

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA – PIMES

LAURO CÉSAR BEZERRA NOGUEIRA

ROYALTIES DO PETRÓLEO, EFICIÊNCIA E ÍNDICES DE PRODUTIVIDADE DE
MALMQUIST: O CASO DOS MUNICÍPIOS POTIGUARES

RECIFE
MARÇO - 2011

LAURO CÉSAR BEZERRA NOGUEIRA

**ROYALTIES DO PETRÓLEO, EFICIÊNCIA E ÍNDICES DE PRODUTIVIDADE DE
MALMQUIST: O CASO DOS MUNICÍPIOS POTIGUARES**

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre em Ciências
Econômicas, Programa de Pós-Graduação em
Economia - PIMES, Centro de Ciências Sociais
Aplicadas, da Universidade Federal do Pernambuco.
Orientador: Prof. Francisco de Souza Ramos, Dr.

RECIFE
MARÇO - 2011

LAURO CÉSAR BEZERRA NOGUEIRA

**ROYALTIES DO PETRÓLEO, EFICIÊNCIA E ÍNDICES DE PRODUTIVIDADE DE
MALMQUIST: O CASO DOS MUNICÍPIOS POTIGUARES**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação em Economia, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, da Universidade Federal do Pernambuco.

Submetida a avaliação da banca examinadora, sendo aprovada em:___/___/___

Prof. Dr. Francisco de Sousa Ramos
Depto. de Economia - PIMES/UFPE
Orientador

Prof. Dr. Luiz Honorato da Silva Júnior
Depto. de Economia - UFPE/CAA
Examinador Externo

Prof. Dr. José Lamartine Távora Júnior
Depto. de Economia - PIMES/UFPE
Examinador Interno

RECIFE
MARÇO - 2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade concedida.

Agradeço aos meus pais, em especial a minha mãe pelo apoio e confiança.

Agradeço à minha esposa pelo incentivo nos momentos de desânimo, e pela compreensão por todos os momentos de ausência.

Agradeço aos professores do Mestrado pela qualidade de seu trabalho, em especial ao Prof. Dr. Francisco de Sousa Ramos, que com seu enorme conhecimento e integridade, me acolheu, orientou, apoiou e com paciência conduziu os trabalhos para a conclusão de minha dissertação.

Agradeço aos meus colegas, em especial a Ariane, Ana Cristina e Ana Elísia, pelo apoio e paciência que tiveram comigo nessa caminhada.

Agradeço aos meus companheiros de pousada, Martinho, Laura, Anderson, Everton pelos momentos que convivemos juntos.

“Podemos ter uma casa mais ou menos, ter um carro mais ou menos, até mesmo, uma família mais ou menos, mas nunca ter fé mais ou menos”

Carlos Drummond de Andrade.

RESUMO

Após a homologação da Lei 9478/97, de 06 de agosto de 1997, aumentou-se consideravelmente os valores dos royalties do petróleo e gás repassados a vários Estados e municípios brasileiros. Todavia, com as recentes descobertas dos imensos campos do pré-sal na década passada, intensificaram-se o debate em torno destes recursos. Portanto, esta pesquisa tem como principal objetivo avaliar a eficiência e índices de produtividade dos municípios beneficiados por estes recursos ao longo desses anos. Empregou-se como um estudo de caso aos municípios do Estado do Rio Grande do Norte, em virtude do mesmo ser o principal beneficiário da Região Nordeste e o terceiro maior do país. Por se tratar de um problema de eficiência e produtividade na gestão de gastos públicos, utilizou-se o Índice de Malmquist com o auxílio da metodologia da Análise Envoltória de Dados (DEA), que vem sendo bastante empregada em problemas desta natureza. Aplicaram-se dois modelos, sendo que os resultados do primeiro modelo apontam para uma estagnação da produtividade devido aos baixos índices de eficiência técnica apurada. Por outro lado, os resultados sugeridos no segundo modelo são bem significativos, tanto a respeito dos índices de eficiência técnica, quanto aos de eficiência tecnológica, pois 52 municípios elevaram seus índices de produtividade total, ou seja, aproximadamente 60% dos analisados. Entretanto, encontraram-se algumas limitações referentes a disponibilidades de variáveis qualitativas que proporcionassem tirar conclusões mais concisas a respeito dos resultados.

Palavras-chaves: Royalties; Índice de Malmquist; Produtividade; DEA.

ABSTRACT

After the approval of Law 9478/97 of 06 August 1997, increased considerably the values of the royalties from oil and gas transferred to several Brazilian states and municipalities. However, with recent discoveries of massive pre-salt fields in the past decade have intensified the debate around these resources. Therefore, this research aims to evaluate the efficiency and productivity indices of the cities served by these resources over the years. Was employed as a case study of the municipalities of Rio Grande do Norte, due to it being the main beneficiary of the Northeast Region and the third largest in the country. Because it is a problem of efficiency and productivity in public expenditure management, used the Malmquist index with the aid of the methodology of Data Envelopment Analysis (DEA), which has been widely used in such problems. We applied two models, and the results of the first model point to a stagnation of productivity due to low technical efficiency indices calculated. Moreover, the results suggested in the second model are very significant, both in respect of technical efficiency indices, with respect to technological efficiency, for 52 counties increased their rates of total productivity, or approximately 60% of the cases. However, we found some limitations regarding the availability of qualitative variables that provide more concise conclusions about the results.

Keywords: Royalties; Malmquist index; productivity; DEA.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Participação dos royalties na receita corrente em 2006.....	19
Tabela 02: Método FGL de Identificação dos Retornos de Escala... ..	36
Tabela 03: IFDM - Educação... ..	46
Tabela 04: IFDM - Saúde... ..	47
Tabela 05: IFDM - Emprego e Renda... ..	47
Tabela 06: IFDM... ..	48
Tabela 07: Grau de Importância das Variáveis... ..	51
Tabela 08: Matriz de Correlação das Variáveis do Modelo Lógico.....	52
Tabela 09: Eficiência Técnica e Retornos De Escala 2000 - Modelo Lógico.....	54
Tabela 10: Benchmarks- 2000- Modelo Lógico.....	55
Tabela 11: Eficiência Técnica e Retornos De Escala 2007 - Modelo Lógico.....	56
Tabela 12: Benchmarks- 2007- Modelo Lógico.....	56
Tabela 13: Decomposição da Produtividade Total Modelo Lógico 2000-2007.....	57
Tabela 14: Eficiência Técnica e Retornos De Escala 2000 - Modelo 2... ..	60
Tabela 15: Benchmarks - 2000 - Modelo 2... ..	60
Tabela 16: Eficiência Técnica e Retornos De Escala 2007 - Modelo 2... ..	61
Tabela 17: Benchmarks- 2007 - Modelo 2... ..	62
Tabela 18: Decomposição da Produtividade Total Modelo 2 - 2000-2007.....	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Evolução do Pagamento dos Royalties no Brasil.....	18
Gráfico 02: Royalties <i>Versus</i> Participação Total dos Estados.....	23
Gráfico 03: Indicadores Socioeconômicos.....	26
Gráfico 04: Royalties Municipais <i>versus</i> Royalties Estaduais... ..	27
Gráfico 05: Decomposição da Produtividade Total dos Municípios com Desempenho Abaixo da Média Estadual - Modelo Lógico 2000-2007	58
Gráfico 06: Classificação dos Níveis de Produtividade	59
Gráfico 07: Decomposição da Produtividade Total dos Municípios com Ganhos de Produtividade Modelo 2	63
Gráfico 08: Decomposição da Produtividade Total dos Municípios.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Divisão Política e Regional do Rio Grande do Norte.	24
Figura 02: Modelo CCR e BCC.	30
Figura 03: Índice de Produtividade de Malmquist Orientado ao Produto	42
Figura 04: Modelo Lógico	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP – Agência Nacional de Petróleo
BCC – Banker, Charnes, Cooper.
CCR – Charnes, Cooper, Rhodes
CPP – Conjunto de Possibilidades de Produção
CRS – Constant Returns to Scale
D – Forte Disponibilidade de Insumos
DEA – Análise Envoltória de Dados
DMU – Unidade Tomadora de Decisão
EFFCH – Mudança Técnica de Produtividade
FGV – Fundação Getúlio Vargas
FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
FPP – Fator Parcial de Produtividade
FTP – Fator Total de Produtividade
FPM – Fundo de Participação dos Municípios
GPE – Gastos Per Capita em Educação
GPS – Gastos Per Capita em Saúde
GPU – Gastos Per Capita em Urbanismo e Infraestrutura
IFDM – Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal
IFDE – IFDM Educação
IFDS – IFDM Saúde
IFDU – IFDM Emprego e Renda
Max – Maximização
MMM – Ministério das Minas e Energia
 M_p – Índice de Produtividade de Malmquist
PIB – Produto Interno Bruto
PPL – Problema de Programação Linear
RCP – Receitas Correntes Per Capita
RP – Royalties Per Capita
TECH – Mudança Tecnológica de Produtividade
V – Retornos Variáveis de Escala
V(y) – Conjunto de Requerimentos de Insumos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivos.....	16
1.1.1 Objetivo Geral	16
1.1.2 Objetivos específicos.....	16
1.1.3 Estrutura do Trabalho	17
2 CARACTERÍSTICAS SOBRE AS PARTICIPAÇÕES GOVERNAMENTAIS	18
2.1 Bônus de Assinatura	19
2.2 Participações Especiais.....	19
2.3 Pagamentos Pela Ocupação Ou Retenção Da Área.....	20
2.4 Royalties	20
2.4.1 Atual Sistema de Cálculo dos Valores dos Royalties.....	21
3 UMA SÍNTESE SOBRE O RIO GRANDE DO NORTE	24
4 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	28
4.1 Análises Envoltória de Dados (DEA).....	29
4.1.1 Modelo CCR.....	30
4.1.2 Modelo BCC.....	33
4.1.3 Retornos de Escala nos Modelos DEA.....	36
4.1.4 Benchmarks – Unidades de Referência	37
4.1.5 Tratamento de Outliers nos modelos DEA.....	37
4.2 Índices de Malmquist	38
5 ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	44
5.1 Definição e Seleção das DMUs	44
5.2 Definição e Seleção das Variáveis.....	44
5.2.1 IFDM Educação.....	46
5.2.2 IFDM Saúde	47

5.2.3 IFDM Emprego e Renda.....	47
5.2.4 IFDM	48
5.3 A Identificação do modelo	48
5.4 Interpretações dos índices obtidos	49
6 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	50
6.1. Identificação das DMUs	50
6.2 As variáveis	50
6.3 O modelo	52
6.4 Descrições dos Dados	53
7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	54
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICE A: TABELA DOS INPUTS E OUTPUTS ANO: 2000	71
APÊNDICE B: TABELA DOS INPUTS E OUTPUS ANO: 2000	72
APÊNDICE C: TABELA DOS INPUTS E OUTPUTS ANO: 2007.....	73
APÊNDICE D: TABELA DOS INPUTS E OUTPUTS ANO: 2007	74

1 INTRODUÇÃO

As recentes descobertas, no final da década de 2010, de imensos reservatórios de petróleo em águas profundas do litoral brasileiro, a então nomeada áreas do Pré-sal¹, com potencial estimado suficiente para dobrar as reservas nacionais existentes, de acordo com levantamentos da Petrobras, alteram totalmente as condições de mercado do setor petrolífero no Brasil. Além do mais, deve aumentar consideravelmente o total de recursos disponíveis para vários Estados e municípios brasileiros (INFOROYALTIES, 2010).

Na década anterior, com a criação da Lei 9478/97, de 06 de agosto de 1997, também conhecida como a nova Lei do Petróleo, foram introduzidas três novas participações governamentais: o bônus de assinatura; o pagamento pela ocupação ou retenção de área; e a participação especial; além da ampliação da alíquota básica dos royalties de 5% para 10%. Estas mudanças, em especial a nova alíquota dos royalties, contribuíram muito para o aumento significativo das receitas correntes dos Estados e municípios brasileiros detentores de campos de produção de petróleo e gás natural, no qual estes recursos concebem um importante papel na formação do Produto Interno Bruto (PIB), de capital e divisas dessas economias (CRUZ & RIBEIRO, 2009).

No entanto, para que mais recursos disponíveis se revertam em mais serviços proporcionados à sociedade, torna-se essencial atingir-se bons índices de produtividade e obter eficácia na execução das políticas públicas. Pois, a recente literatura aponta que é preciso uma apropriada especificação das características dos bens e serviços públicos ofertados, com a finalidade de diferenciar a elevação dos custos do incremento real na quantidade e qualidade dos mesmos (SCHWENGBER, 2006).

Em várias economias, os processos de análise de produtividade são utilizados com o propósito de aperfeiçoar o desempenho das organizações públicas. Pois, diferentemente do setor privado, em que as decisões sobre a alocação de recursos apresentam-se diretamente sensíveis à concorrência e a maximização dos lucros, no setor público esta característica mostra-se mais imperceptível. Visto que os objetivos do setor público podem ser

1 A chamada camada pré-sal é uma faixa que se estende ao longo de 800 quilômetros entre os Estados do Espírito Santo e Santa Catarina, abaixo do leito do mar, e engloba três bacias sedimentares (Espírito Santo, Campos e Santos). O petróleo encontrado nesta área está a profundidades que superam os sete mil metros, abaixo de uma extensa camada de sal que, segundo geólogos, conservam a qualidade do petróleo. Vários campos e poços de petróleo já foram descobertos no pré-sal, entre eles o de Tupi, o principal. Há também os de Guará, Bem-Te-Vi, Carioca, Júpiter e Iara, entre outros.

contraditórios, pois, em entidades que não buscam o lucro, o peso dos interesses externos é bem mais amplo (SCHWENK, 1990).

Todavia, deve-se atentar para o fato de que as receitas dos royalties são de natureza finita, pois provém da exploração de recursos naturais não renováveis, assim sendo, compreende-se o porquê que na última década intensificou-se o debate sobre a distribuição e o uso dos recursos derivados da exploração de petróleo e gás repassados aos Estados e municípios brasileiros. Para ter-se uma idéia do montante de recursos, em 2008, a Petrobras e as cinco empresas multinacionais produtoras de petróleo instaladas no país repassaram ao setor público cerca de R\$ 22,6 bilhões em royalties e participações especiais. O total repassado equivale a mais que o dobro do total investido pago pelo governo federal no ano de 2007, avaliado em R\$ 8,9 bilhões, conforme declarado no site “Transparência Brasil”. Em uma estimativa modesta, o total dos royalties pode atingir no final da próxima década algo em torno de R\$ 50 bilhões (AFONSO & GOBETTI, 2008).

Entretanto, de acordo com Cagnin & Cintra (2008), evidências empíricas vêm apontando que economias que tem como base a exploração de recursos naturais não são capazes por si só de gerar crescimento sustentável, nem muito menos garantir desenvolvimento econômico. Pois, na maioria dos países em que tais recursos são abundantes surge um fenômeno que contraria o senso comum e desperta o grande interesse dos economistas, que o denominam “A Maldição dos Recursos Naturais”².

Todavia, em Afonso e Gobetti (2008), os resultados apontam para o mau uso destes recursos, pois, conforme o estudo, os municípios beneficiados pelo fundo gastam a maior parte dos royalties em despesas correntes, em especial no pagamento de salários. Além do mais, verificou-se que são os que mais gastam com as câmaras municipais, prática essa, que fere o pressuposto central para criação do fundo social, pois a gestão pública deve direcionar o uso dos recursos de forma a impedir que somente a sociedade presente usufrua dos benefícios gerados.

Por outro lado, constatou-se que os gastos com ensino fundamental e saúde são muito próximos dos dispêndios dos municípios que não são beneficiados e em alguns casos são inferiores. Outro aspecto constatado é que os investimentos em gestão ambiental também são insignificantes entre todos os municípios, descartando-se assim, o argumento que tais recursos servem para diminuir o impacto gerado pela exploração e produção de petróleo e gás.

² Um dos grandes enigmas da literatura sobre crescimento econômico é a chamada “Maldição dos Recursos Naturais”, ou seja, há evidências empíricas amplamente documentadas de que países ricos em recursos naturais tendem a apresentar taxas de crescimento menores que os países relativamente desprovidos. Exemplos de tais evidências podem ser encontrados em Sachs & Warner (1995, 1999), Sala-I Martín (1997).

Deste modo, torna-se relevante averiguar a eficiência e produtividade dos municípios beneficiados por estes recursos, para que se pense na criação de regras específicas que direcionem o uso dos recursos com o propósito de gerar legados para um maior desenvolvimento socioeconômico de toda sociedade. Com a finalidade de promover mudanças na melhoria da qualidade, da produtividade e da eficiência, esta pesquisa busca, também, avaliar a necessidade de melhoria no desempenho dos processos produtivos dos municípios dentro desse novo contexto regulatório.

A maior parte dos trabalhos publicados no Brasil sobre royalties do petróleo concentra-se em estudar a aplicação e os impactos sociais e econômicos destes recursos nos municípios brasileiros utilizando técnicas paramétricas, simulações e análises descritivas. Entre os principais trabalhos destacam-se os da Fundação Getúlio Vargas (FGV) 2010; Info Royalties (2010); Cagnin & Cintra (2008); Afonso & Gobetti (2008); Cruz & Ribeiro (2009); Bregman e Pinto Jr (2008); Postali (2007); Pacheco (2007); Gonzáles & Serra (2006); trabalhos esses de reconhecida contribuição no planejamento de políticas públicas que objetivam uma alocação ótima destes recursos. Entretanto, em nenhum desses estudos se procurou mensurar a eficiência e a produtividade dos municípios beneficiados.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

- Este trabalho objetiva avaliar os índices de produtividade dos municípios do Estado do Rio Grande do Norte beneficiados pelos royalties do petróleo através do índice de Malmquist, bem como determinar fatores responsáveis pelo nível de produtividade, no período de 2000 a 2007.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar as variáveis (insumos e produtos) a serem utilizadas na análise;
- Calcular a eficiência produtiva através da Análise Envoltória de Dados (DEA);
- Identificar e aplicar o modelo DEA;
- Analisar a eficiência e produtividade, em dois períodos referentes aos municípios Potiguares.

- Identificar os municípios com melhor desempenho técnico, os benchmarks, isto é, as unidades que melhor utilizam os recursos na oferta dos serviços;
- Decompor os índices de produtividade através do Índice de Malmquist;

1.1.3 Estrutura do Trabalho

Com a finalidade de alcançar os objetivos propostos neste estudo, o trabalho está estruturado em oito Capítulos, incluindo esta introdução. No segundo Capítulo apresentam-se as características gerais sobre as rendas de participação governamental, com ênfase aos royalties. No Capítulo três faz-se um breve resumo sobre algumas particularidades do Estado do Rio Grande do Norte

No Capítulo seguinte apresentam-se o referencial teórico para apurar a eficiência e a produtividade. No quinto Capítulo define-se a metodologia, entretanto, no sexto abordam-se os principais aspectos que devem ser considerados para aplicação da ferramenta DEA utilizada para o cálculo do Índice de produtividade de Malmquist. No sétimo Capítulo apresentam-se os resultados e no último Capítulo fazem-se as considerações finais.

2 CARACTERÍSTICAS SOBRE AS PARTICIPAÇÕES GOVERNAMENTAIS

A Lei nº 9.478/97 (Lei do Petróleo) estabeleceu a atual política energética brasileira acarretando transformações significativas, em especial para os Estados e municípios brasileiros, pois estes foram sem sombra de dúvidas os maiores beneficiados, já que houve um aumento acentuado nas receitas dos royalties do petróleo e gás repassados aos mesmos.

De acordo com Bregman & Pinto Jr. (2008), a Lei 9.478/97 ao promover a abertura do setor ocasionou substanciais alterações na estrutura das participações governamentais, pois, com a extinção do monopólio estatal tornava-se necessário assegurar que parte da renda petrolífera fosse destinada ao benefício da sociedade. Nesse sentido foram criadas três novas participações governamentais e ampliada a alíquota básica dos royalties.

De modo que, a partir de então, as participações governamentais prevêm a probabilidade de recebimento das seguintes receitas pelo setor público: o bônus de assinatura; participação especial; pagamento pela ocupação ou retenção da área; e os royalties; sendo que, a alíquota básica dos royalties foi ampliada de 5% para 10%, podendo ser estipulada em um limite mínimo de 5% conforme riscos geológicos apresentados. Os repasses dos recursos das participações governamentais são controlados pelo governo através da Agencia Nacional de Petróleo - ANP (INFOROYALTIES, 2010). Entretanto, conforme se visualiza no Gráfico 01, os valores pagos em royalties ao setor público no Brasil vem denotando claramente uma trajetória de crescimento destes recursos.

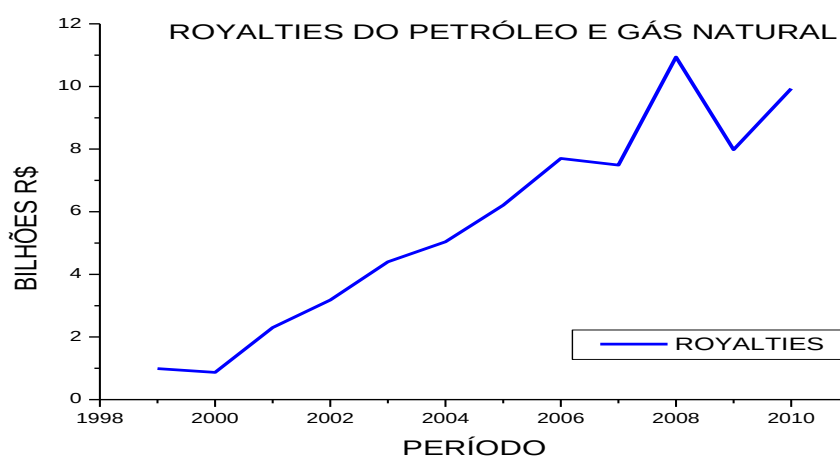


Gráfico 01 - Evolução do Pagamento dos Royalties no Brasil

Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados da ANP.

Outra importante característica é evidenciada pelos dados da Tabela 01, pois, verifica-se um alto grau de participação dos royalties na composição das receitas correntes de vários municípios fluminenses e potiguares. No entanto salienta-se que esta característica se mantém para municípios de outros Estados, em especial Alagoanos, Baianos, Capixabas e Sergipanos.

Tabela 01 – Participação dos royalties na receita corrente em 2006

Municípios RJ	Royalties	Receitas	%	Municípios RN	Royalties	Receitas	%
Campos	403.784.930,05	1.266.496.304,00	31,88	Mossoró	24.834.159,54	234.836.659,10	10,58
Macaé	320.241.924,75	822.499.835,20	38,94	Macau	22.377.562,99	50.476.672,51	44,33
Rio Das Ostras	140.827.615,00	442.669.623,00	31,81	Areia Branca	10.789.404,56	38.280.172,16	28,19
Quissamã	67.632.937,69	141.766.738,40	47,71	Goianinha	9.563.901,90	27.562.334,88	34,7
Rio De Janeiro	65.888.738,40	8.384.925.070,00	0,79	Ielmo Marinho	7.388.623,46	17.855.055,78	41,38
Casimiro breu	54.144.637,71	136.920.451,10	39,54	Macaíba	7.388.149,71	56.592.489,46	13,06
Niterói	49.842.162,12	718.594.161,30	6,94	Porto do Mangue	4.657.637,93	11.684.368,63	39,86
Armação Búzios	47.578.159,38	108.563.760,30	43,83	Alto do Rodrigues	3.861.633,48	21.223.621,58	18,19
São J Da Barra	46.378.044,37	93.317.860,14	49,7	Felipe Guerra	3.561.519,52	11.390.165,52	31,27
Carapebus	31.236.121,57	56.048.822,76	55,73	Gov. Dix-Sept	3.551.886,63	17.095.659,24	20,78
TOTAL	1.227.555.271,04	12.171.802.626,20	10,09	TOTAL	97.974.479,72	486.997.198,86	20,12

Fonte: FIMBRA/ANP

A seguir apresenta-se sinteticamente a fórmula de apuração sistemática de cada uma das participações governamentais, entretanto, enfatizam-se os royalties em virtude de ser a variável de interesse do estudo.

2.1 Bônus de Assinatura

De acordo com o Decreto 2705/98, o bônus de assinatura corresponde ao montante ofertado pelo licitante vencedor na proposta de concessão de exploração do petróleo ou gás, não podendo ser inferior ao valor mínimo fixado pela Agencia Nacional de Petróleo (ANP) no edital de licitação.

Contudo, o pagamento do bônus tem valor certo e definido no edital de concessão e uma das parcelas serve para formar a receita própria da agência reguladora com o objetivo de financiar as operações administrativas do órgão (PACHECO, 2007).

2.2 Participações Especiais

Segundo ANP as participações especiais é uma forma de compensação financeira extraordinária paga pelas empresas exploradoras e produtoras de petróleo ou gás nos casos de

grande volume de produção ou de grande rentabilidade, sendo paga, com relação a cada campo de uma determinada área de concessão, a partir do trimestre em que acontecer a data de início da respectiva produção.

Para resultado de apuração da participação especial sobre a produção são aplicadas taxas progressivas sobre a receita líquida da produção trimestral de cada uma das bacias produtoras, consideradas as deduções previstas conforme a localização da lavra, o número de anos de produção e o respectivo volume de produção trimestral fiscalizada. Sendo que, 40% do total dos recursos da participação especial são destinados ao Ministério de Minas e Energia (MME), dos quais; 70% destinam-se ao financiamento de estudos e serviços de geologia e geofísica aplicados à prospecção de combustíveis fósseis promovidos pela ANP e MME; 15% para o custeio dos estudos de planejamento da expansão do sistema energético; 15% para estudos, pesquisas, projetos, atividades e serviços de levantamentos geológicos básicos. Dos recursos restantes, 10% são destinados ao Ministério do Meio Ambiente; 40% aos Estados produtores ou confrontantes com a plataforma continental onde ocorrer à produção; e 10% aos municípios produtores ou confrontantes.

2.3 Pagamentos Pela Ocupação Ou Retenção Da Área

A remuneração paga pela ocupação ou retenção de área tem sido realizada pelas companhias exploradoras de petróleo e gás desde 06 de agosto de 1998. Pois, iniciou-se o repasse conforme a homologação dos primeiros contratos de concessão, sendo regulamentada segundo o artigo 51 da Lei 9478/97 e Decreto 2.705/98.

De acordo com o artigo 51, o pagamento desta nova participação governamental deverá esta prevista no edital de licitação e no contrato, sendo que, o pagamento será anual e fixado por quilômetro quadrado ou fração da superfície do bloco. Conforme destaca a ANP as cifras são unitárias, em reais por quilômetro quadrado ou fração variam dependendo da fase ou período em que se encontra a concessão e o tempo que a companhia permanecerá na área (ANP, 2010).

2.4 Royalties

Os royalties constituem uma das formas mais antigas de pagamentos de direito, palavra de origem inglesa decorrente do termo Royal, que denota da realeza ou concernente

ao rei, sendo, portanto, o pagamento efetuado aos reis em virtude da exploração de riquezas minerais em propriedades do reino (BARBOSA, 2001).

De acordo com artigo 11 do Decreto 2.705/98, os royalties são compensações financeiras devidas pelas empresas concessionárias exploradoras de petróleo e gás natural pagos mensalmente ao setor público, referente a cada campo produtor a partir do mês em que ocorrer a respectiva data de início da produção. Segundo a ANP, os royalties na realidade não passam de um ressarcimento financeiro pago à União pelas concessionárias que produzem em território brasileiro.

2.4.1 Atual Sistema de Cálculo dos Valores dos Royalties

A Portaria 206 da ANP, de 29 de Agosto de 2000, estabelece os critérios para fixação do preço mínimo do petróleo para fins de cálculo das participações governamentais, na eventualidade do concessionário não apresentar a cesta-padrão de petróleo. A metodologia de cálculo do preço mínimo para cada tipo de petróleo nacional utiliza como referência a média mensal das cotações diárias do preço do petróleo tipo Brent Dated e de cinco derivados de petróleo também cotados internacionalmente (ANP, 2010).

Os royalties incidem sobre a produção mensal do campo produtor e o valor pago pelas concessionárias é obtido da seguinte forma:

1. Alíquota dos royalties do campo produtor, que pode variar de 5% a 10%;
2. A produção mensal de petróleo e gás natural produzidos pelo campo;
3. O preço de referência destes hidrocarbonetos no mês;

$$\text{Royalties} = \text{Alíquota} \times \text{Valor da produção}$$

$$\text{Valor da produção} = V_{\text{petróleo}} \times P_{\text{petróleo}} + V_{\text{gás}} \times P_{\text{gás}}$$

Onde:

Royalties; é valor decorrente da produção do campo no mês de apuração, em R\$;

Alíquota; é o percentual previsto no contrato de concessão do campo;

V petróleo; é volume da produção de petróleo do campo no mês de apuração, em m³;

P petróleo; é o preço de referência do petróleo produzido no campo no mês de apuração, em R\$/m³;

P gás; é preço de referência do gás natural produzido no campo no mês de apuração, em R\$/m³.

A seguir mostram-se as alíquotas e os beneficiários da distribuição dos royalties, segundo regras vigentes na legislação:

Parcela de 5% - Lei nº 7.990/1989 e Decreto nº 1/1991

Lavra Terrestre

- 70% Estados produtores
- 20% Municípios produtores
- 10% Municípios com instalações de embarque e desembarque de petróleo e gás

Lavra na plataforma continental

- 30% Estados confrontantes com poços
- 30% Municípios confrontantes com poços e respectivas áreas geoeconômicas
- 20% Comando da Marinha
- 10% Fundo Especial (Estados e municípios)
- 10% Municípios com instalações de embarque e desembarque de petróleo e gás

Parcela acima de 5% - Lei nº 9.478/1997 e Decreto nº 2.705/1998

Lavra terrestre

- 52,5% Estados produtores
- 25% Ministério da Ciência e Tecnologia
- 15% Municípios Produtores
- 7,5% Municípios afetados por operações nas instalações de embarque e desembarque

Lavra na plataforma continental

- 25% Ministério da Ciência e Tecnologia
- 22,5% Estados confrontantes com campos
- 22,5% Municípios confrontantes com campos
- 15% Comando da Marinha
- 7,5% Fundo Especial (Estados e Municípios)
- 7,5% Municípios afetados por operações nas instalações de embarque e desembarque de petróleo e gás natural.

É nítida a importância dos royalties, já que se constitui em uma grande fonte de renda para vários Estados e municípios. Nos últimos anos vem sendo realizado diversos estudos sobre a distribuição de royalties no sentido de verificar se ao certo estes recursos estão sendo

bem investidos pelos beneficiários, seja em razão do total de recursos, ou em função de seu alto grau de concentração.

Contudo, observa-se no Gráfico 02 que o atual sistema de distribuição das compensações do petróleo entre os municípios brasileiros é bastante desigual e concentrada, além do mais, beneficia principalmente regiões relativamente mais ricas;

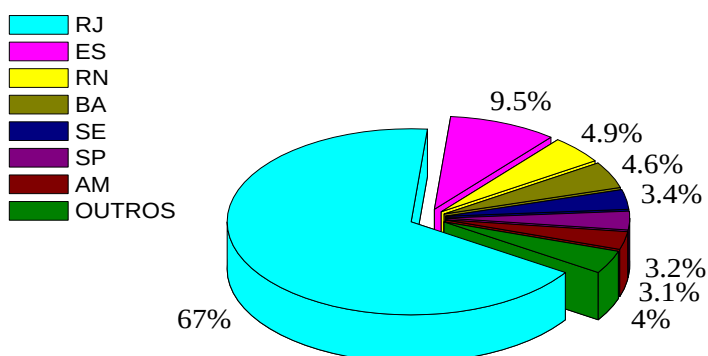


Gráfico 02 - Royalties Versus Participação Total Dos Estados

Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados da ANP

É importante, ressaltar que em 2010, somente o Estado do Rio de Janeiro absorveu 67% dos recursos distribuídos, além do mais, apenas o município de Campos dos Goytacazes recebeu 7,61% do total de recursos distribuídos entre todos os Estados e municípios brasileiros. Logo, com a finalidade de promover mudanças que objetivem a melhoria da qualidade, eficiência e produtividade no uso destes recursos pelo setor público, dar-se a necessidade de avaliar o desempenho produtivo dos municípios beneficiados pelo fundo. Daí então, se deve buscar a metodologia que melhor retrate esta análise, de forma a contribuir para o aprimoramento da alocação dos mesmos.

3 UMA SÍNTESE SOBRE O RIO GRANDE DO NORTE

Neste Capítulo buscar-se apresentar uma visão dos aspectos mais gerais do Estado do Rio Grande do Norte. O Estado está localizado no extremo nordeste do território brasileiro, ocupando uma área de 52.810.699 km². Limita-se ao norte e a leste com o oceano Atlântico, numa extensão litorânea de 410 km; ao sul com o Estado da Paraíba; e a oeste com o Estado do Ceará. As características de seu relevo apresentam extensão de planalto ao norte; terras baixas contornando o planalto a leste, norte e oeste; e maciços isolados nas regiões sul e oeste. Sendo que, sete zonas fisiográficas distintas podem ser identificadas no Estado: Salineira, Litoral, Agreste, Centro-Norte, Seridó, Chapada do Apodi e Serrana. A maior parte do território do Estado está incluída no Polígono das Secas, região delimitada pelo Governo Federal em 1951, com o objetivo de combater as secas no Nordeste e promover o desenvolvimento econômico e social da região. (Secretaria de Recursos Hídricos, Estudo Sobre O Panorama da Desertificação no Estado do Rio Grande do Norte, 2005).

O Estado é dividido em 167 municípios e totaliza uma população de 3.168.133 habitantes segundo censo realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). No entanto, apenas a capital Natal e os municípios de Mossoró e Parnamirim possuem mais de 100.000 habitantes. Apresenta-se a seguir na Figura 01 a cartografia do Rio Grande, a qual é composta pelos principais municípios, como também os seus limites territoriais.



Figura 01 – Divisão Política e Regional do Rio Grande do Norte

Fonte: IBGE

No início da colonização, a economia do Estado era basicamente de subsistência, restrita a pesca, a pecuária e agricultura. No entanto, diferentemente de outras capitanias a cultura da cana de açúcar, não teve o mesmo desempenho no território potiguar, excetuando-se ao sul do Estado, o qual, o mais importante engenho era o de Barra de Cunhaú, fundado em 1630. A exploração do Pau-Brasil, grande riqueza brasileira da época constitui-se praticamente como o primeiro produto exportado do Rio Grande do Norte para a Europa, e foi também o motivo de varias invasões à nossa costa, tanto por parte dos franceses quanto dos holandeses, atrás da sua exploração clandestina (FRANCERLE, 2010).

De acordo com Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA), Atualmente, a economia do Estado se encontra em pleno desenvolvimento. Todavia, as atividades econômicas do Estado em 2008 contribuíram da seguinte forma para a formação do Produto Interno Bruto (PIB) estadual: Agropecuária (5,1%), Indústria (24%) e Serviços (70,9%). Destaca-se que, as principais atividades econômicas se concentram principalmente na Agricultura; Pecuária; Avicultura; Pesca; Extração vegetal e Mineração.

A agricultura do Estado se mostra bastante diversificada, com destaque para a produção de arroz, algodão, feijão, fumo, mamona, cana-de-açúcar, mamão, melão, coco, mandioca, melancia, manga, acerola, banana, caju e milho. Todavia, deve-se salientar que o desenvolvimento de técnicas para a prática da fruticultura irrigada proporcionou um grande aumento da produtividade, fortalecendo as exportações, especialmente para a Europa. Outro segmento que merece destaque é a produção de camarão, a qual tem apresentado um quadro bastante evolutivo, visto que, atualmente, o Estado é o maior exportador brasileiro do crustáceo.

No que se refere à atividade industrial, há uma concentração na região metropolitana de Natal, com destaque para os produtos têxteis, bebidas, agroindústrias, etc. Entretanto, de modo diferente, a produção do setor de mineração se dá principalmente no interior, o qual se destaca a extração de sal marinho, calcário, estanho, gás natural, petróleo e feldspato. Os pólos salineiros localizam-se na região litorânea do extremo norte do Estado e movimentam o porto de Areia Branca, que é responsável por 90% da produção nacional (IDEMA, 2010).

Quanto à indústria petrolífera, a qual se concentra principalmente na região oeste do Estado, em especial, nos municípios de Mossoró, Guamaré e Macau, e é de fundamental importância para a economia do Estado, uma vez que o Rio Grande do Norte é o maior produtor nacional de petróleo em terra, além de possuir três unidades de processamento de gás natural. Certamente estas duas atividades de extração mineral respondem pelo maior crescimento da economia do Estado. Contudo, a falta de estrutura ainda é um entrave no

desenvolvimento da economia Norte Rio-grandense, embora, mas pólos industriais estejam sendo montados, e melhorias e ampliações às estruturas de portos e aeroportos estão contribuindo para o incremento das atividades econômicas (IDEMA, 2010).

O setor turístico é outro setor em franco desenvolvimento, já que o Estado conta com uma das paisagens mais belas do Nordeste brasileiro. No entanto, o setor ainda é carente de profissionais especializados e subsídios governamentais, embora nos últimos anos novas Faculdades e Escolas de Turismo estão atuando cada vez mais no Estado. Pois, mensura-se mais de dois milhões de visitantes anualmente, sendo que os principais destinos são as praias de Ponta Negra, Pipa e Genipabu. Estima-se que o setor turístico é responsável por empregar mais de 120 mil pessoas, além do mais, estar vinculada a outras 54 atividades, direta ou indiretamente (IDEMA, 2010).

Segundo estudos realizados sob a coordenação do IBGE, em 2008, a economia Norte-Rio-grandense teve um bom desempenho. Pois, o Produto Interno Bruto (PIB) estadual atingiu a marca de 22,9 bilhões de reais. No entanto, sua participação no PIB do Nordeste foi de apenas 6,6% e no âmbito nacional, essa marca atingiu apenas 0,9%. A seguir no gráfico abaixo se apresenta a evolução do PIB Per Capita, Índices de Desigualdade e Pobreza do Estado referente ao período de 1999 a 2008.

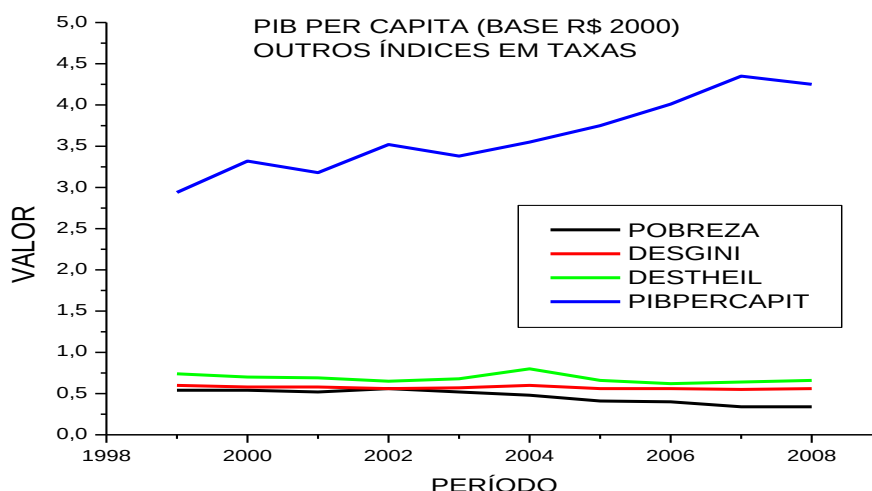


Gráfico 03 – Indicadores Socioeconômicos

Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados do IPEADATA.

Conforme ilustrado no Gráfico 03, há uma trajetória de queda nas taxas de pobreza e desigualdade estadual no período, exceto no ano 2004, que apresentou alta. Quanto ao PIB per capita observa-se uma tendência de crescimento expressivo dessa variável. No entanto, é

preciso melhorar cada vez mais a eficiência e produtividade municipal dos gastos públicos com a finalidade de diminuir ainda mais os índices de pobreza e desigualdade no Estado. Para ter-se uma idéia, de acordo com o IBGE e ANP, em 2010, os municípios Potiguares receberam aproximadamente R\$ 1,08 bilhão de Fundo de Participação dos Municípios (FPM) e R\$ 148,7 milhões em recursos provenientes dos royalties do petróleo e o governo do Estado recebeu R\$ 158,9 milhões em royalties, totalizando R\$ 307,6 milhões. Vale lembrar, que o valor recebido em 2008, conforme expresso no gráfico abaixo foi bem mais expressivo, em virtude da alta dos preços do barril do petróleo no mercado internacional, pois o critério de cálculo adotado pela legislação tem forte influência do preço do barril de petróleo.

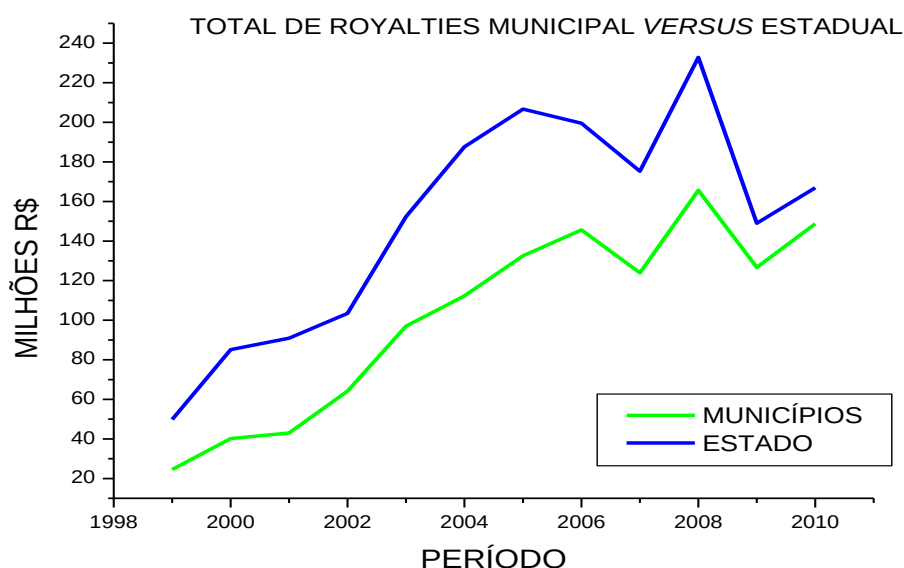


Gráfico 04 – Royalties Municipais versus Royalties Estaduais

Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados da ANP.

De acordo com o gráfico acima, há uma tendência de crescimento dos recursos dos royalties repassados ao Estado do Rio Grande do Norte, como também aos seus municípios. Todavia, deve-se frisar que essa trajetória tende a ser mais positiva quando considerar-se o acréscimo dos recursos do Pré-sal, portanto, aumentando ainda mais a obrigação de planejamento na alocação desses recursos. Este estudo, além de investigar a necessidade de mudanças, que busquem a melhoria da qualidade, da produtividade e da eficiência no gastos do setor público, em vistas os recursos serem escassos, procura também apontar possíveis soluções, caso haja detecção de má gestão dos recursos, visto que, esses recursos são de natureza finita.

4 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Há diversas metodologias utilizadas para análise em questão³. No entanto, quando se busca mensurar o desempenho nas instituições públicas ou privadas, uma medida bastante utilizada é a medida da eficiência produtiva, a qual permite comparar o total de insumos utilizados *versus* o total produzido. Pois, de acordo com o comportamento esperado da firma, companhia, organizações públicas ou privadas, os resultados apontam que quanto maior a produtividade, maior o desempenho alcançado. Por exemplo, considere um sistema de produção que utilize n insumos para produzir m produtos, a produtividade usualmente é determinada pela seguinte expressão:

$$Eficiência \sim produtiva = \frac{soma \sim ponderada \sim dos \sim produtos}{soma \sim ponderada \sim dos \sim insumos} = \frac{\sum_{k=1}^m u_k y_k}{\sum_{i=1}^n v_i x_i} \quad (1)$$

De acordo com Cooper *et al.*(2004), u_k e v_i são os pesos, isto é, o grau de importância que a firma atribui a quantidade y_k do produto k e x_i do insumo i , respectivamente. Contudo, se a Equação (1) for padronizada num intervalo fechado entre $[0,1]$, pode ser considerada como uma medida de eficiência técnica, conforme trabalho de Farrell publicado em 1957. No entanto, na época havia certos problemas para o estabelecimento da padronização da Equação (1), porém, em 1978, foram resolvidos através do modelo DEA desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes.

Contudo, para analisar a produtividade municipal dos beneficiários dos royalties, optou-se pelo índice de Malmquist, através do auxílio do modelo DEA, já que se constitui em um método bastante difundido na literatura, especialmente em pesquisas voltadas para o setor público. Além do mais, o DEA foi desenvolvido para determinar a eficiência de unidades produtivas, onde não se aspira apenas o aspecto financeiro. Uma vantagem em relação aos métodos paramétricos que fazem análise com base em resíduos é a não necessidade de se conhecer a verdadeira forma funcional do problema em questão. Outra característica bastante atrativa na metodologia DEA é que não se precisam converter os insumos e produtos em unidades monetárias e sua atualização para valores presentes.

³ Em geral, os métodos de estimação podem ser divididos dois grupos: os paramétricos, isto é, enfoque econométrico, e os não-paramétricos, baseados em programação linear.

Outra diferença do DEA, em relação aos métodos paramétricos tradicionais que traçam uma reta de regressão a partir de amostras observáveis, é que o DEA opera de forma a aperfeiçoar cada observação individual com o objetivo de estimar uma fronteira eficiente, estabelecida pelas unidades produtoras eficientes no sentido de Pareto⁴.

Quanto ao índice de Malmquist, foi pioneiramente empregado em 1953 por Malmquist em um ambiente voltado para consumo. Posteriormente, em 1982 foi modelado num ambiente de produtividade por Caves, quando o mesmo expressou o índice em termos de funções distância.

Em Färe *et al.* (1994), apontou-se a relação entre a função distância demonstrada por Caves e o índice de eficiência técnica sugerido por Farrell, pela qual poderia ser calculado através da modelagem DEA. As subseções a seguir descrevem detalhadamente os aspectos metodológicos dos modelos DEA e o Índice de Malmquist.

4.1 Análises Envoltória de Dados (DEA)

Faz-se a seguir uma síntese do modelo DEA baseado nos trabalhos de Mello *et al.* (2005), Ferreira Filho *et al.* (2005), Gasparini e Ramos (2003), entre outros.

O modelo denominado Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma metodologia não paramétrica, a qual possibilita e fornece formas para apurar níveis de eficiência técnica de grupos de unidades de produção. A fronteira de eficiência é construída a partir da observação das melhores práticas executadas dentro das Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs).

Ou seja, o índice de eficiência técnica DEA é calculado através da comparação entre os níveis de insumos e produtos efetivados com os níveis de insumos e produtos ótimos observados entre as DMUs que compõem a análise. Isto é, denota a razão entre a produção efetuada e o máximo de produção possível referente a uma determinada quantidade de insumos (Eficiência Técnica Orientada a Outputs); ou a razão entre a quantidade utilizada de insumos *versus* o mínimo exigido para produzir uma quantidade fixa de produtos (Eficiência Técnica Orientada a Inputs).

Em virtude dos modelos DEA serem baseados em programação linear, o mesmo apresenta a seguinte forma estrutural: considere uma economia na qual há n bens, entre os

4 De acordo com Penha (1982), A “Lei da Eficiência de Pareto” é uma proposição devida ao engenheiro economista franco-italiano Vilfredo Frederico Damaso Pareto, publicada em 1897, e que passou a ser conhecido como o “ÓTIMO DE PARETO”. Sendo que o ótimo de Pareto ocorrerá, quando existe uma situação (A) onde ao se sair dela, para que “um ganhe”, pelo menos “um perde”, necessariamente.

quais k insumos são utilizados $x_k (k=1,2,\dots,k)$ para produzir m produtos $y_m (m=1,2,\dots,m)$. Sendo o conjunto de Possibilidades de Produção (CPP), representado pelo conjunto Z , isto é, Z representa todos os planos de produção tecnologicamente viáveis. Ao admitir que haja S observações sobre os planos de produção efetivamente realizados tem-se $(s=1,2,\dots,n)$.

Dessa forma, torna-se possível distinguir a tecnologia das firmas partindo do seu Conjunto de Requerimentos de Insumos $V(y)$, isto é, a combinação de insumos hábil de originar certa quantidade de produtos de modo tecnologicamente viável.

Existe varias formas de representar os modelos DEA multidimensionais, no entanto há dois modelos considerados clássicos: o CCR (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978) e o BCC (Banker, Charnes e Cooper, 1984), ambos os modelos estão representados graficamente na Figura 02.

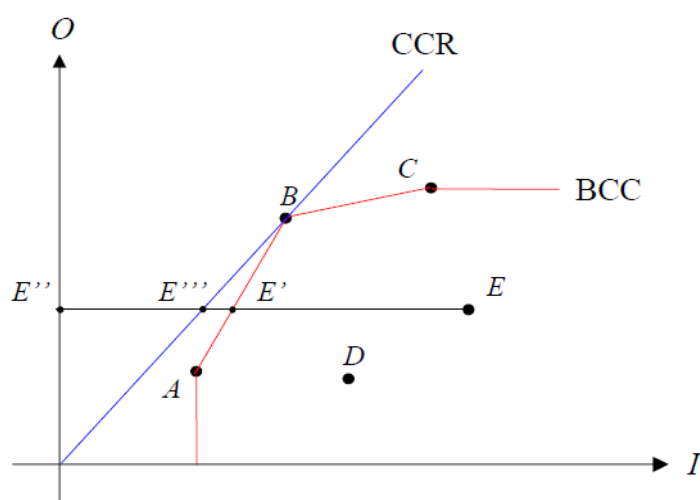


Figura 02 - Modelo CCR e BCC

Fonte: Elaboração do autor, a partir do tutorial DEA

4.1.1 Modelo CCR

O modelo CCR, também denominado CRS (Constant Returns to Scale), tendo sido empregado pioneiramente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), estabelece uma superfície linear por partes, não paramétrica, envolvendo os dados e considera os retornos constantes de escala. Isto é, o modelo CCR tem como uma das principais propriedades a proporcionalidade entre insumos e produtos na fronteira de eficiência, em outras palavras, um acréscimo (decrécimo) na quantidade dos insumos causa elevação (redução) proporcional no total da produção.

A seguir apresentam-se as versões do modelo CCR orientado respectivamente a inputs e outputs:

De acordo com Melo *et al.* (2005), o modelo CCR orientado a inputs origina a eficiência pela otimização da razão da soma ponderada dos outputs virtuais e a soma ponderada dos inputs virtuais, isto é, calcula a distância horizontal apontando o total de insumos que poderia ter produzido o mesmo total de produtos de determinada DMU que se encontra na fronteira. O modelo possibilita que cada uma das DMUs determine os pesos para cada variável de entrada ou de saída da forma que lhe for mais propícia, embora esses pesos aplicados às outras DMUs não originem uma razão superior a um.

Pode-se representar o modelo da seguinte forma:

$$MaxEff_0 = \left(\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jo}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{io}} \right) \quad (2)$$

Sujeito a

$$\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \leq 1, \forall k$$

$$v_i, u_j \geq 0, \forall i, j$$

Sendo:

Eff_0 a eficiência da DMU_0 em questão;

v_i e u_j são os pesos dos inputs $i, i=1, \dots, r$, e outputs $j, j=1, \dots, s$, respectivamente; x_{ik} e y_{jk} são os inputs i e outputs j da DMU $k, k=1, \dots, n$; x_{io} e y_{jo} são os inputs i e outputs j da DMU_0 .

O Sistema (2) representa um problema de programação fracionaria devendo ser solucionado para cada DMU e pode ser facilmente convertido em um problema de programação linear (PPL). No entanto, inclui-se uma restrição ao denominador da função objetivo, pois este tem que ser necessariamente uma constante, geralmente igual a um. No Sistema (3) é exposto o modelo CCR com tal estrutura, entretanto ressalta-se que neste caso as variáveis de decisão são os pesos v_i e u_j .

$$MaxEff_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} \quad (3)$$

Sujeito a

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k$$

$$v_i, u_j \geq 0, \forall i, j$$

Este modelo possibilita que uma DMU seja avaliada como eficiente com vários conjuntos de pesos, de forma específica alguns inputs ou outputs podem obter peso zero, isto é, os mesmos estão sendo descartados da análise de eficiência. Na modelagem DEA o número de PPL a solucionar é igual à quantidade de DMUs analisadas.

O modelo CCR orientado a inputs utiliza PPL denominado modelo dos multiplicadores orientado a inputs, isto é, a eficiência de qualquer DMU pode ser alcançada através da redução dos insumos conforme modelo dual apresentado a seguir:

$$\text{Min}(h_o) \tag{4}$$

Sujeito a

$$h_o x_{jo} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i$$

$$-y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j$$

$$\lambda_k \geq 0, \forall k$$

O modelo apresentado no Sistema (4) é denominado modelo do envelope e tem o mesmo valor para da função objetivo do Sistema (3), em virtude dos mesmos serem duais. Sendo que em (3), a função objetivo norteia a eficiência da DMU, de forma que seu valor deve ser multiplicado por todos os inputs com objetivo de reduzir os inputs utilizados em vistas a tornar a DMU eficiente. Entretanto, enquanto no Sistema (3) os pesos são as variáveis de decisão, no Sistema (4) os pesos são atribuídos a $(h_o, \lambda_k's)$.

De forma recíproca, o modelo CCR orientado a outputs maximiza os outputs e fixa os inputs, no entanto, neste modelo as variáveis de decisão são as mesmas do modelo anterior.

$$\text{Max}(h_o) \tag{5}$$

Sujeito a

$$x_{jo} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i$$

$$-h_o y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j$$

$$\lambda_k \geq 0, \forall k$$

Conforme se pode verificar no Sistema (5), h_o representa a eficiência ($h_o = 1/ Eff_o$) e λ_k é a contribuição da DMU_k na construção do alvo da DMU_o . A seguir nos Sistemas (6) e (7) estão representados respectivamente o modelo CCR orientado a outputs na forma fracionário e linearizado, isto é, modelos duais e em ambos ($h_o = 1/ Eff_o$).

$$Min(h_o) = \left(\frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{io}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{jo}} \right) \quad (6)$$

Sujeito a

$$\frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{jo}} \leq 1, \forall k$$

$$u_j, v_i \geq 0, \forall j, i$$

$$Min(h_o) = \sum_{i=1}^r v_i x_{io} \quad (7)$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jo} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jo} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k$$

$$u_j, v_i \geq 0, \forall j, i$$

4.1.2 Modelo BCC

O modelo BCC desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984), tem como uma das principais propriedades assumir retornos variáveis de escala, ou seja, incorpora no modelo o axioma da convexidade, ao invés do da proporcionalidade considerado no modelo CCR. A seguir mostra-se a modelagem matemática do modelo BCC que representa a solução do problema de programação linear, respectivamente direcionada a inputs e outputs.

$$F_0(x_x, y_x / V, D) = \theta_0^* = \min_{\theta, h} \theta_0 \quad (8)$$

Sujeito a

$$\theta_0 x_{0k} - \sum_{s=1}^n h_s x_{sk} \geq 0, \forall k$$

$$y_{0m} + \sum_{s=1}^n h_s y_{sm} \geq 0, \forall m$$

$$\sum_{s=1}^n h_s = 1$$

$$h_s \geq 0; \forall s$$

$$F_0(x_x, y_x / V, D) = \theta_0^* = \max_{\theta, h} \theta_0 \quad (9)$$

Sujeito a

$$x_{0k} - \sum_{s=1}^n h_s x_{sk} \geq 0, \forall k$$

$$-\theta_0 y_{0m} + \sum_{s=1}^n h_s y_{sm} \geq 0, \forall m$$

$$\sum_{s=1}^n h_s = 1$$

$$h_s \geq 0; \forall s$$

A solução do Sistema (8) sugere a magnitude da redução radial exigida para que uma determinada DMU em questão situe-se na fronteira tecnológica. O valor apurado θ^* situa-se entre zero e um, e a diferença encontrada entre $1 - \theta^*$ indica o percentual no qual os insumos estão sendo desperdiçados. Ou seja, seria possível produzir a mesma quantidade poupando $1 - \theta^*$ de insumos. Assim sendo, quanto mais próximo de um o valor θ^* apurado, tanto mais eficiente é a DMU.

A aplicação desse problema para cada uma das observações permite traçar integralmente a fronteira de eficiência, a partir da qual, se obtém os custos ótimos de produção necessários ao cálculo do índice de produtividade. Os duais dos problemas dos Sistemas (8) e (9) geram, respectivamente, os modelos BCC dos Multiplicadores orientados a inputs e a outputs, apresentados nos Sistemas (10) e (11). Como se podem verificar nestes

modelos as variáveis u_* e v_* são duais associadas à condição $\sum_{s=1}^n h_s = 1$ e são consideradas os fatores de escala.

$$Max(Eff_0) = \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} + u_* \quad (10)$$

Sujeito a

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{io} = 1$$

$$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j x_{jk} + u_* \leq 0, \forall k$$

$$v_i, u_j \geq 0, u_* \in \Re$$

$$Min(Eff_0) = \sum_{i=1}^r v_i y_{io} + v_* \quad (11)$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^s u_j x_{jo} = 1$$

$$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j x_{jk} - v_* \leq 0, \forall k$$

$$v_i, u_j \geq 0, u_* \in \Re$$

Entretanto, é importante ressaltar, que caso o modelo primal possua $(j+1)$ restrições e $(r+s)$ variáveis, o dual terá $(r+s)$ restrições e $(j+1)$ variáveis, embora se enfatize que para que o DEA seja estimado de forma consistente é recomendável que o número de DMUs (j) seja, no mínimo, o triplo do número de variáveis $(r+s)$, acarretando assim que o tempo computacional necessário para apuração dos modelos duais seja menor do que nos modelos primais (MELO JR, 2005).

Para construção da fronteira técnica de eficiência referente a essa tecnologia, assumem-se duas hipóteses essenciais: retornos variáveis de escala⁵(V) e de forte disponibilidade de insumos⁶(D). Ao assumir que a tecnologia apresenta retornos variáveis de escala significa que são admitidos retornos crescentes ou decrescentes de escala. No entanto,

⁵ Determinada tecnologia possui rendimentos variáveis de escala se $x \in V(y) \rightarrow \lambda x \in V(y), \lambda \geq 0$

⁶ Determinada tecnologia possui forte disponibilidades de insumos se $x \in V(y)$ e $x' \in V(y)$

em relação à forte disponibilidade de insumos, admite-se que sempre é possível produzir uma dada quantidade usando mais insumos, ou seja, é possível desperdiçar.

Pode-se representar matematicamente tal tecnologia que atenda tais premissas da seguinte forma:

$$V(y/V, D) = \left\{ x : x \geq h_s y_s, \sum_{s=1}^s h_s = 1 \right\}, s = 1, \dots, s \quad (12)$$

Sendo que, o vetor do Conjunto de Possibilidade de Produção (CPP), $h = (h_1, \dots, h_s) \in \mathcal{R}_+^s$ possui diversas variáveis de intensidade sujeita as quais atividades pertencentes ao CPP. Podendo ser constituídas partindo das observações e hipóteses estabelecidas, em outras palavras, é um vetor de pesos que permite a constituição de segmentos lineares que resolvem a fronteira tecnológica. Assim, tornando possível levantar variáveis não observadas, mas viáveis a partir das observadas. Isto é, são combinações convexas destas, de acordo com as propriedades atribuídas à tecnologia.

Matematicamente, a convexidade da fronteira equivale a uma restrição adicional ao Modelo do Envelope, que passa a ser indicado em orientação a inputs com valores entre zero e um, e para orientação a outputs em uma razão maior que um.

4.1.3 Retornos de Escala nos Modelos DEA

No Capítulo 3, precisamente na Figura 02 apresentaram-se os retornos de escala definidos através das propriedades analíticas dos modelos CCR e BCC e suas respectivas tecnologias apresentadas no gráfico de produção. Utilizou-se um procedimento bastante disseminado na literatura para apurar os retornos de escala, ou seja, o método do teste de Färe, Grosskopf e Lovell (FGL), que é uma regra de decisão que utiliza basicamente três versões do modelo DEA: CCR; BCC; e o modelo com tecnologia de retornos não crescentes de escala (NIRS), para identificar os rendimentos de escala.

Tabela 02 – Método FGL de Identificação dos Retornos de Escala

DESCRIÇÃO	CASO	DESIGUALDDE FGL	TIPO DE RETORNO
TESTE 1	TIPO 1	$\rightarrow \theta_{CCR}^* / \theta_{BCC}^* = 1$	CONSTANTE
	TIPO 2	$\rightarrow \theta_{CCR}^* / \theta_{BCC}^* < 1$	FAZER O TESTE 2
TESTE 2	TIPO 3	$\rightarrow \theta_{CCR}^* / \theta_{NIRS}^* = 1$	CRESCENTE
	TIPO 4	$\rightarrow \theta_{CCR}^* / \theta_{NIRS}^* < 1$	DECRESCENTE

Fonte: Banker et. al. (2004)

Pois, conforme apresentado na Tabela 02, mostra-se como funciona o método FGL de identificação do tipo de rendimentos de escala.

Assim, tem-se que quando a DMU apresenta retornos constantes de escala ela será eficiente de escala quando $\theta_{CCR}^* / \theta_{BCC}^* = 1$, sendo que se a mesma atribuir $\theta_{CCR}^* / \theta_{BCC}^* < 1$, então se deve aplicar o segundo teste, de modo que, caso $\rightarrow \theta_{CCR}^* / \theta_{NIRS}^* = 1$, então as ineficiências apuradas resultam das unidades produtivas apresentarem economias crescentes de escala; e caso apresentem $\rightarrow \theta_{CCR}^* / \theta_{NIRS}^* < 1$, então as ineficiências provêm dos retornos decrescentes de escala.

4.1.4 Benchmarks – Unidades de Referência

Após a verificação da eficiência das DMUs, a modelagem DEA possibilita também mensurar e identificar a ineficiência e estimar uma função de produção linear por partes, fornecendo as unidades que servem de benchmarks⁷ para as DMUs ineficientes (Cooper *et al.* 2004).

Segundo Paiva (2002), um aspecto interessante na estimação DEA é que nem toda unidade considerada eficiente são benchmark, pois, elas podem compor a fronteira de eficiência somente porque possuem os pontos extremos dela. Pode-se verificar se determinada DMU serve de benchmark através dos valores dos λ_{ij} , pois, quando ocorre um valor igual a $\lambda = 0$ expressa que a DMU correspondente não serve de benchmark para DMU ineficiente em questão. Portanto, quanto maior o valor de λ_j , maior é o nível de referência da mesma. Outro aspecto a considerar é quantidade de vezes que determinada DMU serve de benchmark, pois, quantas mais forem às vezes, maior será sua importância.

4.1.5 Tratamento de Outliers nos modelos DEA

Em razão dos modelos DEA serem eminentemente comparativos, a existência de erros na construção da base de dados e/ou a presença de Outliers⁸ e problemas na metodologia adotada podem acarretar viés na estimação da fronteira de eficiência, pois, a princípio no

⁷ Benchmarks são unidades de referência para as DMUS ineficientes.

⁸ São observações atípicas, isto é, seus valores diferem muito dos valores médios da amostra, ou seja, é uma observação, num conjunto de dados, que é suficientemente dissimilar ou aberrante do restante dos dados para levantar suspeita de ser causado por um mecanismo diferenciado.

modelo BCC esta característica nos dados tornam DMUs “Eficientes por Default”. Logo, a existência de outliers, que diferem significativamente do resto da amostra, pode influenciar todos os resultados. Desse modo, devem-se verificar quando estas disparidades têm origem nos erros da amostra ou quando elas têm origem na natureza dos dados ou no processo da geração dos mesmos.

Há uma enorme literatura dos procedimentos que podem ser adotados para contornar problemas desta natureza, entre os que se destacam estão os métodos baseados em agrupamento, em análises estatísticas, em distância, em desvios em torno da média, entretanto no presente estudo como amostra é inferior a 100 DMUs, optou-se por utilizar o método de identificação denominado Teste de Grubbs⁹, no qual decorre da seguinte forma:

- Calcula-se o desvio de cada ponto em relação à média, isto é, $d_i = (x_i - \bar{X})$
- Calcular o desvio-padrão σ_x
- Calcular $G = d_i / \sigma_x$, que pode ser rescrito da seguinte forma:

$$G = (x_i - \bar{X}) / \sigma_x$$

Sendo que, um valor é considerado como outliers quando G calculado é maior do que o valor crítico correspondente na tabela.

4.2 Índices de Malmquist

O índice de Malmquist foi instituído pioneiramente por Malmquist em 1953, com o propósito de construir um indicador de quantidade para analisar um ambiente de consumo. Entretanto, em 1982 foi introduzido em um contexto de produtividade por Caves, sendo expresso em termos de funções distância. Atualmente vem sendo cada vez mais difundido nesse contexto, aonde múltiplos produtos são transformados em escores de eficiência, especialmente em organizações do setor público (TATJÉ *et al.* 1993).

De acordo com Thirtle *et al.* (1996), o índice de Malmquist possui diversas particularidades atraentes, em especial, a não obrigação de maximização/minimização de receitas/custos, o que o torna bastante pragmático, visto que, os produtores podem ter objetivos distintos, ou até mesmo, quando estes são desconhecidos. Outro aspecto interessante é quando o problema trata com valores monetários, pois, a obrigação de métodos que obrigam o descobrimento de uma função custo/receita, entre outras, poderia distorcer os resultados.

⁹ Ver mais detalhes em Figueira (1998).

Estas características tornam o índice bastante atraente para estudos desenvolvidos nos países em desenvolvimento, já que a base de dados nessas economias é bastante distorcida quando em função dos preços, e algumas vezes inexistentes.

Outra virtude do índice é a possibilidade da desagregação das modificações de produtividade, pois, o mesmo permite conhecer a causa da mudança, isto é, verificar se a alteração no índice deve-se ao fato da melhoria/retrocesso na eficiência e/ou mudança tecnológica, permitindo, dessa forma, conhecer a natureza da mudança de produtividade.

Há essencialmente dois tipos de indicadores de produtividade: o primeiro é o fator parcial de produtividade (*FPP*) 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. O segundo tipo de indicador é denominado de fator total de produtividade (*FTP*), que é um índice que indica o quanto de produto é possível produzir a partir dos diversos insumos utilizados.

Todavia, na busca do entendimento do significado de produtividade, considere uma firma, economia, etc., que produz um único bem a partir do dispêndio de um único insumo em dois períodos distintos t e $t+1$. De modo que, se representa (x^t, y^t) no primeiro período e (x^{t+1}, y^{t+1}) no período seguinte. Logo, pode-se verificar que o *FTP* será dado por:

$$FTP = \frac{y^{t+1} / x^{t+1}}{y^t / x^t} \quad (13)$$

A *FTP* expressada na Equação (13) mensura a razão das produtividades, isto é, a produtividade do período $t+1$ comparada com a do período t , entretanto, esta simplificação seja o caso menos provável, pois, geralmente os problemas desta natureza há mais de um insumo e mais de um produto, tornando o índice um pouco mais complexo na sua construção e compreensão.

Objetivando generalizar os métodos de cálculos para vários insumos e vários produtos, que é o caso mais comum, utilizam-se as funções de distância, assim agregando insumos e produtos. Uma grande vantagem do uso de funções de distância é que as mesmas são mutuamente recíprocas às medidas de eficiência técnica, isto é:

$$D_p(DMU_o) = \frac{1}{Efic_p(DMU_o)} \quad (14)$$

Sendo que $D_p(DMU_o)$ é a distância orientada a produção da o -ésima DMU para a fronteira de produção e $Efic_p(DMU_o)$ refere-se ao índice de eficiência orientada a produção considerando retornos constantes de escala da o -ésima DMU.

Assim pode-se reescrever a produtividade *FTP* da Equação (13) em termos da função distância da seguinte forma:

$$FTP = \frac{D_p^t(y^{t+1} / x^{t+1})}{D_p^t(y^t / x^t)} \quad (15)$$

Pelo qual $D_p^t(!)$ corresponde à função distância relativa à tecnologia referente ao período t , isto é, tomando como base a tecnologia empregada no período t , ou seja, qual a distância da DMU analisada para fronteira de eficiência produtiva levando-se em conta o consumo de insumos e o nível de produção no período t e considerando também as quantidades dos mesmos insumos e produtos no período $t+1$. Desta forma obtém o *FTP* relativo ao período t .

O índice de produtividade *FTP* acima expressado, é conhecido como Índice de Malmquist orientado a produção, entretanto, enfatiza-se que a tecnologia utilizada como base foi a do período t , ou seja:

$$M_p^t(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D_p^t(y^{t+1} / x^{t+1})}{D_p^t(y^t / x^t)} \quad (16)$$

Como se pode verificar o índice acima compara dados de uma única DMU colhidos em períodos distintos, t e $t+1$, embora pondere a mesma tecnologia, isto é, o índice acima toma como base a tecnologia do período t . Para uma melhor compreensão, suponha que tenha se observado no período t a produtividade obtida fosse $(x^t, y^t) = 2, 2$ e no subsequente $t+1$ a produtividade se alterou para $(x^{t+1}, y^{t+1}) = 3, 6$. Sendo que, as duas funções distâncias podem ser obtidas respectivamente da seguinte forma:

$$D_p^t(2, 2) = [Efic(DMU_o)]^{-1} = \max \theta + \varepsilon(s + e) \quad (17)$$

Sujeito a

$$\theta - 1\lambda + s = 0$$

$$1\lambda + e = 1$$

$$\lambda, s, e \geq 0, \theta \rightarrow livre$$

$$D_p^{t+1}(3, 6) = [Efic(DMU_o)]^{-1} = \max \theta + \varepsilon(s + e) \quad (18)$$

Sujeito a

$$\theta - 1\lambda + s = 0$$

$$1\lambda + e = 1$$

$$\lambda, s, e \geq 0, \theta \rightarrow livre$$

Logo, o índice de produtividade e apurado conforme generalização descrita em (16), dar-se da seguinte forma:

$$M_p^t(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = M_p^t(2, 2, 3, 6) = \frac{6/3}{2/2} = 2$$

Lembrando que, a expressão acima calculou a produtividade referente à fronteira de eficiência observadas nas melhores práticas entre as DMUs da amostra considerando como base a tecnologia no período t , entretanto pode-se apurar de forma análoga o índice referente a tecnologia do período $t + 1$

$$M_p^{t+1}(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D_p^{t+1}(y^{t+1} / x^{t+1})}{D_p^{t+1}(y^t / x^t)} \quad (19)$$

No entanto, de acordo com (FISHER, 1922 *apud* FÄRE, GROSSKOPF, 2000), podem-se utilizar os dois métodos, isto é, t e $t + 1$ do índice de Malmquist para criar um novo índice mais consistente. De modo que, o novo índice é uma média geométrica de duas razões de funções de distância, que utilizam como base, tecnologias em diferentes momentos do tempo, que são o maior e o menor salto do verdadeiro índice. Utilizando esta média geométrica para estes saltos pode-se obter uma aproximação mais fiel ao verdadeiro índice.

Assim, parte-se do mesmo princípio obtendo-se a média geométrica de t e $t + 1$ dos índices Malmquist para estabelecer o Índice de Produtividade de Malmquist Orientado a Produção (IPMP) da seguinte forma:

$$M_p^{t+1}(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \left(\frac{D_p^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_p^t(x^t, y^t)} * \frac{D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_p^{t+1}(x^t, y^t)} \right)^{1/2} \quad (20)$$

O Índice de Malmquist ilustrado na Figura 03 pode ser representado da seguinte forma:

$$M_p(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{\sqrt{0c/0d, 0c/0a}}{\sqrt{0f/0e, 0f/0b}} \quad (21)$$

De forma equivalente tem-se:

$$M_p(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{0c/0a\sqrt{0c/0d}}{0f/0e\sqrt{0f/0e}} \quad (22)$$

A seguir apresenta-se uma ilustração gráfica do índice de Malmquist, no qual se visualiza duas distintas fronteiras de melhor pratica, uma considera como base a tecnologia em t e a outra em $t + 1$, ou seja, respectivamente (x^t, y^t) e (x^{t+1}, y^{t+1}) .

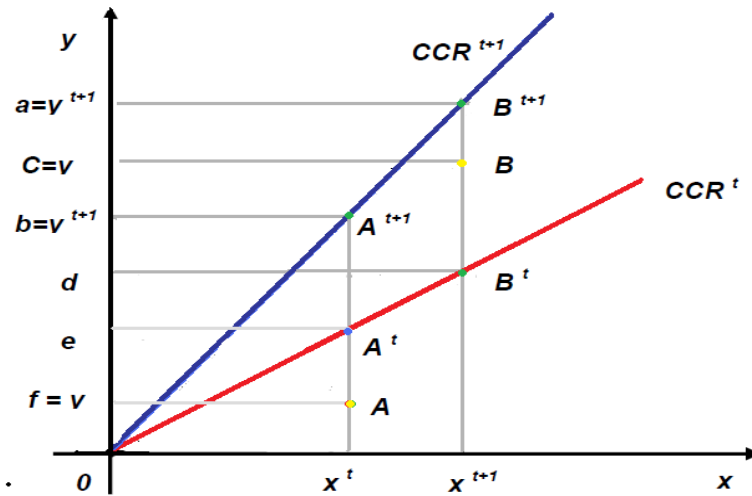


Figura 03 – Índice de Produtividade de Malmquist Orientado ao Produto

Fonte: Elaboração do autor a partir do Tutorial Malmquist

No entanto, as razões fora do radical na Equação (16) mensura a modificação de eficiência entre os períodos t e $t+1$. Onde $(0c/0a)$ é a eficiência técnica de (x^{t+1}, y^{t+1}) referente ao tempo $t+1$ e $(0f/0e)$ é a eficiência técnica de (x^t, y^t) referente ao tempo t . Este termo é denominado de componente da mudança de eficiência de produtividade, geralmente definido da seguinte forma:

$$EFFCH = \frac{D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_p^t(x^t, y^t)} \quad (23)$$

Por outro lado, a razão da radiciação do segundo termo na Equação (11) apura os deslocamentos na fronteira das melhores praticas entre t e $t+1$: onde $(0a/0d)$ mensura o deslocamento vertical de (x^{t+1}) e $(0b/0e)$ apura o deslocamento vertical em (x^t) . Portanto, a média geométrica destes dois movimentos é denominada de mudança da tecnologia, no qual, geralmente é expressada da seguinte forma:

$$TECH = \sqrt{\frac{D_p^t(x^{t+1}, y^{t+1})D_p^t(x^t, y^t)}{D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})D_p^{t+1}(x^t, y^t)}} \quad (24)$$

O produto de $EFFCH$ e $TECH$ é igual para $M_p(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1})$. Contudo, avanços na produtividade o tempo todo é demonstrado para valores de M_p maiores que um, por outro lado, declínios na produtividade ocorrem quando estes valores são inferiores a um. A mesma analogia aplica-se para os componentes da mudança de produtividade, $EFFCH$ e $TECH$.

Observa-se que um avanço na produtividade pode ser acompanhado pela degradação em um dos componentes medidos, e vice-versa.

A seguir demonstra-se como ocorre o processo de cálculo das funções distância, entretanto, esta versão do índice está orientado a outputs (produção) e supostamente admitisse retornos constantes de escala. Assim sendo, considere os períodos t e $t+1$, logo,

$$[D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})]^{-1} = \max \theta + e \left(\sum_{k=1}^m s_k + \sum_{i=1}^n e_i \right) \quad (25)$$

Sujeita a

$$\theta y_{ok}^t - \sum_{j=1}^j \lambda_j y_{jk}^t + s_k = 0, \rightarrow (k=1, 2, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1}^j \lambda_j y_{jk}^t + e_i = x_{oi}^t, \rightarrow (i=1, 2, \dots, m)$$

$$\lambda_j, s_k, e_i \geq 0, \forall (j, k, i); \theta \rightarrow livre$$

$$[D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})]^{-1} = \max \theta + e \left(\sum_{k=1}^m s_k + \sum_{i=1}^n e_i \right) \quad (26)$$

Sujeita a

$$\theta y_{ok}^t - \sum_{j=1}^j \lambda_j y_{jk}^{t+1} + s_k = 0, \rightarrow (k=1, 2, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1}^j \lambda_j y_{jk}^t + e_i = x_{oi}^{t+1}, \rightarrow (i=1, 2, \dots, m)$$

$$\lambda_j, s_k, e_i \geq 0, \forall (j, k, i); \theta \rightarrow livre$$

$$[D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})]^{-1} = \max \theta + e \left(\sum_{k=1}^m s_k + \sum_{i=1}^n e_i \right) \quad (27)$$

Sujeita a

$$\theta y_{ok}^t - \sum_{j=1}^j \lambda_j y_{jk}^{t+1} + s_k = 0, \rightarrow (k=1, 2, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1}^j \lambda_j y_{jk}^{t+1} + e_i = x_{oi}^t, \rightarrow (i=1, 2, \dots, m)$$

$$\lambda_j, s_k, e_i \geq 0, \forall (j, k, i); \theta \rightarrow livre$$

5 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este estudo utilizou a abordagem não paramétrica baseada na análise envoltória de dados (DEA), associada ao índice de Malmquist para analisar a produtividade total de fatores, mudanças tecnológicas e de eficiência técnica na alocação de recursos públicos. Portanto, neste Capítulo descreve-se a aplicação do Índice de Malmquist, através do auxílio da ferramenta DEA, com a finalidade de mensurar a produtividade dos municípios Norte Rio-grandenses no período de 2000 a 20007. Optou-se pelo Estado do Rio Grande do Norte, em razão do mesmo, ser o principal beneficiário dos royalties do petróleo da Região Nordeste, e o terceiro maior país. Além do mais, 96 municípios Norte Rio-Grandenses em 2010 foram beneficiados pelos recursos dos royalties do petróleo.

De acordo com Paiva (2002), para que haja uma correta aplicação dos modelos DEA torna-se necessário o cumprimento de quatro etapas cruciais:

- Seleção e definição das DMUs da amostra;
- Seleção e manipulação das variáveis (inputs e outputs);
- Definição e aplicação dos modelos;
- Interpretação dos índices obtidos.

5.1 Definição e Seleção das DMUs

Segundo Meza *et al.* (1998), para operacionalizar a metodologia DEA deve-se primeiro definir e selecionar as DMUs, pois o conjunto de DMUs adotado deve ter o mesmo sistema de entradas e saídas, variando apenas em intensidade, deve também ser homogêneo, isto é, realizar as mesmas atividades na busca dos mesmos objetivos, além do mais, trabalharem nas mesmas condições de mercado e ter autonomia na tomada de decisões. Deste modo, é plausível a princípio considerar que todos os municípios potiguares beneficiados pelos recursos dos royalties no período analisado poderão compor a amostra.

5.2 Definição e Seleção das Variáveis

Para apurar a eficiência relativa das DMUs através do DEA devem-se analisar os fatores de produção que evidenciam as relações destas unidades, e então, a partir de uma lista

de possíveis variáveis comuns entre as DMUs que compõem o estudo proceder a uma criteriosa seleção de variáveis, a fim de não incluir variáveis irrelevantes na análise, que acarretaria um baixo grau de discriminação das DMUs pelo DEA, isto é, baixo poder de diferenciar as unidades eficientes das ineficientes. Contudo as variáveis escolhidas devem distinguir o desempenho da DMU conforme os objetivos em questão (ATHAYDE *et al.* 2003).

Segundo Meza *et al.* (1998), a escolha das variáveis de entrada e saída deve ser feita a partir de uma lista de possíveis variáveis atreladas ao modelo, permitindo obter maior conhecimento sobre as unidades a serem avaliadas, ou seja, explicando melhor suas diferenças. A literatura aponta diversas metodologias para escolha das variáveis na composição do modelo DEA, entre as principais destacam-se as: por sensibilidade do pesquisador; métodos estatísticos; análise de componentes principais; seleção por multicritérios, etc.

No entanto, deve-se achar um ponto de equilíbrio na quantidade das variáveis e DMUs, com a finalidade de aumentar o poder discriminatório do modelo DEA, pois um grande número de DMUs na fronteira de eficiência diminui o poder do modelo em diferenciar unidades eficientes das não eficientes. (MELO *et al.* 2002).

Entretanto, buscou-se definir as variáveis de acordo com os serviços de responsabilidade municipal. Assim sendo, para apurar a eficiência¹⁰ e produtividade¹¹ dos municípios Norte Rio-Grandenses identificaram-se os serviços essenciais e os custos incorridos para a realização destes. Em razão do grande número de serviços municipais que podem ser prestados tornou-se vital verificar quais são de responsabilidade municipal, embora, sabe-se que as ações municipais não se restringem somente a esses aspectos.

A prestação de serviços públicos municipais à população envolve atividades nas áreas de educação, saúde, habitação, saneamento básico, transporte coletivo municipal, iluminação pública, limpeza pública, entre outros. Porém, conforme citado anteriormente o modelo lógico indicado elencou como insumos: GPE, GPS, GPU, RCP, RPR.

Quanto aos outputs utilizados, o modelo lógico é composto pelos índices IFDM da Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (FIRJAN), em virtude dos mesmos não serem censitários¹².

10 Eficiência é um conceito relativo. Compara o que foi produzido, dado os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos.

11 A produtividade de um sistema de produção (uma empresa, um setor da economia, setor público) é definida como sendo a relação entre quantidade produzida e o total dos insumos utilizados para tal, num certo intervalo de tempo (Moreira, 1991).

12 Sua apuração é feita anualmente, diferentemente do IDH que é de forma censitária, isto é, de 10 em 10 anos.

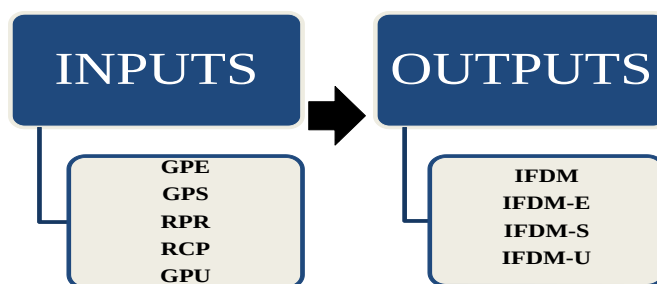


Figura 04 – Modelo Lógico

Fonte: Elaboração própria

De acordo com FIRJAN o IFDM busca retratar os principais aspectos da qualidade de vida dos municípios brasileiros como: o acesso e a qualidade da educação, saúde, atenção básica de saúde e a geração emprego e renda. A seguir apresenta-se um breve resumo da metodologia utilizada na apuração dos indicadores IFDM pelo FIRJAN, com a finalidade de embasar a opção por tais indicadores, além do mais, não se utilizou o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) pela falta de disponibilidade dos dados referentes ao período proposto.

5.2.1 IFDM Educação

De acordo com o instituto FIRJAN o IFDM Educação é construído com o objetivo de captar tanto a oferta como também a qualidade da educação praticada pelos municípios em escolas públicas e privada, conforme as competências constitucionais de todo município. Para tal finalidade, o FIRJAN definiu um conjunto de fatores para compor o IFDM Educação.

Tabela 03 – IFDM Educação

ÁREA	IFDM EDUCAÇÃO					
	INFANTIL	ENSINO FUNDAMENTAL				
ÍNDICE	ATENDIMENTO	DISTORÇÃO IDADE/SÉRIE	% DOCENTE NIVEL SUPERIOR	MÉDIA DE HORAS AULAS	% ABANDONO	MÉDIA IDEB
PESOS	20%	10%	15%	15%	15%	25%

Fonte: FIRJAN

Observa-se na Tabela 03, que o índice é composto seis importantes variáveis, e há certo equilíbrio quanto à importância atribuída a cada uma delas para formação do indicador.

5.2.2 IFDM Saúde

Segundo o FIRJAM construir um indicador de saúde através dos dados disponíveis é um grande desafio, em razão da falta de sintonia entre as pesquisas existentes. Para atenuar estas dificuldades, o IFDM optou por utilizar bancos de dados que fossem relevantes e confiáveis. Desta forma, foram priorizados os bancos de dados do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM) e sobre Nascidos Vivos (SINASC).

Tabela 04 – IFDM Saúde

ÁREA	IFDM SAÚDE/ATENÇÃO BÁSICA		
INDICADORES	% + 6 CONSULTAS PRÉ-NATAL VIVO	OBTOS DE CAUSAS MAL DEFINIDAS	% DE OBTOS DE MENORES DE CINCO
PESOS	33.3%	33.3%	33.3%

Fonte: FIRJAN

NA Tabela 04 verifica-se que o indicador IFDM – Saúde é composto por três variáveis e os seus devidos pesos na formação do índice são atribuídos de forma equivalente.

5.2.3 IFDM Emprego e Renda

Este indicador é composto por um conjunto de dados que compõem as variáveis: emprego e renda.

Tabela05 – IFDM Emprego e Renda

IFDM EMPREGO E RENDA							
ÁREA	EMPREGO FORMAL						
ÍNDICE	GER. EMPR	ORD. GER. NEG.	MED. TRI GER EMP	ORD. DAS MÉD NEG	SALDO AB t	SALDO AB t-1	SALDO AB t-2
PESOS	7.5%	2.5%	7.5%	2.5%	15%	10%	5%
ÁREA	SALÁRIO MÉDIO MENSAL						
ÍNDICE	CRESC. REAL	ORD. CRESC. REAL	CRESC. REAL/MÉDIA TRIENAL	ORDENAÇÃO DO CRESCIMENTO REAL NEGATIVO		VALOR CORRENTE DO SALÁRIO t	
PESO	5%	2.5%	5%	2.5%		35%	

Fonte: FIRJAN

De acordo com o Firjan o indicador engloba as principais características do mercado formal de trabalho cujos dados são disponibilizados pelo Ministério do Trabalho. O IFDM Emprego e Renda é constituído da seguinte forma: emprego formal (postos de trabalho gerados no ano) e renda (salário médio mensal).

5.2.4 IFDM

O IFDM é composto pelos indicadores de educação, saúde, emprego e renda destacados anteriormente. Sendo sua metodologia de fácil compreensão e simples, com um score variando entre zero e um, sendo que quanto mais próximo de um, maior o nível de desenvolvimento do município. A Tabela 06 apresenta uma síntese dos componentes do índice FIRJAN.

Tabela 06 – IFDM

EMPREGO E RENDA	EDUCAÇÃO	SAÚDE
Variáveis • Geração de emprego formal, • Estoque de emprego formal, • Salários médios do emprego formal.	Variáveis • Taxa de matrícula na educação infantil, • Taxa de abandono, Taxa de distorção da idade série, • Percentual de docentes com ensino superior, • Média de horas aula Diárias, • Resultado do IDER	Variáveis • Número de consultas pré-natal, • Óbitos por causas mal definidas, • Óbitos infantis por causas evitáveis,
33,33%	33,33%	33,33%

Fonte: FIRJAN

Observe que há um equilíbrio dos pesos atribuídos as três componentes que formam o índice IFDM.

5.3 A Identificação do modelo

De acordo com Brunetta (2004), a definição de qual modelo utilizar deve-se principalmente a três fatores: a sensibilidade do pesquisador, a base de dados disponível e o problema em questão, pois o modelo deverá ser capaz de manifestar a realidade dos dados em termos de insumos e produtos. No entanto, antes de optar por um modelo é necessário verificar qual tecnologia é utilizada pela DMU, isto é, como a DMU transforma os seus insumos em produtos. Para definir os modelos que representam melhor a tecnologia de

produção, várias considerações devem ser adotadas no estudo, como a hipótese de rendimentos de escala e orientação do modelo.

5.4 Interpretações dos índices obtidos

Segundo Paiva (2002), para uma correta interpretação dos resultados obtidos deve-se considerar alguns fatores, pois nem todas as DMUs que fazem parte da fronteira de eficiência podem ser consideradas como referência, ou seja, benchmarks, em virtude das mesmas comporem a fronteira estimada basicamente porque são os pontos extremos dela.

Conforme Athayde *et al.* (2003), quanto menor o número de variáveis consideradas na análise, menos unidades eficientes serão encontradas, aumentando o grau discriminatório do modelo. Podem-se fazer análises com o grupo de unidades de referência, o que permite medir quantas vezes uma DMU eficiente é referência para as ineficientes. Há também várias outras análises que podem ser realizadas como comparação do ranking de desempenho das DMUs obtido pelo DEA, o que nos permite fazer, estudos de correlação e cálculo dos desvios dos escores de eficiência, entre tantos outros tipos de análise.

6 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Os procedimentos adotados para a identificação das DMUs, definição das variáveis, escolha do modelo e descrição dos dados apresentam-se neste capítulo.

6.1. Identificação das DMUs

No ano 2000, noventa municípios potiguares eram beneficiados pelos recursos dos royalties e receberam um total de R\$ 40.193.164,99; já em 2007 esse número aumentou para 94 municípios e com um total recebido de R\$ 123.912.646,08 (uma elevação de 324%), sendo que, a priori no máximo noventa municípios poderiam participar do estudo, porém três foram descartados por falta de dados¹³, assim sendo, 87 municípios compõem a amostra.

Quanto à detecção de outliers aplicou-se o Teste de Grubbs para um $N=87$, ou seja, um total de 87 municípios e comparou-se o G calculado com o G_{crit} tabelado¹⁴. Verificou-se que nos municípios de Alto do Rodrigues, Felipe Guerra e João Dias havia uma única variável distinta que assinalava como outliers, entretanto, como o valor se aproximava consideravelmente da margem de erro e tais inputs e outputs somente seriam utilizados no primeiro modelo, isto é, no modelo lógico, optou-se por não retirar as DMUs da amostra. Portanto a análise foi composta de 87 DMUs.

6.2 As variáveis

Para medir a eficiência e produtividade dos municípios, assim como em qualquer processo, a determinação de quais insumos e produtos a usar em um estudo de eficiência é fundamental, já que definem a base na qual a eficiência das unidades será avaliada. Os insumos são os recursos básicos ou fatores de produção considerados essenciais no processo produtivo.

Devem-se incluir no modelo apenas os insumos e produtos mais relevantes para a função das DMUs em análise, ou seja, as variáveis do modelo devem ser representativas, devendo ser selecionadas as que melhor representam o problema em questão. Esta fase é considerada a mais importante da metodologia, pois a escolha de variáveis inapropriadas pode

¹³ Os municípios excluídos por falta de dados foram: Paraú, Tibau, Porto Alegre.

¹⁴ * Valor tabelado $G= 3.338$, ao nível de significância de 99%.

gerar viés nos resultados, isto é, os mesmos não condizem com a realidade das DMUs estudadas.

Neste trabalho, foram adotados vários critérios para a seleção das variáveis, como disponibilidade dos dados, análise de correlação e critérios qualitativos, como a real representatividade de cada variável, entretanto, optou-se em utilizar duas formações de variáveis. Sendo que, a primeira estimação fez-se uso do modelo lógico, apresentado a seguir:

- Insumos: Gastos Per capita em Educação (GPE); Saúde (GPS), Urbanismo e Infraestrutura (GPU); Royalties Per capita Recebidos (RP); e Receitas Correntes Per capita (RCP).
- Outputs: os índices IFDM geral; IFDM Educação; IFDM Saúde; e IFDM Emprego e Renda.

Contudo, o segundo grupo de variáveis para compor o outro modelo foi definido de acordo com a importância de cada variável em relação à eficiência conforme o objetivo da pesquisa, somados a análise de correlação entre inputs e outputs pertencentes ao modelo lógico. A seguir na Tabela 07 sintetizam-se tais procedimentos.

Tabela 07 – Grau de Importância das Variáveis

INPUTS	GRAU	OUTPUTS	GRAU
RP	1	IFDM	1
GPE	2	IFDE	2
GPS	2	IFDS	2
RCP	3	IFDU	2
GPU	3		

Fonte: Elaboração própria

Em seguida, com a finalidade de incorporar ao segundo modelo apenas as variáveis mais relevantes fez-se a análise da matriz de correlação entre os inputs e outputs, com o objetivo de avaliar o grau de redundância existente entre elas. Isto é, quando se observa alta correlação em um par de inputs ou um par de outputs, a literatura recomenda excluir uma delas, a menos relevante claro, pois a mesma pode acarretar colinearidade.

A matriz de correlações é apresentada na Tabela 08 a seguir. Sendo que, conforme as correlações apresentadas foram desconsideradas as seguintes variáveis: GPU, pois apresenta um alto grau de correlação GPE e GPS, como também a variável RCP que está fortemente relacionada com GPE, GPS, GPU respectivamente.

Tabela 08 - Matriz de Correlação das Variáveis do Modelo Lógico

	INPUTS					OUTPUTS			
	GPE	GPU	GPS	RP	RCP	IFDE	IFDER	IFDS	IFDM
GPE	1,00								
GPU	0,54	1,00							
GPS	0,80	0,51	1,00						
RP	0,25	0,55	0,20	1,00					
RCP	0,89	0,66	0,88	0,34	1,00				
IFDE	-0,25	-0,06	-0,20	-0,03	-0,22	1,00			
IFDER	0,11	0,15	0,18	0,25	0,17	0,01	1,00		
IFDS	0,54	0,31	0,56	0,08	0,61	-0,20	0,20	1,00	
IFDM	0,50	0,30	0,55	0,17	0,59	-0,04	0,66	0,81	1,00

Fonte: Elaboração Própria

Por outro lado, quanto aos outputs definiu-se como único output do segundo modelo o IFDM, já que representa os demais índices descartados, visto que estão apenas decompostos nas suas respectivas áreas, fato este enfatizado na matriz de correlação. Um importante aspecto é evidenciado na matriz de correlação, pois os resultados sugerem uma relação negativa entre GPE e IFDE, que é o índice que mensura a qualidade da educação. Todavia, a segunda estimação esta composta das seguintes variáveis:

- Insumos: Gastos Per capita em Educação, Saúde e Royalties Per capita Recebidos.
- Outputs: o índice IFDM.

6.3 O modelo

Após a seleção das variáveis a serem utilizadas no modelo, a próxima etapa é definir o modelo DEA que representa melhor a tecnologia de produção do setor. Para a aplicação do modelo, a escolha irá depender dos dados disponíveis e da sensibilidade do pesquisador, o qual deverá ser capaz de escolher o modelo que melhor traduza a realidade dos dados em termos de insumos e produtos.

O modelo DEA adotado nesta pesquisa para apurar a produtividade através do índice de Malmquist dos municípios potiguares beneficiados pelos royalties do petróleo foi o modelo BCC orientado ao produto, pois, certamente há diferenças de conjuntura entre os municípios brasileiros, mesmo se tratando de municípios de um mesmo Estado, o que parece bastante sensato supor que estes apresentem retornos variáveis de escala.

Outro argumento primordial é que o modelo CCR tem como uma das principais propriedades a proporcionalidade entre insumos e produtos na fronteira de eficiência, isto é,

um acréscimo (decréscimo) na quantidade dos insumos causa elevação (redução) proporcional no total da produção, o que parece não ser o caso quando se avalia problemas desta natureza.

No que diz respeito à orientação a outputs, como os valores dos insumos são atribuídos através: dos orçamentos municipais, dos repasses das esferas estaduais e federais e o valor dos royalties é apurado conforme a produção, ou seja, podem-se considerar os valores dos insumos como dado (exógenos), logo se embasa tal escolha.

Entretanto, de acordo com Tone (2004, p.224), a escolha entre os modelos CCR e BCC deve-se considerar alguns aspectos:

- Quando a base de dados apresenta valores normalizados, tais como: fluxos, valores per capita, por hora, etc., recomenda-se aplicar o CCR.
- Quando a base de dados apresenta diferenças substanciais e os valores estão em nível recomenda-se utilizar o BCC.

Entretanto, a base de dados para execução deste estudo não atende integralmente a nenhum dos aspectos acima mencionados, além do que, há uma série de trabalhos que avaliam a gestão dos gastos públicos através do modelo DEA, e em sua grande maioria emprega-se o modelo BCC. Para calcular o Índice de Malmquist através do modelo BCC, no caso de 87 DMUs e dois períodos de tempo, resolveu-se $n(4t - 2)$, isto é, 522 PPL, sendo utilizados os softwares EMS versão 1.3 e DEAP versão 1.2.

6.4 Descrições dos Dados

Serão utilizados dados fiscais e indicadores socioeconômicos municipais para atingir os objetivos propostos neste estudo. A coleta é realizada por meios eletrônicos, sendo utilizadas as bases de dados da ANP, Instituto Brasileiro Geográfico Espacial (IBGE), Finanças Brasil (FINBRA) e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

Todavia, no modelo lógico previamente adotado foi indicado como insumos: Gastos Per Capita em Educação (GPE), Saúde (GPS), Urbanismo (GPU), Receitas Correntes Per Capita (RCP) e os royalties per capita (RP). Sendo os mesmos, de periodicidade anual referente aos anos de 2000 e 2007. Por outro lado, no que se refere aos indicadores de produto (Outputs) optou-se utilizar o Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) obtido no site do IPEA-DATA.

7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são analisados, respectivamente, os resultados referentes à eficiência técnica, retornos de escala, benchmarks e em seguida, são apresentados os resultados do índice de produtividade de Malmquist total e na sua forma decomposta.

De acordo com os resultados expressados na Tabela 09 abaixo, 29 municípios potiguares operavam de forma eficiente no ano 2000, ou seja, um terço do total analisado. Sendo que, o escore médio de eficiência observado ficou em 0,93.

Tabela 09 – Eficiência Técnica e Retornos de Escala 2000 - Modelo Lógico

MUNICÍPIO	CCR	BCC	SCALE	RET	MUNICÍPIO	CCR	BCC	SCALE	RET	MUNICÍPIO	CCR	BCC	SCALE	RET
Acari	0,80	1,00	0,80	drs	Grossos	0,51	0,86	0,60	drs	Pendências	0,53	0,95	0,56	drs
Açu	0,88	0,89	0,99	drs	Guamaré	0,58	1,00	0,58	drs	Pilões	0,39	0,87	0,45	drs
Afonso Bezerra	0,55	0,81	0,68	drs	Ipanguaçu	1,00	1,00	1,00	crs	Porto do Mangue	0,19	0,89	0,21	drs
Água Nova	0,60	0,87	0,69	drs	Ipueira	0,34	0,94	0,37	drs	Rafael Fernandes	0,84	0,98	0,86	drs
Alexandria	1,00	1,00	1,00	crs	Itajá	0,55	0,89	0,62	drs	Rafael Godeiro	0,32	0,94	0,34	drs
Almino Afonso	0,49	0,86	0,56	drs	Itaú	0,60	0,92	0,66	drs	Riacho da Cruz	0,55	0,93	0,59	drs
Alto do Rodrigues	0,45	1,00	0,45	drs	Jandaíra	0,60	0,87	0,68	drs	Riacho de Santana	0,56	1,00	0,56	drs
Antônio Martins	0,41	0,79	0,52	drs	Janduís	0,71	0,92	0,77	drs	Rodolfo Fernandes	1,00	1,00	1,00	crs
Apodi	0,94	0,94	1,00	drs	Jardim de Piranhas	0,95	1,00	0,95	irs	Santana do Seridó	0,35	1,00	0,35	drs
Areia Branca	0,40	0,99	0,41	drs	Jardim do Seridó	1,00	1,00	1,00	crs	São Fernando	0,54	0,91	0,60	drs
Augusto Severo	0,73	0,84	0,87	drs	João Dias	0,20	0,78	0,25	drs	São Francisco do Oeste	0,67	1,00	0,67	drs
Baraúna	0,91	1,00	0,91	drs	José da Penha	0,54	0,97	0,56	drs	São João do Sabugi	0,78	1,00	0,78	drs
Caicó	1,00	1,00	1,00	crs	Jucurutu	1,00	1,00	1,00	crs	São José do Seridó	1,00	1,00	1,00	crs
Caraúbas	0,97	1,00	0,97	drs	Lagoa Nova	0,83	0,89	0,94	drs	São Miguel	0,55	0,88	0,62	drs
Carnaúba dos Dantas	0,76	0,93	0,81	drs	Lucrécia	0,40	1,00	0,40	drs	São Rafael	0,71	0,78	0,91	drs
Carnaubais	0,37	0,88	0,42	drs	Luís Gomes	1,00	1,00	1,00	crs	São Vicente	0,59	0,83	0,71	drs
Cerro Corá	0,93	0,93	1,00	crs	Macau	0,49	1,00	0,49	drs	Serra do Mel	1,00	1,00	1,00	crs
Coronel João Pessoa	0,42	0,88	0,48	drs	Major Sales	0,42	0,95	0,44	drs	Serra Negra do Norte	0,63	0,91	0,69	drs
Cruzeta	0,83	0,92	0,91	drs	Marcelino Vieira	0,82	0,92	0,89	drs	Serrinha dos Pintos	0,52	0,91	0,57	drs
Currais Novos	1,00	1,00	1,00	crs	Martins	0,66	0,99	0,67	drs	Severiano Melo	0,78	0,87	0,90	drs
Doutor Severiano	0,94	1,00	0,94	drs	Messias Targino	0,44	0,96	0,46	drs	Taboleiro Grande	0,48	0,96	0,50	drs
Encanto	0,57	0,93	0,61	drs	Mossoró	0,96	1,00	0,96	drs	Tenente Ananias	0,78	1,00	0,78	drs
Equador	0,64	1,00	0,64	drs	Olho-d'Água do Borges	0,50	0,81	0,62	drs	Tenente Laurentino Cruz	0,38	0,95	0,40	drs
Felipe Guerra	0,45	0,92	0,49	drs	Ouro Branco	0,62	0,91	0,68	drs	Timbaúba dos Batistas	0,70	0,94	0,74	drs
Florânia	1,00	1,00	1,00	crs	Paraná	1,00	1,00	1,00	crs	Triunfo Potiguar	0,35	0,77	0,45	drs
Francisco Dantas	0,63	0,92	0,69	drs	Parelhas	0,83	0,94	0,88	drs	Umarizal	0,55	0,81	0,67	drs
Frutuoso Gomes	0,47	0,91	0,52	drs	Patu	0,60	0,95	0,63	drs	Upanema	0,58	0,86	0,67	drs
Galinhas	0,25	1,00	0,25	drs	Pau dos Ferros	0,93	1,00	0,93	drs	Venha-Ver	0,34	0,87	0,39	drs
Governador Dix-Sept	0,54	0,82	0,66	drs	Pedro Avelino	0,52	0,73	0,72	drs	Viçosa	0,23	0,96	0,24	drs
MÉDIA	0,65	0,93	0,69											

Fonte: Elaboração própria

*drs (retornos decrescentes de escala); crs (retornos constantes de escala); irs (retornos crescentes de escala)

Contudo, os mesmos sugerem que 13 municípios operavam com retornos constantes de escala, dos quais, 11 foram considerados eficientes pela metodologia, isto é, utilizavam os recursos sem desperdícios e atuam em escala ótima, de modo que, o aumento da produção ocorre mantendo-se a magnitude dos insumos. Outro importante aspecto foi apontado pelos

resultados, pois de acordo com a estimação apenas o município de Jardim de Piranhas, entre todos os municípios analisados operava com retornos crescentes de escala no ano 2000, além do mais, a mesma foi assinalada como eficiente. Vale ressaltar que, municípios considerados eficientes, que operam com retornos crescentes de escala indicam que um aumento da produção se dará a custos decrescentes, pois, as mesmas não usam insumos em excesso, embora estejam com o volume de produção abaixo da escala ótima.

Na Tabela 10 apresentam-se às unidades que servem de Benchmarks para determinadas unidades ineficientes, e pode-se verificar que o município de Mossoró denota-se como o mais citado entre as unidades de referência, seguido respectivamente por Currais Novos, Doutor Severiano e Acari.

Tabela 10- Benchmarks – 2000 Modelo 1

DMU	Benchmarks	DMU	Benchmarks
Acari	25	Jucurutu	0
Alexandria	1	Luiz Gomes	0
Alto do Rodrigues	0	Macau	4
Baraúnas	0	Mossoró	39
Caicó	5	Paraná	0
Caraúbas	0	Pau dos Ferros	0
Currais Novos	36	Riacho de Santana	0
Doutor Severiano	26	Rodolfo Fernandes	1
Equador	1	Santana do Seridó	13
Florânia	1	São Francisco do Oeste	6
Galinhas	4	São João do Sabugi	13
Guamaré	0	São José do Seridó	11
Ipanguaçu	10	Serra do Mel	11
Jardim de Piranhas	0	Tenente Ananias	13
Jardim do Seridó	2		

Fonte: Elaboração própria, a partir de resultados do DEAP

Verifica-se também, que 10 dos 29 municípios considerados eficientes no primeiro modelo referente ao ano 2000 não servem de referência, isto é, possui $\lambda = 0$. Já em 2007, conforme mostrado na Tabela 11 verifica-se que caiu o número de municípios considerados eficientes, isto é, apenas 16 municípios se mostraram eficientes, ou seja, 18,39% do total, tendo diminuído também o score médio de eficiência para 0,91.

Quanto às eficiências de escalas, os resultados indicam respectivamente que 10 municípios atuam com retornos constantes de escala, 76 com retornos decrescentes de escala e apenas um apresenta retornos crescentes de escala. Sendo que, no período em questão o município de Baraúnas é o que apresenta esta característica na sua tecnologia de produção,

embora, se constate que o mesmo não serve de unidade de referência para nenhum dos municípios ineficientes no presente ano.

Tabela 11 – Eficiência Técnica e Retornos de Escala 2007 - Modelo Lógico

MUNICÍPIO	CCR	BCC	SCALE	RET	MUNICÍPIO	CCR	BCC	SCALE	RET	MUNICÍPIO	CCR	BCC	SCALE	RET
Acari	0,91	1,00	0,91	drs	Grossos	0,52	0,80	0,66	drs	Pendências	0,48	0,85	0,56	drs
Açu	0,87	0,89	0,98	drs	Guamaré	0,43	0,79	0,55	drs	Pilões	0,41	0,91	0,45	drs
Afonso Bezerra	0,81	0,88	0,92	drs	Ipanguaçu	0,55	0,77	0,71	drs	Porto do Mangue	0,30	0,92	0,33	drs
Água Nova	0,56	0,98	0,57	drs	Ipueira	0,30	0,88	0,34	drs	Rafael Fernandes	1,00	1,00	1,00	drs
Alexandria	0,79	0,86	0,92	drs	Itajá	0,61	0,84	0,72	drs	Rafael Godeiro	0,37	0,88	0,42	drs
Almino Afonso	0,67	0,86	0,77	drs	Itaú	0,65	0,89	0,73	drs	Riacho da Cruz	0,44	0,93	0,47	drs
Alto do Rodrigues	0,48	0,96	0,51	drs	Jandaíra	0,56	0,82	0,68	drs	Riacho de Santana	0,60	1,00	0,60	drs
Antônio Martins	0,56	0,74	0,75	drs	Janduís	0,82	0,90	0,91	drs	Rodolfo Fernandes	0,50	0,91	0,55	drs
Apodi	1,00	1,00	1,00	crs	Jardim de Piranhas	0,89	0,89	1,00	crs	Santana do Seridó	0,40	1,00	0,40	drs
Areia Branca	0,47	0,88	0,54	drs	Jardim do Seridó	0,97	0,99	0,98	drs	São Fernando	0,40	0,89	0,46	drs
Augusto Severo	0,75	0,82	0,91	drs	João Dias	0,26	0,81	0,32	drs	São Francisco do Oeste	0,61	1,00	0,61	drs
Baraúna	0,92	1,00	0,92	irs	José da Penha	0,70	0,97	0,72	drs	São João do Sabugi	0,76	0,94	0,81	drs
Caicó	1,00	1,00	1,00	crs	Jucurutu	0,78	0,89	0,87	drs	São José do Seridó	0,47	0,95	0,50	drs
Caraúbas	0,76	0,91	0,84	drs	Lagoa Nova	1,00	1,00	1,00	crs	São Miguel	0,79	0,89	0,89	drs
Carnaúba dos Dantas	0,78	0,97	0,80	drs	Lucrécia	0,48	0,96	0,50	drs	São Rafael	0,75	0,82	0,92	drs
Carnaubais	0,51	0,85	0,60	drs	Luís Gomes	0,81	0,96	0,84	drs	São Vicente	0,58	0,88	0,66	drs
Cerro Corá	0,71	0,93	0,77	drs	Macau	0,44	0,89	0,50	drs	Serra do Mel	0,58	0,83	0,70	drs
Coronel João Pessoa	0,49	0,81	0,60	drs	Major Sales	0,54	0,97	0,56	drs	Serra Negra do Norte	0,68	0,86	0,79	drs
Cruzeta	0,77	0,86	0,90	drs	Marcelino Vieira	0,87	0,93	0,94	drs	Serrinha dos Pintos	0,50	0,87	0,58	drs
Currais Novos	1,00	1,00	1,00	crs	Martins	0,79	0,92	0,85	drs	Severiano Melo	0,44	0,86	0,51	crs
Doutor Severiano	0,75	0,98	0,77	drs	Messias Targino	0,44	0,93	0,47	drs	Taboleiro Grande	1,00	1,00	1,00	crs
Encanto	0,63	0,97	0,64	drs	Mossoró	1,00	1,00	1,00	crs	Tenente Ananias	1,00	1,00	1,00	drs
Equador	0,74	0,99	0,75	drs	Olho-d'Água do Borges	0,53	0,82	0,65	drs	Tenente Laurentino Cruz	0,53	0,95	0,55	drs
Felipe Guerra	0,33	0,86	0,38	drs	Ouro Branco	0,66	0,90	0,74	drs	Timbaúba dos Batistas	0,38	1,00	0,38	drs
Florânia	0,85	0,95	0,89	drs	Paraná	0,53	0,90	0,58	drs	Triunfo Potiguar	0,34	0,79	0,44	drs
Francisco Dantas	0,50	0,96	0,52	drs	Parelhas	1,00	1,00	1,00	crs	Umarizal	0,60	0,85	0,71	drs
Frutuoso Gomes	0,46	0,84	0,55	drs	Patu	0,82	0,91	0,90	drs	Upanema	0,61	0,84	0,72	drs
Galinhos	0,47	0,86	0,54	drs	Pau dos Ferros	1,00	1,00	1,00	crs	Venha-Ver	0,44	0,86	0,52	drs
Governador Dix-Sept	0,64	0,89	0,72	drs	Pedro Avelino	0,66	0,81	0,82	drs	Viçosa	0,27	0,97	0,28	drs
MÉDIA	0,64	0,91	0,70											

Fonte: Elaboração própria

Quanto aos benchmarks em 2007, os resultados indicam simultaneamente os municípios de Acari, Pau dos Ferros e Mossoró como os mais citados, entretanto, cai para quatro, o número de DMUs consideradas eficientes que não constam como benchmark para nenhuma das unidades ineficientes, ou seja, obtém $\lambda = 0$.

Tabela 12- Benchmarks – 2007 Modelo 1

DMU	Benchmarks	DMU	Benchmarks
Acari	53	Pau dos Ferros	40
Apodi	1	Rafael Fernandes	0
Baraúna	0	Riacho de Santana	21
Caicó	19	Santana do Seridó	0
Currais Novos	3	São Francisco do Oeste	27
Lagoa Nova	0	Taboleiro Grande	3
Mossoró	36	Tenente Ananias	3
Parelhas	5	Timbaúba dos Dantas	17

Fonte: Elaboração própria, a partir de resultados do DEAP

A seguir na Tabela 13 apresenta-se o Índice de produtividade de Malmquist dos 87 municípios analisados, como também a sua decomposição em dois sub-índices que refletem a variação da eficiência técnica e mudanças tecnológicas. Esta decomposição do índice de Malmquist contribui para uma apreciação das alterações nos índices de produtividade, pois permite identificar se a elevação da produtividade corresponde ao avanço tecnológico ou do progresso na eficiência técnica, ou ainda, dos dois simultaneamente.

Tabela 13 – Decomposição da Produtividade Total Modelo Lógico 2000-2007

MUNICÍPIO	EFFCH	TECH	MP	MUNICÍPIO	EFFCH	TECH	MP	MUNICÍPIO	EFFCH	TECH	MP
Acari	1,00	1,00	1,00	Grossos	0,92	1,02	0,94	Pendências	0,90	1,04	0,93
Açu	1,01	0,98	0,99	Guamaré	0,79	1,09	0,86	Pilões	1,05	0,98	1,02
Afonso Bezerra	1,08	0,96	1,04	Ipanguaçu	0,77	1,11	0,86	Porto do Mangue	1,03	1,00	1,03
Água Nova	1,13	0,94	1,07	Ipueira	0,94	1,02	0,96	Rafael Fernandes	1,02	0,99	1,01
Alexandria	0,86	1,05	0,90	Itajá	0,94	1,03	0,97	Rafael Godeiro	0,93	1,02	0,95
Almino Afonso	1,01	1,00	1,00	Itaú	0,97	1,02	0,98	Riacho da Cruz	0,99	0,99	0,98
Alto do Rodrigues	0,96	1,02	0,98	Jandaíra	0,94	1,01	0,95	Riacho de Santana	1,00	1,00	1,00
Antônio Martins	0,94	1,00	0,93	Janduís	0,98	1,01	0,99	Rodolfo Fernandes	0,91	1,05	0,96
Apodi	1,06	0,97	1,03	Jardim de Piranhas	0,89	1,06	0,94	Santana do Seridó	1,00	1,00	1,00
Areia Branca	0,89	1,10	0,98	Jardim do Seridó	0,99	1,01	0,99	São Fernando	0,98	1,01	0,99
Augusto Severo	0,99	1,01	0,99	João Dias	1,03	1,09	1,12	São Francisco do Oeste	1,00	1,00	1,00
Baraúna	1,00	1,00	1,00	José da Penha	1,01	1,00	1,00	São João do Sabugi	0,94	1,03	0,97
Caicó	1,00	1,00	1,00	Jucurutu	0,89	1,06	0,95	São José do Seridó	0,95	1,03	0,97
Caraúbas	0,91	1,05	0,95	Lagoa Nova	1,13	0,94	1,06	São Miguel	1,02	0,99	1,01
Carnaúba dos Dantas	1,04	0,98	1,02	Lucrécia	0,97	1,01	0,98	São Rafael	1,05	0,97	1,02
Carnaubais	0,97	0,99	0,95	Luís Gomes	0,96	1,02	0,98	São Vicente	1,05	0,98	1,02
Cerro Corá	0,99	1,00	1,00	Macau	0,89	1,06	0,94	Serra do Mel	0,83	1,09	0,90
Coronel João Pessoa	0,91	1,05	0,95	Major Sales	1,02	0,99	1,01	Serra Negra do Norte	0,94	1,03	0,97
Cruzeta	0,94	1,03	0,97	Marcelino Vieira	1,01	0,99	1,01	Serrinha dos Pintos	0,95	1,03	0,97
Currais Novos	1,00	1,00	1,00	Martins	0,93	1,03	0,97	Severiano Melo	0,99	1,01	0,99
Doutor Severiano	0,98	1,01	0,99	Messias Targino	0,97	1,01	0,99	Taboleiro Grande	1,04	0,98	1,02
Encanto	1,04	0,98	1,02	Mossoró	1,00	1,00	1,00	Tenente Ananias	1,00	1,00	1,00
Equador	0,99	1,00	1,00	Olho-d'Água do Borges	1,01	0,99	1,01	Tenente Laurentino Cru:	1,00	1,00	1,00
Felipe Guerra	0,94	1,03	0,97	Ouro Branco	0,99	1,01	0,99	Timbaúba dos Batistas	1,06	0,97	1,03
Florânia	0,95	1,02	0,98	Paraná	0,90	1,05	0,95	Triunfo Potiguar	1,02	0,99	1,00
Francisco Dantas	1,05	0,98	1,03	Parelhas	1,06	0,97	1,03	Umarizal	1,04	0,98	1,02
Frutuoso Gomes	0,93	1,04	0,96	Patu	0,96	1,02	0,98	Upanema	0,98	1,00	0,98
Galinhos	0,86	1,08	0,93	Pau dos Ferros	1,00	1,00	1,00	Venha-Ver	0,99	1,03	1,02
Governador Dix-Sept	1,08	0,96	1,04	Pedro Avelino	1,12	0,94	1,06	Viçosa	1,01	1,04	1,05

Fonte: Elaboração própria

De acordo com os resultados observados na Tabela 13, pode-se inferir que 25 municípios potiguares beneficiados pelos royalties conseguiram elevar sua produtividade total dos fatores, isto é, pouco mais de 28%, entretanto, percebe-se um acréscimo de produtividade muito modesto. Pois, o município de João Dias, que apresenta o melhor desempenho, conseguiu elevar sua produtividade total em 12% em um período de oito anos. Além do mais, a grande maioria dos municípios que conseguiram ganhos de produtividade apresentou índice próximo de um, isto é, praticamente estáveis. Outro aspecto abordado é que 24 dos 25 municípios que obtiveram ganhos de produtividade tem população inferior a 20 mil

habitantes, ou seja, exceto o município de Apodi, que tinha sua população estimada em torno de 29 mil habitantes.

Por outro lado, 16 municípios apresentam índice um, isto é, manteve seu nível de produtividade total, os outros 45 municípios apresentaram decréscimo de produtividade total, sendo que, nove destes obtiveram índice igual a media geral, ou seja, índice de eficiência de 0,99. Cabe destacar que os resultados apontam que em 44 das unidades que sofreram perda de produtividade, isto é, em 98% dos casos os resultados sugerem como causa o índice de eficiência técnica. Em consonância com o Gráfico 03, tais análises ganham ainda mais ênfase.

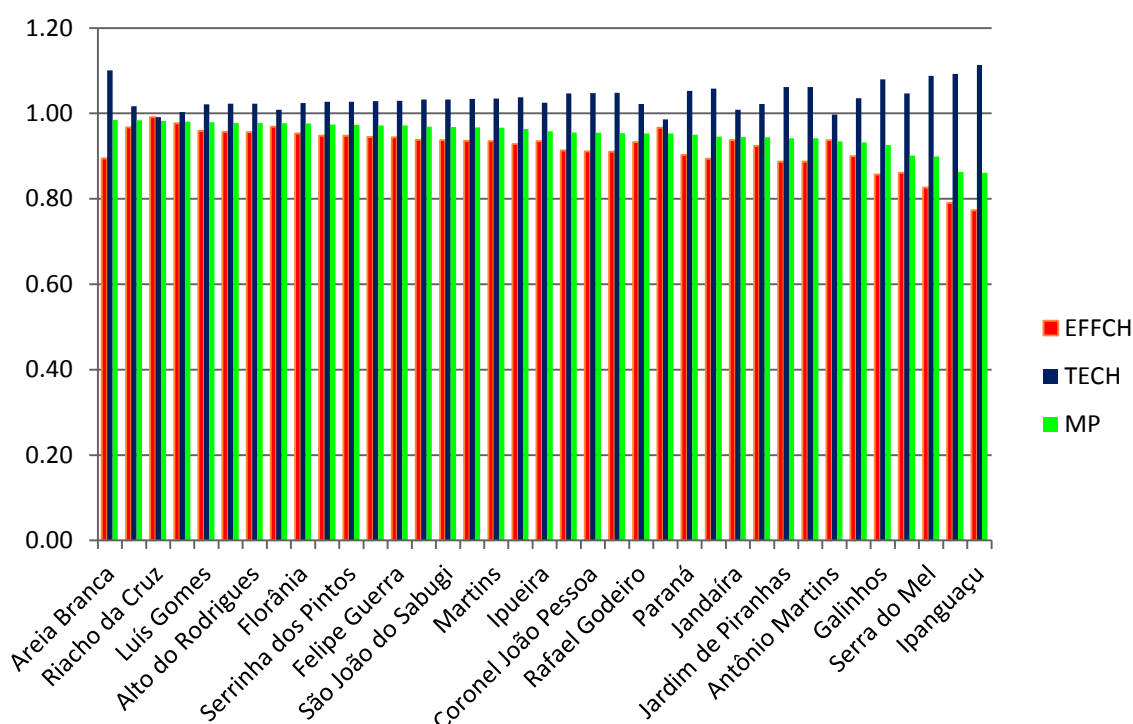


Gráfico 05 - Decomposição da Produtividade Total dos Municípios com Desempenho Abaixo da Média Estadual – Modelo Lógico 2000-2007

Fonte: Elaboração própria

Os resultados indicam que 37 municípios apresentam índices de produtividade total dos fatores abaixo da média estadual, embora 89,18% entre estes obtiveram ganhos de eficiência tecnológica. Sendo que os únicos quatro municípios que não apresentaram melhoria tecnológica de produtividade, somente dois obtiveram perda referente ao índice, os outros dois mantiveram-se constante. As quatro DMUs são: Carnaubais, Riacho da Cruz, Antônio Martins e Upanema. De acordo com os resultados, torna-se provável inferir como a possível causa de perda de produtividade total dos fatores a queda nos índices de eficiência técnica.

Os municípios que ficaram abaixo da média na respectiva ordem foram: Areia Branca, Itaú, Riacho da Cruz, Upanema, Luiz Gomes, Patú, Lucrécia, Florânia, São José do Seridó, Serrinha dos Pintos, Itajá, Felipe Guerra, Serra Negra do Norte, São João do Sabugi, Cruzeta, Martins, Frutuoso Gomes, Ipueira, Rodolfo Fernandes, Coronel João Pessoa, Caraúbas, Rafael Godeiro, Carnaubais, Paraná, Jucurutu, Jandaíra, Grossos, Jardim de Piranhas, Macau, Antônio Martins, Pendências, Galinhos, Alexandria, Serra do Mel, Guamaré e Ipanguaçu.

Á seguir mostra-se no Gráfico 04 os níveis de produtividade total dos fatores referente ao modelo lógico, isto é, os resultados sugerem que 29% dos municípios elevaram sua produtividade referente aos recursos versus serviços públicos adotados, 18% mantiveram seus índices de produtividade e a grande maioria, ou seja, 53% dos municípios regrediram sua produtividade total dos fatores.

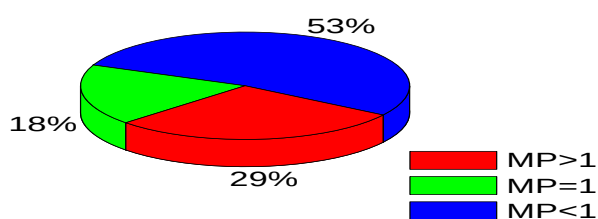


Gráfico 06 - Classificação dos Níveis de Produtividade

Fonte: Elaboração Própria

Todavia, a seguir apresentam-se os resultados obtidos através da estimação do segundo modelo, pelo qual foram utilizados alguns critérios para a seleção de variáveis, de forma que, o modelo DEA tivesse um maior poder discriminatório entre as DMUs analisadas.

Verifica-se que, o comportamento da eficiência técnica para o ano de 2000 ficou bem abaixo do modelo lógico, como era de se esperar, pois, segundo os resultados apontam que apenas nove dos 87 municípios analisados operavam de forma eficiente, isto é, pouco mais de 10% das DMUs. O score médio apurado foi de 0,85; sendo que, 83 DMUs operam com retornos decrescentes de escala, entre as quais cinco são assinaladas como eficientes.

Por outro lado, quatro atuam com retornos constantes de escala, sendo as mesmas consideradas eficientes. Um importante aspecto é evidenciado nestes resultados, pois nenhum dos municípios potiguaros em 2000, conforme a metodologia empregada possuía retornos crescentes de escala. Na Tabela 14 abaixo se ratificam tais interpretações.

Tabela 14– Eficiência Técnica e Retornos de Escala 2000 - Modelo 2

MUNICÍPIO	CCR	BCC	SCALE	RET	MUNICÍPIO	CCR	BCC	SCALE	RET	MUNICÍPIO	CCR	BCC	SCALE	RET
Acari	0,54	0,95	0,57	drs	Grossos	0,42	0,80	0,52	drs	Pendências	0,50	0,90	0,56	drs
Açu	0,86	0,89	0,97	drs	Guamaré	0,45	0,94	0,48	drs	Pilões	0,26	0,76	0,34	drs
Afonso Bezerra	0,34	0,66	0,51	drs	Ipanguaçu	0,77	0,97	0,79	drs	Porto do Mangue	0,16	0,73	0,22	drs
Água Nova	0,48	0,71	0,68	drs	Ipueira	0,21	0,79	0,26	drs	Rafael Fernandes	0,71	0,87	0,81	drs
Alexandria	1,00	1,00	1,00	crs	Itajá	0,45	0,84	0,53	drs	Rafael Godeiro	0,21	0,78	0,26	drs
Almino Afonso	0,33	0,76	0,44	drs	Itaú	0,45	0,80	0,57	drs	Riacho da Cruz	0,52	0,87	0,59	drs
Alto do Rodrigues	0,30	0,95	0,32	drs	Jandaíra	0,45	0,81	0,55	drs	Riacho de Santana	0,46	0,84	0,55	drs
Antônio Martins	0,26	0,64	0,40	drs	Janduís	0,37	0,84	0,44	drs	Rodolfo Fernandes	0,69	0,74	0,94	drs
Apodi	0,78	0,86	0,90	drs	Jardim de Piranhas	0,72	0,87	0,82	drs	Santana do Seridó	0,14	0,79	0,17	drs
Areia Branca	0,32	0,90	0,35	drs	Jardim do Seridó	0,95	1,00	0,95	drs	São Fernando	0,43	0,69	0,62	drs
Augusto Severo	0,58	0,75	0,78	drs	João Dias	0,15	0,68	0,22	drs	São Francisco do Oeste	0,62	0,95	0,65	drs
Baraúna	0,61	0,92	0,66	drs	José da Penha	0,35	0,77	0,45	drs	São João do Sabugi	0,66	0,88	0,75	drs
Caicó	1,00	1,00	1,00	crs	Jucurutu	0,94	0,97	0,98	drs	São José do Seridó	0,40	0,89	0,45	drs
Caraúbas	0,79	0,85	0,93	drs	Lagoa Nova	0,45	0,79	0,57	drs	São Miguel	0,39	0,73	0,53	drs
Carnaúba dos Dantas	0,56	0,91	0,62	drs	Lucrécia	0,31	0,87	0,35	drs	São Rafael	0,47	0,62	0,75	drs
Carnaubais	0,32	0,83	0,38	drs	Luís Gomes	0,92	1,00	0,92	drs	São Vicente	0,38	0,71	0,54	drs
Cerro Corá	0,66	0,66	0,79	0,84	Macau	0,45	0,93	0,48	drs	Serra do Mel	1,00	1,00	1,00	crs
Coronel João Pessoa	0,35	0,75	0,46	drs	Major Sales	0,28	0,76	0,37	drs	Serra Negra do Norte	0,54	0,89	0,61	drs
Cruzeta	0,68	0,87	0,79	drs	Marcelino Vieira	0,56	0,76	0,74	drs	Serrinha dos Pintos	0,41	0,83	0,49	drs
Currais Novos	1,00	1,00	1,00	crs	Martins	0,58	0,91	0,64	drs	Severiano Melo	0,59	0,86	0,68	drs
Doutor Severiano	0,74	0,82	0,91	drs	Messias Targino	0,36	0,92	0,39	drs	Taboleiro Grande	0,39	0,73	0,53	drs
Encanto	0,34	0,76	0,44	drs	Mossoró	0,66	1,00	0,66	drs	Tenente Ananias	0,58	0,86	0,67	drs
Equador	0,46	0,97	0,47	drs	Olho-d'Água do Borges	0,34	0,65	0,52	drs	Tenente Laurentino Cruz	0,28	0,74	0,37	drs
Felipe Guerra	0,31	0,73	0,42	drs	Ouro Branco	0,60	0,90	0,67	drs	Timbaúba dos Batistas	0,44	0,79	0,56	drs
Florânia	0,50	0,92	0,55	drs	Paraná	0,96	0,98	0,98	drs	Triunfo Potiguar	0,31	0,74	0,42	drs
Francisco Dantas	0,56	0,82	0,69	drs	Parelhas	0,47	0,80	0,59	drs	Umarizal	0,46	0,81	0,57	drs
Frutuoso Gomes	0,30	0,76	0,39	drs	Patu	0,45	0,89	0,50	drs	Upanema	0,42	0,66	0,65	drs
Galinhos	0,16	1,00	0,16	drs	Pau dos Ferros	0,67	1,00	0,67	drs	Venha-Ver	0,26	0,72	0,36	drs
Governador Dix-Sept	0,48	0,81	0,59	drs	Pedro Avelino	0,52	0,71	0,74	drs	Viçosa	0,21	0,85	0,25	drs
MÉDIA	0,54	0,85	0,63											

Fonte: Elaboração própria

De modo semelhante ao decorrido no modelo lógico apresentam-se na Tabela 15 os Benchmarks, na qual se identificam respectivamente os municípios de Galinhos, Mossoró e Currais novos como as principais unidades de referência. No entanto, apenas o município de Luiz Gomes entre os considerados eficientes não consta como benchmark.

Tabela 15- Benchmarks – 2000 Modelo 2

DMU	Benchmarks
Alexandria	3
Caicó	2
Currais Novos	53
Galinhos	67
Jardim do Seridó	6
Luiz Gomes	0
Mossoró	66
Pau dos Ferros	27
Serra do Mel	6

Fonte: Elaboração própria a partir do DEAP

Em 2007, conforme a adoção do segundo modelo o score médio de eficiência apurada foi de 0,83; ou seja, o mais baixo entre todos, de forma que, apenas seis municípios se mostraram eficientes, isto é, 6,89% da amostra.

Tabela 16– Eficiência Técnica e Retornos De Escala 2007 - Modelo 2

MUNICÍPIO	CCR	BCC	SCALE	RET	MUNICÍPIO	CCR	BCC	SCALE	RET	MUNICÍPIO	CCR	BCC	SCALE	RET
Acari	0,69	1,00	0,69	drs	Grossos	0,31	0,66	0,46	drs	Pendências	0,36	0,72	0,49	drs
Açu	0,64	0,83	0,77	drs	Guamaré	0,34	0,70	0,49	drs	Pilões	0,25	0,83	0,30	drs
Afonso Bezerra	0,41	0,81	0,51	drs	Ipanguaçu	0,48	0,77	0,62	drs	Porto do Mangue	0,19	0,70	0,27	drs
Água Nova	0,33	0,82	0,40	drs	Ipueira	0,24	0,82	0,29	drs	Rafael Fernandes	0,47	0,83	0,56	drs
Alexandria	0,49	0,76	0,64	drs	Itajá	0,39	0,80	0,49	drs	Rafael Godeiro	0,22	0,76	0,29	drs
Almino Afonso	0,41	0,81	0,51	drs	Itaú	0,39	0,83	0,47	drs	Riacho da Cruz	0,31	0,79	0,39	drs
Alto do Rodrigues	0,31	0,92	0,34	drs	Jandaira	0,36	0,75	0,48	drs	Riacho de Santana	0,37	0,93	0,39	drs
Antônio Martins	0,30	0,71	0,42	drs	Janduís	0,80	0,87	0,92	drs	Rodolfo Fernandes	0,29	0,87	0,33	drs
Apodi	0,73	0,93	0,79	drs	Jardim de Piranhas	0,55	0,82	0,67	drs	Santana do Seridó	0,29	0,94	0,31	drs
Areia Branca	0,44	0,77	0,57	drs	Jardim do Seridó	0,57	0,88	0,65	drs	São Fernando	0,28	0,85	0,33	drs
Augusto Severo	0,55	0,79	0,69	drs	João Dias	0,21	0,74	0,29	drs	São Francisco do Oeste	0,34	0,89	0,38	drs
Baraúna	0,68	0,86	0,79	drs	José da Penha	0,34	0,83	0,40	drs	São João do Sabugi	0,73	0,90	0,81	drs
Caicó	1,00	1,00	1,00	crs	Jucurutu	0,51	0,86	0,59	drs	São José do Seridó	0,32	0,86	0,38	drs
Caraúbas	0,59	0,90	0,66	drs	Lagoa Nova	1,00	1,00	1,00	crs	São Miguel	0,60	0,82	0,73	drs
Carnaúba dos Dantas	0,51	0,92	0,56	drs	Lucrécia	0,31	0,79	0,40	drs	São Rafael	0,48	0,77	0,62	drs
Carnaubais	0,31	0,69	0,45	drs	Luís Gomes	0,46	0,88	0,52	drs	São Vicente	0,41	0,83	0,49	drs
Cerro Corá	0,49	0,90	0,54	drs	Macau	0,38	0,79	0,48	drs	Serra do Mel	0,38	0,74	0,52	drs
Coronel João Pessoa	0,31	0,74	0,42	drs	Major Sales	0,37	0,90	0,41	drs	Serra Negra do Norte	0,41	0,76	0,54	drs
Cruzeta	0,56	0,83	0,67	drs	Marcelino Vieira	0,51	0,86	0,59	drs	Serrinha dos Pintos	0,29	0,83	0,35	drs
Currais Novos	1,00	1,00	1,00	crs	Martins	0,56	0,84	0,67	drs	Severiano Melo	0,25	0,81	0,31	drs
Doutor Severiano	0,43	0,94	0,45	drs	Messias Targino	0,27	0,82	0,33	drs	Taboleiro Grande	0,51	0,87	0,58	drs
Encanto	0,32	0,88	0,36	drs	Mossoró	0,67	1,00	0,67	drs	Tenente Ananias	0,51	0,87	0,59	drs
Equador	0,45	0,92	0,49	drs	Olho-d'Água do Borges	0,33	0,78	0,43	drs	Tenente Laurentino Cruz	0,37	0,85	0,43	drs
Felipe Guerra	0,27	0,78	0,35	drs	Ouro Branco	0,47	0,84	0,55	drs	Timbaúba dos Batistas	0,34	0,84	0,41	drs
Florânia	0,53	0,93	0,57	drs	Paraná	0,27	0,78	0,34	drs	Triunfo Potiguar	0,19	0,71	0,26	drs
Francisco Dantas	0,28	0,85	0,33	drs	Parelhas	0,69	0,93	0,73	drs	Umarizal	0,52	0,79	0,66	drs
Frutuoso Gomes	0,31	0,76	0,41	drs	Patu	0,55	0,87	0,64	drs	Upanema	0,35	0,71	0,50	drs
Galinhos	0,32	0,76	0,43	drs	Pau dos Ferros	1,00	1,00	1,00	crs	Venha-Ver	0,25	0,80	0,31	drs
Governador Dix-Sept	0,40	0,81	0,49	drs	Pedro Avelino	0,36	0,75	0,48	drs	Viçosa	0,18	0,86	0,20	drs
MÉDIA	0,44	0,83	0,52											

Fonte: Elaboração própria

Os municípios apontados como tecnicamente eficientes foram: Acari, Caicó, Currais Novos, Lagoa Nova, Mossoró e Pau dos Ferros, no entanto, os resultados apontam que somente os municípios de Caicó, Currais Novos e Mossoró foram considerados eficientes nos dois modelos para os dois períodos analisados. Quanto aos retornos de escala, 83 DMUs operam com retornos decrescentes e quatro com retornos constantes.

Da mesma forma, na Tabela 17 a seguir mostram-se as unidades produtivas que configuram como benchmarks no ano de 2007 referentes ao segundo modelo. Um detalhe interessante na tabela abaixo é que Mossoró é unidade de referencia para 71 dos 81 municípios apontados como ineficientes neste cenário, ou seja, 87,65% das DMUs ineficientes vêm Mossoró como benchmark. Deve-se destacar também o município de Acari que é referência para 79% das unidades ineficientes

Tabela 17-Benchmarks – 2007 Modelo 2

DMU	Benchmarks
Acari	64
Caicó	12
Currais Novos	0
Lagoa Nova	0
Mossoró	71
Pau dos Ferros	18

Fonte: Elaboração própria a partir do DEAP

A seguir mostra-se o índice de Malmquist e sua decomposição em eficiência produtiva e técnica. Os resultados dos índices de produtividade se mostraram bastante significativo no segundo modelo, pois 52 municípios elevaram seus índices de produtividade total, ou seja, aproximadamente 60% dos analisados. No entanto, a elevação foi bastante satisfatória, tendo oito municípios elevando sua produtividade em pelo menos 30%; oito no mínimo em 20%; oito de 10% a 17%; e os outros 28 municípios restantes obtiveram ganhos de produtividade total em pelo menos 1%

Tabela 18 – Decomposição da Produtividade Total Modelo 2 - 2000-2007

MUNICÍPIO	EFFCH	TECH	MP	MUNICÍPIO	EFFCH	TECH	MP	MUNICÍPIO	EFFCH	TECH	MP
Acari	1,05	0,98	1,02	Grossos	0,83	1,20	0,99	Pendências	0,80	1,07	0,86
Açu	0,93	1,02	0,95	Guamaré	0,74	1,20	0,89	Pilões	1,08	1,21	1,31
Afonso Bezerra	1,22	0,90	1,10	Ipanguaçu	0,79	1,10	0,87	Porto do Mangue	0,97	1,26	1,22
Água Nova	1,16	0,91	1,05	Ipueira	1,04	1,19	1,24	Rafael Fernandes	0,95	1,02	0,98
Alexandria	0,76	1,11	0,84	Itajá	0,95	1,01	0,96	Rafael Godeiro	0,97	1,18	1,15
Almino Afonso	1,07	1,21	1,29	Itaú	1,04	0,98	1,02	Riacho da Cruz	0,91	1,01	0,92
Alto do Rodrigues	0,96	1,14	1,10	Jandaíra	0,92	0,99	0,91	Riacho de Santana	1,11	0,95	1,05
Antônio Martins	1,11	1,21	1,35	Janduís	1,03	1,17	1,21	Rodolfo Fernandes	1,17	0,92	1,08
Apodi	1,08	0,96	1,04	Jardim de Piranhas	0,95	1,03	0,97	Santana do Seridó	1,19	1,14	1,35
Areia Branca	0,85	1,24	1,06	Jardim do Seridó	0,88	1,07	0,94	São Fernando	1,23	0,90	1,11
Augusto Severo	1,06	0,95	1,01	João Dias	1,08	1,17	1,27	São Francisco do Oeste	0,94	1,03	0,97
Baraúna	0,93	1,04	0,96	José da Penha	1,08	1,20	1,30	São João do Sabugi	1,02	0,99	1,01
Caicó	1,00	1,00	1,00	Jucurutu	0,90	1,06	0,95	São José do Seridó	0,97	1,18	1,14
Caraúbas	1,06	0,97	1,03	Lagoa Nova	1,27	0,89	1,13	São Miguel	1,12	0,95	1,06
Carnaúba dos Dantas	1,02	0,99	1,01	Lucrécia	0,90	1,20	1,08	São Rafael	1,23	0,88	1,08
Carnaubais	0,83	1,22	1,01	Luís Gomes	0,88	1,07	0,94	São Vicente	1,18	0,92	1,09
Cerro Corá	1,15	0,93	1,07	Macau	0,85	1,19	1,01	Serra do Mel	0,74	1,13	0,84
Coronel João Pessoa	0,99	0,94	0,93	Major Sales	1,20	1,16	1,39	Serra Negra do Norte	0,86	1,04	0,90
Cruzeta	0,95	1,02	0,98	Marcelino Vieira	1,14	0,94	1,07	Serrinha dos Pintos	1,00	1,17	1,17
Currais Novos	1,00	1,00	1,00	Martins	0,92	1,04	0,96	Severiano Melo	0,93	1,01	0,95
Doutor Severiano	1,15	0,93	1,07	Messias Targino	0,89	1,19	1,06	Taboleiro Grande	1,19	0,92	1,09
Encanto	1,16	1,16	1,34	Mossoró	1,00	1,00	1,00	Tenente Ananias	1,01	1,00	1,00
Equador	0,95	1,14	1,08	Olho-d'Água do Borges	1,19	0,88	1,05	Tenente Laurentino Cruz	1,15	1,19	1,37
Felipe Guerra	1,06	1,19	1,27	Ouro Branco	0,94	1,03	0,97	Timbaúba dos Batistas	1,06	0,96	1,02
Florânia	1,02	0,99	1,01	Paraná	0,80	1,08	0,86	Triunfo Potiguar	0,95	1,16	1,11
Francisco Dantas	1,04	0,97	1,01	Parelhas	1,17	0,93	1,08	Umarizal	0,98	1,00	0,98
Frutuoso Gomes	1,00	1,20	1,20	Patu	0,97	1,01	0,99	Upanema	1,07	0,92	0,99
Galinhas	0,76	1,20	0,91	Pau dos Ferros	1,00	1,00	1,00	Venha-Ver	1,11	1,17	1,30
Governador Dix-Sept	1,01	1,00	1,00	Pedro Avelino	1,06	0,93	0,98	Viçosa	1,01	1,18	1,20

Fonte: Elaboração própria

Um aspecto fundamental no desempenho abordado no segundo modelo é o considerável ganho de eficiência técnica *EFFCH* em relação ao primeiro modelo, embora, devam-se destacar os expressivos *TECH* apurados. Portanto, diferentemente do modelo lógico, os ganhos obtidos em *TECH* não foram anulados pelos *EFFCH*.

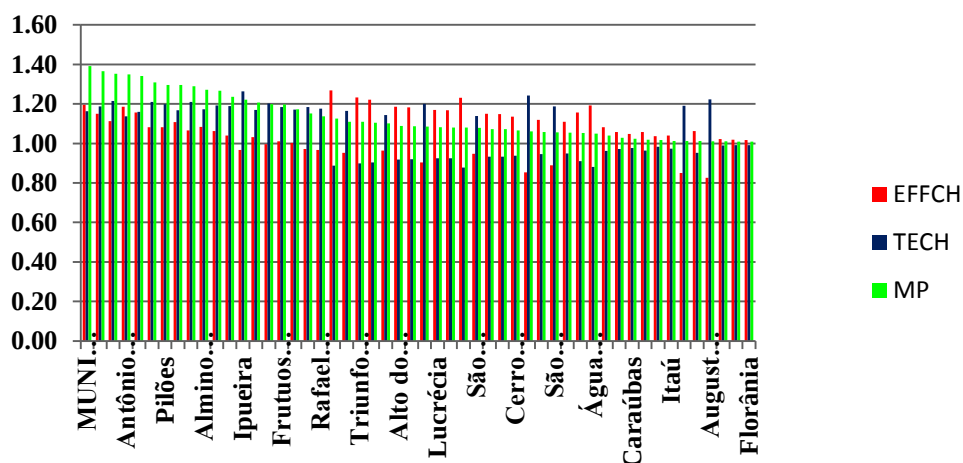


Gráfico 07 - Decomposição da Produtividade Total dos Municípios com Ganhos de Produtividade – Modelo 2

Fonte: Elaboração própria

A seguir mostra-se no gráfico 06 o comportamento dos índices *EFFCH*, *TECH*, M_p em ambos os modelos, de modo que, visualizam-se melhor os resultados apontados, pois se percebe nitidamente os ganhos de produtividade total dos fatores obtidos no segundo modelo, pois embora, ele mostrou um número inferior de DMUs operando de forma eficiente, mais sugere um ótimo aperfeiçoamento no período analisado.

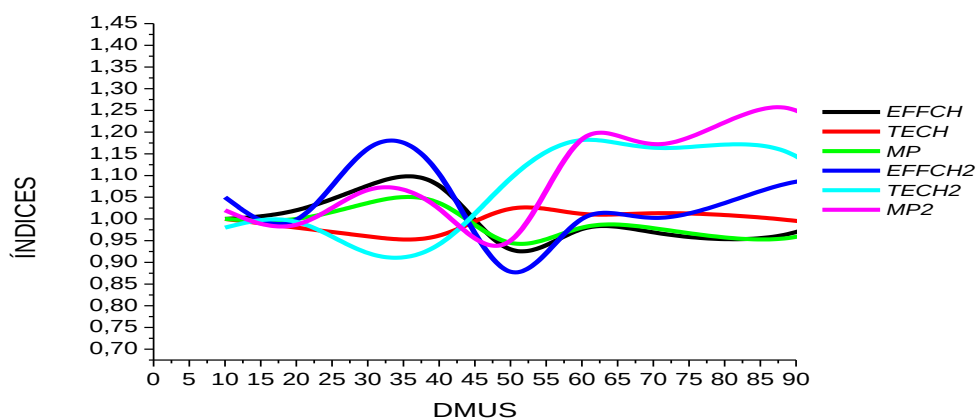


Gráfico 08- Decomposição da Produtividade Total dos Municípios

Fonte: Elaboração Própria

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, o principal objetivo foi avaliar os índices de produtividade dos municípios do Estado do Rio Grande do Norte beneficiados pelos royalties do petróleo através do índice de Malmquist, bem como determinar fatores responsáveis pelo nível de produtividade, no período de 2000 a 2007.

Foram empregados dois modelos para apuração dos índices de produtividade total dos fatores, o primeiro levando em conta a sensibilidade do pesquisador quanto aos inputs e outputs que melhor explicassem o desempenho da qualidade de vida dos municípios, e o segundo que se valeu de multicritérios na escolha destas variáveis.

No primeiro modelo, os resultados sugerem que aproximadamente 28% dos municípios conseguiram melhorar sua produtividade total, entretanto, esse acréscimo de produtividade aconteceu de forma bastante modesta, já que a maior parte destes obteve índice próximo de um, isto é, praticamente estáveis. Tais resultados sugerem como o fator crucial para o baixo desempenho apurado os baixos índices de eficiência técnica obtidos. Contudo, no segundo modelo, apesar de apresentar um menor número de unidades eficientes houve expressivos ganhos de produtividade, pois praticamente 60% dos municípios obtiveram índice M_p superior a um. Contrariamente ao modelo lógico, no segundo modelo os índices *EFFCH* foram bastante satisfatórios.

Um interessante aspecto foi evidenciado na aplicação dos dois modelos, pois os municípios de Caicó, Currais Novos e Mossoró, foram tecnicamente eficientes em todos os cenários empregados, no entanto, não obtiveram ganhos de produtividade total dos fatores. Outro aspecto interessante é que os municípios que tiveram o maior acréscimo na produtividade são municípios que operaram de forma ineficiente, isto é, mesmo estas unidades não sendo consideradas eficientes, as mesmas estão aprimorando os seus índices de eficiência produtiva total dos fatores ao longo dos anos. Contudo, os resultados obtidos quanto aos retornos de eficiência de escala sugerem que a maioria dos municípios apresenta retornos decrescentes de escala, ou seja, tais resultados possibilita supor que por se tratar de um setor não competitivo a falta de inovação e ineficiência técnica contribui para os mesmos.

Contudo, considerando que os objetivos do trabalho era identificar os municípios eficientes e não eficientes, seus níveis de produtividade e avaliar os fatores de influência na

produção dos serviços públicos ofertados a sociedade, presumisse que a metodologia aplicada através do Índice de Malmquist com auxílio da ferramenta DEA atingiram os propósitos.

Entretanto, conforme os resultados demonstram há a necessidade de aperfeiçoamento no desempenho da eficiência dos gastos e produtividade dos bens analisados. Visto que, verifica-se a existência de um problema da Teoria da Agência no repasse dos recursos dos royalties, pois, certamente os gestores municipais (prefeitos) possuem mais informações sobre a alocação desses recursos que a Agência Nacional de Petróleo (ANP) e cidadãos, caracterizando-se, assim, um problema de assimetria de informação. O que torna possível que tais gestores ajam de acordo com os seus próprios interesses em detrimento dos interesses da sociedade (risco moral). Assim sendo, uma possível solução seria elaborar um contrato de distribuição dos royalties que contivesse mecanismos de incentivo, com a finalidade de alinhar os interesses dos agentes, no caso os prefeitos, aos do principal, representada aqui por toda sociedade (LAFFONT, MARTIMORT, 2002).

No entanto, durante a construção desta pesquisa, detectaram-se algumas limitações na aplicação da ferramenta que poderiam ser incorporadas de forma a garantir resultados ainda melhores na avaliação dos índices de produtividade. Pois, poderia adotar-se um modelo mais robusto, com a inclusão de algumas variáveis qualitativas que afetam diretamente a qualidade de vida como: indicadores de corrupção, variáveis ambientais, entre outras. Assim sendo, a limitação dar-se a falta de dados necessária. Espera-se que esse trabalho desperte o interesse na formulação de outras pesquisas voltadas para o tema em questão, visto que, os campos do Pré-sal é uma enorme oportunidade da economia do país evoluir cada vez mais. Todavia, deve-se atentar para o planejamento na alocação ótima desses recursos, daí então, a necessidade de avaliarmos frequentemente a produtividade dos serviços públicos.

REFERÊNCIAS

AFONSO, J. R. R; GOBETTI, S. W. ; **Rendas Do Petróleo No Brasil: Alguns Aspectos Fiscais E Federativos**. Revista do BNDES. Vol. 15, Nº 231. Dezembro 2008.

ANP (AGENCIA NACIONAL DO PETRÓLEO), **Anuário Estatístico Brasileiro Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis 2008**, Ministério de Minas e Energia, Rio de Janeiro-RJ, 2010.

ATHAYDE A. H.; AGUIAR E. M.; NAGANO M. S. **Avaliação do Desempenho Financeiro de Empresa do Transporte Rodoviário de Cargas pelo Método DEA**. In XVII ANPET, 2003.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, 13(9), p. 1078-1092. Sept. 1984.

BARBOSA, D. ; **Guia Dos Royalties Do Petróleo E Gás Natural**. ANP. Rio de Janeiro, 2001. 156p. Disponível em <http://www.anp.gov.br/doc/conheca/Guia_Royalties.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2009.

BREGMAN, D.; PINTO JR, H. Q.; **Notas Sobre A Experiência Internacional De Aplicação De Royalties**, Instituto de Economia da UFRJ, Rio de Janeiro-RJ, 2008.

BRUNETTA, M. R. **Avaliação da Eficiência Técnica e de Produtividade usando Análise por Envoltória de Dados: Um Estudo de Caso Aplicado a Produtores de Leite**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba 2004.

CAGNIN, Rafael F; CINTRA, Marcos Antonio M; FAHRI, Maryse; ALMEIDA, Júlio Sérgio Gomes de. **O Debate em torno da criação de um Fundo Cambial no Brasil**. Texto para Discussão. IE/UNICAMP n. 152, nov. 2008.

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

COELLI, T. J. **A guide to DEAP version 2.1: a data envelopment analysis program**. Armidale, Austrália: university of New England, 1996, 49 p. (CEPA Working Papers,8.

COOPER, W. W., SEIFORD, L. M., ZHU, J. (2004). **Data Envelopment Analysis: History, models and interpretations**. In: Handbook on Data Envelopment Analysis. Boston: Kluwer Academic Publishers.

CRUZ, B. O.; RIBEIRO, B. M.; **Sobre Maldições E Bênçãos: É Possível Gerir Recursos Naturais De Forma Sustentável? Uma Análise Sobre Os Royalties E As Compensações Financeiras No Brasil**, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasil, 2009.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; NORRIS, M.; ZHANG, Z. **Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries**. The American Economic Review, n. 84, p. 66-83, 1994b.

FGV. **Pré-Sal: Potenciais Efeitos do Operador Único**, São Paulo-SP, 2010.

FIGUEIRA, M.M.C, Identificação de Outliers, MILLENIUM nº12 – Outubro de 1998.

FILHO, V. J. M. F. **ISYDS – Integrated System for Decision Support (Siad – Sistema Integrado de Apoio a Decisão): A Software Package for Data Envelopment Analysis Model**. Departamento de Engenharia Industrial, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro – RJ. 2005.

FINBRA. Finanças Do Brasil, **Dados Contábeis dos Municípios 2006**, Disponível em: <http://www.tesouro.fazenda.gov.br>, Acesso em 12/01/2010.

FIRJAN. Federação das Indústrias do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.firjan.org.br>, Acesso: 12/01/2010.

FISHER, I. (1922), **The Making of Index Numbers**. Boston, Houghton-Mifflin.

FRANCERLE, F. **Rio Grande do Norte, 509 Anos**. Disponível em: http://nisiadigital.blogspot.com/2010_08_01_archive, Acesso: 25/03/2011.

GASPARINI, C. E. RAMOS, F. S. **Equidade E Eficiência Municipal: Uma Avaliação Do Fundo De Participação Dos Municípios – FPM**. PIMES/UFPE, Revista de Economia Aplicada, São Paulo-SP, v. 7, n. 2, p. 389-411, 2003.

GONZALEZ, S. M.; SERRA, R. V. **INFOROYALTIES: Uma Ferramenta Para Ampliação Do Controle Social Sobre O Rateio E O Destino Dado Aos Royalties Petrolíferos**. CNPQ, FAPERJ. 2006.

LAFFONT, JEAN J.; MARTIMORT, D.; **The Theory Of Incentives**, The Principal- Agent Model, Princeton University Press, Princeton And Oxford, 2002.

IBGE (Instituto Brasileiro Geográfico Espacial), **Comunicação Social 03 de maio de 2005**, Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/> Acesso: 07/04/2010.

INFOROYALTIES. **Considerações sobre os impactos das propostas de mudanças no marco regulatório do petróleo e gás natural nas finanças públicas do RJ**. Rio de Janeiro-RJ. 2010.

IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br>. Acesso: 24/03/2011.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: www.ipeadata.gov.br. Acesso: 12/12/2009.

LINS, M. P. E., MEZA, L. A. (2000), **Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no meio ambiente de apoio à decisão**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ – RJ.

MALMQUIST, S. **Index Numbers and Indifferences Surfaces**. Trabalhos de Estatísticas, n. 4, pag. 209-242, 1953.

MELLO, J. C. S.; MEZA L. A.; GOMES E. G.; NETO L. B.; **Análise Envoltória De Dados (DEA)**, XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado-RS, 27 a 30 de setembro de 2005.

PACHECO, C. A. **Avaliação de Critérios de Distribuição e Utilização de Recursos das Participações Governamentais no Brasil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) /Depto. De Planejamento Energético. Rio de Janeiro-RJ. 2007.

PAIVA, H.J. **Avaliação de Desempenho de Ferrovias Utilizando a Abordagem Integrada DEA/AHP**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2002.

PENNA, José Osvaldo de Meira. **Eficiência Econômica**. Rio de Janeiro, Carta Mensal, Ano XXVIII - Nº 332, p. 08. Nov. 1982.

POSTALI, F. A. S.; **Efeitos da distribuição de royalties do petróleo sobre o crescimento dos Municípios no Brasil**, Departamento de Economia, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo-SP, 2007.

SACHS, J.; WARNER, A.; **Natural Resource Abundance And Economic Growth**. NBER working paper 5398. Cambridge, MA. 1995.

SACHS, J.; WARNER, A.; **The Big Push, Natural Resource Booms And Growth**. Journal of Development Economics v. 59, p. 43-76; 1999.

SALA-I-MARTIN, X.; **I Just Ran Two Million Regressions**, American Economic Review v. 87 (2), p.178-183. 1997.

SCHWENGBER, Silvana Battaglin. **Mensurando a eficiência no sistema judiciário: métodos paramétricos e não paramétricos**. . Tese de Doutorado em Economia - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SCHWENK, C.R. **Conflict in organizational decision making: an exploratory study of its effects in for-profit and not for-profit organizations**. Management Science, 36(4), p. 436-448;1990.

Secretaria dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte/Ministério do Meio Ambiente. **O Panorama da Desertificação no Rio Grande do Norte**. Disponível em: http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/monografia_mma. Acesso: 24/03/2011.

TATJÉ, E.G., LOVELL, C.A.K. (1993). **A new decomposition of the Malmquist productivity index. Working paper, 93-04. Department of Economics**, University of North Carolina.

TONE, K. Malmquist productivity index: **Efficiency Change Over Time**. In: COOPER, William W.; SEIFORD, Lawrence M.; ZHU, Joe. Handbook on Data Envelopment Analysis. Massachusetts: Kluwer Academic Publisher, 2004.

APÊNDICES

APÊNDICE A: TABELA DOS INPUTS E OUTPUTS ANO: 2000

CM	GPE {I}	GPU {I}	GPS {I}	RP {I}	RCP {I}	IFDE {O}	IFDER {O}	IFDS {O}	IFDM {O}
10	108.80	60.63	134.72	1.79	348.52	0.80	0.26	0.64	0.51
20	87.06	46.79	65.27	37.61	297.90	0.67	0.26	0.56	0.47
30	158.41	39.57	136.18	1.97	387.51	0.64	0.12	0.47	0.36
40	135.95	45.45	92.94	6.73	527.56	0.64	0.05	0.60	0.39
50	88.37	51.23	38.82	1.57	214.12	0.67	0.13	0.56	0.42
60	145.37	39.77	175.73	3.94	485.20	0.67	0.14	0.58	0.42
70	292.01	112.71	230.77	222.80	830.18	0.72	0.59	0.59	0.57
90	202.60	36.48	174.04	2.97	501.38	0.61	0.12	0.54	0.35
100	112.92	71.13	58.17	81.57	349.98	0.67	0.32	0.46	0.45
110	188.02	178.66	241.23	298.98	819.41	0.70	0.28	0.72	0.54
130	124.38	27.16	75.54	1.90	299.99	0.65	0.18	0.49	0.40
145	135.42	38.70	98.52	1.12	317.69	0.60	0.40	0.66	0.49
200	43.99	10.36	83.33	0.55	298.92	0.72	0.35	0.55	0.53
230	129.47	49.84	46.52	28.25	303.41	0.72	0.19	0.53	0.43
240	94.87	44.76	126.23	2.74	340.28	0.72	0.30	0.58	0.49
250	216.47	78.40	203.99	132.75	682.34	0.65	0.28	0.64	0.49
270	133.32	24.58	62.15	1.99	340.18	0.69	0.30	0.51	0.41
290	220.57	75.83	123.86	4.33	569.66	0.60	0.19	0.62	0.41
300	97.16	40.27	86.98	2.30	289.98	0.72	0.27	0.56	0.46
310	87.44	15.81	64.86	0.70	255.98	0.76	0.32	0.67	0.53
320	90.31	34.99	72.57	3.33	302.18	0.80	0.06	0.67	0.44
330	147.72	66.69	172.97	4.00	440.82	0.68	0.12	0.65	0.42
340	179.55	50.85	139.51	3.15	429.94	0.76	0.37	0.52	0.53
370	243.87	161.29	156.86	207.21	539.08	0.75	0.21	0.51	0.43
380	89.10	33.87	151.37	2.10	306.94	0.74	0.43	0.54	0.49
390	152.90	54.06	81.39	6.48	535.16	0.72	0.13	0.61	0.45
400	165.70	60.89	198.46	4.28	520.34	0.68	0.09	0.63	0.42
410	555.82	226.96	504.67	12.32	1687.40	0.53	0.65	0.71	0.62
430	145.38	59.97	126.04	99.35	428.97	0.63	0.29	0.56	0.47
440	168.27	135.17	140.39	108.05	458.24	0.63	0.29	0.62	0.47
450	190.57	966.18	150.72	765.86	1492.62	0.71	0.49	0.72	0.55
470	122.19	33.84	75.20	1.62	319.92	0.70	0.53	0.55	0.52
480	245.45	193.48	318.56	10.05	785.99	0.78	0.28	0.52	0.45
485	186.12	66.46	111.12	3.65	452.33	0.66	0.34	0.59	0.46
490	173.96	36.19	103.20	3.11	405.00	0.73	0.10	0.60	0.43
510	189.81	27.79	101.53	2.87	377.31	0.67	0.20	0.59	0.44
520	141.18	23.42	176.13	3.06	345.58	0.71	0.32	0.55	0.46
560	138.57	29.25	68.02	1.78	312.57	0.58	0.43	0.51	0.46
570	101.83	69.20	50.86	1.63	281.86	0.70	0.27	0.49	0.48
590	346.14	139.42	349.80	8.18	1101.16	0.63	0.16	0.50	0.40
600	186.59	61.19	149.82	3.43	476.33	0.63	0.19	0.68	0.42
610	142.17	122.26	54.20	1.26	370.97	0.52	0.36	0.54	0.47
650	170.57	11.49	110.64	1.76	366.72	0.63	0.27	0.52	0.42
690	227.84	81.61	204.47	5.86	654.48	0.78	0.17	0.67	0.49

Fonte: FINBRA/ ANP/ IPEA

* DMUs em negrito tiveram valores per capita estimados conforme gastos no ano posterior (deflacionado), em virtude de não terem dados disponíveis para o ano de referência.

APÊNDICE B: TABELA DOS INPUTS E OUTPUTS ANO: 2000

CM	GPE {I}	GPU {I}	GPS {I}	RP {I}	RCP {I}	IFDE {O}	IFDER {O}	IFDS {O}	IFDM {O}
700	105.64	43.70	49.02	2.01	315.19	0.69	0.14	0.67	0.47
720	185.16	224.91	154.18	216.21	642.06	0.69	0.34	0.74	0.55
725	193.60	120.64	208.65	6.27	638.41	0.76	0.11	0.63	0.42
730	120.04	25.62	83.57	2.42	292.52	0.72	0.18	0.51	0.41
740	131.35	93.39	102.75	2.58	423.89	0.76	0.34	0.59	0.49
760	229.84	53.98	169.72	5.09	564.95	0.72	0.26	0.66	0.51
800	104.61	14.86	126.13	22.94	356.51	0.76	0.39	0.70	0.59
840	136.14	61.11	142.18	3.70	451.49	0.65	0.22	0.49	0.36
850	128.56	77.10	96.59	4.01	435.27	0.70	0.29	0.61	0.49
860	182.73	35.97	39.28	5.80	504.62	0.63	0.07	0.63	0.42
890	89.32	54.49	137.18	1.23	313.22	0.73	0.16	0.52	0.43
930	140.96	45.66	146.53	1.85	422.67	0.73	0.32	0.53	0.48
940	87.59	38.70	115.93	1.05	287.89	0.72	0.26	0.66	0.53
970	113.69	186.02	88.97	2.95	559.28	0.56	0.17	0.46	0.38
990	179.96	68.76	116.39	127.00	530.10	0.68	0.29	0.69	0.52
1000	176.82	130.74	244.89	6.61	649.45	0.71	0.20	0.55	0.43
1025	406.69	242.94	345.78	349.49	1307.57	0.71	0.21	0.60	0.44
1050	70.20	68.88	97.16	4.43	416.85	0.67	0.15	0.61	0.47
1060	255.19	155.00	303.05	6.35	797.05	0.72	0.22	0.64	0.44
1070	140.51	56.45	114.96	6.75	520.69	0.74	0.28	0.52	0.48
1080	176.58	65.23	108.57	4.57	475.40	0.81	0.16	0.57	0.46
1100	99.74	23.25	58.60	2.81	273.17	0.78	0.14	0.43	0.38
1142	302.58	200.14	521.11	8.37	849.31	0.88	0.24	0.52	0.46
1180	171.63	79.02	89.65	5.33	490.58	0.73	0.07	0.55	0.37
1190	141.28	54.97	96.08	5.22	447.88	0.68	0.32	0.70	0.52
1210	109.96	114.91	87.56	3.42	432.47	0.80	0.30	0.51	0.48
1240	224.46	6.79	130.87	4.88	461.37	0.78	0.38	0.41	0.49
1250	200.59	37.77	105.19	2.99	426.50	0.70	0.14	0.58	0.39
1280	93.83	62.28	95.82	2.17	303.46	0.62	0.09	0.43	0.33
1300	142.57	34.43	128.74	3.76	374.93	0.67	0.16	0.50	0.38
1335	189.46	96.67	21.77	73.11	543.09	0.71	0.15	0.77	0.47
1340	188.05	80.84	91.43	2.51	396.61	0.70	0.29	0.60	0.48
1355	133.43	75.41	156.97	4.74	513.06	0.71	0.17	0.62	0.45
1360	135.33	33.31	91.33	1.90	304.92	0.62	0.32	0.54	0.46
1380	186.05	116.48	113.17	8.39	662.50	0.77	0.10	0.64	0.41
1410	143.82	52.12	88.81	2.23	337.39	0.73	0.17	0.70	0.46
1415	247.67	126.85	173.64	5.62	681.65	0.78	0.15	0.56	0.41
1430	239.45	22.66	90.02	7.81	735.13	0.74	0.09	0.52	0.43
1445	226.87	72.27	150.49	4.81	578.34	0.61	0.23	0.45	0.41
1450	144.60	35.11	118.65	1.89	385.73	0.61	0.26	0.51	0.44
1460	145.37	72.20	100.93	87.81	444.82	0.55	0.07	0.63	0.37
1475	370.16	107.11	143.35	6.28	840.82	0.70	0.21	0.50	0.40
1490	430.96	261.69	251.27	10.59	1116.01	0.70	0.17	0.67	0.50

Fonte: FINBRA/ ANP/ IPEA

APÊNDICE C: TABELA DOS INPUTS E OUTPUTS ANO: 2007

CM	GPE {I}	GPU {I}	GPS {I}	RP {I}	RCP {I}	FDE {O}	DER {O}	FDS {O}	FDM {O}
10	212.32	142.01	237.01	4.48	883.52	0.77	0.44	0.85	0.70
20	193.71	126.62	207.36	57.51	770.00	0.66	0.39	0.67	0.58
30	329.70	42.53	277.25	5.26	939.22	0.56	0.30	0.75	0.57
40	392.69	55.12	401.52	16.41	1842.88	0.62	0.24	0.88	0.58
50	265.10	98.79	227.92	3.74	832.34	0.65	0.25	0.65	0.52
60	192.93	168.26	414.31	9.41	1170.60	0.60	0.25	0.77	0.56
70	427.64	348.11	594.20	327.63	1861.42	0.69	0.69	0.72	0.71
90	306.11	221.28	492.71	6.66	1093.25	0.53	0.22	0.66	0.50
100	197.39	79.48	185.25	99.04	760.05	0.66	0.43	0.81	0.64
110	292.23	109.03	305.73	401.49	1688.47	0.67	0.32	0.75	0.59
130	328.69	47.26	198.14	5.26	933.28	0.60	0.26	0.70	0.54
145	265.43	87.60	204.44	2.53	738.77	0.58	0.43	0.71	0.58
200	154.43	74.72	253.53	1.27	743.67	0.75	0.52	0.80	0.68
230	403.28	101.84	214.71	102.45	972.10	0.68	0.42	0.76	0.63
240	241.11	123.81	316.69	6.85	1024.39	0.71	0.37	0.85	0.65
250	403.06	88.52	351.67	159.33	1304.17	0.65	0.27	0.68	0.53
270	328.27	75.76	271.56	4.51	1039.79	0.65	0.44	0.77	0.63
290	545.66	123.54	337.15	9.65	1467.59	0.48	0.22	0.74	0.52
300	198.63	75.81	261.34	5.98	889.51	0.65	0.29	0.72	0.58
310	218.52	43.46	170.72	1.72	746.32	0.73	0.46	0.75	0.66
320	368.35	151.91	313.83	6.80	1084.31	0.62	0.30	0.86	0.66
330	384.66	158.83	469.01	9.06	1329.02	0.58	0.29	0.90	0.62
340	296.61	36.20	336.16	7.93	1161.58	0.72	0.40	0.79	0.65
370	483.67	312.22	489.09	474.97	2207.82	0.66	0.34	0.72	0.60
380	261.74	69.64	277.97	5.62	850.73	0.61	0.47	0.74	0.65
390	457.42	65.37	493.01	15.95	1780.04	0.58	0.23	0.87	0.61
400	361.36	162.95	399.79	10.71	1453.17	0.64	0.22	0.71	0.54
420	503.27	194.31	364.58	327.41	1502.33	0.63	0.37	0.74	0.59
430	376.31	255.08	317.61	249.83	1343.48	0.66	0.55	0.70	0.63
440	248.96	204.07	501.21	163.25	1337.62	0.56	0.20	0.72	0.52
460	430.23	241.00	315.05	567.00	1547.25	0.56	0.26	0.69	0.54
470	259.71	126.04	275.63	3.65	1155.94	0.59	0.26	0.63	0.53
480	522.15	236.42	574.16	22.89	2368.19	0.68	0.31	0.67	0.59
485	344.08	50.90	291.47	7.29	1146.32	0.59	0.34	0.69	0.56
490	362.27	115.31	299.39	8.12	1167.63	0.67	0.23	0.79	0.58
510	342.12	149.50	304.64	7.24	1162.25	0.63	0.23	0.67	0.52
520	473.86	389.11	143.74	8.61	1544.95	0.67	0.28	0.72	0.57
560	262.56	116.29	214.71	3.58	807.43	0.58	0.35	0.76	0.56
570	233.33	65.69	240.58	4.28	876.62	0.69	0.26	0.88	0.61
590	511.50	632.45	570.04	17.06	2845.78	0.58	0.20	0.74	0.52
600	362.80	98.87	402.33	7.73	1229.03	0.56	0.22	0.90	0.58
610	285.36	79.70	331.00	3.20	911.17	0.62	0.41	0.75	0.60
650	12.29	91.02	225.02	3.92	1000.26	0.57	0.31	0.65	0.53
690	350.53	124.76	437.12	13.65	1646.77	0.74	0.27	0.62	0.56

Fonte: FINBRA/ ANP/ IPEA

APÊNDICE D: TABELA DOS INPUTS E OUTPUTS ANO: 2007

CM	GPE {I}	GPU {I}	GPS {I}	RP {I}	RCP {I}	FDE {O}	FDER {O}	FDS {O}	FDM {O}
700	402.68	89.86	272.18	4.80	1004.16	0.72	0.29	0.86	0.61
720	296.17	435.50	417.08	702.72	1858.01	0.67	0.41	0.75	0.62
725	343.98	227.87	412.96	13.28	1529.67	0.62	0.28	0.88	0.64
730	342.39	99.74	237.41	5.71	901.28	0.62	0.26	0.83	0.60
740	224.86	213.17	238.54	5.79	930.31	0.71	0.27	0.73	0.59
760	408.04	187.92	539.10	12.23	1606.42	0.72	0.25	0.77	0.58
800	187.30	59.95	322.95	80.26	1090.18	0.77	0.88	0.69	0.78
840	370.85	234.13	354.75	10.52	1281.79	0.51	0.27	0.73	0.55
850	260.73	73.98	299.36	9.42	1180.77	0.67	0.28	0.80	0.59
860	363.99	112.74	547.97	12.25	1560.94	0.61	0.17	0.85	0.55
890	234.77	18.48	227.14	2.92	838.89	0.70	0.39	0.80	0.64
930	230.40	181.62	267.58	4.35	878.82	0.69	0.31	0.77	0.60
940	155.58	55.03	130.38	2.36	882.00	0.74	0.34	0.89	0.65
970	332.49	57.71	315.22	6.39	1072.72	0.57	0.30	0.72	0.53
990	393.21	239.04	313.73	241.87	1445.18	0.66	0.29	0.70	0.56
1000	344.77	199.03	693.67	13.86	1735.49	0.70	0.29	0.76	0.58
1025	675.90	346.22	608.24	738.22	2378.83	0.71	0.27	0.66	0.55
1050	227.87	21.40	324.48	10.14	1195.12	0.67	0.22	0.85	0.58
1060	538.98	192.56	523.72	14.92	1823.57	0.67	0.25	0.64	0.54
1070	324.30	198.26	471.50	15.40	1772.41	0.71	0.27	0.68	0.56
1080	390.96	136.19	398.59	10.14	1447.76	0.76	0.24	0.92	0.65
1100	425.31	154.76	504.40	9.43	1530.81	0.59	0.23	0.82	0.61
1142	398.27	180.89	619.28	15.77	1934.74	0.77	0.31	0.80	0.66
1180	402.31	241.26	533.23	12.71	1805.39	0.63	0.30	0.78	0.60
1190	413.92	120.53	406.89	11.71	1494.67	0.67	0.25	0.95	0.63
1210	303.07	309.92	166.29	7.45	1080.85	0.70	0.18	0.83	0.60
1240	505.11	176.64	374.22	10.92	1568.23	0.73	0.31	0.72	0.60
1250	327.04	138.97	237.97	2.55	894.83	0.67	0.24	0.74	0.56
1280	246.10	75.18	247.92	5.29	870.99	0.62	0.29	0.69	0.54
1300	308.68	242.08	324.00	7.36	1247.39	0.67	0.33	0.76	0.59
1335	312.02	129.68	348.88	135.23	1134.18	0.63	0.31	0.70	0.57
1340	297.13	156.56	276.51	5.88	1087.50	0.63	0.12	0.78	0.53
1355	380.45	193.46	496.92	9.82	1416.06	0.65	0.27	0.77	0.58
1360	494.23	161.33	587.02	7.98	1636.59	0.59	0.30	0.78	0.57
1380	465.39	14.93	244.64	18.83	2269.95	0.59	0.22	0.86	0.62
1410	254.14	181.41	287.33	4.63	825.88	0.64	0.19	0.90	0.61
1415	391.40	190.57	328.64	8.46	1439.72	0.73	0.29	0.73	0.60
1430	666.02	570.82	352.59	18.93	2395.42	0.77	0.21	0.84	0.60
1445	559.24	220.27	629.94	13.19	1905.82	0.60	0.18	0.71	0.50
1450	231.29	164.13	231.81	4.23	1217.28	0.63	0.28	0.75	0.55
1460	331.77	194.01	351.94	178.20	1107.30	0.57	0.37	0.73	0.55
1475	539.53	201.13	450.70	11.49	1650.80	0.65	0.22	0.77	0.56
1490	640.14	434.53	925.07	24.29	3055.72	0.71	0.28	0.88	0.62

Fonte: FINBRA/ ANP/ IPEA