

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

Eficiência Relativa dos Portos Brasileiros na Importação de Barrilha

Arthur Osório Ferraz Falk
No. de matrícula: 0412294

Orientadora: Marina Figueira de Mello

Rio de Janeiro
Novembro / 2008

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

Eficiência Relativa dos Portos Brasileiros na Importação de Barrilha

Arthur Osório Ferraz Falk
No. de matrícula: 0412294

Orientadora: Marina Figueira de Mello

Rio de Janeiro
Novembro / 2008

“Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor”.

“As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor.”

Agradecimentos

Agradeço a minha família, por me ensinarem tudo que sei de mais importante na vida, por desenvolverem meus valores, e por sempre estarem do meu lado me apoiando em qualquer escolha que fizesse. Pessoas especiais contribuíram bastante para a conclusão deste trabalho e do curso em si. Serei eternamente grato por me auxiliarem em todas as escolhas e etapas dessa nova vida.

Sumário

1-Introdução.....	8
2-O Setor Portuário Brasileiro.....	10
2.1-Introdução.....	10
2.2-Estrutura do Setor.....	10
2.3-Características do Setor.....	12
2.4-Principais Gargalos.....	16
3-Barrilha: Aplicações e Mercados.....	18
3.1-Aplicações e Relevância da Barrilha.....	19
3.2-Mercado Mundial.....	20
3.3-Mercado Nacional.....	20
4-O Modelo DEA.....	24
4.1-Introdução.....	24
4.2-Produtividade X Eficiência.....	25
4.3-História e Evolução.....	27
4.4-O Modelo DEA.....	27
4.5-O Índice de Malmquist.....	38
5-Análise da Eficiência nas Descargas de Barrilha.....	39

5.1-Introdução.....	39
5.2-Indicadores de Desempenho Portuário.....	39
5.3-Dados.....	42
5.4-Resultados.....	44
5.5-Preços dos Serviços.....	47
6-Conclusão.....	50
Referências Bibliográficas.....	51

Lista de Tabelas

Tabela 3.1- Produção Anual em 2007.....	20
Tabela 3.2- Percentagem da Importação e Produção Anual, 2005, 2006 e 2007.....	21
Tabela 5.1- Insumos e Produtos.....	43
Tabela 5.2- Produtos Observados.....	44
Tabela 5.3- Insumos Observados.....	44
Tabela 5.4- Resultados I.....	45
Tabela 5.5- Resultados II, de 2005 para 2006.....	46
Tabela 5.6- Resultados III, de 2006 para 2007.....	47
Tabela 5.7- Comparativo dos Preços dos Serviços.....	48

Lista de Figuras

Figura 2.1- Evolução da Movimentação de Cargas no Brasil, por tipo de navegação, de 1998 a 2007.....	13
Figura 2.2- – Evolução da Movimentação de Contêineres no Brasil, de 2003 a 2007.....	15
Figura 2.3 – Evolução da Movimentação de Cargas no Brasil, por tipo de carga, de 1998 a 2007.....	16
Figura 4.1.....	25
Figura 4.2.....	26
Figura 4.3.....	28
Figura 4.4.....	30
Figura 4.5.....	37

1-Introdução

O comércio exterior está diretamente ligado ao crescimento econômico de um país, e a teoria econômica documenta e comprova essa relação. Principalmente no Brasil, um país que foi colonizado pelos portugueses e que mantinha relações comerciais estreitas com a Europa desde seu descobrimento, passando pelo ciclo do açúcar, do café, da borracha, até chegar ao mundo globalizado onde hoje estamos. Globalização esta em que os países caminham para se especializar naquilo que possuem vantagem comparativa, e colhem ganhos de escala com a abertura ao mercado mundial.

O comércio exterior poderia ser ainda mais valorizado no Brasil, dado a experiência internacional de países asiáticos como a Coreia do Sul, e mais recentemente Cingapura, que atingiram níveis elevadíssimos de desenvolvimento econômico através da abertura comercial. Com o planejamento do Estado e investimentos privados, estes países investiram pesadamente no setor portuário, abriram suas fronteiras, o que resultou em forte e rápido desenvolvimento. Nos últimos anos o Brasil vem aproveitando bastante a onda do crescimento global puxada principalmente pela China, e vem a cada ano ampliando suas exportações e importações.

A abertura da economia, que pode ser medida pela razão entre a corrente de comércio exterior e o PIB, apresentou intenso crescimento a partir de 1998 no país, saindo de um nível de 15%, em torno do qual flutuava desde o começo da década de 90, e passando para um patamar de 25% nos últimos anos. A abertura pode ser explicada pelo aumento expressivo das exportações brasileiras, que vem nos últimos anos mostrando forte crescimento e diversificação, andando na direção de deixarmos de ser um país apenas exportador de *commodities* agrícolas, e passarmos a exportar mais produtos com maior valor agregado.

Entretanto o setor portuário brasileiro, por onde passa mais de 80% do comércio exterior, tem sido exigido ao máximo com essa expansão das transações com o mundo, revelando sua ineficiência, insuficiência e obsolescência. Além de todos os problemas na infra-estrutura, as leis em torno do setor são muito rígidas, travando investimentos privados, e os impostos e sindicatos encarecem os custos de movimentação nos portos.

Portos mais modernos e eficientes se traduzem em menos custos para as operações, permitindo navios maiores e, portanto ainda mais eficientes, o que colocaria nossos produtos mais competitivos no exterior.

A barrilha, um importante insumo para indústria vidreira e de detergentes entre outras, é de extrema importância para qualquer país. O Brasil atualmente não possui produção, tendo que importar 100% do necessário para seu consumo. Portanto nada mais importante que uma análise da eficiência nos portos por onde passam a importação desse produto. São eles: Recife-PE, Aratu-BA, Itaguaí-RJ, São Sebastião-SP, São Francisco do Sul-SC e Imbituba-SC.

2-O Setor Portuário Brasileiro

2.1-Introdução

A via marítima é de longe a principal via de comércio exterior do país, e responde por mais de 80% do total das exportações. Esse percentual era maior em 1990, por volta de 90%, caiu até 73% no ano de 2000 e recuperou-se desde então. A corrente de comércio exterior, que mede o valor das exportações mais importações, atingiu em 2007 US\$281 bilhões¹. Esse valor já cresceu 134% desde os US\$120 bilhões registrados em 2003, e este último já é mais que o dobro do valor entre 1995 e 2002, e quatro vezes o montante registrado na “década perdida” de 80. A abertura comercial em 1990 e a estabilização da inflação em 1994 foram fatores decisivos para a guinada na última década; enquanto o alto crescimento global puxado pelos juros baixos e a expansão chinesa foram os responsáveis pelo desempenho no início deste século.

2.2-Estrutura do Setor

O setor portuário brasileiro dependeu do Estado desde seu início, e essa dependência atrasou bastante seu desenvolvimento. A interferência do setor público acabou por manter rígidos controles, tarifas não-competitivas, ausência de concorrência, burocracia excessiva e principalmente a falta de investimentos em equipamentos e infra-estrutura.

A gestão de todos os portos públicos era feita até 1990 pela Portobrás (Empresa Brasileira de Portos S.A.), até esta ser dissolvida e o controle passar para o Ministério dos Transportes. Atualmente, o setor é regido pela Lei de Modernização dos Portos (Lei nº 8.630), de 25 de fevereiro de 1993, e sua promulgação foi um grande avanço para o setor. Para se ter uma idéia, anteriormente os portos eram normatizados por uma lei de 1934. Os avanços mais significativos dessa nova lei foram: a) a extinção do monopólio das Administrações Portuárias nos serviços de movimentação de cargas nos cais públicos, com a criação da figura do operador portuário privado, b) a criação dos Conselhos de Autoridade Portuária, c) o estímulo à concorrência intra e entre portos e finalmente d) a

¹ Fonte: Secretaria de Comércio Exterior, Ministério do Desenvolvimento.

quebra dos sindicatos de trabalhadores portuários avulsos e a criação do Órgão Gestor de Mão-de-Obra (OGMO). O OGMO foi criado para administrar e regular a mão-de-obra portuária, promover seu treinamento, e garantir ao trabalhador portuário uma remuneração em um nível estável. As despesas do órgão são pagas pelos operadores portuários.

Com o objetivo de regular e fiscalizar o setor portuário brasileiro, foi criada em 5 de junho de 2001 a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), vinculada ao Ministério dos Transportes.

Algumas áreas de embarque, desembarque e armazenagem de alguns portos foram transferidas para a iniciativa privada a partir da Lei dos Portos, de 1993, por meio de leilão. Como foi dito, as atividades portuárias passaram a operadores privados, e o setor público nesses casos ficou responsável pelas contratações de obras de construção, reforma ampliação e conservação das instalações portuárias, incluindo os acessos aquaviários (dragagem) e terrestres.

Apesar dos avanços que a Lei dos Portos trouxe, alguns gargalos ainda permanecem, tornando as operações portuárias no Brasil mais caras e menos eficientes se comparadas ao resto do mundo. O sistema criado com a lei de 1993 criou portos que são tanto públicos como privados, e essa falta de equilíbrio provocou uma perda de vitalidade desse sistema que não consegue acompanhar o ritmo real e potencial das exportações. Os gargalos da atividade portuária brasileira é o tema da seção 2.4.

A estrutura tarifária dos portos foi criada em 1934, e veio a ser mudada somente com a Lei 8.630/93, que reduziu de 18 para 7 o número de tabelas básicas. As tarifas ou revisões tarifárias têm de serem aprovados pelos Conselhos de Autoridade Portuária (CAP's), que homologa ou não os valores estabelecidos pelas administrações portuárias locais. Segundo o estudo do Valor Econômico (2006), a mão-de-obra é o maior custo portuário representando mais de 70% nos principais terminais de contêineres de Santos e do Rio de Janeiro.

No estudo de Coelli, Estache, Perelman e Trujillo, intitulado de “*A Primer on Efficiency Measurement for Utilities and Transport Regulators*”, os autores expõem um

exemplo sobre a criação de uma agência argentina, com suas atribuições quanto ao monitoramento e busca de eficiência:

- O regulador deve checar se os operadores estão minimizando os custos dos serviços oferecidos enquanto cumprem todas as obrigações contratuais, chamado isso de eficiência de custo do operador.

- Caso o setor seja caracterizado pela baixa ou falta de competitividade, o regulador deve checar se os preços dos operadores refletem seus custos, o que eles chamam de eficiência alocativa dos produtos.

- Os operadores devem tomar as decisões corretas ao investir e gerenciar o negócio, garantindo que a demanda futura seja atendida e seja afastado o risco de racionamento, o que em termos técnicos é conhecido como eficiência dinâmica.

2.3- Características do Setor

2.3.1- Tipos de Modais

As cargas podem ser transportadas por três vias distintas: aérea, terrestre ou aquaviária. A modalidade terrestre pode ser dividida em: rodoviária, ferroviária ou dutoviária. Já a modalidade aquaviária pode ser: marítima (longo curso ou cabotagem²) ou hidroviária.

Devido à maior capacidade de transportar cargas e ao menor custo, o transporte marítimo de longo curso, ou internacional, é o modal mais utilizado. Entretanto, algumas desvantagens também existem nesse modal, como a distância dos centros de produção, eventuais necessidades de transbordo nos portos, menor flexibilidade nos serviços e frequentes congestionamentos nos portos.

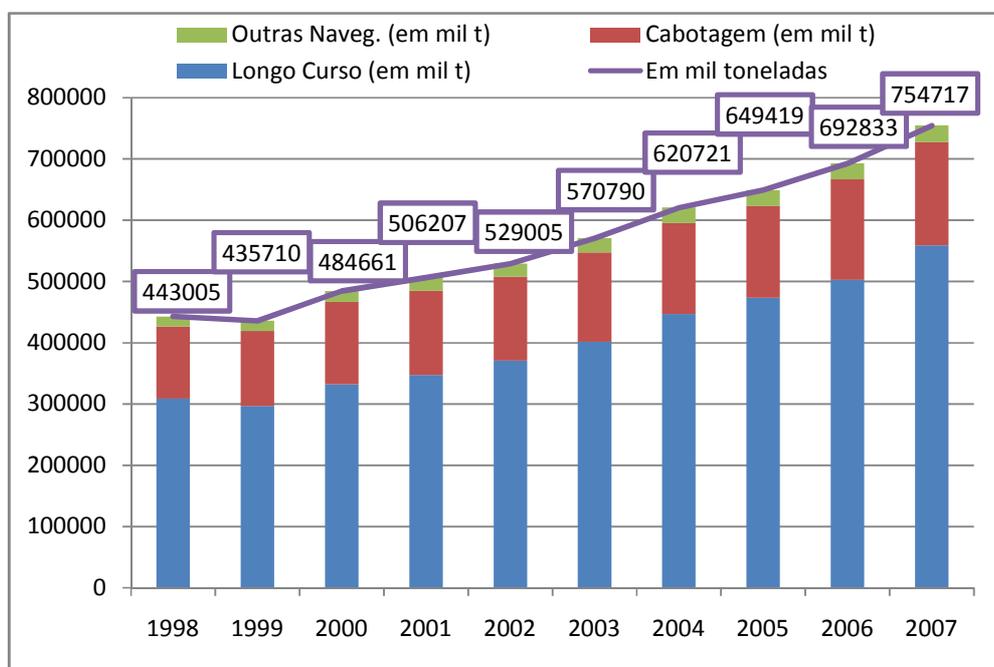
Por lei, a cabotagem no Brasil só pode ser realizada por navios de bandeira brasileira, devido a motivos de segurança nacional. Essa amarra na legislação provocou um

² Cabotagem representa a modalidade aquaviária feita dentro de um mesmo país.

cenário com pouquíssimos navios realizando esse tipo de modal, além de serem pequenos e em mal estado de conservação. Muitos empresários defendem a abertura desse mercado, com o objetivo de modernizar a frota e reduzir custos.

O Gráfico 2.1 mostra a evolução da movimentação de cargas pelos portos públicos e terminais privados no Brasil, nos últimos dez anos, por tipo de navegação. Pode-se perceber no período um crescimento de 70% no volume de cargas que passam pelos portos brasileiros, com um aumento de 80% na navegação de Longo Curso e um aumento menor na Cabotagem, de 43%.

Figura 2.1 – Evolução da Movimentação de Cargas no Brasil, por tipo de navegação, de 1998 a 2007



Fonte: Anuários Estatísticos da ANTAQ.

2.3.2-Tipos de Carga

São três os tipos de carga movimentados no Brasil: granéis sólidos, granéis líquidos, e carga geral. Os granéis estão mais concentrados em portos privados, como os terminais das mineradoras e da Petrobrás, enquanto os públicos movimentam mais carga geral, uma vez que as cargas são diversificadas e um terminal privado não compensaria os custos.

Os granéis tanto sólidos quanto líquidos são cargas que não possuem embalagem e não são individualizados. Os granéis sólidos são normalmente divididos entre alimentares (soja, trigo, sal, fertilizantes) e minerais (minério de ferro, carvão, insumos siderúrgicos), e muitas vezes são escoados por seus produtores por terminais privados, mais modernos e eficientes. Como a maior parte dessas cargas tem pouco valor agregado, a eficiência e a escala são importantíssimas. Os portos que mais movimentam este tipo de carga estão localizados na região Sul do país, além do porto de Santos. Já os granéis líquidos são basicamente petróleo (e seus derivados) e produtos químicos, e no Brasil eles são movimentados principalmente nos portos de São Sebastião-SP, Angra dos Reis-RJ, Aratu-BA, Santos-SP e São Francisco do Sul.

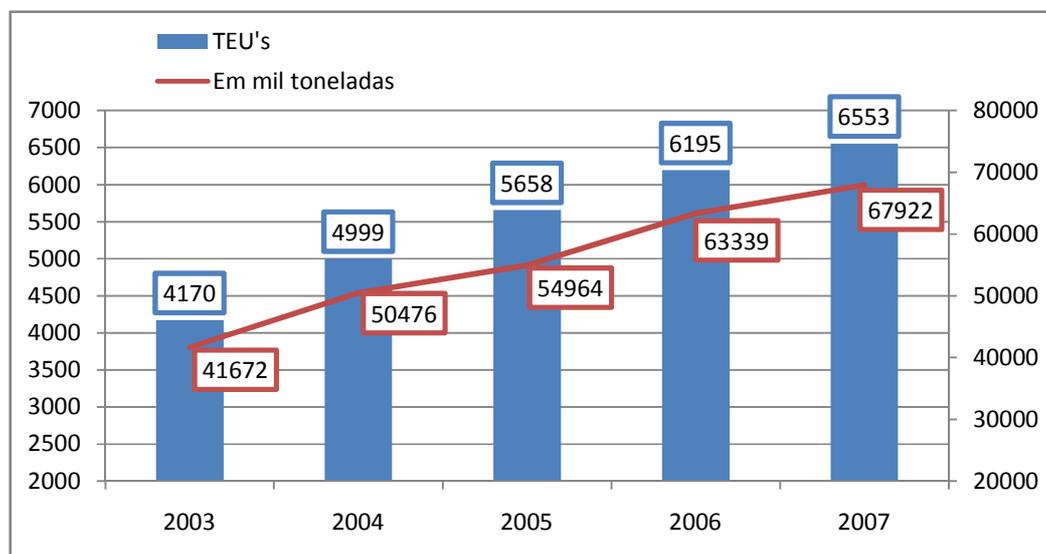
A carga geral é aquela que é unitizada ou transportada em embalagem, além de ser contada em unidades, e existe uma enorme gama de produtos considerados desse tipo de carga, como: produtos siderúrgicos, madeira, papel, celulose, entre outros. No entanto a forma mais comum de carga geral é o contêiner, destinado a movimentar cargas com segurança e rapidez, em que pode ser transportado basicamente qualquer tipo de produto. O contêiner foi um grande avanço tecnológico para o comércio internacional, uma vez que sua utilização possibilitou maior rapidez e menores custos de operação, devido a sua padronização e facilidade de movimentação e que ainda facilitou o transporte multimodal. Ainda, no Brasil os contêineres gozam de algumas imunidades fiscais como a isenção do pagamento da Taxa de Melhoramento dos Portos e a isenção do AFRMM³.

O Gráfico 2.2 mostra um crescimento expressivo de 57% no número de contêineres nos últimos cinco anos, medidas em TEU's⁴. Em relação ao volume, há um aumento semelhante, de 62%, passando de 41,672 milhões de toneladas para quase 68 milhões em 2007.

³ Adicional ao Frete para a Renovação da Marinha Mercante – normalmente 25% do custo do frete devem ser recolhidos para o Fundo da Marinha Mercante.

⁴ *Twenty-foot Equivalent Unit*, medida usada mundialmente para medir a quantidade de contêineres em unidades de vinte pés. Ou seja, um contêiner de 40 pés vale 2 TEU's.

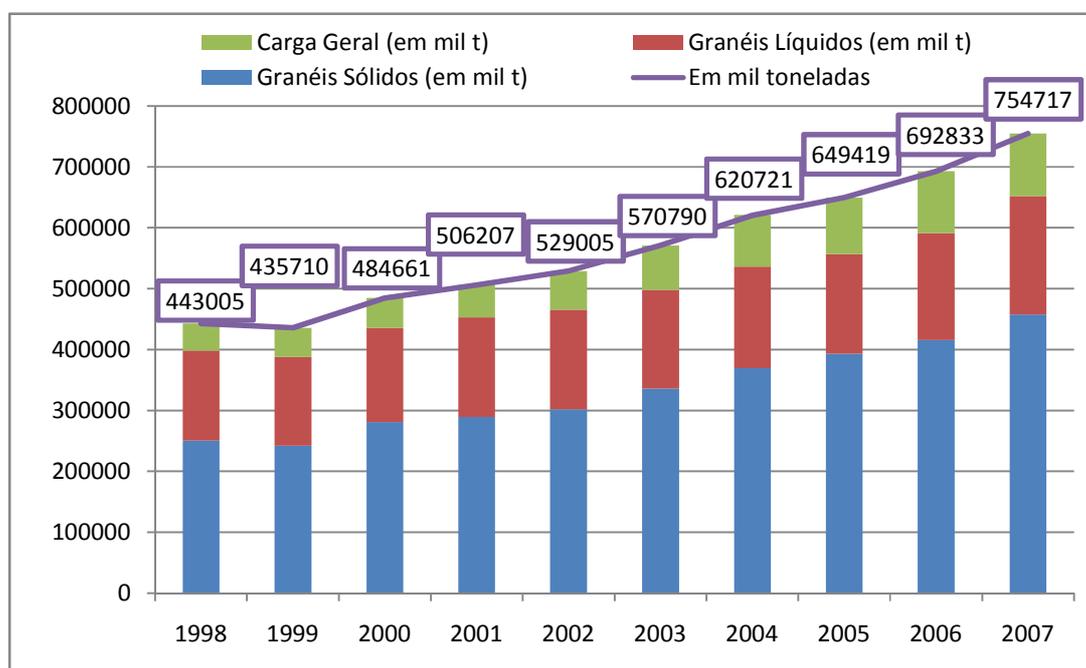
Figura 2.2 – Evolução da Movimentação de Contêineres no Brasil, de 2003 a 2007



Fonte: Anuários Estatísticos da ANTAQ.

Já o Gráfico 2.3 apresenta a evolução e a divisão do tipo da carga nos últimos dez anos. Os dados mostram um aumento 130% no volume de cargas gerais no período, enquanto os grânéis sólidos e líquidos aumentaram 82% e 31% respectivamente. Pode-se perceber percentualmente na divisão entre os tipos de carga, que as cargas gerais representavam 10% do total em 1998, e passaram para quase 14% no ano de 2007. Já os grânéis sólidos evoluíram de 56% do total para se tornarem 61% em 2007, em detrimento dos grânéis líquidos que passaram de 33% há dez anos para 26% no ano passado.

Figura 2.3 – Evolução da Movimentação de Cargas no Brasil, por tipo de carga, de 1998 a 2007



Fonte: Anuários Estatísticos da ANTAQ.

2.4- Principais Gargalos

Os incrementos cada vez maiores nos volumes de exportações e importações acabam por desnudar ineficiências e gargalos antes adormecidos no Brasil. Esses entraves, que vão desde burocracia excessiva até deficiências em infra-estrutura, impedem o país de aproveitar as boas perspectivas e o vigor do comércio exterior.

Na parte de infra-estrutura, os principais gargalos são os baixos calados nos portos brasileiros, e a falta ou limitação das linhas rodo-ferroviárias para escoar as mercadorias. Em relação à dragagem, uma pesquisa do Centro de Estudos de Logística (CEL) do Instituto Coppead-UFRJ, de 2005, revelou que com os investimentos de mais de US\$400 milhões nos últimos oito anos, os portos brasileiros aumentaram o movimento de contêineres em 178%. Mas ainda são incapazes, por exemplo, de receber navios com capacidade acima de 5 mil TEU's. O motivo para essa limitação, que pode representar uma diferença de até 50% no custo de transporte, segundo o estudo, é a falta de dragagem. Mesmo assim, as Companhias Docas que são responsáveis pela administração local dos

portos, recolhem uma taxa dos operadores para esse fim, mas acabam não realizando o serviço.

Além dos problemas nos acessos marítimos, o setor sofre com a falta de investimentos governamentais nos acessos rodo-ferroviários, causando congestionamentos e maiores custos. Filas quilométricas de caminhões são comuns no porto de Paranaguá-PR na época da safra da soja, esperando às vezes mais de 48h para descarregar a mercadoria a ser exportada.

Outro gargalo bastante grave é a burocracia presente na liberação e desembaraço de cargas no Brasil, uma média de 39 dias para contêineres, enquanto a média mundial é 25 dias. Segundo o Projeto Brasil, cujos dados estão presentes no estudo do Valor Econômico Setorial (2006), são necessárias por volta de 20 aprovações de diferentes organismos para liberar uma carga, e ainda falta informatização nos processos, o que eleva os custos aduaneiros. Além disso, o Brasil é mais caro e burocrático que países emergentes como México, Argentina, Chile, Coréia do Sul e China, sem contar os países desenvolvidos.

Um dos objetivos previstos com a privatização de algumas atividades portuárias era aumentar a eficiência e a qualidade dos serviços, além de reduzir os custos para os consumidores. Como a maior parte dos granéis sólidos e granéis líquidos já eram movimentados por terminais privados, o foco das privatizações foram os terminais de contêineres. Apesar do crescimento nos investimentos e produtividade nesse segmento, a redução de custos foi muito pequena, e segundo Saadi (2005), isso se deveu por dois motivos: a alta concentração do tráfego portuário no Porto de Santos (mais de 40%), e a baixa eficiência das ferrovias.

3- Barrilha: Aplicações e Mercados

3.1- Aplicações e Relevância da Barrilha

O carbonato de sódio, ou barrilha como é comercialmente conhecido em português (*soda ash* em inglês), é usado como matéria-prima em diversos setores, entre eles o de detergentes, mineração, tratamento de águas, químico, entre outros. Porém o maior consumidor deste insumo é o setor vidreiro, responsável por mais de 50% do volume mundial. O carbonato de sódio pode ser produzido de duas formas: através da mineração de *trona*, um tipo de rocha natural encontrada apenas nos EUA e em bem menor escala no Quênia; e pelo processo industrial chamado Solvay⁵. O processo Solvay produz a barrilha que chamamos de sintética, e é usado no mundo inteiro, com exceção dos Estados Unidos, e também dá nome à maior produtora mundial de barrilha, a europeia *Solvay Chemical and Pharmaceutical Group*.

O uso da barrilha na produção de vidro é quase que obrigatória, um processo que combina ainda areia (na proporção de mais ou menos dois para um, ou seja, o dobro de areia) e calcário, entre outros. A mistura é levada ao forno a uma temperatura por volta de 1500°C, e depois rapidamente resfriada, transformando-se em vidro. A maior contribuição do carbonato de sódio na produção de vidro é sua capacidade de reduzir a temperatura necessária para que a mistura atinja o ponto de fusão, uma vez que o aquecimento de um forno demanda muita energia, que se traduz em custos significativamente altos.

A barrilha pode ser densa ou leve, como é chamada no mercado, sendo a primeira ideal na produção de vidros e a segunda mais usada na mistura de detergentes. A principal diferença entre a barrilha natural e a sintética é menor concentração de cloro e ferro no produto natural, o que permite aos produtores de vidro utilizar uma qualidade de areia inferior, com mais ferro, a obviamente um custo menor. De uma forma simples, a quantidade de ferro na mistura é a responsável pela cor do vidro, e portanto quanto menor a concentração de ferro, mais transparente o produto final ficará. Além disso, a menor concentração de cloro aumenta a vida útil de um forno de fusão.

⁵ Em referência ao químico belga Ernest Solvay, que inventou o processo.

3.2-Mercado Mundial

De acordo com o Departamento de Geologia dos Estados Unidos, o USGS, estima-se que a produção mundial de barrilha anual seja de 45 milhões de toneladas, sendo a China o maior produtor. Os chineses passaram os ex-líderes Estados Unidos por volta de 2003. A produção chinesa vem apresentando uma taxa de crescimento de mais de 10% ao ano desde 2002, mas em razão da alta nos custos e da desaceleração da demanda chinesa em mundial acredita-se num desaquecimento em 2009. A produção na China é 100% sintética, e portanto os custos de energia pressionam mais que nos Estados Unidos, onde o processo de mineração é menos dependente de energia.

Nos Estados Unidos, conforme foi dito na Seção 3.1, a produção de carbonato de sódio é feita através da mineração de uma rocha chamada *trona*. Os maiores depósitos de *trona* no mundo foram encontrados na bacia de *Green River*, no Estado de *Wyoming*, no fim dos anos 30, mas podem ser encontrados ainda nos lagos *Owens* e *Searles* no Estado da Califórnia, e em menor escala no lago *Magadi* no Quênia. Um relatório do Departamento Geológico dos EUA de 1997 estima que um total de 127 bilhões de toneladas de *trona* esteja embaixo da bacia de *Green River*, o que na taxa de produção atual daria mais uns 2.350 anos de produção de barrilha.

Diferentemente da produção sintética pelo processo *Solvay*, que utiliza cloreto de sódio (sal comum), amoníaco e carbonato de cálcio, além de muita energia, a produção natural exige a trituração da *trona* e seu posterior aquecimento e adição de água, para então ser seca e estar pronta para o consumo. Existe ainda o processo conhecido como *Hou*, em homenagem ao químico chinês que o inventou na década de 30, que ao invés de acabar a produção de carbonato de sódio com cloreto de cálcio, acaba com cloreto de amônia, que ainda pode ser usado como fertilizante.

Em 1984, foi formada nos Estados Unidos uma agência privada com o intuito de ser o braço de exportação para barrilha produzida no país, a *American Natural Soda Ash Corporation* (ANSAC), agência essa cujos donos são os quatro maiores produtores americanos (*FMC Corporation*, *General Chemical Partners*, *Solvay North America* e *OCI Chemicals Corporation*). Com uma produção que passa das 11 milhões de toneladas por

ano, os Estados Unidos consomem anualmente em torno de 6 milhões delas, e exportam as outras 5 milhões. A Tabela 3.1 mostra a produção de barrilha dos cinco países que mais produziram em 2007.

Tabela 3.1

Produção Anual 2007 (em mil toneladas)	
China	17.720
Estados Unidos	11.100
Rússia	2.900
Alemanha	1.500
Índia	1.500
Polônia	1.118
França	1.000
Reino Unido	0.900
Turquia	0.900
Ucrânia	0.700

Fonte: Departamento de Geologia dos EUA (USGS), 2007

3.3-Mercado Nacional

O Brasil não possui atualmente nenhuma produção deste insumo, sendo obrigado a importar 100% do seu consumo. O setor vidreiro é o mais importante destino para a barrilha no país, para onde vão 65% do seu total. Ainda, a barrilha representa um dos maiores custos de matéria-prima do setor, portanto um produto de extrema importância para qualquer país que possua indústria vidreira. O país importará em 2008 por volta de 880.000 toneladas de carbonato de sódio, sendo que mais de 95% deste volume passa pelos seis portos que será estudado neste trabalho.

A Tabela 3.2 mostra o total produzido e importado no Brasil de 2005 a 2007, assim como a distribuição percentual entre países de origem da importação (ou produção nacional).

Tabela 3.2

Percentagem da Importação e Produção Anual			
	2005	2006	2007
Brasil (Produção)	22.42%	5.49%	0
Estados Unidos	50.58%	64.57%	67.71%
Espanha	20.65%	18.94%	24.10%
Argentina	1.10%	6.02%	3.41%
Bulgária	4.52%	2.74%	1.44%
Reino Unido	0.03%	0.64%	0.77%
Itália	0.03%	0.12%	0.73%
Ucrânia	0.00%	0.30%	0.50%
Alemanha	0.00%	0.00%	0.47%
China	0.05%	0.65%	0.25%
Total Importado e Produzido (em mil toneladas)	770.193	773.960	804.170

Fonte: Secretaria de Comércio Exterior, Ministério do Desenvolvimento

Como pode ser visto na Tabela 3.2 acima, os EUA foram os maiores exportadores de barrilha para o mercado nacional brasileiro, seguidos pela Espanha e menos significativamente pela Argentina. Os EUA, através da ANSAC, representam uma fatia de volume muito significativa para a indústria brasileira que consome carbonato de sódio, e isso pode ser explicado tanto pela qualidade do produto natural frente ao sintético, e mais ainda pela vantagem que possui em relação ao frete marítimo, por ser mais perto do Brasil que a Europa e principalmente que a Ásia. Pelo produto ser de baixo valor agregado, por volta de 300 dólares por tonelada⁶, o valor do frete marítimo faz uma enorme diferença no preço em que a mercadoria chega ao Brasil.

A importância da Espanha no cenário de importação de barrilha vem do país ibérico ser a localização de uma importante fábrica da *Solvay Chemical and Pharmaceutical Group*. Esse grupo, considerado o maior produtor mundial de carbonato de sódio, possui fábricas em 7 países da Europa, são eles: Espanha, Portugal, Bulgária, Itália, Alemanha (2),

⁶ Preço meramente ilustrativo, em dólares por tonelada do material no porto de exportação dos EUA, sem o frete marítimo.

França e Estados Unidos⁷. A China ainda não é considerada uma participante de peso no mercado brasileiro devido à sua distância e, por conseguinte pelo alto custo do frete marítimo. Além disso, a Argentina possui uma planta de barrilha, a *Alcalis de la Patagonia*, ou ALPAT, com capacidade produtiva anual de 250.000 mil toneladas⁸.

Pode-se notar também que o Brasil teve uma redução extremamente significativa entre 2005 e 2006, até zerar sua produção em 2007. Isso se deveu ao fato de que a única produtora brasileira, a Companhia Nacional de Álcalis, interrompeu sua produção e fechou suas portas em maio de 2006. A Álcalis, como é mais conhecida, teve seu projeto criado pelo governo Vargas em 1943, devido a necessidade de produzir barrilha e soda cáustica no país, fundamentais para a criação de uma indústria de base como queria o então presidente. Na época, os EUA eram responsáveis por quase 50% da produção de álcalis sódicos, mas exportavam apenas 5%. Por esse motivo, a implantação de uma fábrica no Brasil não traria nenhuma perda à indústria norte-americana, e foi assim que o governo Vargas, no período da política de boa vizinhança com os EUA, conseguiu convencer os americanos de uma ajuda financeira para montar a Companhia Nacional de Álcalis. O Projeto Cabo Frio, que tentava viabilizar a construção da CNA, mostrava-se totalmente inserido nos ideais industrializantes do governo Vargas. Entretanto a implantação demorou mais que o esperado, os investimentos norte-americanos não se materializaram, e somente em 1953 foram assinados os contratos de construção e importação de equipamentos com empresas francesas.

A CNA funcionou até 1992 como uma sociedade mista com controle nas mãos do Estado, e até então a importação de carbonato de sódio só podia ser feita para a Álcalis, para complementar o déficit entre sua produção e a demanda brasileira. Em dezembro de 1990, já no governo Collor, as importações de barrilha foram abertas, e um ano e meio depois, já no Programa Nacional de Desestatização, a empresa foi privatizada e comprada com créditos do BNDES pelo grupo Fragozo Pires. A Álcalis ainda duraria 14 anos sob comando privado, mas seus custos elevados e superiores aos concorrentes estrangeiros,

⁷ Solvay North America, subsidiária do Grupo Solvay.

⁸ Fonte: Site da ALPAT: <www.alpat.com.ar>

aliada a falta de investimentos na modernização e combate aos gargalos operacionais resultaram em dificuldades financeiras, e finalmente no seu fechamento em maio de 2006.

4-Metodologia

4.1-Introdução

O método a ser usado na comparação e medição da eficiência operacional desses diferentes portos é a Análise Envoltória de Dados, ou *Data Envelopment Analysis* (DEA), uma técnica de programação linear para a medição de eficiência ou desempenho de empresas ou pessoas, chamadas pela literatura de DMU (*Decision Making Unit*). O objetivo dessa aproximação é medir o quão eficientemente uma DMU usa os insumos disponíveis para gerar um conjunto de produto (Charnes *et al.* 1978).

A medida mais simples de eficiência ou desempenho é o coeficiente entre Produto e Insumo:

$$\frac{\text{Produto}}{\text{Insumo}} \quad (1)$$

As medidas comuns de produtividade também assumem a forma de coeficiente quando são usadas para medir o desempenho de uma produção por trabalhador, por exemplo, e são chamadas de medidas parciais de produtividade⁹. Essa terminologia pretende diferenciá-las das produtividades totais dos fatores¹⁰, quando esta última busca o coeficiente entre produto e insumo que leva em conta todos os produtos e insumos. A inclusão de todas as medidas parciais de produtividade para atingir as medidas totais de fatores de produtividade evita atribuir ganhos ou perdas a um fator que podem na verdade pertencer a outro fator. Entretanto a escolha equivocada dos insumos e produtos a serem analisados assim como seus pesos relativos pode causar desvios na medida final.

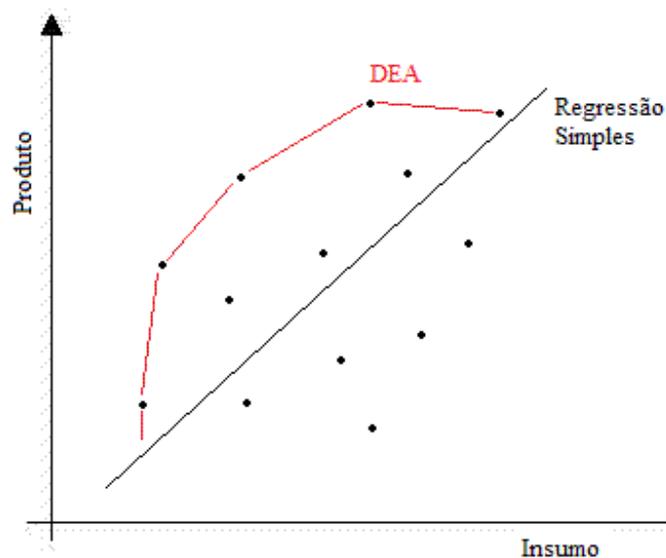
O modelo DEA não exige que se atribua pesos relativos a cada insumo e produto, como no modelo de coeficiente acima, e também não necessita da fórmula funcional que é exigida numa regressão estatística. Existe uma diferença fundamental entre a análise via regressão e o modelo DEA: A primeira reflete uma média ou tendência central das observações, enquanto o a DEA estima o melhor desempenho e calcula todos os desempenhos através das distâncias até a fronteira. Além disso, existem outras vantagens

⁹ *Partial Productivity Measures; Cooper, William W. (1999), Data Envelopment Analysis*

¹⁰ *Total Factor Productivity Measures; Cooper, William W. (1999), Data Envelopment Analysis*

do modelo DEA, como sua possibilidade de identificar o tamanho e a origem das ineficiências de cada insumo ou produto de cada DMU. E ainda sua propriedade de alcançar e identificar os DMU's que são *benchmarks* de eficiência, usados para amparar a busca pelas origens e tamanho das ineficiências.

Figura 4.1



4.2-Produtividade X Eficiência

É interessante num primeiro momento definir eficiência, e ao mesmo tempo esclarecer a diferença entre eficiência e produtividade. Eficiência é o quanto se produz em relação ao que se poderia produzir, portanto um conceito relativo e medido geralmente em porcentagem. Já a produtividade é o quanto se produz em relação aos insumos utilizados na produção, e é expressa em forma de coeficiente de unidades produzidas por unidade de recurso usado.

Nesse caso, a produtividade de uma DMU_i , com apenas um insumo X e um produto Y, pode ser escrita da seguinte forma:

$$\text{Produtividade } DMU_i = \frac{\text{Quantidade do Produto Y de } DMU_i}{\text{Quantidade do Insumo de } DMU_i} \quad (2)$$

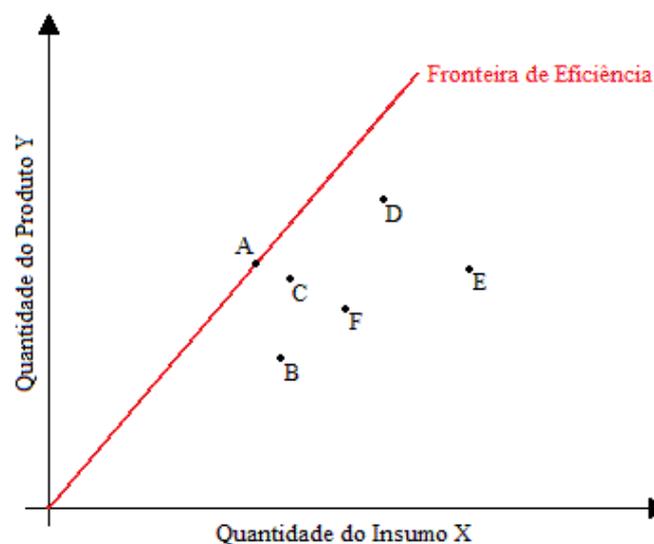
Como a eficiência é o quanto se produz em relação à melhor produção possível com a melhor técnica e um nível ótimo de fatores disponíveis, podemos escrever a eficiência da DMU_i da seguinte maneira:

$$\text{Eficiência } DMU_i = \frac{\text{Produtividade } DMU_i}{\text{Produtividade } DMU_{benchmark}} \quad (3)$$

A $DMU_{benchmark}$ representa a DMU de referência, ou seja, a DMU mais eficiente.

No exemplo gráfico abaixo, com empresas de A a F e com apenas um insumo x e um produto y, temos a empresa “A” como mais eficiente, uma vez que ela tem a maior produtividade, ou seja, consegue produzir mais unidades de y por unidade de x. Portanto podemos dizer que “A” é a DMU mais eficiente entre as presentes no exemplo.

Figura 4.2



Ainda, podemos definir a linha que passa pela origem e pelo ponto “A” como a fronteira de eficiência¹¹. Os pontos que compõe essa reta possuem a mesma produtividade, medida pelo ângulo entre o eixo X e a reta.

¹¹ Nesse caso em um modelo de Retornos Constantes de Escala, que será explicado mais adiante.

A utilização deste modelo matemático nos levará a estimar uma fronteira de possibilidade de produção empírica que descreve a quantidade máxima de produto que é possível atingir a partir de um número de insumos. Estes insumos e produtos virão de uma amostra de dados sobre os portos que fazem parte deste projeto, para assim medirmos a eficiência de cada um a partir de sua distância até a curva ótima que foi gerada pelo modelo DEA.

4.3-História e Evolução

Nas últimas duas décadas, a Análise Envoltória de Dados surgiu como uma importante ferramenta para a medição de eficiência, tanto no setor privado como no público, onde neste último é bastante usado por reguladores de mercado. Dentre as principais responsabilidades dos reguladores dos setores de infra-estrutura é a elaboração e implementação dos processos regulatórios que assegurarão uma distribuição de lucros justa da transferência de monopólios ou oligopólios para o setor privado. Por isso, os reguladores precisam ser capazes de verificar se os agentes estão sempre tentando melhorar a eficiência de seus setores.

O modelo foi primeiramente estudado por Farrell (1957), que aproveitando os trabalhos de Debreu (1951) e Koopmans (1951), desenvolveu uma medida simples e segura de eficiência que podia incluir múltiplos insumos. Farrell dividiu a eficiência de uma DMU em dois componentes distintos: eficiência técnica, que consiste na sua habilidade em obter o nível máximo de produto a partir de um dado número de insumos, e a eficiência alocativa, que reflete a forma com que uma DMU consegue alocar otimamente seus insumos, dados seus respectivos preços.

Com base nos trabalhos realizados por Farrell (1957), Charnes, Cooper e Rhodes (1978) desenvolveram um trabalho feito sobre programação matemática voltado para a medição de eficiência de escolas públicas americanas, mas de uma maneira que não precisasse estimar arbitrariamente pesos relativos para cada insumo ou produto. Este foi o primeiro modelo DEA, que é conhecido como CCR, em homenagem a seus idealizadores.

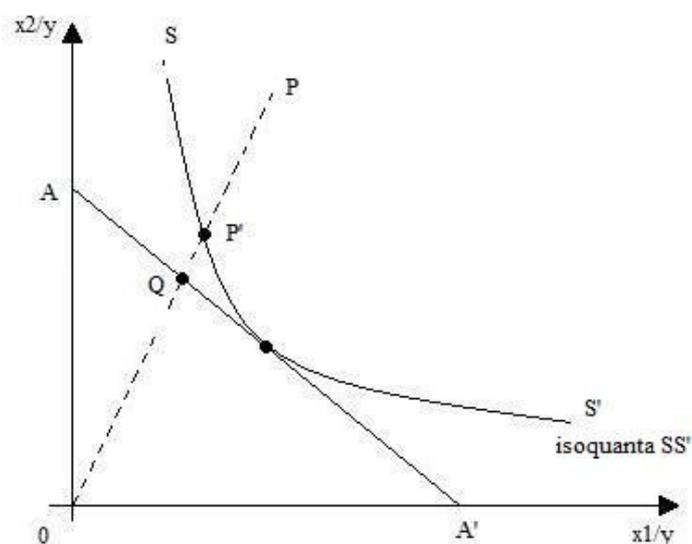
Alguns anos mais tarde, Banker, Charnes e Cooper (1984) divulgaram um estudo em que abandonaram a suposição de RCE, Retornos Constantes de Escala. Assim, estava relaxada a hipótese de que os retornos tinham que ser constantes na fronteira de eficiência, permitindo rendimentos crescentes ou decrescentes. Esse novo modelo, que ganhou o nome de BCC permitiu que o uso da técnica DEA fosse ampliado para diversos setores ao se aproximar da realidade.

4.4-O Modelo DEA

4.4.1-Abordagem *Input*-Orientada

Para a abordagem *Input*-Orientada utilizaremos uma situação de uma DMU que precisa de dois insumos (*input*), x_1 e x_2 , para produzir um único produto (*output*), y . Ainda, considera-se que a função produção da firma é conhecida e que os retornos de escala são constantes. A curva SS' no gráfico abaixo representa diversas combinações dos insumos x_1 e x_2 que as DMUs eficientes utilizam por unidade de produto produzido, ou seja, uma isoquanta, e é a partir dela que é possível calcular a eficiência técnica (ET). A curva AA' representa o coeficiente entre os preços dos dois insumos e permite o cálculo da eficiência alocativa (EA), ambas explicadas na Seção 4.3.

Figura 4.3



Imaginemos que uma empresa (DMU) utiliza a combinação de insumos definida pelo ponto P na Figura 4.3 para produzir uma unidade de produto. Já o ponto P' representa uma empresa eficiente hipotética que usa quantidade menor dos dois insumos, mas na mesma proporção que P, e para produzir a mesma quantidade de produto. A eficiência técnica (ET) *input*-orientada é dada por:

$$ET = OP'/OP \quad (4)$$

O valor de um mostra uma empresa totalmente eficiente. O ponto P' é tecnicamente eficiente, pois está sobre a curva Isoquanta eficiente.

Já a eficiência alocativa pode ser calculada levando em conta a restrição orçamentária que definimos como AA', e, portanto ela pode ser dada por:

$$EA = OQ/OP' \quad (5)$$

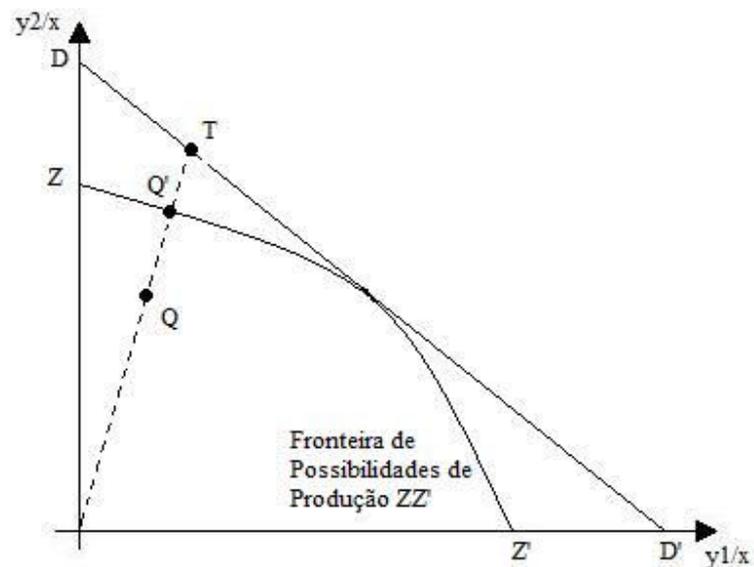
A eficiência total (EC) pode ser representada pela multiplicação das eficiências técnica e alocativa, como a seguir:

$$EC = ET \times EA = OQ/OP \quad (6)$$

4.4.2-Abordagem *Output*-Orientada

Na Abordagem *Output*-Orientada, tomemos um exemplo agora com dois produtos (*outputs*), y_1 e y_2 , e apenas um insumo (*input*), x , onde se supõe uma quantidade fixa desse insumo. Novamente considerando retornos constantes de escala, agora a curva é uma fronteira de possibilidades de produção, e é representada por ZZ' na Figura 4.4. O ponto Q representa uma empresa (DMU) ineficiente e se tivermos os preços, podemos definir a curva DD', a curva Isocusto. Note que agora a curva ZZ' representa o máximo que se pode ir, e por isso o ponto ineficiente Q está abaixo dela.

Figura 4.4



Nessa abordagem, a distância QQ' representa a ineficiência técnica, ou o montante em que os produtos podem aumentar sem a necessidade de incremento nos insumos. A eficiência técnica (ET) *output*-orientada é:

$$ET = OQ/OQ' \quad (7)$$

A Isocusto DD' nos dá a eficiência alocativa (EA)

$$EA = OQ'/OT \quad (8)$$

Conseqüentemente, a eficiência total (EC) é:

$$EC = ET \times EA = OQ/OT \quad (9)$$

4.4.3-Modelo CCR (Cooper, Charnes e Rhodes)

Primeiramente, é interessante discutir um pouco sobre os pesos que são atribuídos para cada insumo (*input*). Uma empresa que utiliza mais de um insumo na sua produção, atribui importância diferente para cada um deles. A grande vantagem do modelo DEA, é sua habilidade de distribuir os pesos relativos de uma forma ótima através da solução de um

problema matemático. O modelo CCR, que pode ser também chamado de CRS (*Constant Returns to Scale*), irá determinar a máxima razão possível entre as somas ponderadas dos produtos e insumos de cada DMU. Como temos nesse caso retornos constantes de escala, aumentos (ou reduções) nos insumos resultarão em aumentos (ou reduções) proporcionais nos produtos. Portanto, ilustremos essa situação para a DMU_i:

$$\frac{\sum_{i=1}^s u_i \times P_i}{\sum_{i=1}^r v_i \times I_i} = E \quad (10)$$

onde temos: E = eficiência

P = produtos

I = insumos

s = número de produtos

r = número de insumos

u = peso dos produtos

v = peso dos insumos

Assim, o desafio é encontrar os valores de u e v, na medida em que o valor da i-ésima DMU seja maximizado. Não há uma preocupação quanto ao valor absoluto que E assumirá, e sim seu valor relativo às outras DMU's, uma vez que o valor que a DMU mais eficiente receberá é 1. Portanto, o problema da maximização do modelo básico CCR, para n unidades e avaliando a unidade $k = 0$, é:

$$\max E_0 = \frac{\sum_{j=1}^s u_j \times P_{j0}}{\sum_{i=1}^r v_i \times I_{i0}} \quad (11)$$

sujeito a:

$$\frac{\sum_{j=1}^s u_j \times P_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i \times I_{ik}} \leq 1, k = 1, 2, 3, \dots, n$$

onde temos: E_o = eficiência relativa da DMU_o

n = número de DMU's

s = número de produtos

r = número de insumos

P_{jk} = quantidade do produto j produzido pela DMU k

I_{ik} = quantidade do insumo i consumido pela DMU k

u_j = peso do produto j

v_i = peso do insumo i

O $k = 0$ apenas indica a DMU que está sendo analisada no momento.

O objetivo é obter os pesos u_j e v_i que maximizam o E da DMU_o. Segundo Cooper (2000), “devido à restrição, o valor ótimo de E é quase sempre 1”. Como estamos calculando os pesos para a DMU_o, é preciso em seguida calcular para cada DMU existente no conjunto de observações.

O modelo que foi desenvolvido é um modelo fracionário, e como qualquer múltiplo de solução ótima pode também ser uma solução ótima, ele pode ser transformado em programação linear (Charnes *et al.*, 1994). Portanto podemos criar programações lineares para duas situações distintas: Modelo CCR Insumo-Orientado e Modelo CCR Produto-Orientado.

Modelo CCR Insumo-Orientado

O procedimento a ser adotado nessa seção é primeiramente obter a maximização de E_o com a minimização dos insumos utilizados, uma vez que é insumo-orientado. Esse modelo inicial será chamado de Primal, uma vez que devido à dualidade da programação linear, pode-se construir um modelo relacionado que será chamado de Dual.

Primal:

$$\max E_0 = \sum_{j=1}^s u_j \times P_{j0} \quad (12)$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^r v_i \times I_{i0} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s u_j \times P_{j0} - \sum_{i=1}^r v_i \times I_{i0} \leq 0, k = 1, 2, 3, \dots, n$$

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

Dual:

$$\min \theta \quad (13)$$

sujeito a:

$$-P_{j0} + \sum_{k=1}^n \gamma_k \times P_{jk} \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, s$$

$$\theta \times I_{i0} + \sum_{k=1}^n \gamma_k \times I_{ik} \geq 0, \quad i = 1, 2, 3, \dots, r$$

$$\gamma_k \geq 0; \forall k$$

O que vamos encontrar no modelo Primal são os pesos u e v dos insumos e produtos, enquanto no modelo Dual encontraremos um vetor da DMU em questão que nos permite compará-la com as outras DMU's. O Primal possui $r+s$ variáveis e $r+s+r+1$ restrições, enquanto o modelo Dual possui $r+s$ restrições.

Uma forma intuitiva de encarar o modelo apresentado é estimar uma DMU imaginária, e encará-la como uma projeção da DMU que está sendo analisada (DMU_0) sobre a fronteira eficiente. Se a projeção for a própria DMU, ela será eficiente!

Agora partiremos para o modelo CCR orientado para o produto, ou seja, os insumos são fixos enquanto se tenta maximizar os produtos. Portanto na mesma ótica da interpretação anterior, mas orientada para o produto, no modelo Primal, o valor ponderado dos produtos é fixado na busca de minimizar o valor ponderado dos insumos. Já no Dual, os insumos da DMU em análise serão fixados para maximizar seus produtos.

Modelo CCR Produto-Orientado

Primal:

$$\min E_0 = \sum_{i=1}^r v_i \times I_{i0} \quad (14)$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^s u_j \times P_{j0} = 1$$

$$\sum_{i=1}^r v_i \times I_{ik} - \sum_{j=1}^s u_j \times P_{j0} \geq 0, k = 1, 2, 3, \dots, n$$

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

Dual:

$$\max \sigma \quad (15)$$

sujeito a:

$$-I_{i0} + \sum_{k=1}^n \gamma_k \times I_{ik} \leq 0, \quad i = 1,2,3,\dots,r$$

$$\sigma \times P_{j0} + \sum_{k=1}^n \gamma_k \times P_{jk} \leq 0, \quad j = 1,2,3,\dots,s$$

$$\gamma_k \geq 0; \forall k$$

4.4.4-Modelo BCC (Banker, Charnes e Cooper)

Na seção anterior, foi apresentado o modelo CCR, que assume que a fronteira de produção possui retornos constantes de escala. Entretanto no mundo real não é normalmente assim que ocorre, e várias extensões do modelo CCR foram propostas, e a mais significativa delas foi o modelo de Banker, Charnes e Cooper, conhecido como BCC, ou como VRS (*Variable Returns to Scale*). Nesse caso, um acréscimo nos insumos pode provocar acréscimo não necessariamente proporcional nos produtos.

Para partir do modelo CCR para o modelo BCC, é preciso incluir uma nova restrição, restrição essa que vai garantir que a DMU em análise (DMU_o no último caso) seja comparada com uma combinação linear convexa das demais DMU's, ao invés de uma combinação linear somente não-negativa como no modelo CCR.

Modelo BCC Insumo-Orientado

Dual

$$\min \theta \quad (16)$$

sujeito a:

$$-P_{j0} + \sum_{k=1}^n \gamma_k \times P_{jk} \geq 0, \quad j = 1,2,3,\dots,s$$

$$\theta \times I_{i0} + \sum_{k=1}^n \gamma_k \times I_{ik} \geq 0, \quad i = 1, 2, 3, \dots, r$$

$$\sum_{k=1}^n \gamma_k = 1$$

$$\gamma_k \geq 0; \forall k$$

Como os modelos CCR e BCC têm estruturas semelhantes, as variáveis estão descritas da mesma maneira. Pode-se perceber apenas a inclusão da restrição de convexidade, $\sum_{k=1}^n \gamma_k = 1$, que permite reduzir o conjunto de possibilidades de produção viável e transforma uma tecnologia de retornos de escala constante em uma de retorno de escala variável.

Primal

$$\max E_0 = \sum_{j=1}^s u_j \times P_{j0} + x_0 \quad (17)$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^r v_i \times I_{i0} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s u_j \times P_{j0} - \sum_{i=1}^r v_i \times I_{i0} + x_0 \leq 0, k = 1, 2, 3, \dots, n$$

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

x_0 irrestrito

No multiplicador Primal, Barnes, Charnes e Cooper incluíram a variável livre x_0 , que está ligada diretamente aos retornos de escala. Portanto, ela é a indicação dos retornos de escala, conforme esquema a seguir:

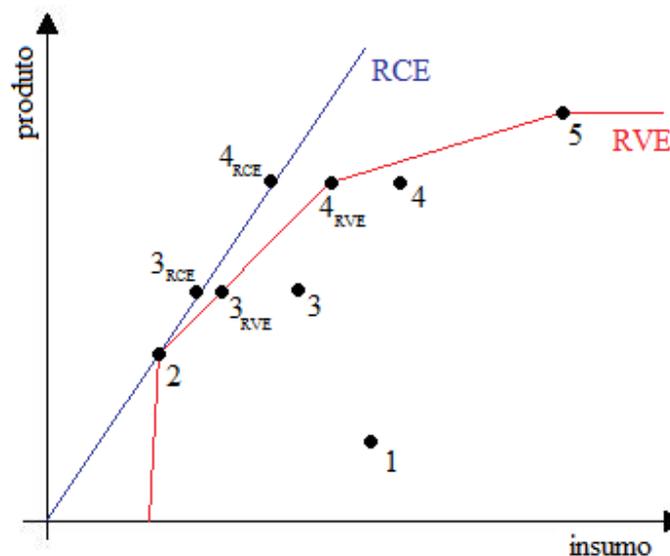
$x_o < 0 \Rightarrow$ retornos crescentes de escala

$x_o = 0 \Rightarrow$ retornos constantes de escala

$x_o > 0 \Rightarrow$ retornos decrescentes de escala

Numa tentativa de comparar os dois modelos, elaborou-se um exemplo com apenas um insumo e um produto, insumo-orientado e cinco DMU's (1,2,3,4,5), conforme a Figura 4.5 a seguir.

Figura 4.5



A curva azul representa a fronteira de eficiência do modelo CCR, ou com Retornos Constantes de Escala (RCE na Figura 4.5), e a curva vermelha indica a fronteira do modelo BCC, ou com Retornos Variáveis de Escala (RVE na Figura 4.5). Pode-se perceber que a única DMU eficiente nos dois modelos é a DMU 2, uma vez que ela está tanto na RCE como na RVE. As DMU's 1, 3 e 4 são ineficientes, e suas ineficiências podem ser vistas pelas distâncias entre elas e seus respectivos pontos nas fronteiras RCE e RVE.

4.5-Índice de Malmquist

Em homenagem ao professor sueco Sten Malmquist, o Índice de Malmquist ou Índice de Produtividade de Malmquist, baseia-se no conceito de função de produção. A função do Índice de Malmquist é medir variações da produtividade intertemporal, e decompor essas variações em variação técnica e variação de eficiência técnica pura.

Um Índice de Malmquist foi apresentado por Fare *et al.* (1994):

$$m_0(y_{t+1}, x_{t+1}, x_t, y_t) = \left[\frac{d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^t(x_t, y_t)} \times \frac{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2} \quad (18)$$

O valor acima indica o ponto (x_{t+1}, y_{t+1}) em relação ao ponto (x_t, y_t) . Se esse valor for maior que um, isso mostra que houve acréscimo de produtividade entre t e $t+1$. E d_0 representa uma função de distância, e deve ser resolvida dividida em quatro problemas lineares. Imaginemos Retornos Constantes de Escala, a forma de resolução é igual à equação 17, porém sem o componente dos Retornos Variáveis de Escala e com o componente intertemporal.

5-Análise da Eficiência nas Descargas de Barrilha

5.1-Introdução

A ANTAQ, assim como qualquer agência reguladora, tem a função de monitorar, fiscalizar, supervisionar e regular a atividade portuária no Brasil, além de outras funções como o planejamento e gestão das administrações portuárias e dos operadores e arrendatários.

Por isso, a agência criou o Sistema de Informações Gerencias (SIG), que possibilita a extração de dados sobre a movimentação de cargas em quase todos os portos brasileiros, mede o desempenho portuário através do recebimento de indicadores providos pelas administrações portuárias, com o intuito de verificar padrões de eficiência na prestação dos serviços, além da eficácia no atendimento às diretrizes e políticas governamentais, além de possibilitar o conhecimento público dos preços dos serviços.

A importação de Carbonato de Sódio, como foi explicada em detalhes no Capítulo 3, é feita atualmente através de seis portos nacionais: Recife-PE, Aratu-BA, Itaguaí-RJ, São Sebastião-SP, Imbituba-SC e São Francisco do Sul-SC. Estamos considerando apenas a carga que é transportada e descarregada a granel, onde está o grande volume, pois em alguns outros portos há importação de Barrilha, mas em contêineres e de volume quase insignificante.

5.2-Indicadores de Desempenho Portuário

5.2.1-Prancha Operacional

Podemos dizer que o principal indicador de desempenho de uma operação portuária é o que é chamado de Prancha Operacional, medido em unidades de peso por unidade de tempo, sendo o mais comum toneladas por dia. A Prancha Operacional indica a velocidade em que a operação está sendo feita. Uma operação portuária com uma Prancha Operacional Média de 6000 t/dia é mais eficiente que uma operação que consegue 3000 t/dia. No entanto essa medida depende de diversas variáveis como:

- a. Tipo de carga - granel sólido no caso do Carbonato de Sódio
- b. Sua higroscopia – indica capacidade ou não de operar sob chuva. A barrilha é altamente higroscópica, uma vez em contato com a água, o material empedrece.
- c. Sua densidade - uma densidade menor resulta em um volume maior, o que diminui a Prancha Operacional Média; e ainda a capacidade de operar sob forte vento
- d. Os equipamentos – equipamentos mais modernos são mais eficientes
- e. Qualidade e quantidade de mão-de-obra

5.2.2-Tempo de Espera do Navio

O mercado de fretes marítimos precifica seus serviços em dólares americanos por dia, ou seja, um navio custa um determinado valor em dólares por dia para ser arrendado ou fretado. A partir dessa taxa, pode-se calcular o número de dias prováveis de uma viagem específica e o peso da carga que esse navio transportará, e portanto tem-se o valor em dólares por tonelada para a viagem. Isso significa que qualquer hora perdida em uma operação representa dinheiro.

A empresa que contrata um frete marítimo, excluindo o caso de contêineres, chega a um acordo com o armador (empresa dona do navio), de qual será a Prancha Operacional contratada para aquela operação de carregamento ou descarga, normalmente um pouco acima do que o porto efetivamente consegue atingir. Assim, se após a operação for verificado uma Prancha Operacional superior à contratada, o armador deve pagar ao contratante um valor chamado em inglês de *despatch*, premiando-o por ter operado mais rapidamente que o contratado. Entretanto se a operação passar da Prancha Operacional contratada, o contratante deve pagar ao armador o *demurrage*. As taxas de *despatch* e *demurrage* (*Demurrage* é sempre 2 vezes o valor do *despatch*), são também negociadas anteriormente.

É por essa razão que o Tempo de Espera do Navio, medido normalmente em horas, é importante na análise de desempenho portuário. Esse indicador mede o tempo em que o navio chega ao porto (no momento que ele comunica ao porto que chegou), até hora em que

ele realmente atraca para poder começar a operar. Um porto mais congestionado possui tempo de espera maior que um porto mais ocioso.

5.2.3-Custos

Os principais custos numa operação portuária são:

- a. Custo da Estiva ou Desestiva: é o principal custo de uma operação, e normalmente compreende toda a mão-de-obra necessária (provida pelo porto ou operador portuário), além dos equipamentos necessários.
- b. Custo da Atracação: mais comum em portos privados
- c. Custo do Vira: representa o custo do transporte entre o armazém e o berço, feito no Brasil na maioria das vezes por caminhões (no caso do Carbonato de Sódio, somente por caminhões).
- d. Custo da Pesagem: representa o custo do uso da balança do porto, normalmente medido por caminhão.
- e. Taxas Portuárias

5.2.4-Instalações e Equipamentos

Um porto possui diversas instalações físicas, necessárias para operar. São eles os cais, cada um dele com um ou mais berços de atracação; o calado, que quanto maior for, maiores os navios que conseguem nele atracar; os pátios para armazenagem de carga geral e graneis sólidos; os armazéns cobertos, para cargas sensíveis ao céu aberto; os tanques, para graneis líquidos; entre outros. Entre os equipamentos, podemos citar: os guindastes, responsáveis pelo carregamento e descarregamento de navios de graneis sólidos e carga geral; os *portainers*, guindastes especializados na movimentação de contêineres; as moegas, que agem como um funil para escoar o granel sólido do guindaste para um caminhão ou vagão de trem; as esteiras, usadas principalmente em exportações, para fazer correr o produto do armazém diretamente ao navio no embarque; entre outros como balanças, empilhadeiras e tratores.

5.2.5-Fonte dos Dados

Os dados foram coletados no SIG da ANTAQ, nos relatórios anuais de Desempenho Portuário também da ANTAQ, junto às autoridades portuárias locais (DERSA-SP, Porto do Recife S.A., Companhia de Docas do Rio de Janeiro), e às empresas Litoral Agência Marítima Ltda. (agência marítima em São Francisco do Sul-SC) e SCS Comercial e Serviços Químicos S.A. (importador de Carbonato de Sódio).

5.3-Dados

Os portos a serem analisados quanto a sua eficiência através do modelo DEA são os seis com importação relevante de barrilha: Recife-PE, São Sebastião-SP, Itaguaí-RJ, São Francisco do Sul-SC, Aratu-BA e Imbituba-SC. Como a amostra ficaria reduzida a seis observações, utilizamos a técnica de obter os dados em anos diferentes, ou seja, estaremos analisando os dados referentes a 2005, 2006 e 2007, o que nos dará um total de dezoito observações. Portanto, como as observações foram consideradas independentes, elas permitirão comparar os resultados de um mesmo porto ao longo do período e não, apenas, em relação a outros em um determinado ano. A aplicação do modelo só é possível, pois os portos são tecnologicamente semelhantes, ou seja, nenhum das observações possui uma vantagem tecnológica altamente significativa.

Como foi explicado ao longo do Capítulo 4, o modelo DEA analisa a eficiência a partir de insumos e produtos de cada observação. Na seleção dos insumos, foram escolhidos duas características de cada porto, referentes a sua instalação física: o Número de Berços de Atracação que o porto possui, ou seja, quantos navios em tese conseguiriam atracar ao mesmo tempo no porto; e a Soma dos Comprimentos dos Berços, uma vez que navios maiores precisam de berços mais compridos, enquanto dois navios pequenos às vezes conseguem atracar em apenas um berço. A idéia na seleção destes insumos foi tentar quantificar qual seria a capacidade física destes portos, em receber navios. É claro que essa hipótese é limitada, uma vez que existem vários outros fatores que são importantes na capacidade, como equipamentos, armazenagem, mão-de-obra. Entretanto, como estes itens têm especificações diferentes e cada porto tem sua particularidade, a comparação com estes últimos itens ficaria enviesada.

Já na escolha dos produtos, os indicadores são: Quantidade Total Movimentada, em toneladas, o Número de Navios e por último a Prancha Operacional Média, dada em toneladas por dia. Os dois primeiros se referem ao volume de carga anual transportada através do porto, incluindo todos os tipos de carga, e tanto embarque como desembarque. A Prancha Operacional, como foi explicada na Seção 5.2.1, é uma medida de eficiência portuária, pois mede quanto o porto consegue embarcar ou desembarcar por dia de operação. A tabela 5.1 mostra os insumos e produtos a serem usados no modelo DEA:

Tabela 5.1 – Insumos e Produtos

Insumos	Produtos
Número de Berços de Atracação (em unidades)	Movimentação Total (em toneladas)
Soma dos Comprimentos dos Berços (em metros)	Prancha Operacional Média (em toneladas/dia)
	Número de Navios Operados (em unidades)

Algumas observações devem ser feitas quanto aos dados:

- a. Como os portos são diferentes entre si em relação ao tipo de carga transportada, e o tipo de carga é determinante na medida da Prancha Operacional, foi considerado apenas a Prancha Operacional das operações de graneis sólidos de cada porto. Só para se ter uma idéia, quase 90% da movimentação do Porto de Aratu é de graneis líquidos, e a Prancha Operacional de graneis líquidos é substancialmente superior que a de graneis sólidos, e portanto haveria um viés na comparação com os outros portos.
- b. Foram excluídas da obtenção dos dados os terminais privados MBR, da Vale em Itaguaí-RJ, e Almirante Barroso, pertencente à Petrobrás em São Sebastião-SP. A exclusão se deve a dificuldade em obter indicadores dessas operações, e por serem muito grandes, minimizariam qualquer efeito das outras movimentações nesses portos. Por exemplo, o TEBAR (Terminal Almirante Barroso) em São Sebastião-SP, representa 99% do volume total do porto, mas utiliza cais e equipamentos diferentes.

- c. Como os insumos indicam instalações físicas do porto, e não indicaram mudanças entre os anos de 2005 e 2007, os mesmos valores serão usados como insumos para os três anos.

Tabela 5.2 – Produtos Observados

PRODUTOS	RECIFE	SÃO FRANCISCO DO SUL	ITAGUAÍ	SÃO SEBASTIÃO	ARATU	IMBITUBA
Movimentação Total (t)						
2005	2,274,454	7,052,079	28,824,862	462,189	28,397,333	1,471,551
2006	2,297,282	5,979,104	29,694,079	567,482	28,128,926	1,472,872
2007	2,385,743	6,912,479	38,872,446	498,130	30,358,587	1,467,285
Prancha Operacional (t/dia)						
2005	2,502	9,164	3,761	3,050	3,033	4,743
2006	2,764	9,235	3,838	4,541	3,285	6,201
2007	2,954	9,740	4,000	3,914	2,259	5,822
Número de Navios						
2005	484	710	672	42	640	214
2006	385	728	583	46	638	206
2007	350	692	686	54	562	149

Tabela 5.3 – Insumos Observados

INSUMOS	RECIFE	SÃO FRANCISCO DO SUL	ITAGUAÍ	SÃO SEBASTIÃO	ARATU	IMBITUBA
Número de Berços	16	4	7	1	6	4
Soma do Comp. dos Berços (m)	2960	750	1350	150	1155	577

5.4-Resultados

Usaremos o programa gratuito DEAP 2.1 para gerar os resultados do modelo DEA. Nele é criada uma matriz onde as colunas contêm os produtos e depois os insumos, e as linhas representam as observações, começando com 2005 e indo até 2007. O primeiro modelo a ser gerado considera retornos variáveis de escala, uma vez que os retornos são decrescentes, e vai medir a eficiência técnica e de escala entre os portos. As medidas de

eficiência geradas serão produto-orientadas, uma vez que consideram insumos como dados, e vão medir a eficiência pelo nível de produto obtido. Os resultados do programa DEAP são mostrados a seguir, na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Resultados I

PORTO	ANO	EFICIÊNCIA TÉCNICA RCE ¹²	EFICIÊNCIA TÉCNICA RVE ¹³	EFICIÊNCIA DE ESCALA
RECIFE	2005	0.173	0.538	0.322
SÃO FRANCISCO DO SUL	2005	1.000	1.000	1.000
ITAGUAÍ	2005	1.000	1.000	1.000
SÃO SEBASTIÃO	2005	1.000	1.000	1.000
ARATU	2005	1.000	1.000	1.000
IMBITUBA	2005	0.536	0.641	0.836
RECIFE	2006	0.134	0.463	0.289
SÃO FRANCISCO DO SUL	2006	1.000	1.000	1.000
ITAGUAÍ	2006	1.000	1.000	1.000
SÃO SEBASTIÃO	2006	1.000	1.000	1.000
ARATU	2006	1.000	1.000	1.000
IMBITUBA	2006	0.529	0.787	0.672
RECIFE	2007	0.128	0.415	0.308
SÃO FRANCISCO DO SUL	2007	1.000	1.000	1.000
ITAGUAÍ	2007	1.000	1.000	1.000
SÃO SEBASTIÃO	2007	1.000	1.000	1.000
ARATU	2007	0.913	0.935	0.976
IMBITUBA	2007	0.468	0.722	0.648
MÉDIA		0.771	0.861	0.836
VARIÂNCIA		0.116	0.044	0.072

Segundo os números obtidos pelo modelo DEA, dados os insumos e produtos, verificamos eficiência técnica máxima em todos os anos nos portos de São Francisco do Sul, Itaguaí e São Sebastião, tanto com retornos constantes como com retornos variáveis de escala. Podemos dizer que esses portos fazem parte da curva de eficiência desse modelo. O porto de Aratu apresentou eficiência técnica máxima nos anos de 2005 e 2006, mas em 2007 mostrou uma queda na sua eficiência de quase 9 pontos percentuais com retornos constantes e 6,5 pontos percentuais com retornos variáveis.

¹² Retornos Constantes de Escala

¹³ Retornos Variáveis de Escala

O porto de Imbituba apresentou uma eficiência técnica de 64,1% em 2005, com retornos variáveis de escala, mas melhorou em 2006 e 2007, atingindo 78,7% e 72,2% respectivamente. Já o porto de Recife, segundo o modelo que estimamos, se mostrou o mais ineficiente nas suas operações, atingindo 53,8%, 46,3% e 41,5% em eficiência técnica com RVE, nos três anos analisados, respectivamente. Na média, a eficiência técnica foi de 86,3% com retornos variáveis em 2005, 87,5% em 2006 e 84,5% em 2007, perfazendo uma média de 86% no período dos três anos.

Uma segunda aplicação do modelo DEA é a utilização do Índice de Malmquist, ou também chamado de Índice de Produtividade Total dos Fatores (PTF), que mede a produtividade em um período (um ano no nosso caso), e a decompõe em Mudança Tecnológica, Mudança de Eficiência Técnica Pura (Mudança de ETP), Mudança de Eficiência de Escala. Esse modelo mede variações de um período para outro, e portanto pode ter valores maiores que 1. As Tabelas 5.5 e 5.6 a seguir mostram os indicadores do ano 2005 para 2006 e de 2006 para 2007.

Tabela 5.5 – Resultados II, de 2005 para 2006

DE 2005 PARA 2006	MUDANÇA TECNOLÓGICA	MUDANÇA ETP	MUDANÇA EF. DE ESCALA	PTF
RECIFE	1.025	0.861	0.902	0.795
SÃO FRANCISCO DO SUL	0.999	1.000	1.000	0.999
ITAGUAÍ	0.994	1.000	1.000	0.994
SÃO SEBASTIÃO	1.434	1.000	1.000	1.434
ARATU	0.998	1.000	1.000	0.998
IMBITUBA	1.167	1.228	0.803	1.151
MÉDIA	1.103	1.015	0.951	1.062

Tabela 5.6 – Resultados III, de 2006 para 2007

DE 2006 PARA 2007	MUDANÇA TECNOLÓGICA	MUDANÇA ETP	MUDANÇA EF. DE ESCALA	PTF
RECIFE	0.951	0.896	1.068	0.909
SÃO FRANCISCO DO SUL	0.994	1.000	1.000	0.994
ITAGUAÍ	1.207	1.000	1.000	1.207
SÃO SEBASTIÃO	0.895	1.000	1.000	0.895
ARATU	1.173	0.935	0.977	1.071
IMBITUBA	0.954	0.918	0.964	0.844
MÉDIA	1.029	0.958	1.002	0.987

Podemos notar que do ano 2005 para o ano 2006, a Recife obteve um ganho em Mudança Tecnológica, porém apresentou perda em Produtividade Total dos Fatores, que pode ser explicada pela queda em Eficiência Técnica Pura. São Sebastião também apresentou ganhos na Mudança Tecnológica, o que foi responsável por seus ganhos de Produtividade Total. Já Imbituba, que também apresentou ganhos no mesmo indicador, obteve ainda ganhos de Eficiência Técnica Pura. Os outros três portos apresentaram leves perdas de Mudança Tecnológica, o que resultou em pequenas perdas de Produtividade Total dos Fatores entre 2005 e 2006. Na média, obteve-se um ganho em produtividade de 6,2% nesse período.

No entanto, de 2006 para 2007, obteve-se uma leve perda em PTF, resultado apenas de uma perda em Eficiência Técnica Pura. Notamos uma queda na produtividade em Recife e Imbituba, que no período anterior tinham apresentado ganho. Ainda uma queda em São Sebastião, explicada somente pela Mudança Tecnológica. Neste período, somente Itaguaí e Aratu apresentaram ganhos no Índice de Malmquist (PTF), de 20,7% e 7,1% respectivamente. Vale notar ainda, que apenas Recife e São Francisco do Sul apresentaram perdas no índice nos dois períodos.

5.5-Preços dos Serviços

Até agora a análise entre os portos foi em torno da sua eficiência, dados suas instalações físicas, a fim de obtermos os portos mais eficientes entre os que movimentam barrilha. Entretanto um importante dado na hora de determinar ou decidir o porto a ser

usado, mesmo que ele seja mais eficiente que os outros, é o preço dos serviços relacionados à descarga do carbonato de sódio.

Foi feita uma pesquisa com dados da ANTAQ, com as autoridades portuárias dos portos em análise, e com operadores portuários a fim de obtermos os preços dos serviços de descarga de barrilha no Brasil. Dos seis portos pesquisados, decidimos por eliminar dois (Aratu e Imbituba) da análise, devido à falta ou à dificuldade em conseguir preços para esses portos. A tabela a seguir mostra os preços de operação por tonelada. Os preços foram normalizados para efeito de comparação, e portanto o preço do porto mais baixo vale 1. Compõem os preços por tonelada:

- a. Preço da Desestiva
- b. Preço do Vira (km/t)
- c. Preço da Pesagem
- d. Taxas Portuárias

Tabela 5.7 – Comparativo dos Preços dos Serviços

ANO	RECIFE	SÃO FRANCISCO DO SUL	ITAGUAÍ	SÃO SEBASTIÃO
2005	1.000	1.475	1.494	1.093
2006	1.026	1.485	1.648	1.258
2007	1.030	1.493	1.609	1.307
MÉDIA	1.019	1.484	1.584	1.219

Podemos perceber que o porto de Recife é o que cobra o menor preço em todos os anos, seguido de São Sebastião, São Francisco do Sul e por último Itaguaí. Podemos perceber também um reajuste de preços ao longo de cada ano. Na média, portanto, a operação no porto de Itaguaí e no porto de São Francisco do Sul são 55,5% e 45,6% respectivamente mais caros que o porto de Recife. Isso se deve ao fato de que em Itaguaí, o cais que pode ser usado nesse tipo de operação, é concessionado à Companhia Siderúrgica Nacional, e portanto são preços privados, mesmo que o porto seja de administração da Companhia de Docas do Rio de Janeiro. Já São Francisco do Sul, apesar de possuir um cais público, o congestionamento de navios neste cais acaba por encarecer ou até inviabilizar a

operação de barrilha, fazendo com que a descarga seja sempre feita no cais privado, e os preços são mais elevados.

6-Conclusão

Conforme explicado neste trabalho, a barrilha desempenha um papel importante na indústria brasileira e atualmente a totalidade do volume consumido no Brasil passa por algum dos portos nacionais. A análise e posterior conclusão de eficiência superior da operação de um porto em relação a outro, aliado ao preço do seu serviço, deveriam levar os agentes que são racionais a escolher esse porto. Nessa linha de pensamento, e baseado nos nossos resultados, os portos de Itaguaí e São Francisco do Sul nunca seriam escolhidos, uma vez que possuem serviços mais caros e são tão eficientes quanto o porto de São Sebastião por exemplo.

Entretanto existem diversos outros fatores na escolha estratégica de um porto para movimentação de um produto, e não somente seus preços e o sua eficiência. Os agentes econômicos também levam em conta os acessos ao porto e as estradas que o ligam às grandes cidades, suas condições e preços de armazenagem, a disponibilidade de transporte rodoviário ou até ferroviário, os eventuais incentivos fiscais que ele pode obter naquele Estado, e principalmente a proximidade daquele porto com seu mercado consumidor. Mesmo que os portos de Itaguaí e São Sebastião tenham descargas mais caras que o Porto de Recife, eles proporcionam acesso fácil ao maior mercado consumidor do Brasil, a região Sudeste com ênfase no Estado de São Paulo.

Mesmo assim, o acompanhamento de preços e desempenho portuário que a ANTAQ efetua é de extrema importância para manter os portos trabalhando eficientemente e cobrando preços coerentes com seus custos. Essa função dá mais transparência para o setor, evitando abusos de poder em situações que poderiam se tornar monopolísticas.

Referências Bibliográficas

COELLI, T.; ESTACHE, A.; PERELMAN, S.; TRUJILLO, L. *A Primer on Efficiency Measurement for Utilities and Transport Regulators* (WBI Development Studies - The World Bank, January 2003)

COELLI, TIM. *A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program* (CEPA Working Papers – University of New England, August 1996)

VALOR ECONÔMICO, Análise Setorial. Portos e Terminais Privados, Volumes 1 e 2

Anuário Estatístico Portuário 2007, 2006, 2005, ANTAQ (Agencia Nacional de Transportes Aquaviários) em <www.antaq.gov.br>

Sistema Desempenho Portuário, Relatório Técnico 2007, ANTAQ (Agencia Nacional de Transportes Aquaviários) em <www.antaq.gov.br>

Sistema de Informações Gerenciais, ANTAQ (Agencia Nacional de Transportes Aquaviários) em <www.antaq.gov.br>

CAMPOS NETO, Carlos Álvares da Silva. Portos Brasileiros: Área de Influência, Ranking, Porte e os Principais Produtos Movimentados. IPEA. Texto para Discussão, nº 1164. Brasília, fevereiro de 2006.

CASTRO, Carlos Eduardo Tavares de; LUSTOSA, Leonardo Junqueira. Avaliação da eficiência gerencial de empresas de água e esgotos brasileiras por meio da envoltória de dados (DEA). 2003. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial.

BNDES. A Infra-Estrutura Portuária Brasileira: O Modelo Atual e Perspectivas para seu Desenvolvimento Sustentado. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, V. 13, nº 25, p. 209-230, jun. 2006.

BNDES. Investimentos nos Portos Brasileiros: Oportunidades da Concessão da Infra-Estrutura Portuária. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, nº 22, p. 297-315, set. 2005.

BNDES. Navegação e Portos no Transporte de Navegação e Portos no Transporte de Contêineres. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v. 11, nº 22, p. 215-243, dez. 2004.

BNDES. Superação dos Gargalos Logísticos do Setor Portuário. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v. 13, N. 26, p. 55-88, dez. 2006

SAADI, Jairo. Direito, Economia e Mercados. Editora Campus 2005.

USGS (*United States Geological Survey*). *2007 Minerals Yearbook, Soda Ash*.

PEREIRA, Walter Luiz. A indústria de álcalis no Brasil: O Projeto Cabo Frio. ANPUH-RJ, 2006.