo o nível de escolaridade. Principais regiões produtoras do Brasil – 2005.

Fonte: Adaptado de RAIS - Relação Anual de Informações Sociais. Ministério do Trabalho (2005)

Percebe-se ainda que a região Nordeste tem a distribuição de anos de estudo bastante desigual, com um elevado percentual de pessoas analfabetas e semi-analfabetas. À medida que o grau de escolaridade aumenta, o percentual referente aos anos de estudo diminui atingindo 2,71% e 0,48% para pessoas com Ensino Médio e superior completo, respectivamente. A região Sul tem apenas 4,22% de pessoas analfabetas ligadas ao setor canavieiro, porém observa-se que o percentual de semi-analfabetos (4ª série incompleta) alcança 45,69%, perfazendo as duas categorias um total de 49,91%.

As participações dos anos de estudo para as regiões Centro-Oeste e Sudeste são as que apresentam menores disparidades. Vale ressaltar que a região Centro-Oeste pode

diminuir muito a desigualdade na distribuição de anos de estudo pela intensa industrialização que o setor vem passando nos últimos anos, pelas exigências do mercado e, por conseguinte, pela mecanização para aumentar ainda mais a produtividade. Na região há vastas áreas de terras planas propícias para o uso de máquinas e colheitadeiras, diminuindo o trabalho manual do corte da cana-de-açúcar. Isto significa que esse quadro já pode ter sido reestruturado com uma nova configuração em relação ao dos anos anteriores. Se se observar a região Sudeste, o quadro não é muito diferente do Centro-Oeste, por ser uma região de “referência” em que o nível de exigência quanto ao número de anos de estudo pressiona por mudanças mais profundas na qualificação dos empregados.

Em síntese, o nível de escolaridade dos empregados formais do setor canavieiro no Brasil é baixo, uma ameaça a sua competitividade, dado que não se alcança a competitividade sem produtividade alta. Porém, uma produtividade elevada só será conquistada se houver mudanças tecnológicas. Segundo Mankiw (2004), para se fazer uso de tecnologia é preciso ter conhecimento técnico e, conhecimento técnico pleno só se tem em escolas técnicas e faculdades. Com este pensamento, o autor sugere uma relação entre tecnologia e educação e a necessidade de um sistema educacional amplo e bem estruturado para capacitação humana ou mão-de-obra qualificada, processos intimamente ligados ao processo do desenvolvimento tecnológico.

Conclui-se que, para elevar a produtividade de um setor é preciso garantir que os trabalhadores dele tenham uma boa educação, dispondo das ferramentas de que precisam para a produção e tenham acesso à melhor tecnologia disponível.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Sobre o assunto competitividade, existem várias abordagens. Todas elas buscam analisar se uma empresa, setor, região ou país é competitivo. De acordo com Rosa e Silva (2003), competitividade é considerada como a “capacidade de uma empresa, setor, região ou país em assegurar ou ampliar, de forma duradoura e sustentada, sua posição no mercado”.

O assunto é genérico e merece algumas delimitações, pois abrange aspectos diversos que têm restrições à obtenção de dados, tais como preços e custo dos fatores de produção, para melhor aproximação dos resultados à realidade. Em Freire ; Rosa (2003), a competitividade foi avaliada em três dimensões: desempenho, capacitação e eficiência. No presente estudo, a competitividade do Brasil na produção de cana-de-açúcar será avaliada através da **eficiência técnica e produtividade total dos fatores** com ênfase na influência que o **capital humano** exerce sobre estas. Sendo estes os três conceitos que norteiam a pesquisa, pretende-se, neste capítulo apresentar os principais aspectos teóricos a eles relacionados.

3.1 Capital humano: algumas concepções

O capital humano reflete os fatores externos e não ligados propriamente a preços e custos, mas que se relacionam à acumulação de experiência ou habilidades adquiridas ao longo do tempo, para promover ou utilizar novas tecnologias, explorar novos mercados, produtos ou serviços, capacidade de entrega a prazos mais curtos etc.

A inserção da variável capital humano como variável explicativa da produtividade justifica-se por esta constituir uma externalidade positiva² sobre o processo produtivo na medida em que perfaz a qualificação da mão-de-obra aumentando a produtividade dos trabalhadores e, conseqüentemente, do processo produtivo.

Como observa Nogueira (1997), o índice de capital humano faz-se de extrema importância como um dos fatores-chave do processo produtivo: *“As novas tecnologias, os novos processos produtivos, os novos produtos, as novas formas de organização da produção etc., ensejam a utilização de mão-de-obra mais qualificada e que influencie diretamente no ritmo da criação, da adaptação, do aperfeiçoamento e da utilização destas novas tecnologias, pois somente desta maneira é que as empresas industriais poderão obter vantagem*

² externalidade positiva que se constitui vantagens comparativas (Arraes ; Teles, 2003).

competitiva em longo prazo para fazer face ao crescimento da competição engendrada pelo aprofundamento do processo de globalização”.

3.2 Eficiência

3.2.1 Eficiência: aspectos conceituais

O termo eficiência é derivado do latim *efficientia* e significa a força para se produzir um dado resultado. (FERREIRA, 2005). Segundo Pindyck ; Rubinfeld (1994) a eficiência é alcançada por meio da utilização máxima dos fatores existentes para satisfazer as necessidades e os desejos de indivíduos e organizações. Para Ferreira (2005) pode ser considerada uma medida de capacidade que agentes ou mecanismos têm de melhor para atingir seus objetivos, de produzir efeitos deles esperados, em função de seus recursos disponíveis.

O trabalho pioneiro sobre eficiência foi desenvolvido por Farrel e o foco do estudo foi a medição da eficiência na utilização dos insumos. Para Farrel (1957) a eficiência de uma firma apresenta dois componentes: eficiência técnica e eficiência alocativa. Essas duas medidas são combinadas para se ter uma medida de eficiência econômica total (SOUSA JÚNIOR, 2003).

Conforme Lovell (1993), a eficiência técnica consiste na habilidade que a firma tem para evitar perdas, ou seja, na habilidade de produzir o máximo de produtos para uma dada quantidade disponível de insumos. Pode ser entendida também como a habilidade da firma de utilizar a mínima quantidade de insumos para obter uma dada produção. Assim, a análise da eficiência técnica de uma firma pode ser orientada para a maximização de produtos (eficiência técnica produto-orientada) ou para a minimização de insumos (eficiência técnica insumo-orientada), respectivamente. Ainda segundo o autor, a eficiência alocativa está relacionada à capacidade da firma em combinar produtos e insumos em proporções ótimas, dados os seus preços relativos. Uma firma é alocativamente eficiente quando a taxa marginal de substituição técnica entre dois dos seus insumos é igual à razão dos preços correspondentes.

Segundo Tupy ; Yamaguchi (1998), a eficiência técnica³ de uma firma quando considerados os insumos empregados, pode ser obtida a partir da estimativa de uma função de fronteira de produção. Para Zanini (2004), a função de fronteira de produção indica a máxima quantidade de produto que pode ser obtida a partir de uma quantidade x de insumos ou, ainda, a mínima quantidade de insumos necessária para se obter uma dada quantidade de produto. Moita (1995) conceitua fronteira de produção como uma curva formada pelos “limites de máxima produtividade que uma unidade de produção pode alcançar num processo de transformação utilizando uma certa combinação de *inputs* (insumos)”.

A Figura 3 mostra uma fronteira de produção construída para um conjunto de dados quaisquer. A unidade de produção (firma) no ponto C é considerada tecnicamente eficiente, pois está sobre a fronteira de produção. A unidade no ponto A, por sua vez, é considerada ineficiente. De acordo com Kao et al (1994), ineficiência técnica corresponde à distância que uma unidade de produção encontra-se abaixo da fronteira de produção. Atkinson ; Cornwell (1994) definem uma firma tecnicamente ineficiente como aquela que não utiliza o nível técnico mínimo de insumos dados o produto e o mix de insumos.

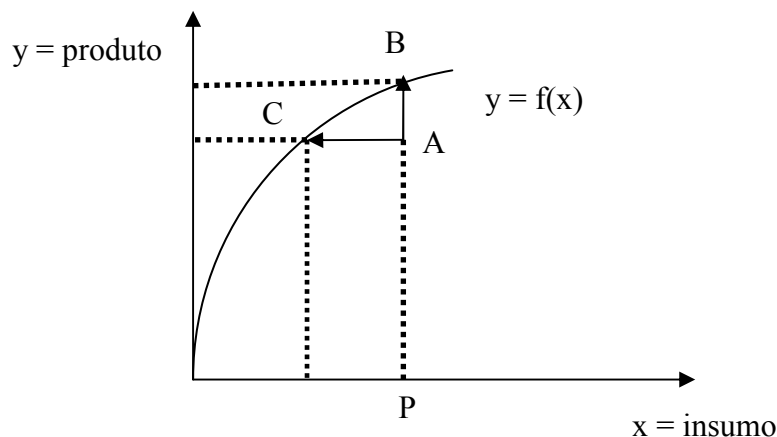


Figura 3 - Conjunto de possibilidades de produção e fronteira de produção $y=f(x)$.
Fonte: Zanini (2004).

³ “ Um produtor tecnicamente eficiente não apresenta necessariamente a eficiência econômica, pois pode utilizar um conjunto de inputs que não seja o de menor custo. Para ser economicamente eficiente, o produtor deve ser tecnicamente eficiente e também utilizar os insumos de menor custo” (ZANINI, 2004). A eficiência econômica é a combinação da eficiência técnica e da eficiência alocativa (obtida quando é utilizada uma proporção correta de insumos dados seus preços correspondentes).

A eficiência técnica da firma no ponto A, em relação ao produto, é medida pela razão AP / BP , que é, por definição, a razão da produção atual da firma pela máxima produção possível dada a tecnologia adotada⁴. Em outras palavras, corresponde ao quanto a firma pode aumentar seu produto sem aumentar o emprego de insumos. Análise similar pode ser feita em relação aos insumos, sendo que, neste caso considera-se como eficiência técnica da firma a razão entre a mínima quantidade de insumos e a quantidade de insumos empregada atualmente, permitindo identificar o quanto a firma pode diminuir no emprego de insumos mantendo o mesmo nível de produto. (MOITA, 1995).

Tupy ; Yamaguchi (1998) sintetizam que uma firma pode ser considerada eficiente no produto, na utilização dos insumos ou em ambos. Os conceitos de eficiência de escala (um único produto) e de escopo (mais de um produto) permitem analisar a eficiência no produto. A eficiência na utilização dos insumos é analisada por meio da eficiência técnica e alocativa.

A análise da eficiência de uma firma é de fundamental importância para os tomadores de decisão, para fins estratégicos em um mercado competitivo, para o aumento da lucratividade, melhoramento do desempenho da produtividade alocando de forma eficiente os insumos, redução de custos, introdução de novas tecnologias. Enfim, para todos os casos admite-se que exista um conjunto de agentes ou unidades de decisão, que utilizam recursos para produzir, e o agente mais eficiente é o que utiliza menor quantidade de insumos por unidade de produto, ou que produz a maior quantidade de produto dada uma dotação de recursos.

Segundo Shirota (1995), a estimativa de eficiência é geralmente feita por meio do método econométrico ou paramétrico (baseada em funções de fronteiras) ou do método matemático ou não paramétrico. A seguir são apresentadas as principais técnicas de medição de eficiência.

⁴ A eficiência técnica varia de zero (firma ineficiente) a 1 (firma tecnicamente eficiente, ponto B).

3.2.2 Técnicas de medição de eficiência

Conforme já comentado, na Economia existem duas abordagens tradicionais para a determinação de eficiência de uma firma: a abordagem não-paramétrica, que utiliza técnicas de programação matemática; e a abordagem paramétrica. De acordo com Lovell e Schmidt (1988), na abordagem não-paramétrica, a proposta metodológica baseia-se na técnica de programação pura. Na abordagem paramétrica são destacadas as técnicas: programação modificada, fronteira estatística determinística e fronteira estocástica. O Quadro 1 foi construído a partir de Tupy ; Yamaguchi (1998) e apresenta as principais características dessas técnicas. Segundo os autores, citando Lovell e Schmidt (1988), as técnicas citadas diferem entre si: a) no modo como a fronteira é especificada (não paramétrica e paramétrica), b) no modo como a fronteira é construída (técnicas estatísticas ou de programação), c) no modo como os desvios da fronteira são interpretados (ineficiência e uma mistura de ineficiência e ruído).

Quadro 1. Principais técnicas de medição de eficiência.

Técnica	Trabalhos pioneiros	Em que consiste	Características
Programação pura	A técnica foi desenvolvida por Charnes, Cooper; Rhodes (1978) e por Fare; Lovell (1978) a partir de estudos de Farrel e é conhecida por Data Envelopment Analysis (DEA)	Consiste numa sequência de programas lineares para construir uma fronteira de transformação e para medir sua eficiência relativa.	A amostra de dados é envolvida por uma fronteira determinística e como consequência o desvio de uma observação em relação à fronteira é atribuído exclusivamente à ineficiência. Não há ajustes para variações ambientais, choques aleatórios externos, erros de medição, variáveis omitidas etc. A maior vantagem desta técnica é que não há necessidade de se definir uma forma funcional sobre os dados.
Programação modificada	A técnica também foi elaborada a partir de Farrel sendo aprimorada por Aigner; Chu (1968), Forsund; Hjalmarsson (1979), Forsund; Jansen (1977).	É semelhante à programação pura diferindo desta no fato de a fronteira ser construída parametricamente.	Como na programação pura a fronteira construída é determinística e por isso não há meios de se associar probabilidades sobre a forma e o local da fronteira ou ainda, sobre as suas ineficiências relativas estimadas.
Fronteira estatística determinística	A técnica foi proposta por Afriat (1972) e ampliada por Richmond (1974) e Greene (1980), entre outros.	Consiste na utilização de técnicas estatísticas para estimar a fronteira e computar a sua eficiência relativa	A fronteira construída também é determinística, sendo os desvios atribuídos à ineficiência da firma.
Fronteira estocástica	A técnica foi simultaneamente proposta por Aigner; Lovell; Schmidt (1977), Meeusen; Broeck (1977).	Consiste na utilização de técnicas estatísticas para estimar a fronteira e computar a sua eficiência relativa, no entanto, introduz um termo de erro para representar ruído, erros de medição etc.	A maior vantagem desta técnica é a introdução de um componente de erro para representar ruído. Isso permite a decomposição do desvio de uma observação da parte determinística da fronteira em dois componentes, eficiência e ruído.

Fonte: Elaborado a partir de Tupy; Yamaguchi (1998)

A técnica de fronteira estocástica para dados em painel foi empregada no presente estudo para calcular as distâncias que compõem o Índice de Malmquist na representação algébrica do Índice de Produtividade de Malmquist Orientação-Produto. Um maior detalhamento desta técnica é apresentado a seguir.

3.2.3 Stochastic Frontier Analysis (SFA) – Análise de Fronteira Estocástica

Segundo Zanini (2004), as medidas de eficiência derivadas da fronteira de produção medem o grau de eficiência técnica de cada produtor a partir de uma orientação output. São informações necessárias para a estimação do modelo as quantidades empregadas de insumos (input) e produtos produzidos (output). Por se tratar de um método paramétrico, apresenta a vantagem de incorporar um termo de erro (composto pelos distúrbios aleatórios e

pelos efeitos de ineficiência técnica) na estimação da fronteira; em contrapartida, exige a especificação de uma forma funcional para a fronteira de produção, o que torna necessário o conhecimento da distribuição amostral dos distúrbios aleatórios e da própria ineficiência técnica. (MARINHO; BITTENCUORT, 2006).

A essência do modelo consiste em estimar uma regressão em que a variável dependente é a produção e as variáveis independentes, os insumos empregados pela firma. O método de Máxima Verossimilhança é o mais empregado na estimação da função, pois o método de Mínimos Quadrados Corrigidos (*Corrected Ordinary Least Square*, COLS) não pode ser usado em algumas amostras, quando não é possível calcular o desvio padrão da distribuição *half normal*, σ_u ; e o desvio padrão da distribuição “*White noise*”, σ_v .

Embora tenha sido desenvolvido inicialmente para conjuntos de dados *cross section*, o modelo de fronteira estocástica foi adaptado por Coelli e Battese (1995) para um painel de dados em que um número N de firmas é observado durante t períodos de tempo. Segundo Sousa et al (2005), a vantagem da abordagem de dados em painel “está no grande número de graus de liberdade na estimação dos parâmetros. Mais interessante, ainda, é que dados de painel permitem a investigação simultânea de uma mudança tecnológica e uma mudança na eficiência técnica ao longo do tempo, dado que a mudança tecnológica é definida por um modelo paramétrico apropriado, e os efeitos da ineficiência técnica no modelo de fronteira estocástica são estocásticos e possuem uma distribuição específica.”.

Formalmente, o modelo de fronteira estocástica com dados em painel pode ser escrito como:

$$y_{it} = A \prod_{t=1}^t x_{it}^{\beta t} \exp(\varepsilon_i) \quad (1)$$

$$\varepsilon_i = v_{it} - u_{it} \quad (2)$$

Onde:

$$u_{it} = z_{it} \theta + w_{it}, i = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

A função de produção, nesse caso, é representada por uma função como a Cobb-Douglas, sendo:

y_{it} o nível de produto da unidade produção i no período t ;

x_i o vetor dos insumos de dimensão $(1 \times k)$ utilizados pela unidade de produção i no período t ;

A e β_i os parâmetros a serem estimados, em que β_1 é um vetor de dimensão $(K \times 1)$;

\mathcal{E}_i representa o termo do erro que está dividido em dois componentes: um dado por v_{it} é a variável de perturbação “*White noise*” com distribuição normal, independente e identicamente distribuída, com média zero e variância σ_v^2 , responsável por capturar os erros aleatórios “*out of control*” da firma; e o outro dado por u_{it} , com distribuição truncada em zero (assimétrica), com média $z_{it}\theta$ e variância σ_u^2 , é uma variável aleatória não negativa ($u_{it} \geq 0$) que mede a eficiência técnica através da diferença entre o produto observado e o produto na fronteira.

z_{it} é um vetor (1×1) de fatores que exercem influência sobre a ineficiência técnica da firma i no período t ; θ é um vetor (1×1) de coeficientes a serem estimados;

w_{it} é o componente aleatório do termo de ineficiência técnica (Barros et al, 2004).

De acordo com alguns estudos, considera-se que a função de distribuição do efeito de ineficiência, que é o erro u_{it} , possui distribuição *half* normal.

Logo, a variância total σ^2 é expressa em função de soma de cada uma das variâncias dos termos aleatórios, de maneira que $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$. Aigner, Lovell e Shimidt (1977) propuseram o parâmetro $\lambda = (\sigma_u^2 / \sigma_v^2)$ como uma medida da variância do termo

de ineficiência u_{it} em relação à variância do termo erro aleatório v_{it} . Battese e Coelli (1988), por sua vez, sugerem o parâmetro $\gamma = (\sigma_u^2 / \sigma^2)$, que mede a variância do termo de ineficiência na explicação da variância total como substituto do parâmetro λ , principalmente porque os valores de γ estariam entre zero e um facilitando assim o processo de maximização por iterações (Marinho, 2001).

3.3 Produtividade

3.3.1 Produtividade: aspectos conceituais

Segundo Pereira (1999), os aumentos de produtividade estão relacionados basicamente a dois fatores: o progresso tecnológico e a diminuição da distância de uma unidade em relação à fronteira tecnológica, ou mudança no indicador de eficiência ao longo do tempo.

A produtividade pode ser definida como a relação entre produto e insumos, ou seja, o quanto se está produzindo de um determinado bem com uma determinada quantidade de insumo. Os aumentos de produtividade podem ser explicados basicamente por dois fatores: progresso tecnológico e ganhos de eficiência.

Muitos trabalhos se dedicam à construção de medidas de eficiência e produtividade. Porém, percebe-se, em alguns trabalhos, que os índices utilizados para ponderar o crescimento da produtividade de um determinado setor, utilizam apenas as variações na eficiência técnica, enquanto as variações tecnológicas, responsáveis pela expansão da fronteira de possibilidades de produção, não são consideradas. Isto se dá por considerarem o crescimento da produtividade e eficiência como termos técnicos similares.

Faz-se necessária uma distinção entre os conceitos. O crescimento da produtividade pode ser definido como a mudança líquida no produto devido às variações na eficiência técnica e tecnológica, em que a variação na eficiência é a variação do produto em relação a sua fronteira de produção, e a mudança tecnológica representa o deslocamento da fronteira de produção (Carvalho, 2003).

Produtividade é geralmente definida como a taxa de *output* agregado sob *input* agregado. Ela mede a eficiência com que uma unidade de produção converte *inputs* e *outputs*.

3.3.2 Decomposição da produtividade: o Índice de Malmquist

Existem basicamente dois tipos de indicadores de produtividade: aquele que indica o rendimento de um fator de cada vez, demonstrando apenas a relação entre a produção de um único produto e a quantidade de um único insumo utilizado e aquele que indica o quanto do produto é possível produzir a partir dos diversos insumos utilizados, denominado de Produtividade Total dos Fatores (*PTF*).

A Produtividade Total dos Fatores (*PTF*) mede a variação no produto total em relação à variação no uso de todos os insumos. Os índices de *PTF* podem ser utilizados para comparar unidades produtivas em um dado período de tempo ou em dois períodos de acordo com a literatura.

Para se ter uma idéia básica do significado de produtividade, considere-se um ambiente em que há um único produto produzido a partir do consumo de um único insumo em dois períodos distintos t e $t+1$. Assim, observa-se (x^t, y^t) no primeiro período e (x^{t+1}, y^{t+1}) no período seguinte. A medida *PTF* será expressa por:

$$PTF_{t, t+1} = \frac{y_{t+1}/x_{t+1}}{y_t/x_t} \quad (4)$$

Admitindo-se que as relações físicas entre insumos utilizados e produto máximo potencial em t e $t+1$ sejam representadas pelas funções $f_t(x)$ e $f_{t+1}(x)$ e aceitando-se a existência de ineficiência técnica, pode-se definir o produto observado em termos de uma função de produção, tal que

$$y_t = \lambda_t f_t(x_t), \quad (5)$$

Em que $0 \leq \lambda_t \leq 1$.

A unidade de produção é tecnicamente ineficiente quando um valor de λ_t é menor que um neste período. Substituindo a equação (02) na equação (01), obtém-se:

$$PTF_{t, t+1} = \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \left[\frac{f_{t+1}(x_{t+1})/x_{t+1}}{f_t(x_t)/x_t} \right] \quad (6)$$

Apreciando-se a hipótese de utilização de níveis de insumos diferentes entre dois períodos consecutivos, pode-se expressar o estoque de insumo em um período $t+1$ em função do estoque do período t , ou seja, $x_{t+1} = k x_t$. Se a quantidade de insumo em $t+1$ é maior que em t , k será maior que 1. Além disso, considerando-se que a função de produção é homogênea de grau $\varepsilon_{(t+1)}$ em x_{t+1} , no período $t+1$, então se pode escrever (3) como:

$$PTF_{t, t+1} = \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \left[\frac{f_{t+1}(kx_{t+1})/kx_{t+1}}{f_t(kx_t)/kx_t} \right] = \left[\frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \right] \left[k^{\varepsilon_{(t+1)}-1} \right] \left[\frac{f_{t+1}(x_t)}{f_t(x_t)} \right] \quad (7)$$

Tem-se na equação (4) uma decomposição do índice da *FTP*. O primeiro termo do lado direito representa a variação na eficiência técnica, o termo intermediário é o efeito da variação de escala de produção e o último mede a variação tecnológica. Observa-se ainda que o efeito de variação de escala é composto pelos parâmetros escala de operação k e o retorno de escala \mathcal{E} .

A decomposição da produtividade total dos fatores pode ser aplicada aos casos mais complexos envolvendo modelos com vários insumos e produtos. Uma das maneiras de se fazer isso é por meio do índice de Malmquist. Para Rivera Rivera e Constantin (2007), uma firma produtivamente eficiente é aquela que não consegue aumentar sua produção sem aumentar alguns de seus insumos. Pelo índice de Malmquist, tal firma tem uma pontuação de eficiência de 1. Analogamente, uma firma produtivamente ineficiente obtém uma pontuação de eficiência menor do que 1. Introduzido por Caves (et al. 1982) na utilização empírica, o índice de Malmquist não requer custos ou receitas para agregar insumos e produtos, sendo ainda capaz de mensurar o crescimento da PTF num cenário de múltiplos produtos.

Neste trabalho, os índices de produtividade serão dados pelo Índice de Malmquist.

Para o cálculo das distâncias que compõem o Índice de Malmquist na representação algébrica do Índice de Produtividade de Malmquist Orientação-Produto é necessário o uso da teoria da fronteira estocástica.

O índice de Malmquist tem muitas características desejáveis. Entre elas, pode-se destacar a não necessidade de definição do comportamento da função, como minimização de custos ou maximização de receitas, o que é muito útil quando os objetivos dos produtores são diferentes, ou ainda, quando estes são desconhecidos. O não requerimento dos preços dos insumos e produtos é outra importante característica do índice de Malmquist, útil, principalmente, no estudo de setores que sofreram mudanças durante o período de análise, como altos índices de inflação, fato este que pode facilmente distorcer os resultados no caso de se trabalhar com valores monetários. Essa última vantagem é, também, destacada por Thirtle *et al* (1996) apud Pereira (1999), que afirmam ser importante para estudos realizados nos países em desenvolvimento, onde os dados relativos a preços são muito distorcidos, ou inexistentes. Outra virtude é a possibilidade do desmembramento das mudanças de produtividade dentro de mudança no indicador de eficiência e mudança tecnológica, permitindo, dessa forma, conhecer a natureza da mudança de produtividade.

A fim de delimitar o conceito do índice de variação da produtividade de Malmquist, faz-se necessária a apresentação dos conceitos de **conjunto de possibilidade de produção** e de **função distância**.

Começa-se expressando a tecnologia, com o vetor de insumos $x_t = (x_1^t, x_2^t, \dots, x_N^t) \in \mathbb{R}_+^N$ e com o vetor de produtos $y_t = (y_1^t, y_2^t, \dots, y_M^t) \in \mathbb{R}_+^M$, observados no período t , $t = 1, 2, \dots, T$. A tecnologia pode ser representada pelos vetores insumos e de produtos viáveis. O conjunto de possibilidade de produção representa o conjunto de todos os vetores de produtos que podem ser produzidos usando o vetor dos insumos. Assim, temos:

$$P(x) = \{y: x \text{ pode produzir } y\} \quad (5)$$

$P(x)$ é o conjunto de possibilidades de produção, isto é, o conjunto de todas as combinações de insumos e produtos factíveis. O conjunto de possibilidades de produção está representado na Figura 4. Este conjunto consiste em todos os pontos entre a fronteira de produção, OA , e o eixo dos x 's. Os pontos, ao longo da fronteira de produção, definem um subconjunto eficiente desse conjunto. Assim sendo, os pontos R e C são exemplos de produção eficiente enquanto o ponto H é um exemplo de ineficiência.

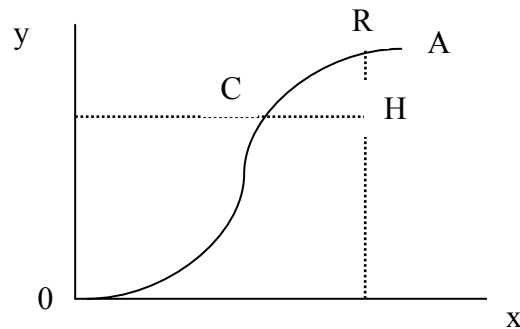


Figura 4 - Conjunto de Possibilidade de Produção.

Uma representação funcional da tecnologia é fornecida pela função de distância orientada pelo produto. Tal função distância orientada pelo produto é uma medida de eficiência proposta por Farrell (1957), que calcula o quanto o nível de produto observado está distante do produto máximo potencial, para um dado conjunto de insumos utilizados na sua produção.

A função distância orientada pelo produto pode ser definida em função do conjunto de possibilidade de produção, $P(x)$, como:

$$D_0(x, y) = \min \{ \theta : (y / \theta) \in P(x) \} \quad (8)$$

Expressando-se em palavras, a função distância orientada pelo produto representa a contração mínima proporcional de produto observado pertencente ao conjunto de possibilidades de produção. Como o limite superior do conjunto de possibilidades de produção corresponde à fronteira de produção, a contração mínima sempre irá igualar-se ao vetor produto observado ao nível do produto máximo potencial sobre a fronteira de produção. A função distância orientada pelo produto satisfaz a desigualdade:

$$D_0(x, y) \leq 1 \quad (9)$$

Em decorrência, pode-se inferir que $D_0(x, y) < 1$ significa ineficiência na produção, ou seja, a unidade está produzindo abaixo da isoquanta do conjunto de produção. No caso de $D_0(x, y) = 1$, a unidade produtiva estaria produzindo de forma eficiente, isto é, na linha do conjunto de possibilidade de produção.

O conceito de função distância está ilustrado na Figura 5 por meio de um exemplo em que dois produtos y_1 e y_2 são produzidos usando um vetor de insumos x . O conjunto de possibilidade de produção, $P(x)$, é a área limitada pela fronteira de possibilidade de produção (FPP) e os eixos de y_1 e y_2 . A função distância no ponto H é definida como sendo igual a $\theta = OH/OR$, que é menor do que um (1). Neste caso, a unidade de produção está operando ineficientemente, pois, com o insumo x , poderia operar-se no ponto B sobre a fronteira de possibilidade de produção. Se a unidade de produção estivesse operando no ponto C , seria eficiente, e a sua função distância seria igual a um (1).

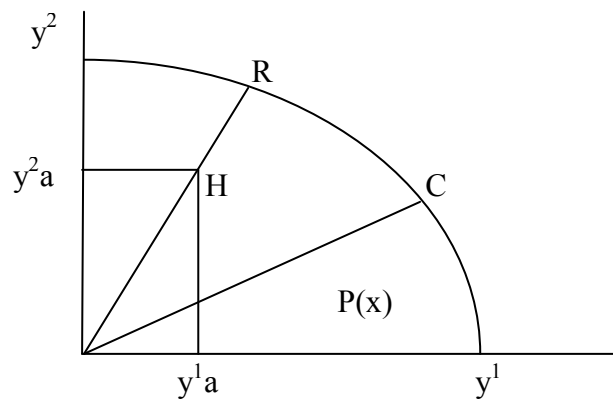


Figura 5 - Função Distância.

O cálculo do índice de Malmquist de Produtividade total orientado pelo produto é baseado em funções distâncias com respeito a dois períodos de tempo diferentes:

$$D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \min \left(\theta : (x^{t+1}, y^{t+1} / \theta) \in P^t(x) \right) \quad (10)$$

$$D_0^{t+1}(x^t, y^t) = \min \left(\theta : (x^t, y^t / \theta) \in P^{t+1}(x) \right) \quad (11)$$

O primeiro elemento $D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ relaciona dados de $t+1$ com a tecnologia existente no período t , ou seja, mede a variação proporcional do vetor produto necessária para fazer (x^{t+1}, y^{t+1}) factível em relação à tecnologia em t , significando que $D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}) < 1$, = e > 1 .

Os dados, neste caso, podem ser inviáveis para a tecnologia em t . Logo, pode-se observar, de forma análoga, que a expressão $D_0^{t+1}(x^t, y^t)$ mede a máxima variação proporcional do vetor produto necessária para fazer (x^t, y^t) factível agora em relação à tecnologia em $t+1$. Como a função (8) refere-se aos dados do período t com a tecnologia existente no período $t+1$, desta forma pode-se assumir também valores menores, iguais ou maiores que um (1) e $D_0^{t+1}(x^t, y^t) < 1, = 1$ e > 1 . (Figura 6).

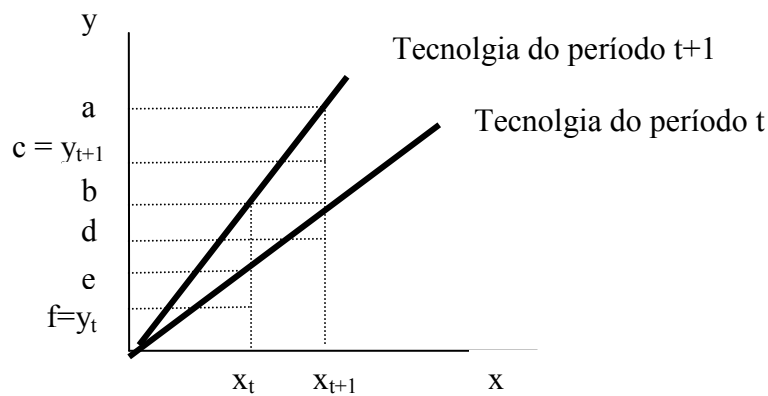


Figura 6 - Índice de Produtividade de Malmquist.

Apresentadas as funções distâncias, fica fácil compreender o índice de Malmquist que pode ser definido como:

$$M_0(y_{t+1}, y_t, x_{t+1}, x_t) = \left[\frac{D_0^t(y_{t+1}, x_{t+1})}{D_0^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})} \times \frac{D_0^t(y_t, x_t)}{D_0^{t+1}(y_t, x_t)} \right]^{1/2} \quad (12)$$

A primeira razão do índice $M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t)$ utiliza a tecnologia do período t como referência para fornecer medidas de mudanças de produtividade. Esta pode ser convencionalmente de índice de Malmquist com base no período t . No caso da segunda razão, a tecnologia do período $t+1$ é usada como referência para o fornecimento de medidas de mudança de produtividade, podendo ser denominada de índice de Malmquist com base no período $t+1$. Como-se pode observar, o índice definido $M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t)$ é uma média geométrica de duas razões de funções de distância produto, que utilizam como base tecnologias em diferentes momentos do tempo, para evitar qualquer escolha arbitrária do período de referência.

O índice $M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t)$, que foi descrito há pouco, pode ser decomposto ainda da seguinte forma:

$$M_o(y_{t+1}, y_t, x_{t+1}, x_t) = \left[\frac{D_0^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})}{D_0^t(y_t, x_t)} \right] \left[\frac{D_0^t(y_{t+1}, x_{t+1})}{D_0^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})} x \frac{D_0^t(y_t, x_t)}{D_0^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})} \right]^{1/2} \quad (13)$$

O primeiro termo do lado direito de (10) mede a **variação da eficiência técnica**, isto é, expressa a mudança no indicador de eficiência de uma determinada unidade, entre os períodos t e $t+1$. Desta forma, pode-se perceber como está comportando-se a eficiência técnica em relação à mudança de fronteira de produção com o decorrer do tempo. A mudança de eficiência técnica pode ser menor, igual ou maior que a unidade, dependendo se está existindo queda, manutenção ou aumento no indicador eficiência técnica, respectivamente.

$$\text{Variação da Eficiência Técnica} = \left[\frac{D_0^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})}{D_0^t(y_t, x_t)} \right] \quad (14)$$

O segundo sub-índice, raiz quadrada da expressão (10), expressa a mudança técnica ou **variação tecnológica**. Este pode ter valores menores, iguais ou maiores que a unidade, conforme esteja ocorrendo regresso técnico, não exista alteração da tecnologia ou esteja havendo progresso técnico, respectivamente

$$\text{Variação Tecnológica} = \left[\frac{D_0^t(y_{t+1}, x_{t+1})}{D_0^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})} x \frac{D_0^t(y_t, x_t)}{D_0^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})} \right]^{1/2} \quad (15)$$

O índice de produtividade Malmquist é obtido pela multiplicação dos dois subíndices. Essa possibilidade de desmembramento do índice, como destacado, é muito importante, pois permite entender a origem das alterações de produtividade, ou seja, se um aumento de produtividade é fruto do progresso técnico ou da melhoria no indicador de eficiência, ou ainda dos dois simultaneamente. Por outro lado, também pode observar manutenção ou queda na produtividade, frente a um estado de progresso técnico, quando existe uma queda mais que proporcional no indicador de eficiência produtiva.

4 METODOLOGIA

4.1 Natureza e Origem dos Dados

Este trabalho foi construído com base em dados secundários obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a partir da Produção Agrícola Municipal (PAM) e Ministério do Trabalho por meio da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). O período em análise está compreendido de 1994 a 2005 para as unidades produtoras de cana-de-açúcar nas regiões brasileiras. Os dados formaram um painel equilibrado composto por 15 estados (unidades de produção) avaliados durante doze anos.

4.2 Área de Estudo

A produção de cana de açúcar ocorre em quase todas as regiões brasileiras. Assim, buscou-se realizar o estudo em todos os estados produtores do país. No entanto, devido à disponibilidade de dados referentes ao período de análise alguns estados ficaram excluídos.

Assim, os estados selecionados para compor a amostra foram os da região Centro Oeste - Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul; os da região Nordeste - Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe; os da região Sudeste - Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo e o da região Sul - Paraná

Os estados produtores de cana-de-açúcar da região Norte não foram incluídos por não terem dados disponíveis na RAIS em diversos anos, desconfigurando a série e reduzindo o período de tempo em análise. Na região Nordeste, os estados do Maranhão e do Piauí tiveram que ser retirados da amostra também por falta de dados em determinados períodos. A ausência de informações, em alguns anos, pode viesar a análise da estimação da fronteira, pois a série de anos estudados seria descontínua.

4.3 Descrição das Variáveis Utilizadas no Modelo

As variáveis adotadas no modelo foram classificadas em dependente (produção de cana de açúcar) e explicativas (insumos utilizados). A identificação e escolha das variáveis do modelo é, segundo Soares de Mello et al (2005), a fase mais importante e crucial para

implementação da metodologia, pois, se sua escolha for inadequada ou inapropriada, pode gerar resultados não condizentes com a realidade. Assim, apesar da limitação de informações já mencionadas buscaram-se selecionar as variáveis mais relevantes no processo produtivo da cana de açúcar no Brasil, as quais são descritas a seguir.

- Variável Dependente

Produção Estadual

A produção de cana-de-açúcar foi expressa em toneladas por ciclo de produção compreendida num período de um ano para cada unidade produtora.

- Variáveis Explicativas - Insumos

Essas variáveis, além de explicar a produção construindo a fronteira estocástica, medem a eficiência do setor e da produtividade total dos fatores de produção.

a) Estoque de capital físico

Devido à ausência de dados contínuos relativos à potencialidade produtiva, água para consumo, qualidade do solo, benfeitorias, tecnologia, estrutura fundiária, prática de irrigação, geralmente utilizadas como componentes de capital físico, adotou-se como *proxy* de estoque de capital físico neste trabalho a área plantada de cana-de-açúcar em cada estado, expressa em hectares (ha). Segundo Ney; Hoffmann (2003), a área do empreendimento pode ser associada ao capital físico, porque a terra é um fator de produção fundamental à atividade agrícola, e áreas produtivas maiores tendem a demandar mais recursos do que as menores.

b) Pessoal ocupado na cultura da cana-de-açúcar

A variável pessoal ocupado na cultura em estudo refere-se ao número de trabalhadores registrados com carteira de trabalho pelo Ministério do Trabalho. Sendo assim, pessoas ocupadas no setor que não são ligadas à empresa, de acordo com as leis trabalhistas não foram incluídas na análise do presente estudo.

c) Capital humano

A variável *proxy* utilizada no presente estudo para mensurar a quantidade de capital humano foi um índice representado pelo estoque de mão-de-obra qualificada ligada ao setor da cana. Este índice foi obtido pelo número de trabalhadores com 8ª série completa e incompleta, dividido pelo número total de trabalhadores ligados ao setor segundo a RAIS. Para Almeida; Pereira (2000), há uma nítida analogia entre a produtividade física do capital e a educação o que justifica o tratamento analítico da educação como capital, isto é, capital humano, posto que se torna parte da pessoa que a recebe.

Estudos como o de Bittecourt; Marinho (2005), o de Freitas; Bacha (2004) e o de Grosskopf; Self (2001) demonstram a importância da inclusão dessa variável em modelos voltados para análise de produtividade.

4.4 Estimação da fronteira estocástica e cálculo do índice de Malmquist

A fronteira estocástica foi estimada a partir de um painel de dados equilibrado constituído por 15 estados observados durante 12 anos consecutivos. Segundo Battese; Coelli (1992), dados dispostos dessa maneira permitem estimar as ineficiências ao longo do tempo.

A forma funcional da fronteira de produção estocástica adotada neste estudo foi a função Cobb-Douglas. Apesar de ser simples para execução dos cálculos, ela é mais viável para uma fronteira estocástica. Além da função Cobb-Douglas, pode-se usar também a função translog, mais complexa. A principal diferença entre essas funções é que a primeira trabalha com retornos de escala fixos e com elasticidade de substituição unitária. A função Cobb-Douglas traz escores de eficiência mais próximos da firma observada, enquanto a Translog tende a quantificar escores de eficiência próximos do valor unitário, o que é raro de se encontrar na maioria das firmas. A Translog oferece maior flexibilidade ao modelo, é uma forma funcional de manipulação matemática mais difícil e, por envolver um número maior de variáveis explicativas, reduz o número de graus de liberdade.

Assim, a especificação adotada foi:

$$\ln(y_{it}) = \beta_0 + \beta_1 K_{it} + \beta_2 L_{it} + \beta_3 T + u_{it} \quad (17.a)$$

$$u_{it} = \theta_0 + \theta_i Z_{it} + W_{it} \quad (17.b)$$

Em que:

y_{it} é a produção estadual;

k_{it} é o estoque de capital físico;

L_{it} é o pessoal ocupado na cultura da cana-de-açúcar;

T é a tendência;

u_{it} é o índice de capital humano ; para modelar a ineficiência;

z_{it} é o índice de capital humano ; para modelar a ineficiência;

$i = 1, 2, \dots, m$ (número de unidades a serem avaliadas – estados do Brasil);

$t = 1, 2, \dots, T$ (número de períodos de tempo que compõem a análise).

Na equação 17b, que é a equação de ineficiência técnica, foi escolhida a variável capital humano (Z) devido ao interesse específico de se avaliar o seu impacto sobre a ineficiência técnica dos produtores de cana de açúcar no Brasil.

Para a obtenção de resultados mais precisos, adotou-se a pressuposição de rendimentos constantes de escala ⁵(homogeneidade linear nas quantidades adotadas de fatores). Os parâmetros do modelo foram estimados pelo método da máxima verossimilhança.

Encontrados os parâmetros da equação 17a e conhecidos os índices de eficiência, o cálculo do índice do Malmquist foi realizado conforme equação :

$$M_0(y_{t+1}, y_t, x_{t+1}, x_t) = \left[\frac{D_0^t(y_{t+1}, x_{t+1})}{D_0^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})} \times \frac{D_0^t(y_t, x_t)}{D_0^{t+1}(y_t, x_t)} \right]^{1/2}$$

No presente trabalho, foi empregado o programa FRONTIER 4.1 o qual permite estimar uma fronteira de produção estocástica paramétrica desagregando o erro aleatório da ineficiência.

⁵ Rabelo (2000), citando Grifell-Tatjé; Lovell (1995), argumenta que “ o índice PTF de Malmquist origina um enviesamento na evolução da produtividade total dos fatores quando é assumida uma tecnologia de rendimentos variáveis à escala. Perante um acréscimo no consumo de fatores, verifica-se uma sobre ou subavaliação da PTF conforme se esteja na presença de rendimentos decrescentes ou crescentes à escala, respectivamente, sendo a direção do enviesamento invertida se ocorrer uma contração no consumo de fatores. Neste contexto, apesar de constituir uma limitação, é indispensável que, na estimação dos modelos que suportam o cálculo das funções distância supra referidas, seja imposta a hipótese de ocorrência de rendimentos constantes à escala.”

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, são discutidos os resultados obtidos no estudo. Inicialmente é realizada uma caracterização das unidades produtivas quanto à produtividade parcial dos fatores terra e mão-de-obra. Em seguida, são apresentados os índices de eficiência técnica e seu comportamento ao longo do período estudado. Na terceira parte, é descrita a variação da produtividade total dos fatores por meio do índice de Malmquist.

5.1 Produtividade parcial da terra e da mão de obra

A produção de cana-de-açúcar no Brasil, entre os anos de 1995 e 2005 passou de 299,4 para 417,7 milhões de toneladas (IBGE, somente para as regiões em estudo). A região Sudeste lidera com 70% da produção total. O estado que tem contribuição maior na produção nacional é o Estado de São Paulo, seguido do Paraná, Minas Gerais, Alagoas e Goiás. A região Centro-Oeste vem aumentando significativamente sua produção nos últimos anos, ver tabela 3.

Tabela 3 - Comportamento dos principais estados produtores de cana de açúcar quanto à produção (tonelada) no período 1995 – 2005.

Unidade Produtora – Estado	Anos			Variação (%)
	1995	2000	2005	
Ceará	2.029.036	1.791.802	1.787.126	-11,92
Rio Grande do Norte	2.336.485	2.376.272	3.286.428	40,66
Paraíba	6.522.235	3.986.815	4.975.797	-23,71
Pernambuco	20.664.614	15.166.588	17.115.218	-17,18
Alagoas	21.572.980	27.798.034	23.723.803	9,97
Sergipe	1.241.895	1.352.624	1.777.372	43,12
Bahia	4.020.972	4.878.527	5.592.921	39,09
Nordeste	58.390.212	57.352.662	58.260.670	-0,22
Minas Gerais	16.726.400	18.706.313	25.386.038	51,77
Espírito Santo	2.070.088	2.375.961	4.240.922	104,87
Rio de Janeiro	7.295.349	7.085.879	7.554.495	3,55
São Paulo	174.960.000	189.040.000	254.809.756	45,64
Sudeste	201.051.837	217.208.153	291.991.211	45,23
Paraná	20.429.522	23.191.970	29.717.100	45,46
Sul	20.429.522	23.191.970	29.717.100	45,46
Mato Grosso do Sul	4.922.386	5.837.456	9.513.818	93,28
Mato Grosso	6.944.989	8.470.098	12.595.990	81,37
Goiás	7.690.407	10.162.959	15.642.125	103,40
Centro-Oeste	19.557.782	24.470.513	37.751.933	93,03
Total	299.429.353	322.223.298	417.720.914	39,51

Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal.

A região nordestina teve declínio em sua variação no período em sua produção (-0,22%). Apesar dessa variação negativa, o Nordeste tem participação de 14% da produção nacional. Essa pequena variação na produção pode ser explicada pela variação negativa na produção dos Estados da Paraíba (-23,71%), Pernambuco (-17,18) e Ceará (-11,92%) e pela função do comportamento da produtividade parcial da terra (tabela 4) e da mão-de-obra (tabela 5), que foram baixos em relação aos outros estados produtores da região.

Na tabela 4, pode-se analisar o comportamento dos principais estados produtores de cana de açúcar quanto à produtividade parcial da terra (tonelada/hectare) no período 1995 – 2005. A cana de açúcar apresentou um crescimento de 8,33% na produtividade parcial média da terra entre 1995/2005. Como observado na Tabela 4, a região Nordeste e, em seguida, a região Sudeste foram as principais responsáveis pelos ganhos observados no período. A região Sul, representada pelo Estado do Paraná, sofreu uma queda de 8,11%. Uma análise em nível estadual aponta Rio Grande do Norte (40,16%), Espírito Santo (28,12%) e Alagoas (21,58%) como os estados que alcançaram os maiores ganhos de produtividade parcial da terra. As maiores perdas ocorreram em Mato Grosso.

Tabela 4 - Comportamento dos principais estados produtores de cana de açúcar quanto à produtividade parcial da terra (tonelada/hectare) no período 1995 – 2005.

Unidade Produtora - Estado	Anos			Variação (%)
	1995	2000	2005	
Ceará	46,69	51,88	50,92	9,05
Rio Grande do Norte	43,49	54,78	60,96	40,16
Paraíba	44,75	43,83	47,21	5,48
Pernambuco	49,46	49,81	46,63	-5,71
Alagoas	47,97	62,03	58,32	21,58
Sergipe	57,17	64,26	66,15	15,72
Bahia	53,49	53,17	61,44	14,88
Nordeste	49,00	54,25	55,95	14,17
Minas Gerais	62,52	64,26	72,72	16,32
Espírito Santo	51,42	54,10	65,88	28,12
Rio de Janeiro	45,09	44,61	44,89	-0,44
São Paulo	77,45	76,08	82,60	6,65
Sudeste	59,12	59,77	66,52	12,52
Paraná	79,94	70,89	73,46	-8,11
Sul	79,94	70,89	73,46	-8,11
Mato Grosso do Sul	65,79	59,00	69,54	5,70
Mato Grosso	70,22	62,73	61,16	-12,90
Goiás	73,59	73,02	79,56	8,11
Centro Oeste	69,87	64,92	70,09	0,31
Média	57,94	58,96	62,76	8,33

Fonte: Dados da pesquisa.

Diante da produtividade da cana-de-açúcar (62 t/ha), no Brasil, em 2005, a perspectiva é de melhorar nos próximos anos, pois a única região abaixo da média, o Nordeste (55,95 t/ha), que influencia diminuir o índice de produtividade parcial da terra nacional, pode aumentar de forma considerável. A explicação dessa possível melhora da produtividade, segundo VIDAL et al(2006), é a perspectiva de um incremento que deverá ocorrer com ampliação da área irrigada, que é mais favorável ao cultivo, em curso e definição do manejo das variedades, aumentando, possivelmente, a produtividade dessa região e igualando-se com as outras que estão acima da média nacional.

No caso da produtividade parcial da mão de obra, Tabela 5, verificou-se, entre os principais estados produtores de cana-de-açúcar, uma queda média de 91,07%. Todas as regiões analisadas apresentaram decréscimo. Nota-se, no entanto, um aumento substancial na produtividade parcial da mão-de-obra em Alagoas (148,09%), Minas Gerais (80,87%) e São Pulo (54,52%).

Tabela 5 - Comportamento dos principais estados produtores de cana de açúcar quanto à produtividade parcial da mão de obra (tonelada/empregados formais) no período 1995 – 2005.

Unidade Produtora - Estado	Anos			Variação 1995 – 2005 (%)
	1995	2000	2005	
Ceará	11.594,49	6.891,55	2.720,13	-76,54
Rio Grande do Norte	2.175,50	502,60	977,81	-55,05
Paraíba	1.293,58	596,56	496,54	-61,62
Pernambuco	651,16	699,86	622,42	-4,41
Alagoas	1.599,06	1.635,27	3.967,19	148,09
Sergipe	949,46	1.057,56	1.533,54	61,52
Bahia	268.064,80	53.027,47	2.982,89	-98,89
Nordeste	1.105,04	1.109,08	1.152,51	4,30
Minas Gerais	4.120,82	5.015,10	7.453,33	80,87
Espírito Santo	6.571,71	2.727,85	2.331,46	-64,52
Rio de Janeiro	3.876,38	4.160,82	2.304,60	-40,55
São Paulo	2.169,91	2.831,08	3.352,98	54,52
Sudeste	2.313,97	2.972,32	3.455,60	49,34
Paraná	5.049,31	1.751,66	3.574,34	-29,21
Sul	5.049,31	1.751,66	3.574,34	-29,21
Mato Grosso do Sul	4.859,22	3.123,30	2.778,57	-42,82
Mato Grosso	178.076,64	1.952,54	3.800,84	-97,87
Goiás	5.469,71	3.962,17	5.440,74	-0,53
Centro-Oeste	7.956,79	2.789,62	3.927,17	-50,64
Total	2.047,66	2.194,97	2.730,63	33,35

Fonte: Dados da pesquisa

Apesar das limitações já citadas quanto aos indicadores de produtividade parcial, esses resultados permitem algumas inferências iniciais. Como os ganhos de produtividade parcial da terra não foram acompanhados pela mão-de-obra, presume-se que houve um aumento na produção e na incorporação de insumos modernos à produção uma vez que o uso de insumos modernos, como destacado por Pereira (1999), tende a poupar terra, o que contribui para aumentar a produtividade parcial desse fator.

5.2 Fronteira Estocástica

A construção da fronteira estocástica, neste estudo, teve como objetivo central verificar o papel da variável capital humano como vetor de ineficiência técnica na produção de cana-de-açúcar. As estimativas da fronteira estocástica de produção são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Estimadores de máxima verossimilhança do modelo de fronteira estocástica.

Variáveis	Coefficientes	Erro padrão	Estatística “t”
Constante	3,9378	0,1639	24,0253*
Ln(K)	1,0259	0,0196	52,3591*
Ln(L)	0,0198	0,0101	1,9625*
T	0,0002	0,0024	0,0101
Determinantes da ineficiência técnica			
Constante	0,4967	0,0639	7,7786*
HC	-1,7657	0,2993	-5,8988*
Parâmetros da variância			
σ^2	0,0497	0,0136	3,6692*
γ	0,9999	0,0001	9652,36*
Log-likelihood	71,4777		
LR	71,8186		

Fonte: Elaboração própria

* Significante ao nível de 1%

Os parâmetros da fronteira de produção foram estimados simultaneamente ao parâmetro da variável capital humano (HC) no modelo de ineficiência técnica. Com exceção da variável tendência, todos os parâmetros estimados foram significantes ao nível de 1%.

Na primeira parte da tabela, os resultados significantes das estimativas das variáveis terra (K) e mão-de-obra (L) indicam relações positivas com a produção. A variação

percentual na área colhida mostrou-se capaz de provocar variações mais que proporcionais na produção. Quanto à variável mão-de-obra, o coeficiente estimado menor que 1 sugere que o efeito produzido pela adoção de um trabalhador a mais não afetará o valor da produção de cana de maneira tão expressiva quanto a variável terra.

Quanto ao coeficiente do modelo de ineficiência técnica, representado pela variável capital humano, o sinal, sendo negativo, implica numa relação positiva entre capital humano e eficiência técnica. Logo, quanto maiores os níveis de capital humano maior será a eficiência técnica na produção de cana-de-açúcar dadas demais variáveis do modelo (área colhida e mão-de-obra empregada formalmente no setor).

A magnitude do coeficiente do capital humano implica em que o aumento de 1% nessa variável leva a um incremento de 1,7657% na produção da cana de açúcar. Considerando-se que o capital humano tem grande impacto na eficiência da produção, um ano a mais de estudo traria um aumento significativo tanto na produção como na eficiência técnica de cada unidade produtora e, por conseguinte, na produtividade total de fatores de produção.

O teste da Razão de Verossimilhança Generalizada (LR)⁶ mostra a existência da influência dos efeitos da ineficiência no modelo como um todo. Com base nesse teste, utilizando-se a distribuição chi-quadrado mixed de Koddle e Palm(1986), verificou-se que a hipótese nula foi rejeitada⁷. Logo, o valor de γ para a função de produção pode ser usado para medir a variabilidade do termo de ineficiência técnica.

Como pode ser constatado por meio do valor de γ as ineficiências técnicas no modelo têm influência na produção de cana de açúcar⁸. Ainda em relação ao valor dessa estatística, nota-se que 99,99% das variações residuais são explicadas pelos efeitos da ineficiência técnica, enquanto menos de 1% dos desvios com relação à fronteira é atribuído ao

⁶ A estatística LR é dada por $LR = -2 [\ln\{L(H_0)\} - \ln\{L(H_a)\}]$. Onde $\ln\{L(H_0)\}$ e $\ln\{L(H_a)\}$ são os valores das funções de logverossimilhança sob as hipóteses nula e alternativa, respectivamente, Coelli, Rao & Battese, 1998.

⁷ O valor calculado da estatística (LR= 71,47) ao nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), com 3 restrições, é maior que o valor crítico ($\chi^2 = 7,045$) de Koddle e Palm; logo rejeita-se a hipótese nula de que $\gamma = 0$.

⁸ O valor de γ e o respectivo valor da estatística t aponta que há influência dos efeitos da ineficiência técnica no modelo (O teste apresenta como hipóteses: e hipótese nula ($H_0: \gamma = 0$) e hipótese alternativa $H_0: \gamma > 0$ ou há influência dos efeitos da ineficiência técnica no modelo.)

componente aleatório. Assim, pode-se afirmar que a variância total na produção deve-se, em sua maior parte, à ineficiência técnica (capital humano) e não a fatores aleatórios.

A estimação da fronteira de produção possibilitou a estimação das eficiências técnicas dos principais estados produtores de cana de açúcar no período 1994 – 2005 e o cálculo das funções distância usadas na construção do índice de produtividade de Malmquist discutidos nas seções a seguir.

5.3 Índices de Eficiência Técnica

Nesta seção, são apresentadas as eficiências técnicas alcançadas pelos principais estados produtores de cana-de-açúcar no Brasil, entre 1994 e 2005. Como já ressaltado, as eficiências foram obtidas a partir do modelo de produção no qual os fatores de produção considerados foram a terra (área colhida) e a mão de obra (número de empregados).

A figura 7 mostra o valor das eficiências técnicas nas regiões principais produtoras de cana-de-açúcar no ano de 2005. Verificam-se os melhores desempenhos nas regiões Sul (0,856) e Centro-Oeste (0,851). Percebe-se que as regiões Sudeste (0,779) e Nordeste (0,691) ficam abaixo da média brasileira. A última colocação verificada na região Nordeste é consistente com os mais baixos índices de capital humano existentes nos estados nordestinos relativamente aos estados das outras regiões.

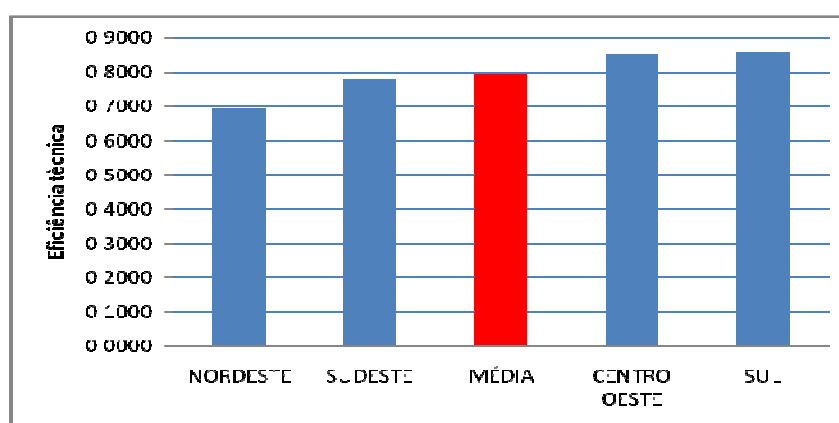


Figura 7 - Eficiência técnica das regiões produtoras de cana-de-açúcar – 2005.
Fonte: Elaboração Própria.

Uma análise do comportamento da eficiência técnica das regiões no período 1994 - 2005 sugere que não houve mudanças perceptíveis no “ranking” das regiões analisadas. As regiões Sul e Centro Oeste permaneceram acima da média nacional, e Sudeste e Nordeste, abaixo dessa média. Embora tenha ocorrido queda de eficiência na região Sul, esta alcançou os maiores índices em todo o período estudado, ver figura 8.

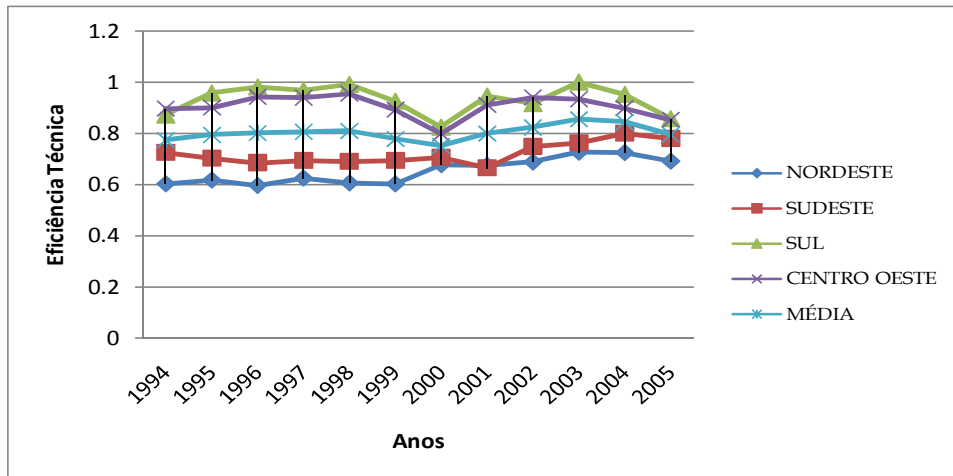


Figura 8 - Comportamento da eficiência técnica das regiões ao longo dos anos.
Fonte: Elaboração Própria.

Os baixos valores de eficiência técnica alcançados pela região Sudeste devem-se, principalmente, ao Estado do Rio de Janeiro. Como observado na Figura 9, este estado obteve a menor média de eficiência técnica no período 1994 – 2005. A maioria dos estados que apresentaram desempenho abaixo da média brasileira encontra-se na região Nordeste. Por outro lado, os estados que se encontraram acima da média nacional estão localizados no Sul e Centro-Oeste. O único estado nordestino nesse grupo foi Sergipe, cujo bom índice pode ser associado aos ganhos de capital humano ocorridos no período estudado.

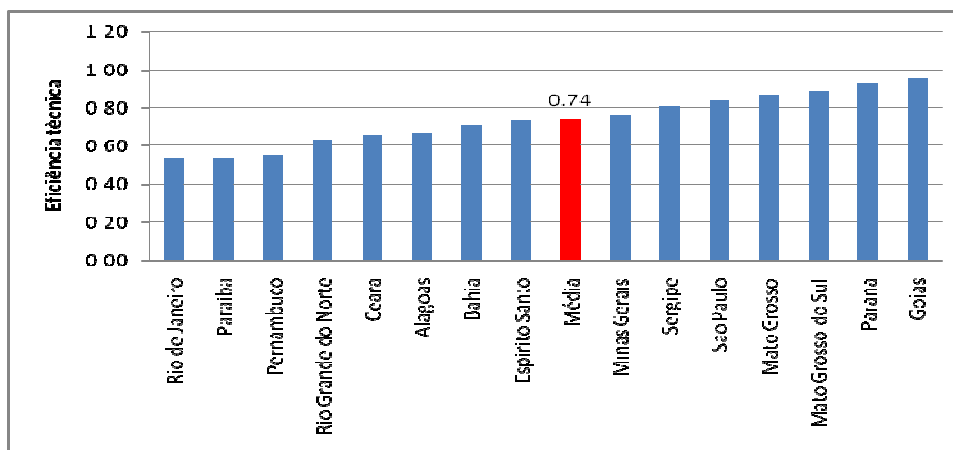


Figura 9 - Eficiência técnica média dos estados no período 1994 – 2005.
Fonte: Elaboração Própria.

Os índices de eficiência técnica dos principais estados produtores de cana-de-açúcar ao longo do período 1994-2005 encontram-se na Tabela 7. Embora com os menores índices, a região Nordeste obteve os maiores ganhos de eficiência no período (14,74%) com destaque para os Estados de Rio Grande do Norte e Alagoas.

A última posição no “ranking” nordestino de eficiência técnica foi de Pernambuco. Neste estado, percebe-se, de forma evidente, que o nível de escolaridade atinge de certa forma a eficiência técnica da unidade produtora. Apesar de ser o segundo estado em nível nacional que mais emprega no setor da cana-de-açúcar, o seu índice de capital humano é considerado muito baixo com um grande número de empregados com menos de 4 anos de estudos, 23.468 trabalhadores ou 85,34% do total do estado. Ainda no Nordeste, é importante ressaltar os índices de eficiência técnica ocorridos em Sergipe, que colocaram o estado no quarto lugar no “ranking” nacional.

Tabela 7. Índices de eficiência técnicas dos principais estados produtores de cana-de-açúcar do Brasil – 1994 -2005.

Ano Estado													Variação (%)
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Ceará	0,608	0,623	0,616	0,655	0,609	0,678	0,691	0,683	0,653	0,696	0,690	0,665	9,29
Rio Grande do Norte	0,562	0,557	0,556	0,558	0,520	0,473	0,684	0,631	0,730	0,810	0,779	0,762	35,66
Paraíba	0,490	0,541	0,472	0,491	0,395	0,469	0,533	0,608	0,610	0,657	0,654	0,568	15,92
Pernambuco	0,546	0,561	0,533	0,562	0,558	0,438	0,574	0,543	0,580	0,586	0,596	0,532	-2,53
Alagoas	0,574	0,552	0,552	0,637	0,710	0,683	0,711	0,732	0,664	0,755	0,729	0,684	19,26
Sergipe	0,755	0,746	0,716	0,779	0,791	0,792	0,840	0,843	0,883	0,838	0,877	0,860	13,99
Bahia	0,682	0,738	0,728	0,690	0,656	0,681	0,704	0,682	0,695	0,737	0,746	0,767	12,36
Nordeste	0,602	0,617	0,596	0,625	0,606	0,602	0,677	0,675	0,688	0,726	0,724	0,691	14,74
Minas Gerais	0,759	0,747	0,651	0,697	0,726	0,750	0,768	0,765	0,778	0,810	0,871	0,866	14,06
Espírito Santo	0,772	0,679	0,713	0,683	0,658	0,652	0,699	0,682	0,805	0,825	0,856	0,830	7,48
Rio de Janeiro	0,515	0,554	0,552	0,552	0,550	0,548	0,550	0,388	0,560	0,552	0,613	0,545	5,95
São Paulo	0,854	0,826	0,823	0,844	0,829	0,822	0,812	0,824	0,853	0,862	0,862	0,874	2,32
Sudeste	0,725	0,702	0,685	0,694	0,691	0,693	0,707	0,665	0,749	0,762	0,800	0,779	7,41
Paraná	0,871	0,957	0,981	0,968	0,990	0,925	0,823	0,945	0,916	1,000	0,952	0,856	-1,69
Sul	0,871	0,957	0,981	0,968	0,990	0,925	0,823	0,945	0,916	1,000	0,952	0,856	-1,69
Mato Grosso do Sul	0,901	0,944	0,943	0,964	0,889	0,843	0,762	0,819	0,870	0,903	0,833	0,739	-17,97
Mato Grosso	0,837	0,836	0,905	0,875	0,996	0,951	0,735	0,942	0,950	0,921	0,887	0,849	1,40
Goiás	0,951	0,921	0,974	0,975	0,976	0,880	0,896	0,969	0,999	0,971	0,974	0,965	1,51
Centro Oeste	0,896	0,900	0,941	0,938	0,954	0,891	0,798	0,910	0,939	0,932	0,898	0,851	-5,05
Média anual	0,774	0,794	0,800	0,806	0,810	0,778	0,751	0,798	0,823	0,855	0,844	0,794	3,85

Fonte: Elaboração própria

Na região Sudeste, os estados mais eficientes foram São Paulo e Minas Gerais. No entanto, São Paulo apresentou ganhos de apenas 2,32% contra os 14,06% de Minas Gerais. A região Sul, representada pelo Estado do Paraná, sofreu perdas de eficiência, mas permaneceu na primeira colocação entre as regiões analisadas.

Finalmente, no Centro Oeste, pode-se notar que o Estado do Mato Grosso do Sul foi o maior responsável pelas quedas de eficiência no período. Goiás atingiu o maior índice de eficiência técnica (0,96), sendo o quarto estado a apresentar melhor índice de capital humano com percentual de analfabetos de apenas 6% do total de trabalhadores ligados ao setor canavieiro, estando abaixo do percentual de analfabetos (12%) em nível nacional.

Um paralelo entre índice de eficiência técnica e índice de capital humano por meio do coeficiente de correlação de Pearson, mostrou uma correlação positiva e significativa

entre essas variáveis⁹, o que mostra serem os estados mais eficientes também aqueles com maior índice de capital humano.

5.4 Análise das taxas de crescimento da produtividade.

A seguir, são analisadas as taxas de crescimento da produtividade total dos fatores e a decomposição do índice de produtividade de Malmquist das regiões produtoras de cana de açúcar no período 1994 – 2005 em variações de eficiência técnica e variações tecnológicas.

Na Figura 10, são mostradas as variações da Produtividade Total de Fatores de produção (PTF), variações da Eficiência Técnica e variação Tecnológica na região Nordeste. Percebe-se que as variações na PTF foram mais fortemente influenciadas pelas variações da eficiência técnica, sendo o impacto das variações tecnológicas quase inexpressivo. Os ganhos de produtividade no período foram de 14,85%¹⁰. As variações tecnológicas oscilaram próximas à unidade e seu impacto na produtividade total de fatores foi de pouca expressão. A variação da PTF seguiu a variação da eficiência técnica. Pode-se resumir que, no período 1994-2005, houve ganhos de produtividade que foram provocados essencialmente pelos ganhos na eficiência técnica.

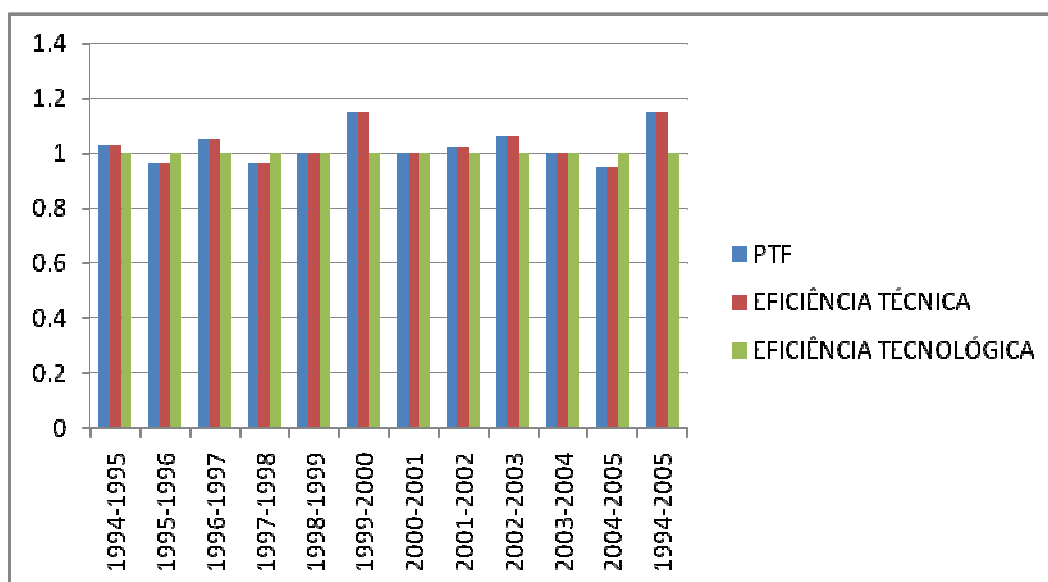


Figura 10 - Taxas de crescimento anual de Produtividade Total dos Fatores (PTF), da eficiência técnica e da eficiência tecnológica da região Nordeste.

Fonte: Elaboração Própria

⁹ Coeficiente de correlação de Pearson = 0,429.

¹⁰ As tabelas com os valores das variações da produtividade, variações da eficiência técnica e variações técnicas encontram-se no apêndice, Tabelas 1A, 2A e 3A, respectivamente..

Na região nordestina, o único estado que apresentou perdas de produtividade no período foi Pernambuco (-2,52%) devido às variações na eficiência técnica que também foram negativas (-2,53%), a variação tecnológica ou mudanças na tecnologia, apesar de positivas, não foram suficientes para compensar as perdas de eficiência técnica.

Apesar dos ganhos de produtividade ocorridos no período de 1995 a 2005, nos últimos dois anos (2004 e 2005), houve perdas de produtividade. Essa variação negativa nesse biênio é resultado da vulnerabilidade climática, pois a atividade canavieira nordestina é afetada por um processo de estiagem em um período de três a cinco anos, resultando na redução da produtividade agrícola, VIDAL et al (2006). Essa vulnerabilidade climática está sendo atenuada por intermédio do uso da irrigação por grandes e médios produtores. Segundo o mesmo autor, o progresso técnico vem ocorrendo de forma demorada devido à transferência de tecnologia advinda das regiões mais desenvolvidas (Centro-Sul) ser, paulatinamente, absorvida pela região nordestina.

Faz-se uma análise equivalente para a região Sudeste, Figura 11, em que se mostra que a taxa de crescimento de tecnologia permaneceu quase constante em todo o período. Os ganhos de produtividade verificados no período 1994 a 2005 foram inferiores aos da região Nordeste. O Estado de São Paulo obteve ganho em produtividade, eficiência técnica e tecnológica para o ano de 200. Essa dinâmica representa um desempenho positivo no processo de inovação tecnológica do setor canavieiro. Esses resultados são ressaltados por Eid; Scopinho (1998), que citam que a região paulista conta com o auxílio do sistema estatal de pesquisa e desenvolvimento (P&D). As usinas são verdadeiros laboratórios a céu aberto, campos de experimentação, onde são desenvolvidos e testados novos equipamentos, técnicas produtivas e de gestão de trabalho. De acordo com os autores, as usinas da região paulista são, ao mesmo tempo, centro receptor e difusor de tecnologias novas.

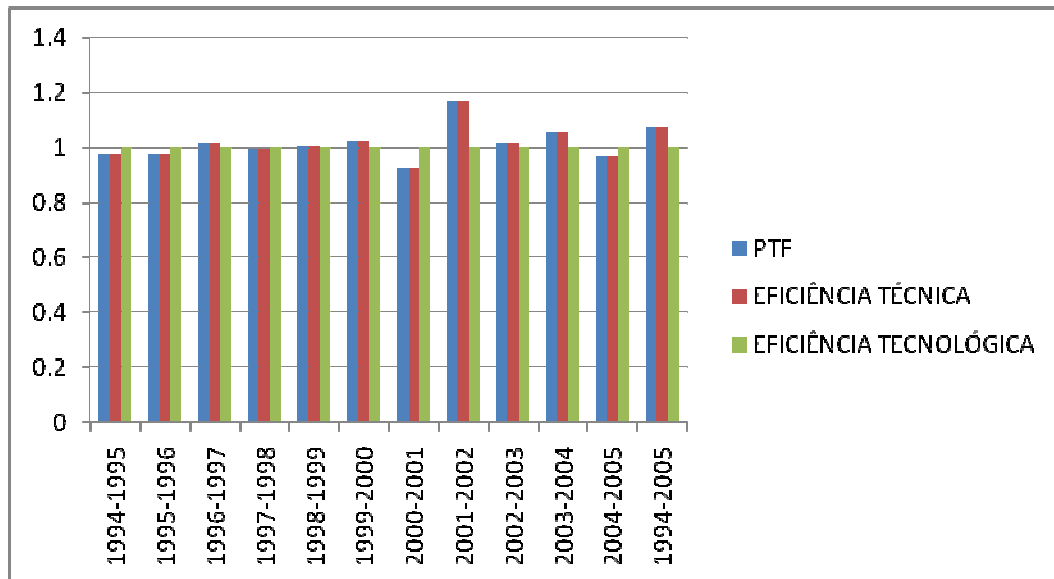


Figura 11 - Taxas de crescimento anual de Produtividade Total dos Fatores (PTF), da eficiência técnica e da eficiência tecnológica da região Sudeste.

Fonte: Elaboração Própria

No caso da região Sul, pode-se verificar, na Figura 12, que ocorreram perdas na produtividade total de fatores no período total apesar dos ganhos ocorridos em alguns períodos (biênios). Assim como as demais regiões analisadas, a perda de produtividade ocorreu devido a perdas de eficiência técnica. Os ganhos tecnológicos foram superiores às variações na eficiência técnica. Essa evidência tecnológica na região Sul é ressaltada por Shikida (1997), que afirma que a agroindústria canavieira paranaense exibe no cenário nacional, um perfil mais moderno. Em outros trabalhos, é enfatizado o bom desempenho em termos de estratégias tecnológicas. Isso se dá, porque as firmas vêm aproveitando, de forma satisfatória, os seus subprodutos e as tecnologias agrícolas e mecânica, devido a investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), ALVES; SHIKIDA (2001).

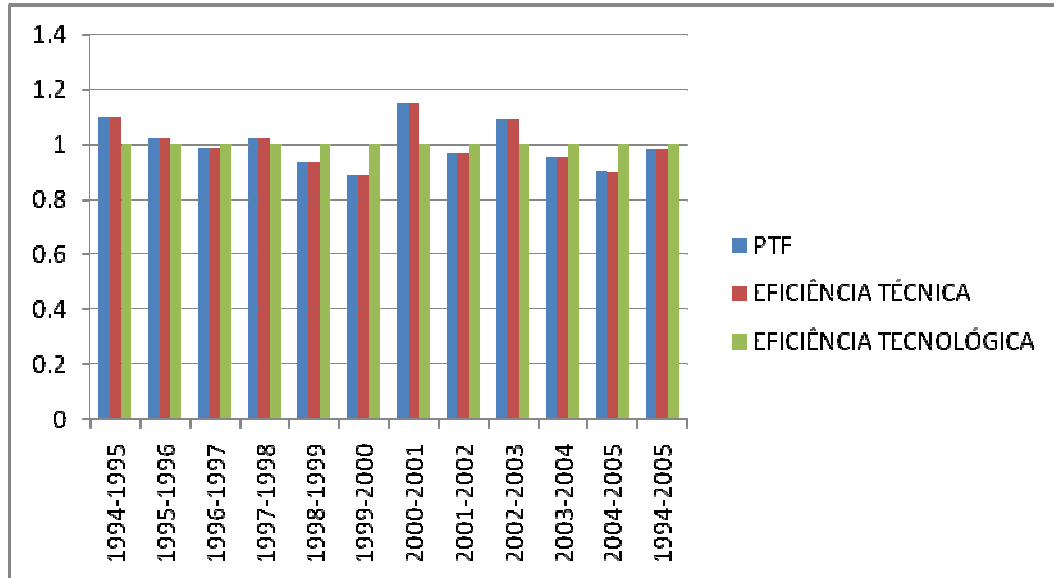


Figura 12 - Taxas de crescimento anual de Produtividade Total dos Fatores (PTF), da eficiência técnica e da eficiência tecnológica da região Sul.

Fonte: Elaboração Própria

Na região Centro-Oeste, de acordo com a Figura 13, foram verificadas as maiores perdas de produtividade no período. Mais uma vez, percebe-se um comportamento semelhante nas variações da produtividade total dos fatores e da eficiência técnica. Apesar das variações negativas, a região Centro-Oeste tem altos índices de eficiência técnica e de produtividade parcial da terra e da mão-de-obra.

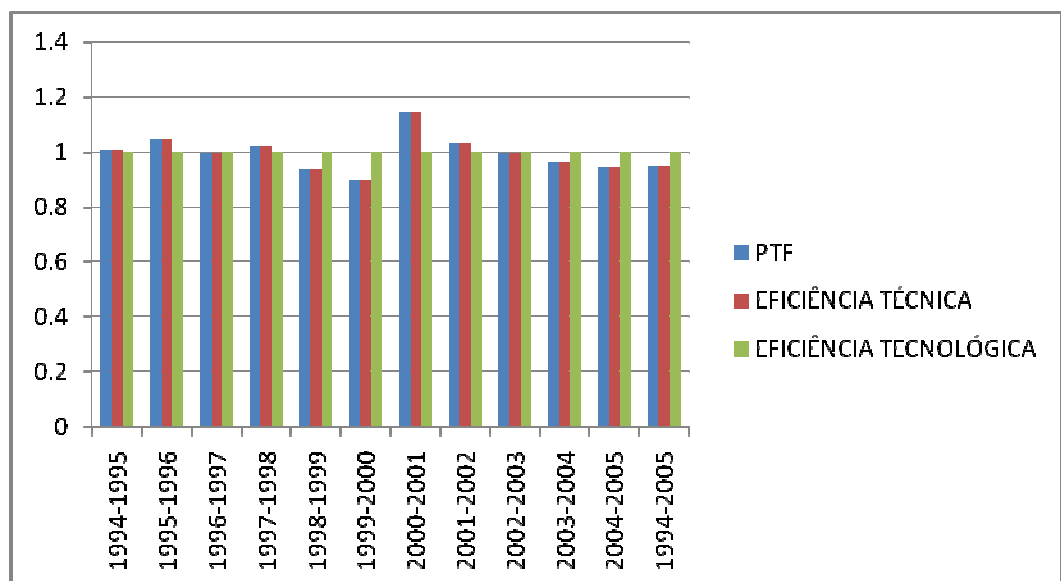


Figura 13 - Taxas de crescimento anual de Produtividade Total dos Fatores (PTF), da eficiência técnica e da eficiência tecnológica da região Centro-Oeste.

Fonte: Elaboração Própria

A Tabela 8 apresenta, de forma mais precisa, as variações na produtividade total dos fatores, na eficiência técnica e na tecnologia durante o período de 1994 a 2005. Embora os ganhos tecnológicos tenham sido quase imperceptíveis, pelo menos não houve perdas. No entanto, quanto às variações na produtividade e na eficiência técnica, nota-se, em nível regional, perdas no Sul e no Centro Oeste e ganhos no Nordeste e Sudeste. Em nível estadual, perdas de produtividade foram observadas em Pernambuco, Paraná e Mato Grosso do Sul. Os maiores ganhos de produtividade ocorreram no Rio Grande do Norte (35,66%), Alagoas (19,26%) e Minas Gerais (14,06%). Rio Grande do Norte não tem tradição na cultura da cana-de-açúcar, porém sua produção de 1995 a 2005 teve um crescimento de 40,6%, apesar da pouca participação na produção nacional.

Tabela 8. Mudanças na eficiência técnica, tecnologia e produtividade total dos fatores nos principais estados produtores de cana de açúcar no período 1994 – 2005.

Unidade Produtora - Estado	Variação da Eficiência Técnica	Variação Tecnológica	Variação na Produtividade Total dos Fatores (PTF)
Ceará	1,092934	1,000015	1,092917
Rio Grande do Norte	1,356632	1,000001	1,356630
Paraíba	1,159164	0,999955	1,159216
Pernambuco	0,974752	1,000062	0,974692
Alagoas	1,192613	0,999988	1,192628
Sergipe	1,140017	1,000102	1,139901
Bahia	1,123663	1,000020	1,123640
Nordeste	1,148539	1,000019	1,148518
Minas Gerais	1,140722	1,000095	1,140614
Espírito Santo	1,074891	1,000043	1,074845
Rio de Janeiro	1,059394	0,999945	1,059452
São Paulo	1,023262	1,000088	1,023172
Sudeste	1,074567	1,000043	1,074521
Paraná	0,983226	1,000142	0,983087
Sul	0,983226	1,000142	0,983087
Mato Grosso do Sul	1,014053	1,000042	1,014010
Mato Grosso	0,820426	1,000097	0,820346
Goiás	1,015152	1,000098	1,015052
Centro Oeste	0,949877	1,000078	0,949803
Média	1,092900	1,000071	1,092900

Fonte: Dados da Pesquisa

Os resultados demonstraram que em média o setor canavieiro no Brasil apresentou ganhos de produtividade total dos fatores no período 1994 – 2005 atribuídos principalmente às variações na eficiência técnica nos estados produtores de cana-de-açúcar. Nas regiões Centro-Oeste e Sul, os saldos negativos na variação da produtividade total de fatores não foram tão acentuados devido ao progresso técnico ocorrido nas regiões.

Segundo Farina; Zylberstajn (1998), a variação tecnológica, do período, do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar no Brasil pode ser explicada em parte devido à incorporação de mecanização da colheita. Porém, segundo Shikida; Bacha (1998), os ganhos de produtividade no segmento canavieiro foram obtidos por diversos fatores: inovações biológicas (novas variedades de cana-de-açúcar); inovações físico-químicas (utilização de fertirrigação com vinhoto, etc.); inovações mecânicas (uso de tratores e colheitadeiras mais desenvolvidos) e inovações nas formas de organização do trabalho e métodos de produção.

Segundo Shikida; Bacha (1998), apesar da busca por estratégias tecnológicas das firmas nas regiões Centro-Sul, coexistem produtores modernos com atrasados tecnologicamente. Em nível nacional, o sistema de produção canavieiro é bastante heterogêneo, pois, segundo os autores, o setor emprega desde tecnologias de ponta até práticas que datam do período colonial, como o uso das queimadas para facilitar a colheita.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A principal conclusão deste estudo é que o capital humano é uma variável importante na determinação das eficiências técnicas no setor canavieiro do Brasil nos estados brasileiros. Dado que as variações na eficiência técnica são as principais responsáveis pelas variações na produtividade total dos fatores, o capital humano deve ser visto como um fator determinante para a competitividade do setor.

A estimação da fronteira de produção estocástica corrobora a teoria do capital humano, a qual enfatiza que há impactos diretos dessa variável sobre a eficiência técnica dos estados na produção de cana de açúcar. A importância prática dessa constatação, no presente estudo, é que o nível educacional dos trabalhadores do setor canavieiro brasileiro é uma variável relevante a ser considerada na elaboração e na implantação de políticas públicas que visem aumentar a produtividade do setor. A falta de educação básica, treinamento e ensino de qualidade para os empregados levam à ineficiência.

Conclui-se também que a taxa de crescimento da produtividade total de fatores teve seu comportamento influenciado mais pela taxa de crescimento da eficiência técnica do que a tecnológica. A decomposição da produtividade total dos fatores mostrou que as variações técnicas determinam a produtividade de cana-de-açúcar dos estados produtores. Nas regiões onde foram verificados ganhos de eficiência técnica (Nordeste e Sudeste), houve também ganhos de produtividade. Por outro lado, no Sul e na Centro-Oeste, regiões que apresentaram perdas na eficiência técnica, houve também perda na produtividade.

A produtividade da cana de açúcar demanda ações políticas no que se refere a investimentos em educação, pesquisa, difusão de tecnologias e treinamento de mão de obra. Portanto, são necessários programas sociais que qualifiquem os trabalhadores ligados ao setor canavieiro por intermédio de treinamentos específicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRIAT, S. N. Efficiency estimation of production functions. **International Economic Review**, Philadelphia, v.13, n.3, p.568-598, 1972.

AIGNER, D. J.; CHU, S. F. On estimating the industry production function. **The American Economic Review**, v.58, n.4, p.826-839, Sept. 1968.

AIGNER, D. J.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P.J. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Econometrics**, North- Holland, v.6, n.1, p.21-37, July 1977.

ALMEIDA, E.P. de; PEREIRA, R. S. Críticas & teoria do capital humano (uma contribuição à análise de políticas públicas em educação). **Revista de Educação Pública**, Cuiabá,, v. 9, n. 15, jan./jun. 2000. Disponível em: <<http://www.ufmt.br/revista/arquivo/rev15/AlmeidaPereira.html>>. Acesso em: 12 ago. 2008.

ARBACHE, J. S. ; CORCIVIL, C. H. Liberalização Comercial e Estruturas de Emprego e Salário. **Revista Brasileira de Economia**. Rio de Janeiro. 58 (4) p 485 – 505, 2004.

ARNADE, C. A. **Productivity and technical change in brazilian agriculture**. Tical Bulletin Number, n.1811, 1992 (Economic Research service, US Department of Agriculture).

ARRAES, R. A; TELES, V, KÜHL. **Infra-estrutura, Capital Humano e Crescimento Setorial: uma Análise para o Brasil**. Nordeste, p. 11-26, 2003.

ATKINSON, S. E.; CORNWELL, C. Parametric estimation of technical and allocative inefficiency with panel data. **International Economic Review**, Philadelphia, v.35, n.1, p.231-243, 1994.

BARRO, R. J. Economic growth in a cross section of countries. **The Quarterly Journal of Economics**, v.106, n. 2, p.407 – 443, 1991.

BARRO, R. J., LEE, J. W. International data on educational attainment: update and implications. **Oxford Economics Papers**, v. 53, n.3, p.541 – 563, 2001.

BARROS, A. L. M. de. **Capital, produtividade e crescimento da agricultura: o Brasil de 1970 a 1995**. Tese (Doutorado), 149p. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1999.

BARROS, E.S; COSTA, E. F; SAMPAIO, Y. Análise de Eficiência Estimando Fronteiras Paramétricas Cobb-Douglas e Translog: o caso das empresas agrícolas do Pólo Petrolina – Juazeiro. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 35, nº 1, jan-mar. 2004.

BATTESE, G.E; COELLI, T.J. Prediction of firm level technical efficiency with generalized frontiers production function and panel data. **Journal of Econometrics**, v. 38, p. 387-399, 1988.

_____. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. **Empirical Economics**, v. 20, p. 325-332, 1995.

BITTENCUORT, A e MARINHO, E . Capital humano, progresso técnico e crescimento econômico: um reexame empírico das abordagens de acumulação, inovação e difusão tecnológica. ANAIS DO XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA [Proceedings of the 33th Brazilian Economics Meeting] 061, ANPEC - Associação Nacional dos Centros de Pós-graduação em Economia [Brazilian Association of Graduate Programs in Economics]. 2005.

BONELLI, R e GONÇALVES, R . **Para Onde Vai a Estrutura Industrial Brasileira?** IPEA, Texto Para Discussão nº. 540. (1998)

CARVALHO, R.M. **Três ensaios sobre Produtividade**. Tese – Universidade Federal do Ceará. Curso de Pós-graduação em Economia – CAEN, 2003, p133.

CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity, **Econometrica** 50: 1393-1414. (1982),

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P. Total Factor Productivity Growth in Agriculture: A Malmquist Index Analysis of 93 Countries, 1980-2000. Working Paper no. 02/2003, **Centre for Efficiency and Productivity Analysis**, School of Economics, The University of Queensland. 2003

COELLI, T.J., RAO, D. S. P., BATTESE, G. E. .An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. **Kluwer Academic Publishers**, Boston, 1998.

COELLI, T.; RAO, D. S. e BATTESE, G. E. (1995), **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**, Boston, Kluwer Academic Publishers.

DAHLMAN, C. Os países em desenvolvimento e a terceira revolução industrial. In : VELLOSO, J. P. & MARTINS, L. (Org.) **A nova Ordem Mundial em Questão**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1993, p.259 – 290.

DIAS, R. S.; BACHA, C. J. C. Produtividade e progresso tecnológico na agricultura brasileira: 1970 – 1985. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL. Poços de Caldas, 1998. Anais. Brasília: SOBER. P. 211-221, 1998.

EASTERLIN, R. A. Why isn't the whole world developed. **The Journal of Economic History**, v.41, n.1, p. 1 – 21, 1981.

EID, F. **Economie de rent et agro-industrie du sucre et de l'alcool au Brésil**. Amiens, France, **Université de Picardie Jules Verne**. Tese de doutoramento. 1994.

FARE, R. ; LOVELL, C. A. K. Measuring the technical efficiency of production. **Journal of Economic Political Theory**, v.19, n.1, p.150-162, 1978.

FARREL, M.J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series A, 120, part 3, 1957, p. 253-281.

FERREIRA, M. A. M. **Eficiência Técnica e de escala de cooperativas e sociedades de capital na indústria de laticínios do Brasil**. 158p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2005.

FILELLINI, A. **Economia do Setor Público**. São Paulo : Atlas , 1994.

FONSECA, E.G. **As Partes & o Todo**. São Paulo: Siciliano, 1995.

FORSUND, F. R.; HJALMARSSON, L. Generalized Farrel measures of efficiency: an application to milk processing in swedish dairy plants. **Economic Journal**, v.89, p.274-315, 1979.

FORSUND, F. R.; JANSEN, E.S. On estimating average and best practice homothetic production functions via costfunctions. **International Economic Review**, Philadelphia, v.18, n.2, p.463-476, 1977.

FRANÇA, J.M.S. **Eficiência Técnica dos Setores Industriais do Brasil, Ceará, Pernambuco e Bahia: Resultados para 1985**. Dissertação. Universidade Federal do Ceará. Curso de Pós-Graduação em Economia – CAEN – 1995.

FREITAS C. A e BACHA, C. J. C. Contribuição do capital humano para o crescimento da agropecuária brasileira – período de 1970 a 1996. **Revista Brasileira de Economia**. Rio de Janeiro. 58(4): 533-557. Out-Dez 2004.

GREENE, W.H. Maximum likelihood estimation of econometric frontier functions. **Journal of Econometrics**, North-Holland, v.13, n.1, p.27-56, May 1980.

GROSSKOPF, S; SELF, S. Growth, human capital and TFP. **Working Paper Oregon State University**, 2001.

JOHNSTON, B. F., KILBY, P. **Agricultura e transformação estrutural: estratégias econômicas de Países em Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Zahar, p 458. 1977.

KAO, Chiang *et al.*. Productivity Improvement: Efficiency Approach vs Effectiveness Approach, **Omega**, v.23, n.2, p.197-204, 1994.

KODDLE, D. A.; PALM, F. C. Wald Criteria for jointly testing equality and inequality restrictions. **Econometrica**, v. 54, n. 5, September, p. 1243 – 1248, 1986.

KRUEGER, A. O. Factor endowments and per capita income differences among countries. **The Economics Journal**, v. 78, n. 311, p. 641 – 659, 1968.

LIMA, J.P; SICSÚ, A.B. Revisitando o setor Sucroalcooleiro do Nordeste: o novo contexto e a Reestruturação Possível. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza. V. 29. n especial, p 599-614, julho 1998.

LOVELL, C. A. K. Production frontiers and productive efficiency. In: **The measurement of productive efficiency: techniques and applications**. New York: Oxford University Press, p.3-67. 1993.

LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. A comparison of alternative approaches to the measurement of productive efficiency. In: **Applications of modern production theory**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1988.

MANKIW, N. G., ROMER, D., WEIL. A contribution to the emperics of economis growth. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 107, n. 2, p. 407 – 437, 1992.

MARINHO, E . Estudo de Eficiência em alguns Hospitais Públicos e Privados com a Geração de Rankings. Instituto de Pesquisa Econômica, IPEA – **Texto para discussão** Nº 794, Rio de Janeiro, 2001.

MARINHO, E , BITTENCUORT, A. Crescimento econômico e dinâmica distribucional entre países . **Rev. Bras. Econ.** vol.60 no.3 Rio de Janeiro July/Sept. 2006.

MEEUSEN, W.; BROECK, J. Van Den. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. **International Economic Review**, Philadelphia, USA, v.18, n.2, p.435-444, 1977.

MOITA, M. H. V. **Medindo a eficiência relativa de escolas municipais da cidade do Rio Grande – RS usando a abordagem DEA (DATA ENVELOPMENT ANALYSIS)**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Santa Catarina. 1995.

MORAES, M. A.F. D. Indicadores do mercado de trabalho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil no período 1992 – 2005. **Estudos Econômicos**, Vol 37 No 4, 2006.

NEY, M. G. e HOFFMANN, R. Origem familiar e desigualdade de renda na agricultura. **Revista Pesquisa e Planejamento Econômico - PPE** , v.33 . n.3 , dez 2003.

NOGUEIRA, C. A. G. A IIIª revolução industrial e a importância dos investimentos em capital humano sobre a competitividade das empresas industriais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DOS ECONOMISTAS, 12. Fortaleza , 1997. Anais...

OLIVEIRA, L. C. de. O novo ciclo da cana de açúcar. Crescimento e desenvolvimeto econômico? Artigo publicado pelo Conselho Regional deEconomia . CORECON - Paraná em maio de 2007. Disponível em www.corecon-pr.org.br/artigos.html. Acesso em 24 de maio de 2008.

PEREIRA, M. F. **Evolução da Fronteira Tecnológica Múltipla e da Produtividade Total dos Fatores do Setor Agropecuário Brasileiro de 1970 A 1996**. Tese Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina para Obtenção do Título de Doutor em Engenharia Florianópolis, outubro de 1999.

PNAD - Pesquisa Nacional Por Amostra De Domicílio -- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística – IBGE. Vários anos.

PINDYCK, R. S. , RUBINFELD, D. L. **Microeconomia: Teoria Microeconômica**. São Paulo: Makron Books, 968p. 1994.

PORTER, M. E. **A vantagem competitiva das nações**. Editora Campus, Rio de Janeiro, p. 897 . 1993.

RAIS - Registros Administrativos de Informações Sociais –. Ministério do Trabalho e Emprego. CD-ROM. Vários anos.

RICHMOND, J. Estimating the efficiency of production. **International Economic Review**, v.15, n.2, p.515-521, 1974.

RICI, R; ALVES, F.J.C.; NOVAES, J.R.P. Mercado de Trabalho do Setor Sucroalcodeiro no Brasil. Brasília: IPEA, 176p (**Estudos de Política Agrícola**. Documentos de Trabalho, 15). Projeto PNUD/ BRA/ 91/ 014.1994.

RIVERA RIVERA, E. B. B. e COSTANTIN, P. D.. Produtividade total dos fatores nas principais lavouras de grãos brasileiras: análise de fronteira estocástica e índice de malmquist. **MPRA Paper No. 5890**. Universidade Presbiteriana Mackenzie. 2007. Disponível em: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/5890/>. Acesso em 24 de junho de 2008.

ROSA, A.L.T; SILVA, P.R. **A indústria de calçados tradicional do Ceará: Desempenho Competitivo e Mercados**. Nordeste, pg 191-216, 2003.

SHIKIDA, P. F. A. A dinâmica tecnológica da agroindústria canavieira do Paraná: estudos de caso das Usinas Sabarálcool e Perobálcool. Cascavel: EDUNIDESTE, p 117. 2001.

SHIKIDA, P.F.A. **A evolução diferenciada da agroindústria canavieira no Brasil de 1975 a 1995**. Piracicaba191 p. Doutorado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 1997.

SHIROTA, R. **Efficiency in financial intermediation: a study of the Chilean banking industry**. Ohio, 138p. Dissertation (Ph.D.) – The Ohio State University. 1995.

SOARES DE MELLO, J.C.C.B; MEZA, L.A.; GOMES, E.G. & BIONI NETO, L. **Curso de Análise de Envoltória de Dados**, In: Anais XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO). Gramado, RS, 2005.

SOUSA JÚNIOR, J.P. **Análise da Eficiência da Produção de camarão marinho em cativeiro no estado do Ceará.** Dissertação, Universidade Federal do Ceará, Mestrado em Economia Rural, 2003.

SOUSA, M. C. S. ; M:E. Tannuri-Pianto ; ARCOVERDE, F. D. . Mensuração das Eficiências das Distribuidoras do Setor Energético Brasileiro Usando Fronteiras Estocásticas. In: XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA (ANPEC), 2005, Natal -RN. Anais do XXXIII Encontro Nacional de Economia (ANPEC), 2005.

TUPY, O.; YAMAGUCHI, L.C. T. Eficiência e produtividade: conceitos e medição. **Revista Agricultura em São Paulo**, SP, 45(2): 39-51, 1998.

VIDAL, M. F.; SANTOS, J.A.N.; SANTOS, M.A. Setor sucroalcooleiro no Nordeste Brasileiro: estruturação da cadeia produtiva, produção e mercado. XLIV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL – SOBER. Fortaleza, 2006.

ZANINI, A. **Regulação econômica no setor brasileiro : uma metodologia para definição de fronteiras de eficiência e cálculo do fator X para empresas distribuidoras de energia elétrica** . Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica. Rio de Janeiro . 147p. 2004.

APÊNDICE

**APÊNDICE A – OUTPUT DA ESTIMAÇÃO DA FRONTEIRA
ESTOCÁSTICA DE PRODUÇÃO**

instruction file = terminal
 data file = exemplo2.txt

Tech. Eff. Effects Frontier (see B&C 1993)
 The model is a production function
 The dependent variable is logged

the ols estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	0.30625228E+01	0.17265295E+00	0.17738028E+02
beta 1	0.10987052E+01	0.19604983E-01	0.56042142E+02
beta 2	-0.31324287E-01	0.13254856E-01	-0.23632309E+01
beta 3	0.14118472E-01	0.44586206E-02	0.31665561E+01
sigma-squared	0.40332051E-01		

log likelihood function = 0.35568419E+02

the estimates after the grid search were :

beta 0	0.32895781E+01
beta 1	0.10987052E+01
beta 2	-0.31324287E-01
beta 3	0.14118472E-01
delta 0	0.00000000E+00
delta 1	0.00000000E+00
sigma-squared	0.90989896E-01
gamma	0.89000000E+00

iteration = 0 func evals = 20 llf = 0.37785824E+02
 0.32895781E+01 0.10987052E+01 -0.31324287E-01 0.14118472E-01
 0.00000000E+00
 0.00000000E+00 0.90989896E-01 0.89000000E+00
 gradient step
 iteration = 5 func evals = 41 llf = 0.43235966E+02
 0.33317777E+01 0.10926183E+01 -0.13746626E-01 0.55325000E-02
 0.66911370E-01
 -0.76873309E-01 0.94778083E-01 0.98409110E+00
 iteration = 10 func evals = 75 llf = 0.62286278E+02
 0.36197728E+01 0.10615174E+01 0.24610017E-02 -0.68694438E-04
 0.42042160E+00
 -0.18356129E+01 0.51134049E-01 0.99557380E+00
 iteration = 15 func evals = 99 llf = 0.71234501E+02
 0.39349668E+01 0.10262690E+01 0.19726849E-01 0.65754008E-04
 0.49868694E+00

-0.17639280E+01 0.49371371E-01 0.99999729E+00
 pt better than entering pt cannot be found
 iteration = 17 func evals = 117 llf = 0.71477741E+02
 0.39378178E+01 0.10259585E+01 0.19784767E-01 0.24430257E-04
 0.49672137E+00
 -0.17657148E+01 0.49724555E-01 0.99999999E+00

the final mle estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	0.39378178E+01	0.16390254E+00	0.24025362E+02
beta 1	0.10259585E+01	0.19594660E-01	0.52359087E+02
beta 2	0.19784767E-01	0.10081205E-01	0.19625400E+01
beta 3	0.24430257E-04	0.24096174E-02	0.10138645E-01
delta 0	0.49672137E+00	0.63857753E-01	0.77785602E+01
delta 1	-0.17657148E+01	0.29933287E+00	-0.58988336E+01
sigma-squared	0.49724555E-01	0.13551950E-01	0.36691808E+01
gamma	0.99999999E+00	0.10360156E-03	0.96523638E+04

log likelihood function = 0.71477741E+02

LR test of the one-sided error = 0.71818643E+02

with number of restrictions = 3

[note that this statistic has a mixed chi-square distribution]

number of iterations = 17

(maximum number of iterations set at : 100)

number of cross-sections = 15

number of time periods = 12

total number of observations = 180

thus there are: 0 obsns not in the panel

covariance matrix :

0.26864043E-01	-0.31175605E-02	0.11851101E-02	-0.93831911E-04
0.37809220E-02			
-0.18652684E-02	0.67771570E-03	0.10737916E-04	
-0.31175605E-02	0.38395071E-03	-0.16890479E-03	0.84452280E-05
0.40582575E-03			
0.45933425E-03	-0.83612916E-04	-0.12299673E-05	
0.11851101E-02	-0.16890479E-03	0.10163069E-03	-0.25475807E-05
0.42500159E-04			

-0.38018638E-03 0.20874534E-04 0.40754252E-06
 -0.93831911E-04 0.84452280E-05 -0.25475807E-05 0.58062562E-05
 0.75123495E-04
 0.99991974E-04 -0.11438079E-04 -0.15560429E-06
 -0.37809220E-02 0.40582575E-03 -0.42500159E-04 0.75123495E-04
 0.40778126E-02
 0.17475014E-03 -0.59093109E-03 -0.40219342E-05
 -0.18652684E-02 0.45933425E-03 -0.38018638E-03 0.99991974E-04
 0.17475014E-03
 0.89600165E-01 -0.22398819E-02 -0.63761999E-05
 0.67771570E-03 -0.83612916E-04 0.20874534E-04 -0.11438079E-04 -
 0.59093109E-03
 -0.22398819E-02 0.18365535E-03 0.72889751E-06
 0.10737916E-04 -0.12299673E-05 0.40754252E-06 -0.15560429E-06 -
 0.40219342E-05
 -0.63761999E-05 0.72889751E-06 0.10733284E-07

technical efficiency estimates :

firm	year	eff.-est.
1	1	0.60847595E+00
2	1	0.56192441E+00
3	1	0.48980734E+00
4	1	0.54605958E+00
5	1	0.57372648E+00
6	1	0.75466409E+00
7	1	0.68242136E+00
8	1	0.75934114E+00
9	1	0.77235186E+00
10	1	0.51474194E+00
11	1	0.85449890E+00
12	1	0.87104495E+00
13	1	0.83691152E+00
14	1	0.90071302E+00
15	1	0.95083100E+00
1	2	0.62270960E+00
2	2	0.55650657E+00
3	2	0.54119402E+00
4	2	0.56112274E+00
5	2	0.55249977E+00
6	2	0.74596811E+00
7	2	0.73823165E+00
8	2	0.74732246E+00
9	2	0.67914458E+00
10	2	0.55449793E+00
11	2	0.82574398E+00

12	2	0.95685471E+00
13	2	0.83558907E+00
14	2	0.94428959E+00
15	2	0.92064891E+00
1	3	0.61640335E+00
2	3	0.55606610E+00
3	3	0.47219746E+00
4	3	0.53280638E+00
5	3	0.55211401E+00
6	3	0.71575770E+00
7	3	0.72770694E+00
8	3	0.65074883E+00
9	3	0.71312119E+00
10	3	0.55186537E+00
11	3	0.82286934E+00
12	3	0.98053417E+00
13	3	0.90486603E+00
14	3	0.94284541E+00
15	3	0.97408633E+00
1	4	0.65525553E+00
2	4	0.55763286E+00
3	4	0.49119546E+00
4	4	0.56196317E+00
5	4	0.63654306E+00
6	4	0.77944938E+00
7	4	0.68953584E+00
8	4	0.69729947E+00
9	4	0.68328949E+00
10	4	0.55247557E+00
11	4	0.84380917E+00
12	4	0.96751141E+00
13	4	0.87540563E+00
14	4	0.96438764E+00
15	4	0.97450923E+00
1	5	0.60902628E+00
2	5	0.52043661E+00
3	5	0.39544577E+00
4	5	0.55801105E+00
5	5	0.71023373E+00
6	5	0.79121444E+00
7	5	0.65601356E+00
8	5	0.72633394E+00
9	5	0.65774037E+00
10	5	0.55000153E+00
11	5	0.82869338E+00
12	5	0.99049599E+00
13	5	0.99600614E+00
14	5	0.88887265E+00
15	5	0.97574263E+00
1	6	0.67845330E+00

2	6	0.47268974E+00
3	6	0.46934968E+00
4	6	0.43825754E+00
5	6	0.68328666E+00
6	6	0.79220197E+00
7	6	0.68134070E+00
8	6	0.75035599E+00
9	6	0.65194082E+00
10	6	0.54839594E+00
11	6	0.82215754E+00
12	6	0.92497317E+00
13	6	0.95063266E+00
14	6	0.84307617E+00
15	6	0.88019184E+00
1	7	0.69055154E+00
2	7	0.68428998E+00
3	7	0.53347732E+00
4	7	0.57402829E+00
5	7	0.71112588E+00
6	7	0.83951434E+00
7	7	0.70428165E+00
8	7	0.76774536E+00
9	7	0.69870944E+00
10	7	0.54987832E+00
11	7	0.81201450E+00
12	7	0.82341705E+00
13	7	0.73490690E+00
14	7	0.76227848E+00
15	7	0.89580227E+00
1	8	0.68303579E+00
2	8	0.63129643E+00
3	8	0.60803950E+00
4	8	0.54269402E+00
5	8	0.73228839E+00
6	8	0.84254243E+00
7	8	0.68189396E+00
8	8	0.76495859E+00
9	8	0.68216758E+00
10	8	0.38809870E+00
11	8	0.82419915E+00
12	8	0.94475149E+00
13	8	0.94165488E+00
14	8	0.81855057E+00
15	8	0.96854115E+00
1	9	0.65283073E+00
2	9	0.72962580E+00
3	9	0.61036833E+00
4	9	0.58036974E+00
5	9	0.66368173E+00
6	9	0.88305281E+00

7	9	0.69505018E+00
8	9	0.77836761E+00
9	9	0.80469748E+00
10	9	0.56009662E+00
11	9	0.85297763E+00
12	9	0.91582832E+00
13	9	0.94970626E+00
14	9	0.86959764E+00
15	9	0.99884230E+00
1	10	0.69628533E+00
2	10	0.81017172E+00
3	10	0.65705761E+00
4	10	0.58595738E+00
5	10	0.75464979E+00
6	10	0.83839417E+00
7	10	0.73715573E+00
8	10	0.81031772E+00
9	10	0.82471658E+00
10	10	0.55212748E+00
11	10	0.86215745E+00
12	10	0.99980106E+00
13	10	0.92055052E+00
14	10	0.90349890E+00
15	10	0.97116706E+00
1	11	0.68992430E+00
2	11	0.77915973E+00
3	11	0.65355856E+00
4	11	0.59565518E+00
5	11	0.72893865E+00
6	11	0.87734479E+00
7	11	0.74626167E+00
8	11	0.87092458E+00
9	11	0.85631691E+00
10	11	0.61253968E+00
11	11	0.86187660E+00
12	11	0.95150507E+00
13	11	0.88657394E+00
14	11	0.83328855E+00
15	11	0.97441134E+00
1	12	0.66501357E+00
2	12	0.76232379E+00
3	12	0.56779243E+00
4	12	0.53224013E+00
5	12	0.68424212E+00
6	12	0.86024199E+00
7	12	0.76679593E+00
8	12	0.86611504E+00
9	12	0.83015861E+00
10	12	0.54534435E+00
11	12	0.87429955E+00

12	12	0.85631263E+00
13	12	0.84863639E+00
14	12	0.73889672E+00
15	12	0.96514335E+00

mean efficiency = 0.73962962E+00

summary of panel of observations:
(1 = observed, 0 = not observed)

t:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n												
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12

15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 180

**APÊNDICE B – DECOMPOSIÇÃO DO ÍNDICE DE
PRODUTIVIDADE DE MALMQUIST**

Tabela 1A. Evolução Anual da variação da Produtividade Total dos Fatores – 1994 – 2005.

Estado	Período										0099
	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	0000
Ceará	1.0233	0.9899	1.0630	0.9295	1.1140	1.0178	0.9891	0.9558	1.0666	0.9908	0.1.
Rio Grande do Norte	0.9903	0.9992	1.0028	0.9333	0.9083	1.4477	0.9225	1.1559	1.1104	0.9617	0.1.
Paraíba	1.1049	0.8724	1.0403	0.8050	1.1870	1.1366	1.1397	1.0038	1.0766	0.9947	0.1.
Pernambuco	1.0277	0.9495	1.0547	0.9930	0.7854	1.3098	0.9454	1.0695	1.0096	1.0166	0.0.
Alagoas	0.9629	0.9993	1.1529	1.1158	0.9621	1.0408	1.0298	0.9063	1.1370	0.9660	0.1.
Sergipe	0.9884	0.9595	1.0890	1.0151	1.0013	1.0596	1.0035	1.0481	0.9495	1.0465	0.1.
Bahia	1.0818	0.9857	0.9475	0.9514	1.0386	1.0337	0.9681	1.0194	1.0606	1.0124	1.1.
Nordeste	1.0256	0.9651	1.0500	0.9633	0.9995	1.1494	0.9997	1.0227	1.0586	0.9984	0.1.
Minas Gerais	0.9843	0.8708	1.0715	1.0417	1.0330	1.0233	0.9963	1.0176	1.0410	1.0749	0.1.
Espirito Santo	0.8794	1.0500	0.9581	0.9627	0.9912	1.0718	0.9763	1.1796	1.0249	1.0382	0.1.
Rio de Janeiro	1.0772	0.9952	1.0011	0.9956	0.9971	1.0027	0.7058	1.4432	0.9857	1.1094	0.1.
Sao Paulo	0.9663	0.9966	1.0255	0.9821	0.9922	0.9876	1.0150	1.0350	1.0107	0.9997	1.1.
Sudeste	0.9768	0.9781	1.0141	0.9955	1.0034	1.0213	0.9234	1.1688	1.0156	1.0555	0.1.
Parana	1.0985	1.0247	0.9867	1.0237	0.9338	0.8903	1.1474	0.9694	1.0918	0.9517	0.0.
Sul	1.0985	1.0247	0.9867	1.0237	0.9338	0.8903	1.1474	0.9694	1.0918	0.9517	0.0.
Mato Grosso do Sul	0.9985	1.0830	0.9674	1.1378	0.9544	0.7730	1.2814	1.0085	0.9693	0.9631	0.1.
Mato Grosso	1.0485	0.9984	1.0229	0.9217	0.9485	0.9040	1.0739	1.0624	1.0390	0.9222	0.0.
Goias	0.9683	1.0580	1.0006	1.0013	0.9021	1.0177	1.0813	1.0313	0.9724	1.0033	0.1.
Centro Oeste	1.0051	1.0465	0.9970	1.0203	0.9350	0.8983	1.1455	1.0341	0.9936	0.9629	0.0.
Média anual	1.0233	0.9899	1.0630	0.9295	1.1140	1.0178	0.9891	0.9558	1.0666	0.9908	0.1.

Fonte: dados da pesquisa

Tabela 2A. Evolução anual da variação na eficiência técnica: 1994 – 2005.

Estado	Período											
	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	1994-2005
Ceará	.0234	.9899	.0630	.9294	.1140	.0178	.9891	.9558	.0666	.9909	.9639	.0929
Rio Grande do Norte	.9904	.9992	.0028	.9333	.9083	.4477	.9226	.1558	.1104	.9617	.9784	.3566
Paraíba	.1049	.8725	.0402	.8051	.1869	.1366	.1398	.0038	.0765	.9947	.8688	.1592
Pernambuco	.0276	.9495	.0547	.9930	.7854	.3098	.9454	.0694	.0096	.0166	.8935	.9747
Alagoas	.9630	.9993	.1529	.1158	.9621	.0407	.0298	.9063	.1371	.9659	.9387	.1926
Sergipe	.9885	.9595	.0890	.0151	.0012	.0597	.0036	.0481	.9494	.0465	.9805	.1399
Bahia	.0818	.9857	.9475	.9514	.0386	.0337	.9682	.0193	.0606	.0124	.0275	.1236
Nordeste	.0256	.9651	.0500	.9633	.9995	.1494	.9998	.0226	.0586	.9984	.9502	.1485

Minas Gerais	.9842	.8708	.0715	.0416	.0331	.0232	.9964	.0175	.0410	.0748	.9945	.1406
Espirito Santo	.8793	.0500	.9582	.9626	.9912	.0717	.9763	.1796	.0249	.0383	.9695	.0748
Rio de Janeiro	.0772	.9953	.0011	.9955	.9971	.0027	.7058	.4432	.9858	.1094	.8903	.0595
Sao Paulo	.9663	.9965	.0254	.9821	.9921	.9877	.0150	.0349	.0108	.9997	.0144	.0232
Sudeste	.9768	.9781	.0141	.9955	.0034	.0213	.9234	.1688	.0156	.0556	.9672	.0745
Parana	.0985	.0247	.9867	.0238	.9338	.8902	.1474	.9694	.0917	.9517	.9000	.9831
Sul	.0985	.0247	.9867	.0238	.9338	.8902	.1474	.9694	.0917	.9517	.9000	.9831
Mato Grosso do Sul	.9984	.0829	.9674	.1378	.9544	.7731	.2813	.0086	.9693	.9631	.9572	.0140
Mato Grosso	.0484	.9985	.0228	.9217	.9485	.9042	.0738	.0624	.0390	.9223	.8867	.8203
Goias	.9683	.0580	.0004	.0013	.9021	.0177	.0812	.0313	.9723	.0033	.9905	.0151
Centro Oeste	.0050	.0465	.9969	.0202	.9350	.8983	.1454	.0341	.9935	.9629	.9448	.9498
Média anual	.0234	.9899	.0630	.9294	.1140	.0178	.9891	.9558	.0666	.9909	.9639	.0929

Fonte: dados da pesquisa

Tabela 3A. Evolução anual da variação técnica: 1994 – 2005.

Período Estado	1994- 1995	1995- 1996	1996- 1997	1997- 1998	1998- 1999	1999- 2000	2000- 2001	2001- 2002	2002- 2003	2003- 2004	2004- 2005	1994- 2005
Ceará	.99995	.00001	.00001	.00005	.99998	.99998	.00002	.00000	.00002	.99995	.00003	.00002
Rio Grande do Norte	.99997	.00001	.00001	.99997	.00010	.00003	.99989	.00008	.00001	.99998	.99995	.00000
Paraíba	.99998	.99990	.00007	.99997	.00008	.99996	.99997	.00000	.00010	.99998	.99994	.99996
Pernambuco	.00007	.99998	.99997	.99998	.99999	.00002	.00000	.00005	.00001	.00005	.99995	.00006
Alagoas	.99991	.00002	.00000	.99999	.00005	.00003	.00003	.99996	.99998	.00008	.99993	.99999
Sergipe	.99997	.99999	.00002	.99998	.00009	.99992	.99990	.00002	.00006	.00006	.00010	.00010
Bahia	.00003	.00001	.99997	.99997	.00004	.00000	.99988	.00007	.00000	.00005	.00001	.00002
Nordeste	.99998	.99999	.00001	.99999	.00005	.99999	.99996	.00003	.00003	.00002	.99999	.00002
Minas Gerais	.00008	.99999	.99998	.00004	.99991	.00008	.99997	.00004	.99992	.00013	.99995	.00010
Espirito Santo	.00010	.99997	.99992	.00006	.00003	.00002	.00002	.99997	.00004	.99989	.00002	.00004
Rio de Janeiro	.99994	.99995	.00004	.00004	.00002	.00002	.99999	.00002	.99993	.99998	.00001	.99995
Sao Paulo	.99996	.00004	.00001	.99999	.00010	.99989	.99999	.00009	.99995	.99998	.00010	.00009
Sudeste	.00002	.99999	.99999	.00003	.00001	.00000	.99999	.00003	.99996	.00000	.00002	.00004
Parana	.00002	.00000	.00002	.99998	.99995	.00005	.00000	.99998	.00011	.99996	.00009	.00014
Sul	.00002	.00000	.00002	.99998	.99995	.00005	.00000	.99998	.00011	.99996	.00009	.00014
Mato Grosso do Sul	.00005	.00006	.99997	.00006	.99992	.99995	.00008	.99992	.00003	.99999	.00001	.00004
Mato Grosso	.00014	.99993	.00004	.99995	.00007	.99987	.00008	.00006	.00006	.99992	.99997	.00010
Goias	.00002	.99995	.00012	.00002	.99999	.99999	.00005	.00000	.00006	.99998	.99993	.00010
Centro Oeste	.00007	.99998	.00004	.00001	.99999	.99994	.00007	.99999	.00005	.99996	.99997	.00008

<i>Média anual</i>	.99995	.00001	.00001	.00005	.99998	.99998	.00002	.00000	.00002	.99995	.00003	.00002
------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Fonte: dados da pesquisa