

**FUNDAÇÃO INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISAS EM
CONTABILIDADE, ECONOMIA E FINANÇAS - FUCAPE**

ANDREIA COUTINHO E SILVA

**ANÁLISE DO DESEMPENHO OPERACIONAL DOS PORTOS
ORGANIZADOS BRASILEIROS**

**VITÓRIA
2015**

ANDREIA COUTINHO E SILVA

**ANÁLISE DO DESEMPENHO OPERACIONAL DOS PORTOS
ORGANIZADOS BRASILEIROS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Fundação Instituto Capixaba de Pesquisa em Contabilidade, Economia e Finanças (FUCAPE), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Administração – Nível Acadêmico.

Orientador: Prof. Dra. Arilda Teixeira

**VITÓRIA
2015**

ANDREIA COUTINHO E SILVA

**ANÁLISE DO DESEMPENHO OPERACIONAL DOS PORTOS ORGANIZADOS
BRASILEIROS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas da Fundação Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças (FUCAPE), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Administração de Empresas.

Aprovado em 06 de Julho de 2015.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof° Dr.: ARILDA MAGNA CAMPAGNARO TEIXEIRA
(FUCAPE)

Prof° Dr. ARIDELMO JOSÉ CAMPANHARO TEIXEIRA
(FUCAPE)

Prof° Dr. EMERSON WAGNER MAINARDES
(FUCAPE)

Dedico este trabalho a Deus,
aos meus pais que tanto amo.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado forças nos momentos que mais precisei e a oportunidade de fazer este mestrado.

Aos meus pais, que eu os amo muito, por ter me dado esta oportunidade, pela força que me deram de não desistir ao longo do caminho.

A minha querida orientadora Arilda Teixeira que me fez ter conhecimento do saber para que pudesse hoje realizar meu sonho. Obrigada pelas palavras de animo nos momentos nebulosos.

Aos meus amigos irmãos que oraram por esta fase em minha vida e a compreensão da minha ausência. Minha querida irmã Roxanne que tanto me ajudou em oração e motivação.

A minha amiga Flavia Nico Vasconcelos que me motivou para o término da dissertação.

Ao meu querido amigo Márcio Suzuki pelos ensinamentos no setor portuário, e por tantas vezes estender a mão para tirar minhas dúvidas em qualquer horário do dia.

Meu muito obrigada a todos, pois foram muito importantes nesta minha grande e difícil conquista.

RESUMO

Esta dissertação teve como objetivo comparar o desempenho operacional dos portos organizados brasileiros que operavam cargas containerizadas, nos períodos de 2012 a 2014, utilizando o modelo DEA (*Data Envelopment Analysis*)* que possibilitou a composição de um escore de eficiência operacional a partir do *input*, tempo médio atracado, e dos *outputs*, prancha média e quantidade de movimentação em TEUS. Foram considerados 16 portos organizados em três anos. Foi definido como eficiência operacional a velocidade para carregar e descarregar cargas de forma otimizado e eficaz. Desse estudo permitiu comparar se o desempenho das operações dos portos organizados estão sendo eficientes. Os resultados sugerem que o porto de Santos obteve eficiência relativa nos 3 anos, Portos de Itajaí e de Imbituba (2012 e 2013) e Porto de Paranaguá (2013 e 2014).

Palavras-Chave: Análise Envoltória de Dados (DEA); Desempenho operacional; Portos organizados brasileiros.

ABSTRACT

This dissertation aimed to compare operational performance of Brazilian organized ports operating containerized cargo in the periods 2012 to 2014, using the DEA (Data Envelopment Analysis)* which allowed the composition of an operating efficiency score from input, berth average time, and outputs, average board and amount of movement in TEUs. We considered 16 ports organized in three years. Was defined as operating efficiency the rate to load and unload cargo and efficiently optimized. This study allowed to compare the performance of the operations of organized ports are being efficient. The results suggest that the Port of Santos obtained relative efficiency in three years, Ports of Itajaí and Imbituba (2012 and 2013) and the Port of Paranaguá (2013 and 2014).

Key words: *Data Envelopment Analysis (DEA); operational performance; Brazilian organized port.*

LISTA DE SIGLAS

ANTAQ - Agência Nacional de Transporte Aquaviários

BCC (ou VRS) - *VariableReturnstoScale* ou Retornos Variáveis de Escala

CCR (ou CRS) - *Constant ReturnstoScale* ou Retornos Constantes de Escala

DEA - *Data Envelopment Analysis* ou Análise Envoltória de Dados

DMU - *Decision-Making Units* - Unidades Tomadoras de Decisão

PNLP - Plano Nacional de Logística Portuária

SEP/PR - Secretaria de Portos da Presidência da República

SIG - Sistema de Informações Gerenciais

TEU - *Twenty Foot Equivalent Unit* - Corresponde a Uma (1) Unidade equivalente a 20 pés.

TPU - Terminais de Uso Privado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO.....	12
2.2 INDICADORES DE DESEMPENHO PORTUÁRIO.....	14
2.3 COMPETITIVIDADE PORTUÁRIA.....	16
2.4 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA).....	18
2.5 O MODELO DEA APLICADO AO SETOR PORTUÁRIO.....	26
3 METODOLOGIA DE PESQUISA	31
3.1 NATUREZA DA PESQUISA E SELEÇÃO DA AMOSTRA.....	31
3.2 SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	33
4 APLICAÇÃO DO MODELO DEA	36
4.1 MODELO DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL.....	36
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS	55
ANEXO A - Listagem dos trabalhos internacionais realizados: autores, métodos utilizados de DEA; as variáveis de <i>inputs</i> e <i>outputs</i>	61
ANEXO B - Seleção de variáveis com "Método Compensatório de Normalização Única" e modelo DEA BCC - Ano 2012.....	63
ANEXO C - Seleção de variáveis com "Método Compensatório de Normalização Única" e modelo DEA BCC - Ano 2013.....	64
ANEXO D - Seleção de variáveis com "Método Compensatório de Normalização Única" e modelo DEA BCC - Ano 2014.....	65

Capítulo 1

1. INTRODUÇÃO

O transporte marítimo é o principal modal utilizado para transportar cargas brasileiras para o exterior. Em 2014 respondeu por 83,24% do transporte de cargas, movimentando mais de 187 milhões de toneladas, das quais 11% foram movimentação de cargas containerizadas (ANTAQ, 2015). O setor portuário possui 134 portos marítimos e terminais de uso privado marítimos, dos quais 34 são portos organizados e 100 são terminais de uso privado que operam diversas natureza de cargas.

As necessidades de melhorias na infraestrutura portuária brasileira, levou à reformulação do marco regulatório instituído pela Lei 8.630 de 1993. (MESQUITA, 2014), através da Lei 12.815 de 5 de Junho de 2013 que definiu a nova estrutura organizacional portuária - substituiu a denominação de porto público para porto organizado - todos os portos e instalações portuárias localizados na área do porto organizado sob jurisdição de autoridade portuária (Companhias Docas).

Com a intensificação do fluxo de comércio entre países, os portos passaram a ser um importante elo de integração das cadeias logísticas. Por esta razão, os portos tiveram que reestruturar suas capacidades para adequá-las às demandas pelos seus serviços, de forma a manter vantagem competitiva entre e intra portos (CULLINANE et al., 2005).

A estrutura portuária brasileira tem sido objeto de estudo de autores como Fontes e Soares (2006); Rios e Maçado (2006); Sousa Jr. *et al.* (2008); Macedo e Manhães (2009); Pires *et al.* (2009), Acosta et al. (2011); Bertoloto e Mello (2011)

que avaliaram o desempenho dos portos e/ou mensuraram a eficiência portuária dos portos públicos e terminais brasileiros.

Tendo esse contexto como referência, essa dissertação se propõe a responder a seguinte questão de pesquisa: os portos organizados brasileiros que operam cargas containerizadas possuem eficiência operacional relativa?

O objetivo desta dissertação é analisar a eficiência operacional dos portos organizados brasileiros. Para atender ao objetivo desta pesquisa foram escolhidos uma variável *input*, tempo médio atracado, e duas variáveis *outputs*, prancha média e quantidade de contêineres movimentados em TEUS (*Twenty Foot Equivalent Unit* - Corresponde a Uma (1) unidade equivalente a 20 pés).

A relevância de desenvolver este trabalho é a importância de estudar um grupo de escore de eficiência dos portos brasileiros para uma melhor compreensão da sistemática do setor operacional. Com o intuito de observar ao longo dos anos a evolução dos portos brasileiros, os quais, cada vez mais preocupados com a busca da maximização da eficiência para não perder espaço no mercado local e internacional. Espera-se que o resultado desta pesquisa possa ser um instrumento norteador de tomada de decisão para a busca de melhorias e novos investimentos.

Esta dissertação está estruturada na seguinte ordem: o capítulo 2 apresenta os conceitos de avaliação do desempenho e de indicadores de desempenho portuário, em que os indicadores utilizados para avaliações são aqueles que foram apontados no planejamento estratégico conforme a necessidade das organizações. Adicionalmente, são apresentados a competitividade portuária, na perspectiva da metodologia do modelo DEA (Análise Envoltória de Dados).

O capítulo 3 apresenta a metodologia de pesquisa utilizada, e como foi construído o escore de eficiência para análise da eficiência nos portos organizados brasileiros que operam cargas containerizadas.

O capítulo 4 apresenta a análise do resultado das Unidades Tomadoras de Decisão (DMU) - os portos organizados que operam e detém equipamentos próprios para melhor movimentação da carga entre embarcação e porto (mar e terra) entre os anos 2012 a 2014.

O capítulo 5 descreve as conclusões do estudo, limitações da metodologia e sugere possibilidades para trabalhos futuros.

Capítulo 2

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO

Segundo Nelly *et al.* (2005, p.1228) medir o desempenho " é o processo de quantificação de ação, onde a medição é o processo de quantificação e a ação leva a um desempenho". As empresas preocupam-se em avaliar seus desempenhos para identificar se estão sendo eficientes e eficazes perante seus clientes e concorrentes. Nelly *et al.* (2005) definem eficiência como uma medida que identifica a forma como as empresas otimizam seus recursos, para atingir a satisfação do cliente; e a eficácia como uma medida que identifica as realizações executadas, conforme as exigências requeridas pelo cliente.

Por outro lado, a eficiência é sempre definida em relação a um conjunto específico de indivíduos (organizações) e de opções. Essas opções devem ser criadas a partir de análises e estudos já realizados por empresas do mesmo segmento e não como um resultado padrão, pois cada setor da economia tem seus parâmetros de eficiência (KNIGHT, 2006).

Bertoloto e Mello (2011) apontam que a análise do desempenho portuário permite avaliar a eficiência dos portos para uma maior compreensão sistêmica do setor portuário. Para Francou (2000), na gestão portuária o termo eficiência é o mais importante.

Pode-se ressaltar que há grande necessidade das organizações deterem mecanismos de avaliação do desempenho, pois através dos resultados as empresas podem delinear ações para alcançar as melhorias(GAMBA Jr. *et al.*, 2012). Portanto,

um sistema de avaliação eficiente deve integrar as áreas da empresa com o planejamento estratégico traçado, devendo as empresas acompanharem periodicamente o desempenho para análise da evolução da empresa dentro do setor que se encontra (SOARES; MELO, 2014).

É relevante para as organizações conhecerem os métodos de mensuração e avaliação de desempenho, pois somente o que é medido e usado nas avaliações pode ser gerenciado pelos *stakeholders*. (KAPLAN; NORTON, 1997). Avaliar o desempenho é o processo que torna o agente tomador de decisão capacitado a entender o cenário avaliado e assim provocar uma ação de melhorias (AZEVEDO *et al.*, 2013).

Para Sousa Jr. *et al.* (2008) o sistema portuário é essencial para o crescimento das economias locais, portanto a avaliação do desempenho facilita o controle e melhoramento de suas atividades. O setor portuário tem buscado métodos para avaliar seus desempenhos de acordo com a crescente exigência do mercado, no qual, portos devem ser equipados, possuir mão de obra qualificada, uma infraestrutura adequada e funcional, acessos de diversos modais e cadeias logísticas para atender a nova demanda de grandes navios e as plataformas logísticas, onde o elevado desempenho ganha competitividade (CALDEIRINHA; FELÍCIO, 2011).

Segundo Cardoso (2011), há grande dificuldade de se avaliar o desempenho operacional dos portos, pois concentram-se "particularidades físico-operacionais" que podem enviesar os resultados.

Para o gestor tomar decisões de acordo com o resultado do desempenho, a empresa deve utilizar indicadores de desempenho relevantes, coerentes e

atualizados, principalmente alinhados com a estratégia organizacional. (NASCIMENTO *et al.*,2011).

2.2 INDICADORES DE DESEMPENHO PORTUÁRIO

A escolha dos indicadores deve ir de encontro aos interesses projetados pela organização, pois é através dos resultados gerados que os administradores tomarão importantes decisões. (LUITZ; REBELATO, 2003). Para que gestores possam analisar e a partir disso tomar decisões coerentes, os indicadores estudados devem ter relevância com a estratégia organizacional que foi traçada.

Tezza *et al.* (2010) apontam que existem duas medidas de indicadores de desempenho: financeiro e não financeiro. O caráter financeiro aborda custo de operação das empresas, tais como "lucratividade, custo de mão de obra, retorno sobre investimento, lote econômico e fluxo de caixa" (TEZZA *et al.*, 2010, p.78). O caráter não financeiro aborda medidas, tais como "qualidade, inovação, tempo de resposta, produtividade e flexibilidade" (TEZZA *et al.*, 2010, p.78).

Caldeirinha e Felício (2011) sugerem três dimensões para o desempenho dos portos: operacional, financeiro e de eficiência. O desempenho operacional é mensurado por indicadores de movimentação total de cargas. O desempenho financeiro é mensurado por indicadores de receita bruta da autoridade portuária por funcionário e por tonelada. O desempenho de eficiência é mensurado pelo índice de eficiência dos portos, através da utilização do método de Análise Envoltória de Dados.

Kirchner (2013) aponta que devido a complexidade do setor de portos, deve-se considerar um conjunto de indicadores que apresente a relação das operações

portuárias, para que o gestor consiga executar avaliação de desempenho desejada e coerente. Dentre os indicadores de eficiência, os mais utilizados em estudos sobre a eficiência no setor portuário destacam-se: (i) a movimentação de cargas; (ii) a movimentação de navios; (iii) a quantidade e tamanho de berços; (iv) o tamanho do cais e do porto; (v) a profundidade dos berços; e a quantidade de equipamentos.

As escolhas dos indicadores estão relacionadas com a necessidade de cada empresa em demonstrar o nível de desempenho. Para o setor portuário, os indicadores de desempenho informam sobre os operadores portuários, os transportadores internos, os trabalhadores portuários, a autoridade portuária, a administração portuária (MONIE, 1987). Para Cullinane *et al.* (2005) é necessário utilizar indicadores *inputs* e *outputs* para mensurar a eficiência de acordo com o objetivo traçado pelo porto.

Existem vários métodos de avaliação de desempenho para todos os indicadores existentes no mundo empresarial. A solução encontrada por gestores é a utilização de metodologias distintas de avaliação capazes de tratar os diferentes elementos da organização (MACEDO; MANHÃES, 2009).

Kirchner (2013), aponta as três técnicas para avaliação de eficiência individual de portos ou terminais portuários:

- Fronteira estocástica: é um modelo paramétrico, introduzido por Aigner, Lovell e Schmidt, Meeseun e Van DenBroeck simultaneamente em 1977 que utiliza métodos estáticos para avaliar a fronteira e estimar sua eficiência relativa, permitindo a estimação de erros padronizados e testes de hipóteses.

- Análise Envoltória de Dados (DEA): é um modelo matemático não paramétrico, desenvolvido por Charnier, Cooper e Rhodes em 1978. É uma técnica

que pode medir a eficiência relativa em que se tem vários insumos e vários produtos, definindo o posicionamento competitivo de um conjunto de atividades ou empresas consideradas como Unidade Tomadora de Decisão (DMU), que tem por objetivo avaliar as eficiências ou ineficiências das DMUS (FERREIRA; GOMES, 2012).

- Índice de Malmquist: é um modelo matemático desenvolvido por Caves *et al.* (1982) que analisa a produtividade relativa de cada DMU através de quantidade físicas de múltiplos *inputs* e múltiplos *outputs*. Esse índice é utilizado para calcular a função de distância.

Nesta dissertação o desempenho operacional dos portos organizados brasileiros que operam contêineres foi analisado através do método Análise Envoltória de Dados.

2.3 COMPETITIVIDADE PORTUÁRIA

O mercado portuário pode ser considerado como de monopólio ou de oligopólio, por causa da exclusiva localização geográfica e a inevitável concentração de tráfego portuário.(CULLINANE *et al.*, 2004) E a criação do contêiner foi a "chave para o progresso" (CULLINANE *et al.*,2005, p.1) no transporte marítimo, ao substituir os métodos tradicionais por tecnologias, capazes de atender a nova demanda. Esse progresso fez com que se aumentasse a integração entre os modais, e a integração da cadeia logística dos países; adicionalmente levou os modais a se adaptarem para atender à nova forma de carregar mercadorias em contêineres. (NOTTEBOOM, 2008).

A economia mundial impulsiona a competição entre os modais de transporte, na busca de maximizar a capacidade de carregamento de cargas assim, exige que cadeias logísticas se reestruturem para melhorar o desempenho e enfrentar a competição entre e intra transportes. (NOTTEBOOM, 2008; LLAQUET, 2007; NOTTEBOOM; RODRIGUE, 2005)

Para Llaquet (2008) a containerização e a intermodalidade têm grande efeito sobre o sistema portuário, pois tanto pode alavancar novos portos como decliná-los ou até mesmo ser responsável pelo surgimento de nova estrutura hierárquica.

Pode-se dizer que a estrutura do porto exerce influência nas tomadas de decisões dos donos de cargas e armadores, na medida em que informa as condições para sua utilização, o acesso náutico, a frequência de navios, a agilidade operacional na atracação e desatracação das embarcações, os equipamentos, o custo portuário, o custo de frete, a qualidade nos serviços prestados e a agilidade no desembarço das cargas junto a alfândega e órgãos anuentes. Por sua vez, os armadores também exercem forte influência sobre os portos na medida em que são eles que definem o fluxo dos embarques e desembarques de cargas (CALDEIRINHA; FELÍCIO, 2011). A definição do fluxo está relacionada com o tipo de serviço que o porto oferece para os armadores.

Um fator muito discutido nessa literatura é o elemento preço. Segundo Haralambides (2002), as taxas cobradas pelos portos podem ser um fator negativo para o seu crescimento. Preços considerados justos podem aumentar o volume de cargas e preços altos podem levar os portos a terem sérios prejuízos ou "à proliferação de subsídios e ineficiência" (HARALAMBIDES, 2002, p.323), pois com o preço elevado os atores portuários tendem a deixar de operar. O autor sustenta que

o porto opera em uma indústria oligopolista, onde a estratégia é voltada para o preço.

Haralambides (2002) aponta que cada gestor direciona e define seus preços conforme seus objetivos, aumento da lucratividade, aumento da movimentação de cargas dentro dos portos, redução do tempo de atracação, contratação de mão de obra qualificada e aumentar a economia local.

Segundo González e Trujillo (2005), os portos são organizações que produzem múltiplos serviços, por isso são considerados heterogêneos. E esses serviços devem atender às necessidades dos atores portuários para se tornarem competitivos.

2.4 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA) foi desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978, motivados após lerem o artigo de Farrell de 1957 (FERREIRA; GOMES, 2012) que propunha construir um método para mensurar a eficiência das indústrias.

Charnes, Cooper e Rhodes (1978) desenvolveram, a partir do estudo de Farrel (1957), um método matemático da programação linear de modelo não-paramétrico para mensurar eficiência em contexto em que há múltiplos insumos (*inputs*) e múltiplos produtos (*outputs*). Para estas medidas, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) definiram como as Unidades Tomadoras de Decisão (*Decision-Making Unit* - *DMU*) representando as organização (empresas).

Para tanto, o DEA tem por objetivo oferecer um método para estimar a eficiência relativa de Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs) de acordo com

múltiplos *inputs* e *outputs* comuns variando somente as suas medidas (CHARNES *et al.*, 1978).

"O DEA não exige a determinação de relações funcionais entre os insumos e os produtos, nem se restringe a medidas únicas, singulares dos insumos e produtos e permite utilizar variáveis discriminatórias, instrumentais ou de decisão, variáveis não discricionárias ou exógenas (fixas), e categóricas (tipo *dummies*) em suas aplicações." (FERREIRA; GOMES, 2012, p.19)

Segundo Ferreira e Gomes (2012), através das amostras é realizada a comparação dos padrões de excelência (*benchmarks*), isto é, posicionando o desempenho produtivo das DMUs analisadas. Nesta dissertação, uma DMU corresponde a um porto.

Conforme Cullinane *et al.*(2005), o DEA analisa os dados em corte transversal com o objetivo de verificar a eficiência de uma DMU em relação às outras DMUs que possuem as mesmas variáveis de análise. Os autores concluem que dessa forma se consegue identificar de forma confiável a eficiência de cada DMU.

O DEA pode ser estimado por dois modelos: o CCR (CHARNES, COOPER e RHODES) desenvolvido em 1978; e o BCC (BANKER, CHARNES e COOPER) desenvolvido em 1984. Ambos são frequentemente utilizados em estudos sobre eficiência do setor portuário (ROLL; HAYUTH, 1993; MARTINEZ *et al.*, 1999; TONGZON, 2001; VALENTINE; GRAY, 2001; ITOH, 2002; BARROS, 2003; SERRANO; CASTELLANO, 2003; BARROS; ATHANASSIOU, 2004; BONILA *et al.*, 2004; PARK; DE, 2004; TURNER *et al.*, 2004; CULLINANE *et al.*, 2005; CULLINANE *et al.*, 2006; LIN; TSENG, 2007).

Os modelos DEA - CCR e DEA - BCC podem ser orientados a insumos ou a produtos. Ferreira e Gomes (2012, pg.53) explicam que a "Orientação insumo: medida que se fundamenta na redução dos insumos; e a Orientação produto:

medida que se fundamenta no aumento do (s) produto(s)". Segundo Cullinane *et al.* (2005) as duas orientações são utilizadas no cenário portuário.

O modelo CCR - representação geométrica de uma fronteira linear - é conhecido como modelo de retornos constantes de escala, isto é, qualquer variação positiva ou negativa no *input* gera variação proporcional no *output*.

A formulação matemática do Modelo CCR é dada por:

$$\max h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; j = 1, \dots, n$$

$$u_r v_i \geq 0; r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m.$$

Onde:

h_0 = eficiência da DMU₀

u_r = peso atribuído ao *output* r

v_i = peso atribuído ao *input* i

y_{rj} = *output* r da DMU _{j}

x_{ij} = *input* i da DMU _{j}

$r = \text{número de outputs}$

$i = \text{número de inputs}$

$j = \text{número de DMU's}$

$y_{r0} = \text{output } r \text{ DMU}_0$

$x_{i0} = \text{input } i \text{ DMU}_0$

A figura 1.1 mostra o modelo DEA - CCR bidimensional, em que é analisado a eficiência de 4DMUs, contendo somente um *input* e um *output*. A reta representa a função de produção linear. Quando ocorre o aumento do *input* ocorre proporcionalmente o aumento do *output*, assim, a inclinação da reta determinará os rendimentos constantes de escala dessas DMUs analisadas.

Na figura 1.1 observa-se também que a DMU B é eficiente por estar sobre a fronteira eficiente e as DMUS encontradas abaixo da fronteira são consideradas ineficientes. Isso significa que a DMU B atingiu a máxima produção comparada. Aquelas DMUs que se encontram sobre a fronteira eficiente (sobre a Reta) tem eficiência igual a 1, ou seja, 100%. Portanto, a DMU B tem 100% de eficiência, sendo a DMU B o *Benchmarks* para as demais DMUs. As DMUs A, C. D são ineficientes. Para que as DMUs ineficientes passem a ser eficientes elas devem se deslocar para a posição da DMU B sobre a fronteira eficiente.

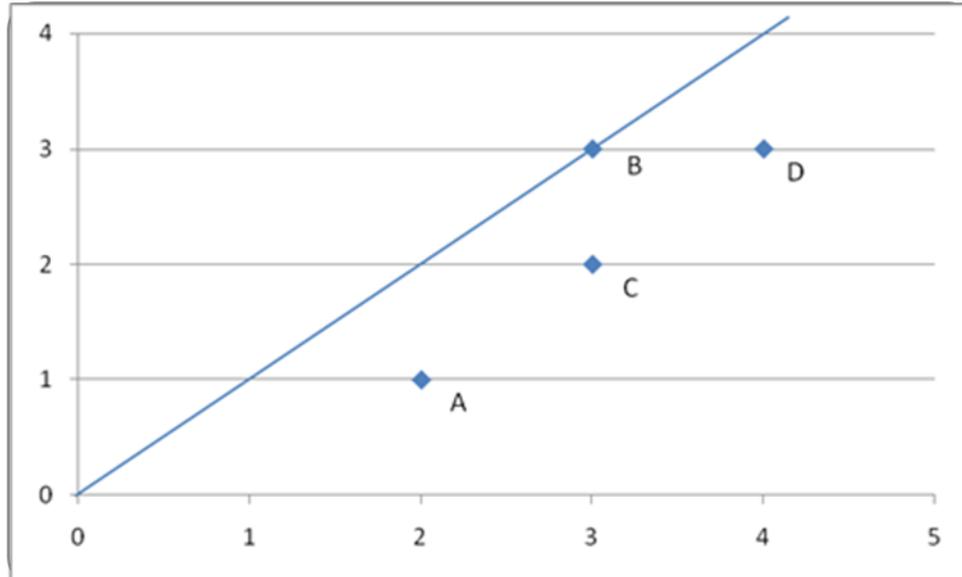


Figura: 1.1 - Fronteira CCR
Fonte: Ferreira e Gomes (2012)

O modelo BCC é também conhecido como modelo de retornos variáveis de escala que passam a considerar rendimentos crescentes constantes ou decrescentes de escala na fronteira eficiente de acordo com as variáveis *inputs* e *outputs* analisadas. Este modelo é representada pela função da convexidade composta por segmentos lineares.

A formulação matemática do Modelo BCC orientado a *input* é dado por:

$$\max h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad u_r, v_i \geq 0,$$

Onde:

h_0 = eficiência da DMU₀

u_r = peso atribuído a *output* r

v_i = peso atribuído ao *input* i

y_{rj} = *output* r da DMU _{j}

x_{ij} = *input* i da DMU _{j}

r = número de *outputs*

i = número de *inputs*

j = número de DMU's

y_{r0} = *output* r DMU₀

x_{i0} = *input* i DMU₀

u_0 = variável BCC orientado a *input*

A formulação matemática do Modelo BCC orientado a *output* é dado por:

$$\max h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} + v_0}$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + v_0} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \setminus j, \quad u_r, v_i \geq 0,$$

Onde:

$h_0 =$ eficiência da DMU₀

$u_r =$ peso atribuído a *output* r

$v_i =$ peso atribuído ao *input* i

$y_{rj} =$ *output* r da DMU _{j}

$x_{ij} =$ *input* i da DMU _{j}

$r =$ número de *outputs*

$i =$ número de *inputs*

$j =$ número de DMU's

$y_{r0} =$ *output* r DMU₀

$x_{i0} =$ *input* i DMU₀

$v_0 =$ variável BCC orientado a *output*

O ponto de eficiência varia entre 0 e 1, que dependerá das variáveis u_0 e v_0 de cada modelo BCC. A variável u_0 representa os retornos variáveis de escala, apresentando o sinal negativo para atender a condição do modelo BCC orientado a *input*, e a variável v_0 representa os retornos variáveis de escala, apresentando o sinal positivo para atender a condição do modelo BCC orientado a *output*, onde:

$u_0, v_0 > 0$ representam o retorno crescente de escala;

$u_0, v_0 = 0$ representam o retorno constante de escala; e

$u_0, v_0 < 0$ representam o retorno decrescente de escala.

A figura 1.2 mostra o modelo DEA - BCC bidimensional, onde é analisado a eficiência de 4 DMUs, contendo somente um *input* e um *output*. O modelo tem formato côncavo e a fronteira eficiente é representada sobre a linha que liga os pontos eficientes. Abaixo dessa linha as DMUs são consideradas ineficientes. O BCC e o CRR são modelos que diferem somente em suas exposições, mas as propriedades são as mesmas (COOPER *et al.*, 2007).

Na figura 1.2 observa-se que a fronteira eficiente está representada pela linha que liga as DMUs A, B e C, portanto elas são consideradas eficientes e a DMU D que está fora da interseção é considerada ineficiente. As DMUs que se encontram sobre a fronteira eficiente tem eficiência igual a 1, ou seja, 100%.

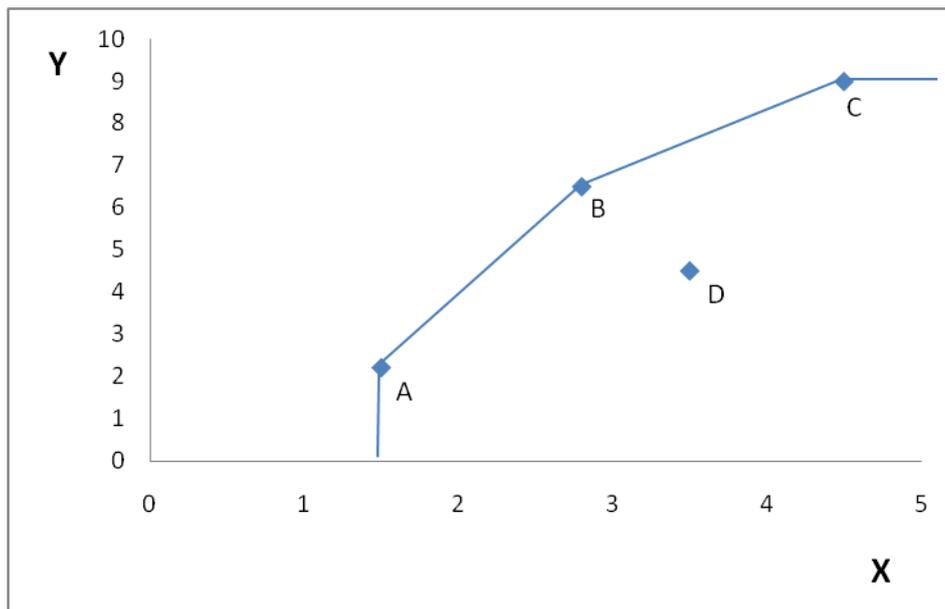


Figura 1.2 - Fronteira de BCC
Fonte: Ferreira e Gomes (2012)

Nesta dissertação o modelo escolhido para análise dos dados foi Modelo DEA - BCC orientado a *outputs*, pois a amostra estudada contempla portos de portes distintos e o objetivos dos portos eram maximizar a movimentação de contêineres

em TEUS e a produtividade média com relação a quantidade de unidade de contêineres movimentadas por hora.

2.5 O MODELO DEA APLICADO AO SETOR PORTUÁRIO

Este item apresenta a literatura, nacional e estrangeira, que estuda a eficiência do setor portuário através do modelo da Análise Envoltória de Dados (DEA). Os primeiros pesquisadores a realizarem estudos utilizando o DEA, no setor portuário, foram:

Roll e Hayuth (1993) analisaram 20 portos e escolheram como *inputs* o capital, o número de funcionários e os tipos de Carga; e como *outputs*, o nível de serviço, a movimentação de carga, a satisfação dos usuários e o número de atracações.

Martinez Budría *et al.* (1999) avaliaram 26 portos espanhóis no período entre 1993 e 1997. Consideraram como *inputs*, as despesas com pessoal, as taxas de depreciação, e outros gastos. E como *outputs*, o total de carga movimentada e a receita obtida no aluguel de facilidades.

Tongzon (2001) aplicou o DEA para avaliar 4 portos australianos e 12 portos europeus no ano de 1996. Considerou seis *inputs*, números de funcionários, berço, guindaste e rebocadores, área do terminal e tempo de atraso. E com *outputs*, o total de contêineres em TEUs e o número de movimentação de contêineres por hora trabalhada por navio. No mesmo ano o trabalho de Valentine e Gray (2001), que analisaram 21 portos públicos e terminais privados da lista dos 100 melhores portos

de contêiner do mundo no ano de 1999 do *Cargo Systems Journal* 1999. O Objetivo do trabalho foi analisar se o tipo de propriedade (pública ou privada) e a estrutura organizacional eram elementos que levavam um porto/terminal a ser mais eficiente. Utilizou dois *inputs*, o comprimento total do berço e o investimento realizados (US\$); e dois *outputs*, o número de contêineres movimentados em TEUs e o volume total de carga movimentada em tonelagem.

Cullinane *et al.* (2005) analisaram 25 dos 30 maiores terminais de contêineres do mundo que constavam no ranking dos Portos Líderes de contêineres do Mundo Classificados no Top 30 em 2001. O período de análise foi entre 1992 a 1999, analisou 200 DMUs. Escolheram como *inputs*, o comprimento do cais, a área do terminal, o número de guindastes de berço, o número de guindastes de pátio e o número de *Straddle Carrier* (equipamento para movimentar contêiner no pátio); e como output, a movimentação de contêineres em TEUs.

Outros importantes trabalhos internacionais contribuíram para o estudo sobre o setor portuário, utilizando o método DEA. Por serem muitos trabalhos, essa relação foi colocada no Anexo A.

O trabalho de Fontes e Soares (2006) foi o primeiro a utilizar o método DEA para avaliar os portos. Analisaram 31 portos e terminais brasileiros, no período 2002-2004, através de três modelos DEA que foram denominados de físico, financeiro e físico-financeiro. No modelo físico, utilizaram como *input*, a extensão total de cais aportável em metros, e como *outputs*, movimentação total de embarcações e movimentação total de cargas em toneladas. No Modelo financeiro, utilizaram como *input*, a aplicação total de recursos em R\$ e como *output*, as receitas operacionais bruta e líquida em R\$. No Modelo físico- financeiro utilizaram como *inputs*, a extensão total de cais aportável em metros e a aplicação total de

recursos em R\$, e como *outputs*, a movimentação total de cargas em toneladas, a movimentação total de embarcações, as receitas operacionais bruta e líquida em R\$. Concluíram que o porto que apresentou eficiência em relação aos outros portos foi o terminal salineiro de Areia Branca e no modelo físico-financeiro o porto de Belém foi o mais eficiente. O Porto de Santos, considerado o maior da América Latina, não apresentou um desempenho melhor que os demais portos, com isso os resultados não foram conclusivos. Os autores identificaram que os modelos propostos não são os mais adequados para estimar eficiência.

Rios e Maçada (2006) mediram a eficiência das operações dos terminais de contêineres do Mercosul utilizando DEA e Regressão Tobit. Foram analisados 15 terminais de contêineres brasileiros, 6 terminais argentinos e 2 uruguaios, entre os anos de 2002 e 2004. Foram considerados como *inputs*, o número de guindastes, o número de berços, a área do terminal, o número de funcionários e o número de equipamentos de pátio. Como *outputs* foram selecionados a quantidade movimentada em TEU e a hora-média movimentada por navio. Concluíram que foram 14 portos eficientes, sendo 10 do Brasil, 3 da Argentina e 1 do Uruguai.

Souza Jr. *et al.*(2008) utilizaram o DEA para analisar a eficiência dos portos da região Nordeste do Brasil. Foram estudados 22 portos, sendo 11 públicos e 11 terminais privados, agrupados conforme o tipo de carga, porque esses portos possuíam movimentações de diversos tipos de cargas. Para os portos que operavam contêineres foram considerados o tamanho do berço como *input* e movimentação TEU como *output*. Para os que operavam cargas gerais, graneis sólidos e líquidos foram consideradas dois *inputs*, tamanho do berço e calado; e um *output*, quantidade de carga movimentada. O estudo apontou que o Porto de

Salvador foi o mais eficiente na operação de contêineres e o Porto de "São Luiz 1" o mais eficiente na operação de carga granéis sólidos.

Macedo e Manhães (2009) aplicaram o DEA para analisar a eficiência de 10 terminais de contêineres no Brasil, em 2007. Nesse estudo, foram considerados como *inputs*, a área total das instalações, a extensão média dos berços e o calado dos berços de atracação. Já os *outputs* foram, a movimentação de contêineres em TEU e a produtividade na movimentação de contêineres. Seus resultados apontaram que os terminais Santos-Brasil, TVV e Tecon Salvador alcançaram 100% de eficiência.

Pires *et al.* (2009) analisaram a eficiência de 14 berços de portos de carregamento de minério de ferro localizados nos seguintes países Austrália (5 berços); Brasil (3 berços); Canadá (1 berço); Índia (2 berços); Mauritania (1 berço); Noruega (1 berço) e África do Sul (1 berço). Foram considerados três *inputs*: calado máximo do berço, comprimento máximo do berço de atracação dos navios e a largura máxima do berço. E um *output*: movimentação anual de carga no porto, em toneladas. Os resultados sugeriram que o porto de Tubarão e Whyalla da Austrália alcançaram 100% de eficiência.

Acosta *et al.* (2011) estudaram a eficiência dos portos públicos brasileiros em 2005. Neste estudo foram analisados 27 portos, de um total de 54, devido à falta de informação para todos. Foram considerados sete *inputs*, o número de acessos, a extensão total de cais, a profundidade do canal, a profundidade máxima dos berços, o número dos berços, a área de armazenagem e o número de guindastes e as empilhadeiras. E um *output*, a movimentação geral (em toneladas), que correspondia à soma de todos os tipos de cargas (geral, granéis sólidos, granéis

líquidos e contêineres). Mostraram que os portos mais eficientes foram Areia Branca (RN), Itaquari (MA), Santos (SP), São Francisco do Sul (SC).

Bertoloto e Mello (2011) analisaram 48 portos públicos e terminais privados brasileiros com características distintas, não homogêneas, no período de 2007 a 2009. Nesse estudo, consideraram a extensão total de berços e calado máximo como *inputs*, e volume total de cargas movimentadas em toneladas como *output*. Os autores separaram os portos e terminais em quatro clusters, conforme a natureza da carga: carga geral, granel sólido, granel líquido e misto. O misto correspondia ao cluster que continha portos de cargas diversas. Como o estudo foi realizado no período em que ocorreu a crise financeira de 2008, ele conseguiu captar o impacto da referida crise sobre o setor portuário. Os resultados mostraram que os portos e terminais que movimentaram cargas gerais e foram 100% eficientes foram: Braskarne (SC); para os que movimentaram granel líquido: Belém (PA), Terminal Alentejo Barroso (SP), Terminal Marítimo Alentejo Soares Dutra (RS); para os que movimentaram granel Sólido: Terminal Ilha da Guaíba (RJ), Tubarão (ES), Ultrafértil (SP), Porto de Trombetas (PA), Porto de São Sebastião (SP), Ponta da madeira (MA); e para os que movimentaram carga misto: os portos Alegre (RS) e Santos (SP).

A literatura apresentada se concentra em identificar a eficiência de portos e terminais, analisando a superestrutura e a estrutura portuária. Esta dissertação se propôs a analisar a eficiência dos portos organizados brasileiros de acordo com o seu desempenho operacional, isso é, movimentação da carga da embarcação aos cais de forma otimizada e eficaz.

Capítulo 3

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

3.1 NATUREZA DA PESQUISA E SELEÇÃO DA AMOSTRA

Este estudo analisou o desempenho da eficiência operacional de portos organizados brasileiros nos anos de 2012 a 2014, que operam cargas containerizadas.

Segundo a relação de portos da ANTAQ, o Brasil possui 34 portos organizados marítimos. Para definir a amostra, estabeleceu-se as seguintes condições para os portos organizados no período 2012 a 2014: ser operador de cargas em contêiner (tendo operado mais de 200 contêineres por ano); e possuir equipamentos próprios para operar cargas containerizadas (portêiner – equipamento para movimentação de container do navio ao cais; e guindaste – equipamento multicarga utilizado para operar contêineres) com isso reuniu-se 16 portos. Esta amostra representa 47% dos portos organizados marítimos brasileiros.

A escolha pela carga containerizada se justifica pelo fato de as operações de navios de contêineres exigirem maior grau de tecnologia para a movimentação de cargas e uma logística portuária eficiente para o manuseio rápido e eficaz das cargas nas embarcações.

A amostra é não probabilística, pois os portos foram escolhidos da relação de portos da ANTAQ, definidos através da Resolução 2696 - ANTAQ de 4 de Julho de 2013, disponíveis no sítio da ANTAQ, no Sistema de Informações Gerenciais (SIG) referente aos anos de 2012, 2013 e 2014.

Portanto, neste trabalho foram analisados 16 portos (=16DMU) organizados que operaram cargas em contêineres nos períodos de 2012 a 2014. Cada DMU representou um porto e seu respectivo ano - Quadro 1.

Nome do Porto	Estado
ITAGUAÍ (SEPETIBA)	RJ
RIO DE JANEIRO	RJ
SANTOS	SP
VITORIA	ES
ITAJAI	SC
IMBITUBA	SC
PARANAGUA	PR
RIO GRANDE	RS
SALVADOR	BA
SUAPE	PE
FORTALEZA	CE
ITAQUI	MA
RECIFE	PE
SANTARÉM	PA
SÃO FRANCISCO DO SUL	SC
VILA DO CONDE	PA

Quadro 1: Nome dos portos organizados selecionados para DMUs e seus respectivos Estados.

Fonte: ANTAQ - Resolução 2696 - ANTAQ de 4 de Julho de 2013

Além das escolhas das DMUs, foram definidas as variáveis de *input* e de *outputs* para analisar a eficiência operacional dos portos. O modelo DEA utilizado foi o BCC, porque a pesquisa utilizou portos de diversos portes. Adicionalmente, é um modelo orientado para o *output*, visto que, os objetivos dos portos eram maximizar a movimentação de contêineres em TEUS e a produtividade média com relação a quantidade de unidade de contêineres movimentadas por hora.

3.2 SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS

O modelo da Análise Envoltória de Dados (DEA) permite a seleção de múltiplas variáveis *inputs* e *outputs*. Por esta razão é um método que permite avaliar desempenho quando se precisa considerar múltiplos *inputs* e *outputs* não paramétricos que tenham a relação de causa-efeito entre si. A dinâmica da operação dos portos se encaixa nessa situação, por isso essa metodologia é recomendada para estudo que pretende mensurar a eficiência operacional dos portos organizados brasileiros.

Para definir a escolha das escores de eficiência, o modelo deve procurar um ponto de equilíbrio na quantidade de variáveis e DMUs escolhidas, visando aumentar o poder discriminatório da análise DEA (SOARES DE MELLO *et al.*, 2005). Um grande número de DMUs interceptando a fronteira eficiente pode-se reduzir a capacidade de discriminar as DMUs com ineficiência, impactando no resultado da avaliação. Para obter um resultado conciso foi necessário utilizar um método de seleção de variáveis como instrumento de auxílio à decisão das escores (MEZA *et al.*, 2007).

O método utilizado foi o proposto por Meza *et al.* (2007), chamado de "Método Compensatório de Normalização Única" que dispõe em duas fases. Na primeira fase são selecionados um cenário e seguido de alguns cálculos, o número de DMUs na fronteira eficiente, a normalização das eficiências médias (S_{EF}), a normalização da quantidade de DMUs eficientes para cada conjunto de variáveis (S_{DIS}), e o indicador S que é a soma de $(S_{EF}) + (S_{DIS})$, sendo maior que 10. Na segunda fase é calculado o melhor cenário com todas as alternativas de variáveis. O resultado

levará a inserção de mais variáveis ou não. Assim, cabe ao pesquisador identificar qual é o melhor escore para rodar o programa selecionado.

Os resultados para a seleção de variáveis com o uso do modelo BCC orientado a *output* são apresentados no **Anexo B** para o ano de 2012, no **Anexo C** para o ano de 2013 e no **Anexo D** para o ano de 2014. Verifica-se que o maior índice S 13,4508; 13,1820 e 14,0076 , referente aos respectivos anos é obtido com o uso de duas variáveis, Tempo Médio Atracado (TMA) e Prancha Média (Prancha). No entanto, é válido verificar que a inclusão de mais uma variável o *output* Quantidade de Movimentação de contêineres em TEUS (TEUS) fornece o mesmo índice S, 13,4508; 12,1784 e 14,0076, só alterando em 2013. Segundo Souza Jr. *et al.* (2008) movimentação de cargas, neste caso contêineres é fundamental na inserção da escore de eficiência, pois é um dos principais produtos que o porto oferece para o mercado.

Portanto, foram escolhidos os seguintes indicadores operacionais:

(a) A variável de *Input*:

a.1) TMA - Tempo Médio Atracado: é a média de tempo (em horas) em que o navio fica atracado no cais (ANTAQ, 2013);

(b) E as variáveis de *Outputs*:

b.1) PM - Prancha Média: Informa o tempo médio de operação nos navios (unidades de contêineres movimentados/tempo, em horas, para movimentar os contêineres). Este indicador é uma medida da produtividade média de cada porto (ANTAQ, 2013).

b.2) QTEU - Quantidade de contêineres movimentados em TEUS: corresponde a Uma (1) Unidade equivalente a 20 pés (ANTAQ, 2013).

Para rodar o modelo, foi utilizado o *software* DEAOS (*Data Envelopment Analysis Online Software*) produzido por Behin-Cara Co. Ltd, que analisou a eficiência das DMUs escolhidas de cada ano separadamente. Essa análise disponibiliza um indicador que varia de 0% a 100%. A DMU que apresentar a eficiência média igual a 100% é considerada eficiente em relação as outras DMUs; ou seja, se encontra na fronteira eficiente (MACEDO; MANHÃES, 2009; COOPER et al.,2007). E aquela DMU que obter a eficiência média menor do que 100% é ineficiente em relação com as outras DMUs; ou seja, se encontra fora da fronteira eficiente (FERREIRA ;GOMES, 2012; MACEDO; MANHÃES, 2009).

Capítulo 4

4 APLICAÇÃO DO MODELO DEA

4.1 MODELO DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL

Nesta dissertação a avaliação da eficiência operacional foi medida pela velocidade com que se carregou e descarregou as cargas nos portos organizados no Brasil, no período 2012 a 2014. Portanto a delimitação destas análises não está relacionada aos seguintes parâmetros: calado restrito, quantidade e metragem dos berços, tamanho do porto, qualidade nos acessos, tamanho da manobra do navio e tamanho dos armazéns.

Para o cálculo da eficiência operacional portuária foi utilizado o modelo DEA-BCC (retorno variável de escala), orientado a *output*. A variável de *input* é o Tempo Médio Atracado (TMA) e as variáveis *outputs* são a Prancha Média (PM) e a Quantidade de contêineres movimentados em TEUS (QTEU). Foi necessário rodar o modelo três vezes com os anos separados, para melhor análise da eficiência operacional por ano - Tabela 2.

De acordo com Rios, Maçada e Becker (2004), os terminais de contêineres são classificados de acordo com a quantidade de movimentação em TEUS:

- Grande Porte - Movimentação de contêineres acima de 250 mil TEU.
- Médio Porte - Movimentação de contêineres entre 100 a 250 mil TEU.
- Pequeno Porte - Movimentação de contêineres inferior a 100 mil TEU.

Esta classificação, foi utilizada para os portos dos portos organizados estudados nesta dissertação - Tabela 2.

TABELA 2: Resultado da análise DEA com o *input* TMA e *outputs* PM e QTEUS

Porto	Eficiência Operacional			
	PORTE	2012	2013	2014
ITAGUAÍ (SEPETIBA)	Grande	65,9%	52,2%	64,9%
RIO DE JANEIRO	Grande	57,2%	71,5%	72,3%
SANTOS	Grande	100%	100%	100%
VITORIA	Médio	64,7%	55,1%	57,7%
ITAJAI	Grande	100%	100%	86%
IMBITUBA	Pequeno	100%	100%	77%
PARANAGUA	Grande	85,5%	100%	100%
RIO GRANDE	Grande	82,8%	78,5%	56,4%
SALVADOR	Grande	61,6%	63,8%	58,8%
SUAPE	Grande	55,6%	63,1%	49,8%
FORTALEZA	Pequeno	35,1%	32%	29,6%
ITAQUI	Pequeno	16,1%	11,4%	17,5%
RECIFE	Pequeno	30,4%	21,5%	42,8%
SANTARÉM	Pequeno	19,3%	18,5%	12,1%
SÃO FRANCISCO DO SUL	Pequeno	75,2%	51,8%	32,3%
VILA DO CONDE	Pequeno	25,2%	19,3%	11,5%

Fonte: Dados da Pesquisa. Elaborado Pela Autora.

Analisando a Tabela 2, pode-se constatar que os Portos de Santos considerado de grande porte alcançou 100% de eficiência relativa nos três anos estudados; o Porto de Itajaí, considerado de grande porte, alcançou 100% de eficiência operacional nos anos 2012 e 2013; o Porto de Paranaguá, considerado também de grande porte, alcançou 100% de eficiência operacional nos anos 2013 e 2014; e o Porto de Imbituba, que é considerado porto de pequeno porte, alcançou e 100% de eficiência nos anos 2012 e 2013. A partir dos dados da referida tabela é possível admitir que o porte do porto não é o fator determinante para seu índice máximo de eficiência operacional. O que explica a eficiência operacional é a forma como otimiza o carregamento e descarregamento de suas cargas.

Pode-se considerar que das 39 DMUs consideradas ineficientes, 8DMUs apresentaram ineficiência entre 70% e 86%; 15 DMUs apresentaram ineficiência entre 50% e 70%; e 16 DMUs apresentaram ineficiência abaixo de 50%. Seguem abaixo as análises por portos.

Porto de Itaguaí (Sepetiba)

Apresentou ineficiência nos três anos estudados (2012, 2013, 2014), Gráfico 1. O que explica esse resultado é o Tempo Médio de Atração muito alto, que afeta a eficiência operacional do porto e sua produtividade média.

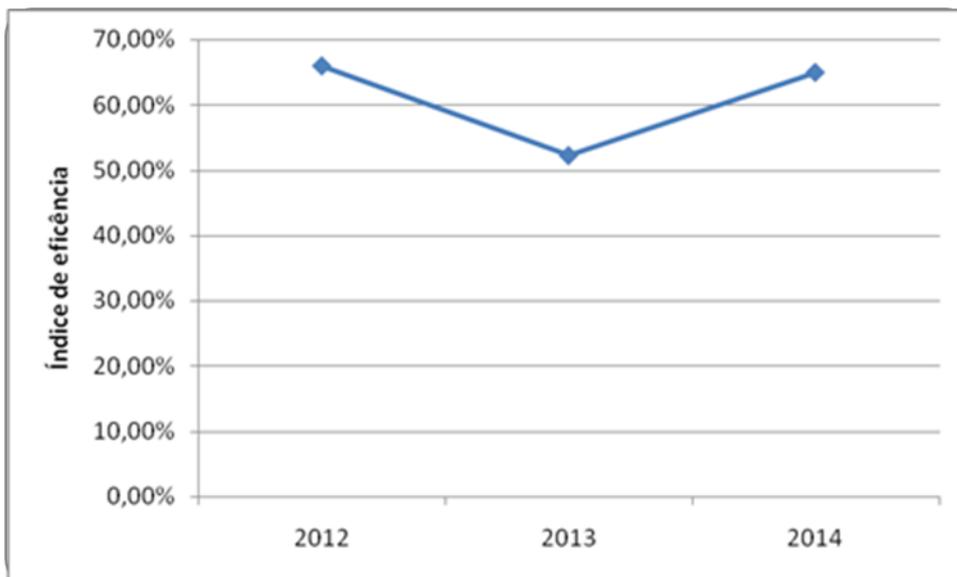


Gráfico 1 - Índice de eficiências do Porto de Itaguaí.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

No entanto, cabe ressaltar que o índice de eficiência aumentou de 2013 para 2014, onde o porto operou com mais um equipamento, mostrando um crescimento do índice de eficiência (65%), mas não foi o suficiente para alcançar a fronteira eficiente relativa.

Porto do Rio de Janeiro

Apresentou ineficiência nos 3 anos (2012, 2013 e 2014), não conseguindo utilizar de forma otimizada a superestrutura que possui - Gráfico 2.

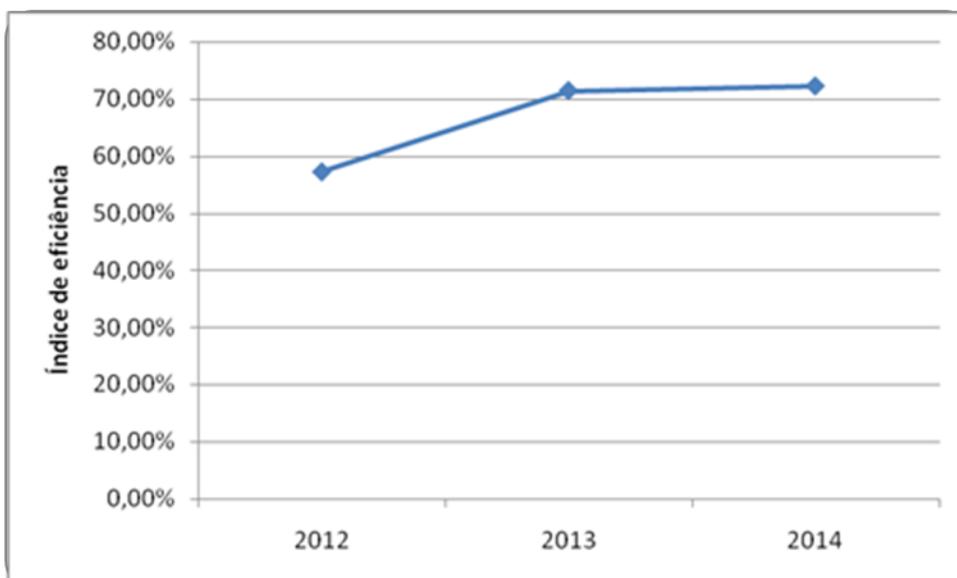


Gráfico 2 - Índice de eficiência do Porto de Rio de Janeiro.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela Autora

Opera carregamento ou descarregamento de cargas utilizando equipamentos adequados para atender as movimentações. Os índices de eficiências sugerem que o porto vem trabalhando na busca de melhorias. Houve aumento da eficiência de 57,20% em 2012 e para 71,50% em 2013. Parte dessa melhoria se explica pela aquisição, em 2014 de um equipamento, que levou seu nível de eficiência para 72,30%.

Esses resultados sugerem que, a morosidade do tempo médio de atracação está impactando a eficiência operacional do porto. Isso se deve à falta de planejamento do tempo de atracação. Os navios ficam muitas horas atracados aumentando assim o tempo médio da operação por unidade de contêiner movimentado. Para ser eficiente, o porto deve estudar uma forma de aumentar a

rotatividade de navios, já que possui capacidade, e melhorar seu desempenho operacional reduzindo a permanência do navio no porto (SANT'ANNA; JÚNIOR, 2015).

Porto de Santos

Foi o único que atingiu o índice de eficiência máxima de 100% em comparação com os demais portos nos três anos estudados (2012, 2013, 2014) - Gráfico 3. Seu desempenho operacional na movimentação da carga do porto para o cais e vice-versa é explicado pela superestrutura que possui.

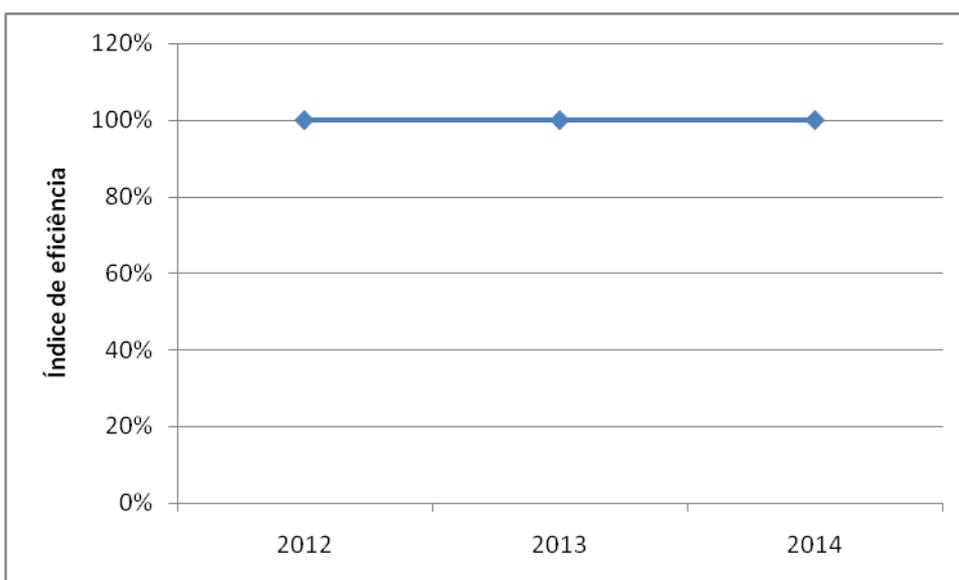


Gráfico 3 - Índice de eficiência do Porto de Santos.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

Porto de Vitória

Não conseguiu atingir a fronteira eficiente nos anos de 2012, 2013 e 2014. Houve queda no índice de eficiência de 64,70% em 2012 para 55,10% em 2013, mas conseguiu em 2014 aumentar um pouco o índice de eficiência operacional para 57,70% - Gráfico 4.

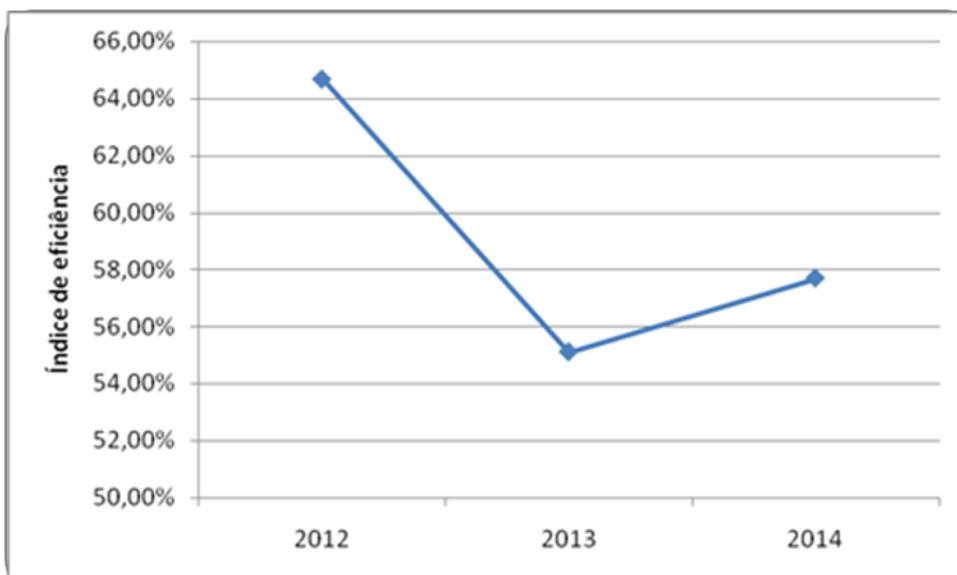


Gráfico 4 - Índice de eficiência do Porto de Vitória.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

O porto possui, em média, um tempo de atracação de navio alto, impactando a produtividade média e a movimentação de contêineres em TEUS em seu pátio. Cabe ressaltar que o porto de Vitória é considerado um porto pequeno, em metros quadrados, e possui superestrutura restrita, que o leva à perda de cargas para portos de grande porte.

Porto de Itajaí

Obteve 100% de eficiência operacional nos anos 2012 e 2013, mas não conseguiu mantê-la em 2014, quando caiu para 86%.

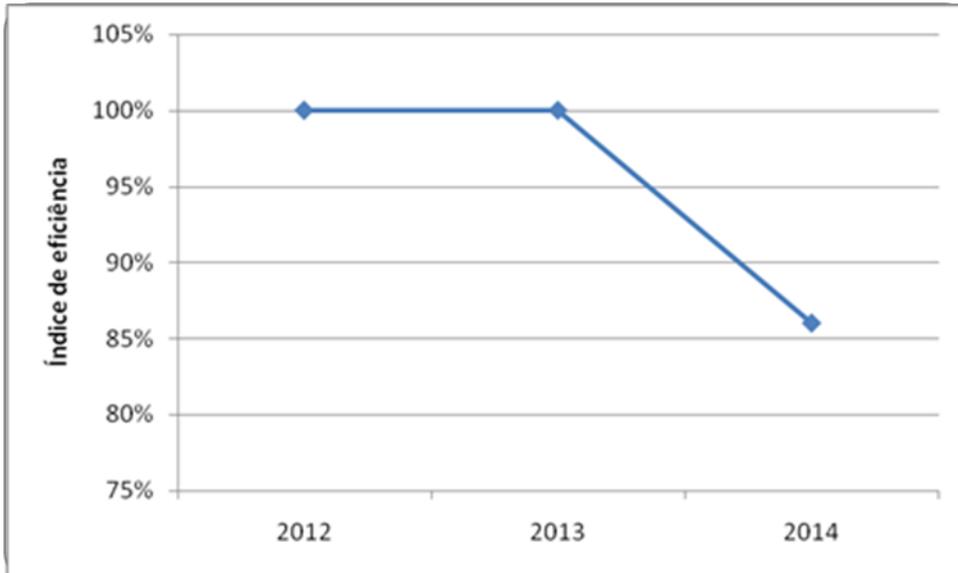


Gráfico 5 - Índice de eficiência do Porto de Itajaí.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

O Gráfico 5 mostra que em 2014 o tempo médio atracado foi elevado em comparação aos outros portos analisados. Isso significa menos movimentação de navio e de contêineres, que acabam por afetar a sua produtividade.

Porto de Imbituba

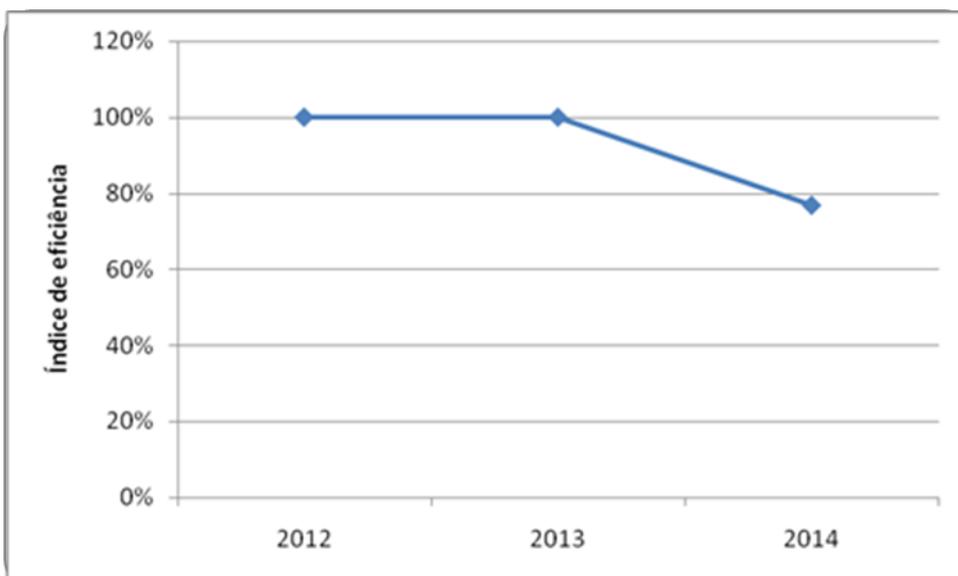


Gráfico 6 - Índice de eficiência do Porto de Imbituba.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

Apresentou 100% de eficiência relativa nos anos 2012 e 2013 - Gráfico 6. Manteve seu desempenho operacional entre 2012 e 2013, mesmo com a superestrutura limitada, devido aos esforços para otimizar seus recursos mas, em 2014 teve uma queda no índice de eficiência para 77% não conseguindo permanecer na fronteira eficiente (100%).

Porto de Paranaguá

Apresentou 100% de eficiência operacional nos anos 2013 e 2014 e ineficiência no ano de 2012 - Gráfico 7. Houve crescimento no índice de eficiência entre 2012 para 2013 até chegar no índice de eficiência máxima.

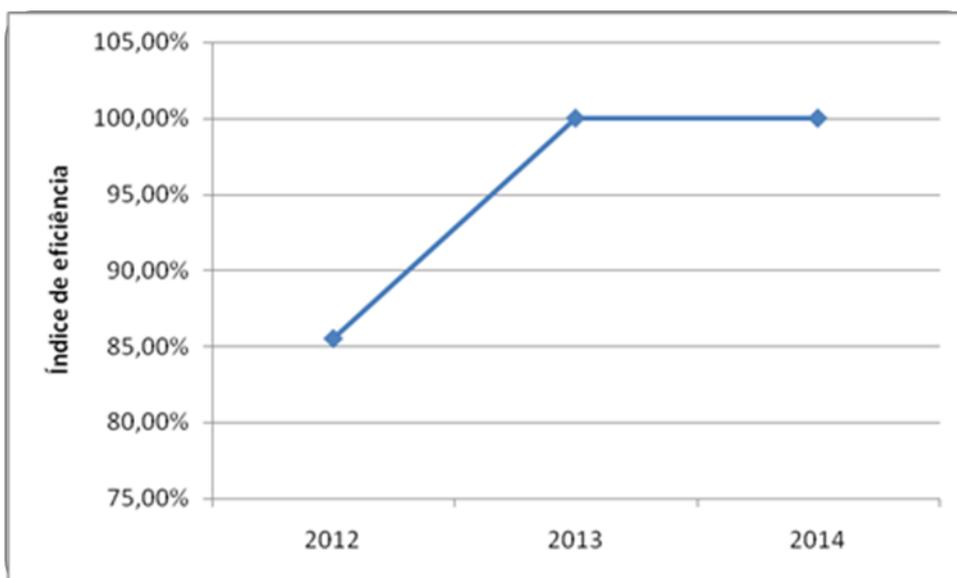


Gráfico 7 - Índice de eficiência do Porto de Paranaguá.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

Em 2014 o porto operou com mais equipamentos e teve a maior movimentação de TEUS na sua história permanecendo com o máximo desempenho operacional.

Porto de Rio Grande

Não apresentou eficiência nos anos estudados (2012, 2013 e 2014). Em 2012 teve uma eficiência média de 82,8%; em 2013 caiu para 78,5%; e em 2014 teve nova queda para 56,40% de índice de eficiência relativa - Gráfico 8.

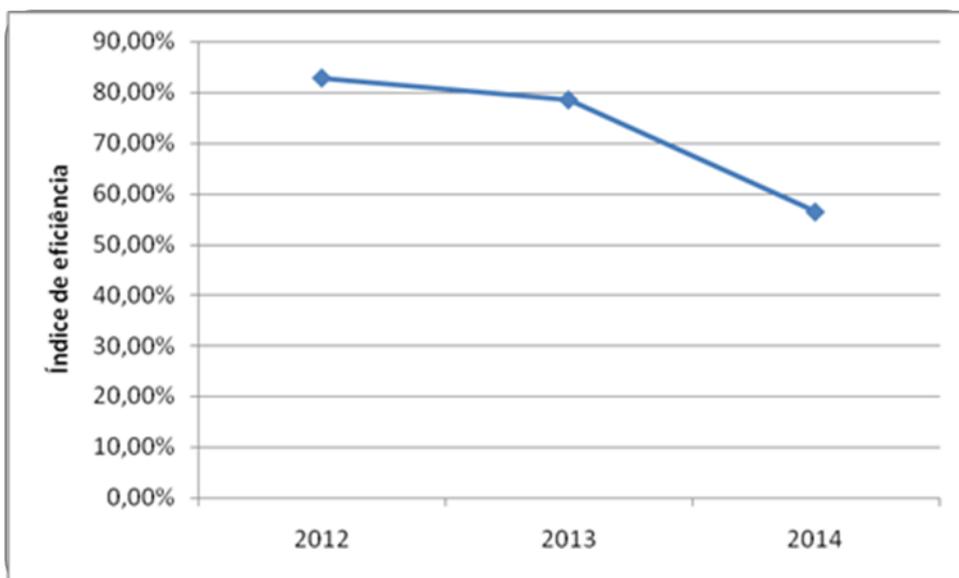


Gráfico 8 - Índice de eficiência do Porto de Rio Grande.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

Porto de Salvador

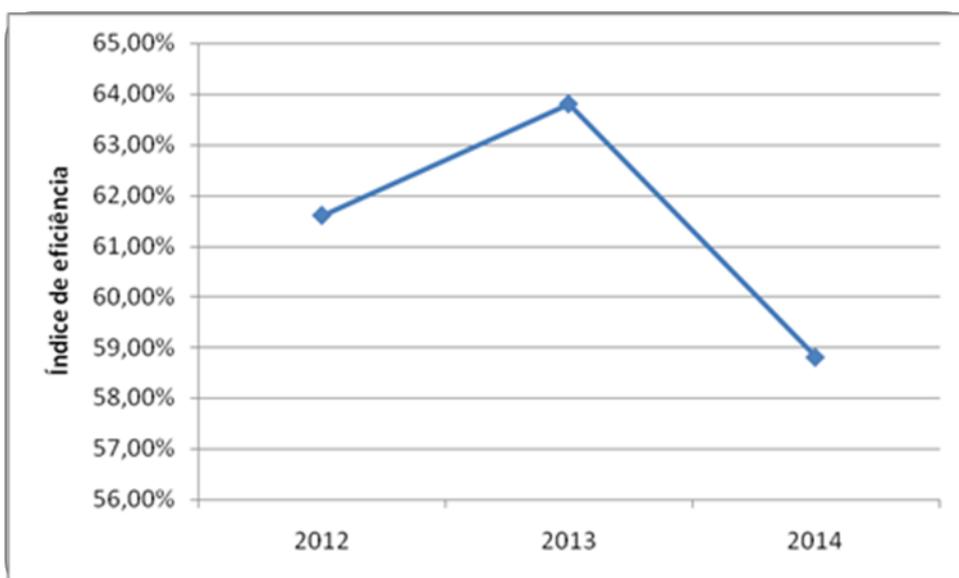


Gráfico 9 - Índice de eficiência do Porto de Salvador.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

Apresentou ineficiência em todos os anos estudados. Analisando o Gráfico 8, pode-se constatar que nos anos 2012 e 2013 teve um aumento no índice de eficiência relativa de aproximadamente 0,97%, respectivamente. Em 2014, teve uma queda no índice de eficiência para 58,80%. O porto para se tornar eficiente em relação aos portos estudados, deve otimizar seu espaço para que possa receber mais quantidade de cargas e conseqüentemente aumentar a frequência de navios (SANTOS; SANTOS, 2012; RIOS; MAÇADA; BECKER, 2003).

Porto de Suape

Apresentou eficiência operacional nos anos 2012, 2013 e 2014. Os resultados sugerem que houve um aumento do tempo médio de navio atracado afetando o desempenho operacional do porto. Em 2013 conseguiu atingir o índice de eficiência de 63,10%, mas em 2014 caiu novamente não conseguindo atingir 50% de eficiência relativa - Gráfico 10.

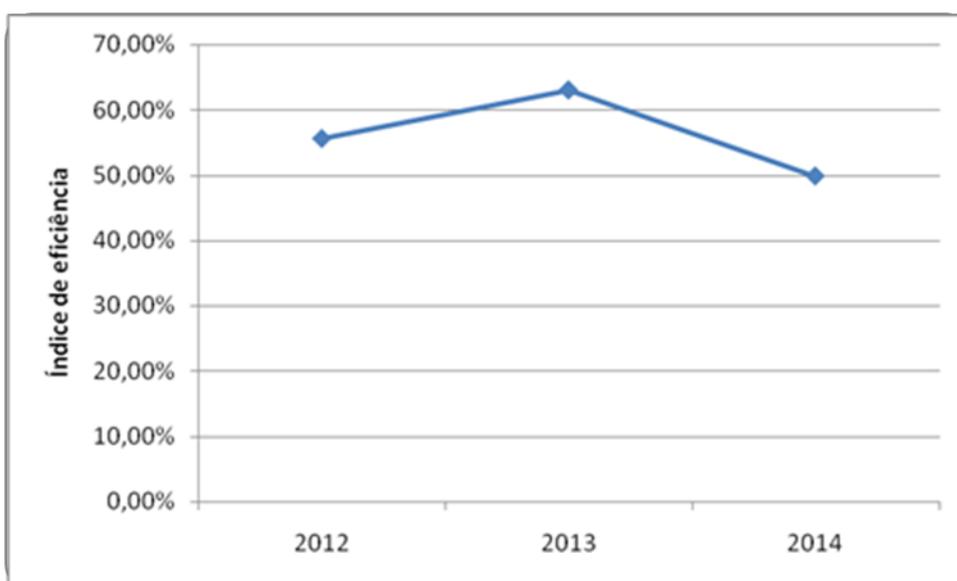


Gráfico 10 - Índice de eficiência do Porto de Suape.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela Autora

Porto de Fortaleza

Apresentou ineficiência nos três anos estudados (2012, 2013 e 2014) não conseguindo atingir 40% do índice de eficiência comparado com os demais portos - Gráfico 11.

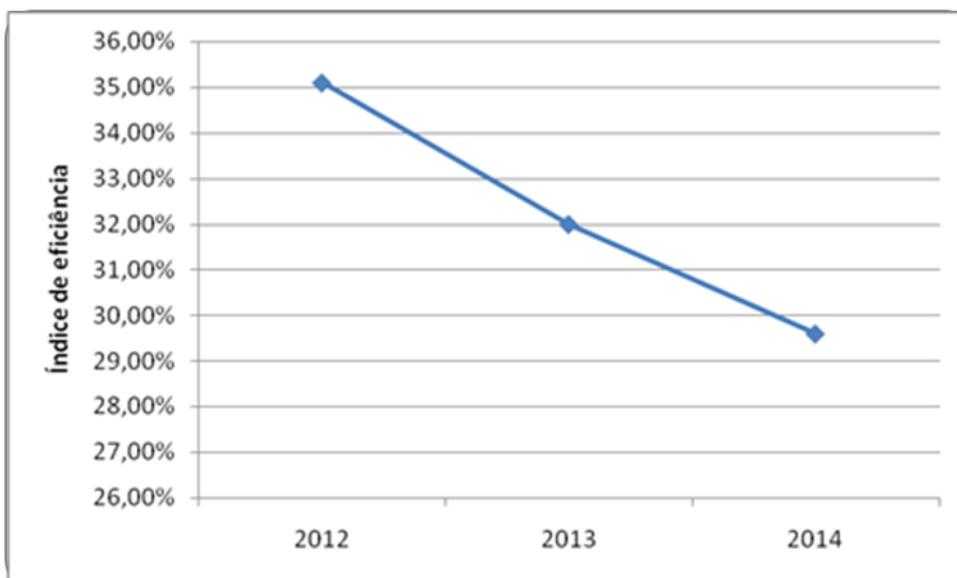


Gráfico 11 - Índice de eficiência do Porto de Fortaleza.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela Autora

O porto recebeu dentre os três anos analisados uma média de 145 navios, onde operou com média de tempo atracado elevado, impactando na produtividade do porto. Para a movimentação da carga do navio até o cais ou vice-versa, o porto possui somente guindastes não possuindo equipamento próprio para operar contêineres (Portêiner), podendo ser um fator que dificulta o aumento da movimentação de TEUS em sua área.

Porto de Itaquí

Apresentou ineficiência operacional em relação aos demais portos estudados. Em 2012 apresentou um índice de eficiência de 16,1%, em 2013 teve uma queda

para 11,4% e teve um aumento 17,5% em 2014, mas não conseguiu nem chegar a 20% de eficiência operacional - Gráfico 12.

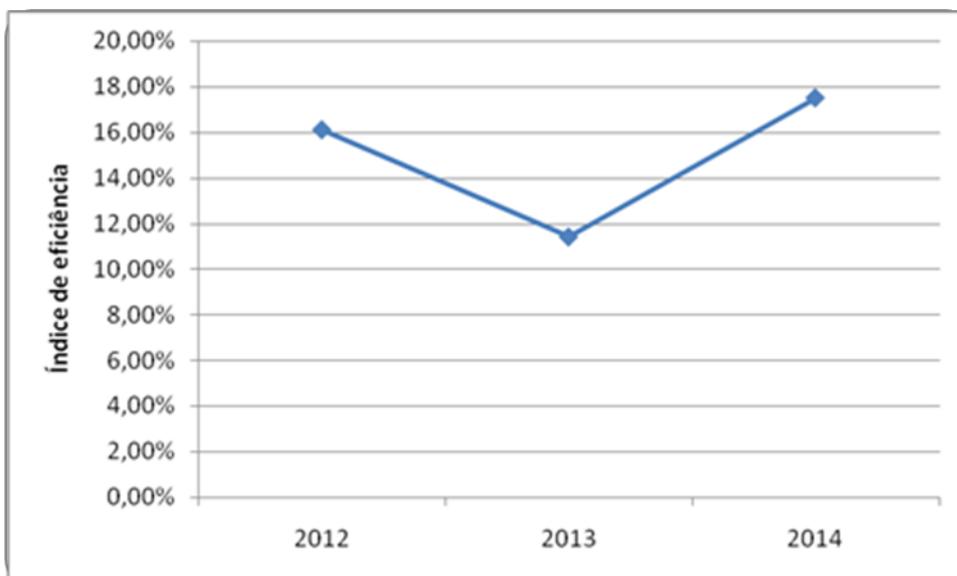


Gráfico 12 - Índice de eficiência do Porto de Itaqui.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela Autora

Portos brasileiros de porte pequeno tem característica de ter sua superestrutura limitado com equipamentos de movimentação precários, muitas vezes sendo o fator prejudicial para seu crescimento, com isso perde competitividade para portos que possui uma infraestrutura melhor (BARBOZA, 2014).

Porto de Recife

Apresentou ineficiência operacional nos anos 2012, 2013 e 2014 em relação aos demais portos estudados.

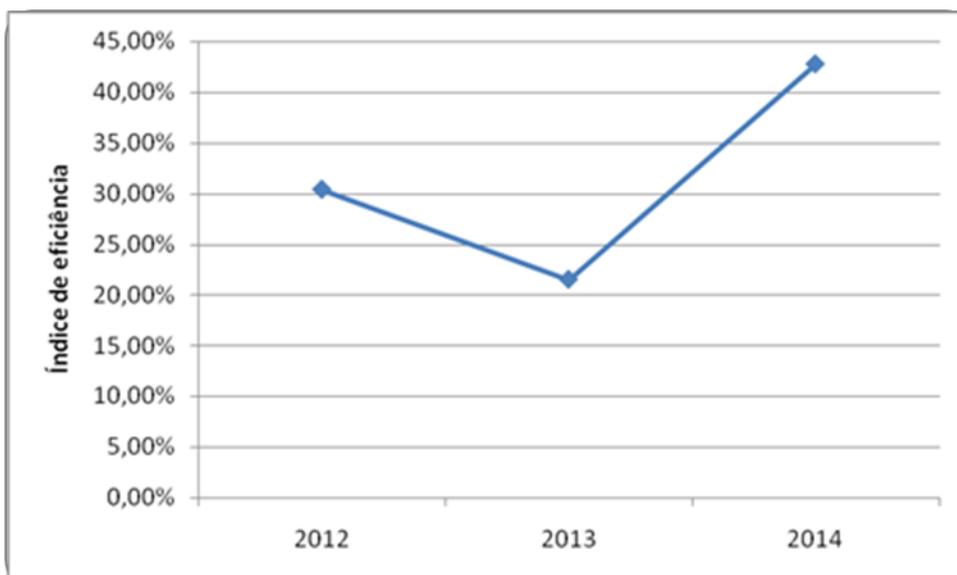


Gráfico 13 - Índice de eficiência do Porto de Recife.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela Autora

O índice de eficiência operacional em 2012 foi de 30,4%, em 2013 teve uma redução 21,5% e em 2014 teve um aumento de eficiência 42,80% - Gráfico 13.

Porto de Santarém

Apresentou ineficiência operacional nos anos 2012, 2013 e 2014. O Porto só detém um guindaste e para movimentar o contêiner utiliza o equipamento do navio, portanto só recebe navio contêiner com guindaste próprio. Pode-se considerar que é um porto com pouca superestrutura, afetando o índice de eficiência operacional 12,1% em 2014 - Gráfico 14.

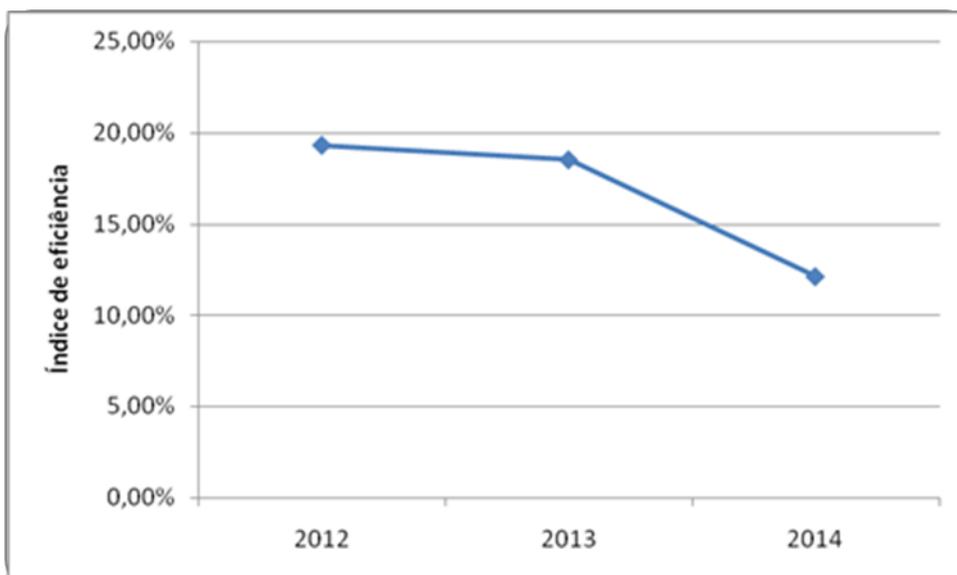


Gráfico 14 - Índice de eficiência do Porto de Santarém.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela Autora

Porto de São Francisco do Sul

Apresentou ineficiência operacional nos três anos estudados (2012, 2013, 2014). Ao analisar o Gráfico 15 observou-se que em 2012 atingiu o melhor índice de eficiência em comparação aos outros anos, 75,2%. Em 2013 e 2014 começou a redução do índice de eficiência operacional, 51,8% e 32,3%, respectivamente.

O porto possui 6 guindaste e até o ano estudado nenhum portêiner, dificultando o desempenho operacional na movimentação de contêineres do navio para o cais e vice-versa.

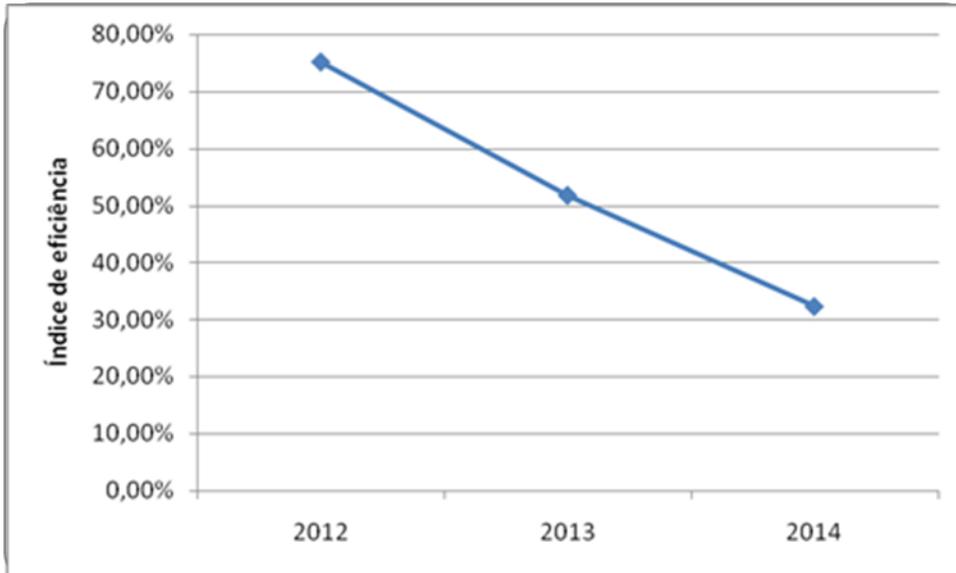


Gráfico 15 - Índice de eficiência do Porto de São Francisco do Sul.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela Autora

Porto de Vila do Conde

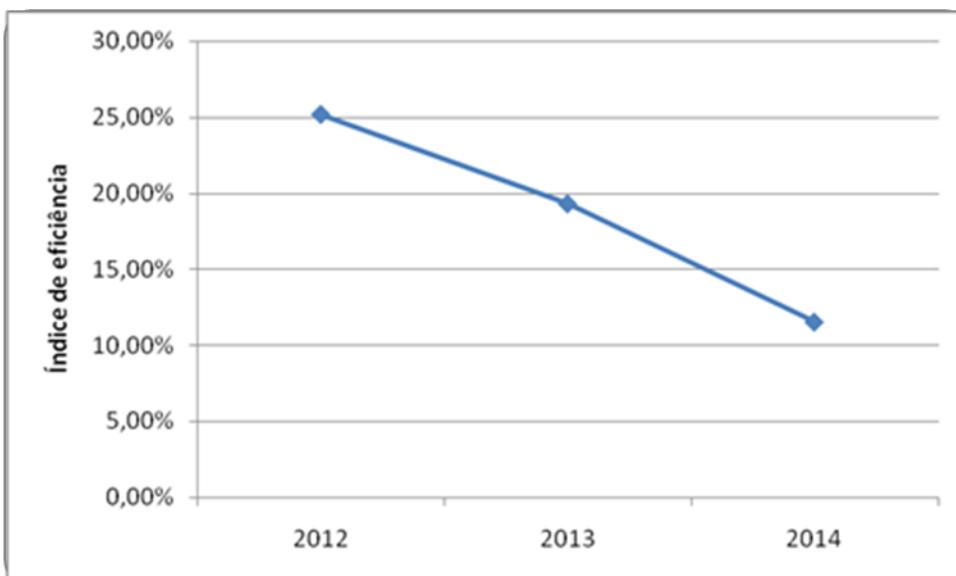


Gráfico 16 - Índice de eficiência do Porto de Vila do Conde.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela Autora

Apresentou ineficiência operacional nos anos 2012, 2013 e 2014. O Gráfico 16 indica queda do índice de eficiência operacional comparada de 2012 a 2014 em relação aos portos estudados. Em 2012 era de 25,2%, em 2013 chegou a 19,3% e em 2014 chegou a 11,50% .

O Porto possui dois equipamentos de guindaste e nenhum portêiner. Durante os três anos estudados recebeu uma média alta de navios, porém, baixa produtividade média, impactando na movimentação de TEUS.

De acordo com o apresentado nos gráficos anteriores, pode-se classificar os portos segundo seus índices de eficiência, no seguinte:

- 1° lugar - Porto de Santos
- 2° lugar - Porto de Paranaguá
- 3° lugar - Porto de Itajaí
- 4° lugar - Porto de Imbituba
- 5° lugar - Porto de Rio de Janeiro
- 6° lugar - Porto de Itaguaí (Sepetiba)
- 7° lugar - Porto de Rio Grande
- 8° lugar - Porto de Salvador
- 9° lugar - Porto de Vitória
- 10° lugar - Porto de Suape
- 11° lugar - Porto de São Francisco
- 12° lugar - Porto de Recife
- 13° lugar - Porto de Fortaleza
- 14° lugar - Porto de Vila do Conde
- 15° lugar - Porto de Santarém
- 16° lugar - Porto de Itaqui

Capítulo 5

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação teve como objetivo medir e analisar o desempenho operacional dos portos organizados brasileiros que operam contêineres no período 2012 a 2014. Para a realização do objetivo traçado, utilizou o modelo DEA-BCC orientado a *output*.

A principal conclusão a partir da aplicação do modelo DEA para 16 portos que operam cargas em contêineres, pôde-se considerar o Porto de Santos o mais eficiente em todos os anos estudados em comparação aos portos escolhidos. Os Portos de Itajaí e de Imbituba apresentaram eficiência nos anos 2012 e 2013, e o Porto de Paranaguá teve eficiência nos anos de 2013 e de 2014.

Esses resultados sugerem que o porte do porto (quantidade de TEUS movimentados por ano), não explica o seu bom desempenho operacional, haja vista que nesta dissertação dentre os portos com 100% de índice de eficiência três são de grande porte e um de pequeno porte. Ainda que Rios e Maçada (2006), tenham apontado como principal indicador de eficiência, a movimentação de contêineres por navio, pois quanto mais rápido o porto movimenta as cargas, mais eficiente o porto será, os resultados não permitem afirmar que 100% da eficiência relativa seja explicada por porte do porto.

Os Portos brasileiros de porte pequeno têm suas superestruturas limitados devido à precariedade dos equipamentos de movimentação. Muitas vezes este é o fator que prejudica seu crescimento, e limita sua competitividade em relação aos portos que possuem uma infraestrutura melhor (BARBOZA, 2014).

Como houve porto pequeno que apresentou eficiência, é possível admitir que o que explica eficiência é a capacidade e o planejamento dos gestores portuários em movimentar as cargas de forma otimizada e aproveitar toda a infraestrutura e superestrutura que possuem.

Os trabalhos de Acosta *et al.* (2011) e Bertoloto e Mello (2011) mesmo apresentando escores de eficiência diferentes concluíram que o Porto de Santos foi um dos portos com 100% de eficiência. Considerando-se os resultados desta dissertação é possível admitir que o Porto de Santos trabalha para manter a eficiência em todos os níveis em relação aos outros portos brasileiros.

Apontar a eficiência operacional dos portos é uma tarefa muito importante, porque descreve trajetórias de melhorias de eficiências dos processos - otimização na operação de cargas. A eficiência operacional atrai os operadores portuários, armadores e donos de cargas, mas os portos ineficientes também podem distanciar esses atores se a estrutura e capacidade operacional não forem eficientes. Assim, para que esses portos possam se tornar eficientes, devem investir em equipamentos e mão de obra especializada para aumentar seus *outputs*, haja visto que a movimentação da carga interfere diretamente na operação dos navios, isso é, quanto mais tempo o navio ficar atracado, menor será a rotatividade de embarcações, impactando na produtividade média do porto e na quantidade total de contêineres movimentados.

É importante ressaltar que o modelo DEA, a despeito de ser o mais indicado para o tipo de análise desenvolvida nesta dissertação, tem algumas limitações. Uma delas é que a análise de eficiência é uma comparação entre as Unidades Tomadoras de Decisão (DMU), onde os melhores desempenhos operacionais comparados formam uma fronteira de eficiência (MAINARDES, 2010). Isso quer

dizer, que o resultado será analisado de forma comparativa entre as unidades, posicionando as DMUs com melhor desempenho e não mede a eficiência absoluta ou ótima.

Outra limitação do modelo é a sensibilidade ao número de *input* e *output* e o tamanho da amostra de DMU. É necessário ajustar o número de variáveis de acordo com as quantidades de DMUs, caso contrário o índice de eficiência pode não identificar as DMUs ineficientes.

Portanto, assunto não se encontra encerrado, pois ainda há muito a ser explorado desta metodologia nos portos brasileiros, inclusive nos portos organizados que operam contêineres. Para tanto, deve ter continuidade através de novos escores metodológicos para analisar de forma sistêmica o setor portuário brasileiro.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, C. M. M.; SILVA; A. M. V. A; LIMA; M. L. P. Aplicação de análise envoltória de dados (DEA) para medir eficiência em portos brasileiros. **Revista de Literatura dos Transportes**, vol. 5, n. 4, PP. 88-102, 2011.

ANTAQ. SIG Acesso Público: manual do usuário. **Agência Nacional de Transportes Aquaviários**. Brasília, Dezembro, 2013.

ANTAQ. Sistema de Informações Gerenciais - SIG. **Agência Nacional de Transportes Aquaviários**. Brasília. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/sistemas/sig/AcessoEntrada.asp?IDPerfil=23>>. Acesso em: 14 mar. 2015.

ANTAQ. Anuário Estatístico Portuário - 2014. **Agência Nacional de Transportes Aquaviários**. Brasília, 2015.

AZEVEDO, R.C; ENSSLIN, L.; LACERDA, R.T.O.; FRANÇA, L.A.; JUNGLES, A.E.; ENSSLIN, S.R. **Modelo para avaliação de desempenho: aplicação em um orçamento de uma obra de construção civil**. Produção, v. 23, n. 4, p. 705-722, out./dez. 2013.

BANKER, R.D; CHARNES, A.; COOPER, W. W.. Some Models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, vol. 30, no. 9, September, 1984.

BARBOZA, M.A.M. A ineficiência da infraestrutura logística do Brasil. **Revista Portuária Economia e Negócios**. Setembro, 2014. Disponível em: <<http://www.revistaportuaria.com.br/noticia/16141>>. Acesso em: 30 Mai. 2015.

BERTOLOTO, R. F.; MELLO, J. C. C. B. S. D. Eficiência de portos e terminais privativos brasileiros com características distintas. **Revista de Literatura dos Transportes**, vol. 5, n. 2, PP.4-21, 2011.

CALDEIRINHA, V. R.; FELICIO. J. A. The influence of factors characterizing the performance of ports, measured by operational, financial and efficiency indicators. **MPRA Paper**, Lisbon, n. 30009, Apr. 2011.

CARDOSO, J. S. L. **Proposição de uma metodologia para a comparação de desempenho operacional de terminais portuários de granéis sólidos minerais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

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

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data Envelopment Analysis**. New York. Springer Science Business Media. 2007.

CULLINANE, K.; SOG, D. W.; JI, P.; WANG, T. F. An application of DEA Windows Analyses to Container Port Production Efficiency. **Review of Network Economics**. v. 3, 184-206, 2005.

FARRELL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series A (General), vol.120, no. 3, 253-290, 1957.

FRANCOU, B. **Port Performance Indicators**. Port Performance Indicators and Analysis Lecture Notes. World Maritime University. Molmö, Sweden, 2000.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009.

FONTES, O.H.P.M.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B. Avaliação da eficiência portuária através de uma modelagem DEA. **IX Simpósio de Pesquisa operacional e Logística da Marinha - SPOLM 2006**, Rio de Janeiro. Anais do SPOLM 2006, 2006.

GAMBA Jr., J. *et al.* Avaliação de desempenho de serviços emergenciais: uma análise da produção científica do período de 1991 a 2010. **Revista de Administração da UNIMEP** – v.10, n.3, Setembro/Dezembro – 2012.

GONZÁLEZ, M.; TRUJILLO, L. La Medición de la Eficiencia en el Sector Portuario: Revisión de la Evidencia Empírica. **Documentos de trabajo conjuntos**, 2005-06.

HARALAMBIDES, H. Competition, Excess Capacity, and the Pricing of Port Infrastructure. **International Journal of Maritime Economics**, no. 4, 323-347, 2002.

KAPLAN, R.S.; NORTON, D.P. **A estratégia em ação: balanced scorecard**. Tradução Luiz Euclides Trindade Frazão Filho. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

KIRCHNER, L.H.C. **Avaliação da eficiência dos terminais de contêineres através da análise envoltória de dados e do índice de Malmquist**. Dissertação (Mestrado

em Engenharia de Transportes) – Programa de Mestrado em Regulação e Gestão de Negócios, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

KNIGHT, F. *Economic Organization and Efficiency*. In: FEENSTRA. R. C.; HAMILTON, G. G. ***The Problem of Economic Organization***. United Kingdom: Cambridge University Press, 2006.

LLAQUET. J. L. E. **Mejorade La competitividad de um puerto por médio de um nuevo modelo de gestión de la estratégia aplicando elcuadro de mando integral**. Tese – Tesis Doctoral – Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2007.

LUITZ, M.P.; REBELATO, M.G.. Avaliação do Desempenho Organizacional. **XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. XXIII ENEGEP. Ouro Preto, MG, 22 a 24 de Outubro, 2003.

MACEDO. M.A.S.; MANHÃES, J.V.P. Avaliação de eficiência de terminais de contêineres no Brasil através da Análise Envoltória de Dados (DEA). **Revista de negócios**, ISSN 1980-4431, Blumenau, v.14, n.3, p.35-53, Julho/Setembro 2009.

MAINARDES, E. W. **Gestão de universidades baseado no Relacionamento com seus Stakeholders**. Tese – Universidade da Beira interior ciências sociais e Humanas, Portugal, 2010.

MARTINEZ BUDRIA, E., DIAZ ARMAS, R., NAVARRO IBANEZ, M. e RAVELOMESA, T. A study of the Efficiency of Spanish port authorities using Data Envelopment Analysis, **International Journal of Transport Economics**, v. 26, n. 2, pp. 237-253, 1999.

MESQUITA, P.L. Planejamento Portuário Nacional. Secretaria de Portos da Presidência da República, SEP/PR, Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl>>. Acesso em: 03 mar. 2015.

MEZA. L.A.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; FERNANDES, A. J. S. Seleção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia eléctrica. **Investigação Operacional**, Lisboa, v. 27, n. 1, 2007.

MONIE, G.D. Measuring and evaluating port performance and productivity. **UNCTAD Monograph on Port Management**, n.6, 1987.

NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design: a literature review and research agenda. **International Journal of Operations & Production Management**, v.25, n.12, p. 1228-1263, 2005.

NOTTEBOOM, T. E. The relationship between seaports and the intermodal hinterland in light of global supply chains: European challenges. **Discussion Paper**,10,mar. 2008.

NOTTEBOOM, T. E; RODRIGUE, J.P. Port Regionalization: Towards a new phase in port development. **MaritimePolicyand Management**, vol. 32, no. 3, 297-313, 2005.

PIRES, L. D. S.; BERTOLO, R. F.;MELLO, J. C. C.B.S. Análise da eficiência de Portos de Carregamento de Minério de Ferro. **Rio's International Journal on Sciences of Industrial and Systems Engineering and Management**, v.3, p. pe094-01, 2009.

RIOS, L. R.; MAÇADA, A. C. G.; BECKER, J. L. Análise da Eficiência Relativa das Operações nos Terminais de Contêineres do Mercosul. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 28, Curitiba, PA. **Anais do XXVIII Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração**. Curitiba: ENANPAD, 2004.

RIOS, L. R.; MAÇADA, A. C. G.; BECKER, J. L. Modelo de decisão para o planejamento da capacidade nos terminais de *containers*. **XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção** - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de Out. 2003.

RIOS, L. R.; MAÇADA, A. C. G.. Medindo a Eficiência Relativa das Operações dos Terminais de Contêineres do Mercosul Utilizando a Técnica de DEA e Regressão Tobit. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 23 A 27, Salvador, BA. **Anais do XXX Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração**. Salvador: ENANPAD, 2006.

ROLL, Y.; HAYUTH, Y. Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis (DEA). **MaritimePolicyand Management**, Vol. 20, 153-161, 1993.

SANT'ANNA, V.; JÚNIOR, S. K. Infraestrutura portuária no Brasil: uma análise do impacto do tempo dos procedimentos portuários sobre as exportações brasileiras. **Revista Brasileira de Comércio Exterior - RBCE**. Ano XXIX, Abril/ Maio/Junho de 2015.

SANTOS, J. A.; SANTOS, E.B.A. As dificuldades logísticas de acesso e de movimentação de cargas do Porto de Santos. **Simpósio de excelência em gestão e tecnologia**. IX SEGeT, 2012.

SERRANO, M. G.; CASTELLANO, L.T. Analisis de la eficiencia de los servicios de infraestructura en España: Una aplicación al tráfico de contenedores. **Anais do X de Encontro de Economia Pública**, 2003.

SOUSA JR., J.N.C.; FERREIRA JR., E.N; PRATA, B.. A. Análise da eficiência dos portos da região Nordeste do Brasil baseada em Análise Envoltória de Dados. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v.3, n.2, p.74-91, maio a agosto de 2008.

SOARES, T.C.; MELO, P.A. Avaliação de desempenho organizacional: um mapeamento em periódicos nacionais. *Revista Eletrônica de Estratégia e Negócios - REEN*, v. 7, no. 2, 2014.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; MEZA, L.A. GOMES, E. G.; NETO, L. B. Curso de Análise de Envoltória de Dados. **XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**. 27 a 30/09/05, Gramado, RS, 2005.

TEZZA, R.; BORNIA, A.C.; VEY, I.H. Sistemas de medição de desempenho: uma revisão e classificação da literatura. **Gestão e Produção.**, São Carlos, v.17, n.1, p.75-93, 2010.

TONGZON, J. Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis. **Transportation Research**, Part A 35, Elsevier, p. 107–122, 2001.

TURNER, H.; WINDLE, R.; DRESNER, M. **North American Containerport productivity: 1984 - 1997**. *Transportation Research Part E*, v.40, 2004.

VALENTINE, V.F.; GRAY, R. The Measurement of Porto Efficiency Using Data Envelopment Analysis. In: *World Conference on Transport Research*, 9, 2001. **Anais do IX World Conference on Transport Research**, 2001.

ANEXOS

ANEXO A - Listagem dos trabalhos internacionais realizados: autores, métodos utilizados de DEA; as variáveis de *inputs* e *outputs*.

Autores	Método	Inputs	Outputs
ROLL e HAYUTH (1993)	DEA-CCR	<ul style="list-style-type: none"> - Capital; - N° de funcionários;e, - Tipos de Carga. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nível de serviço; - Movimentação de carga; - Satisfação dos usuário;e, - N° de atracções.
MARTINEZ et al. (1999)	DEA-BCC	<ul style="list-style-type: none"> - Despesas com pessoal; - Taxas de Depreciação;e, - Outros gastos 	<ul style="list-style-type: none"> - Total de carga movimentada; e, - Receita obtida no aluguel de facilidades
TONGZON (2001)	DEA- CCR e Aditivo	<ul style="list-style-type: none"> - N° de guindaste, berços, rebocadores e funcionários; - Área do terminal; e, - Tempo de Atraso. 	<ul style="list-style-type: none"> - TEU; e - Movimentação Hora/Navio.
VALENTINE e GRAY (2001)	DEA-CCR	<ul style="list-style-type: none"> - Comprimento do berço; e. - Investimento realizado (USD) 	<ul style="list-style-type: none"> - TEU; e, - Total de toneladas movimentadas.
ITOH (2002)	DEA-CCR e DEA-BCC	<ul style="list-style-type: none"> - Área do terminal; - N° de berços, guindastes e trabalhadores. 	<ul style="list-style-type: none"> - TEU.
BARROS (2003a)	DEA (eficiência técnica e alocativa)	<ul style="list-style-type: none"> - N° de funcionários; e, - Valor contábil dos ativos. 	<ul style="list-style-type: none"> - N° de atracções; - N° de fretes; - Total de toneladas movimentadas; carga; - Market Share; - Tipos de carga; - Receita Líquida; - Salários e Benefícios p funcionário; e, - Taxas de depreciação.
BARROS (2003b)	DEA e Regressão Tobit	<ul style="list-style-type: none"> - N° de funcionários; e, - Valor contábil dos ativos. 	<ul style="list-style-type: none"> - N° de atracções; - N° de fretes; e, - Tipos de carga.
SERRANO E CASTELLANO (2003)	DEA-BCC	<ul style="list-style-type: none"> - Tamanho do berço - Área do terminal - N° do guindaste 	<ul style="list-style-type: none"> - TEU - Toneladas movimentadas
BARROS e ATHANASSIOU (2004)	DEA-CCR e DEA-BCC	<ul style="list-style-type: none"> - Capital; e - N° de funcionários. 	<ul style="list-style-type: none"> - N° de atracções; - N° de fretes; e, - Tipos de carga.
BONILA et al. (2004)	DEA (variação tolerância estatística)	<ul style="list-style-type: none"> - Infraestrutura 	<ul style="list-style-type: none"> - Total de granel sólido, granel líquido e carga geral movimentadas em toneladas.
CULLINANE et al. (2004)	DEA-CCR e DEA-BCC	<ul style="list-style-type: none"> - Comprimento do terminal; - área do terminal; - N° de equipamentos de cais e de pátio; e, - N° de transportadores de carga. 	<ul style="list-style-type: none"> - TEU.

PARK e DE (2004)	DEA-CCR e DEA-BCC	- Capacidade de berço (Nº de navios); e, - Serviços de carregamento (ton).	- Total de toneladas movimentadas; - Nº de atracções; - Faturamento; e, - Satisfação dos usuários.
TURNER et al. (2004)	DEA e Regressão Tobit	- Área do terminal; - Nº de guindastes; e, - Tamanho do berço.	- TEU.
CULLINANE et al. (2005a)	DEA-CCR e DEA-BCC e FDH	- Comprimento do terminal; - Área do terminal; - Nº de equipamentos de cais e de pátios;e, - Nº de transportadores de carga.	- TEU.
CULLINANE et al. (2005b)	DEA- CCR e DEA-BCC	- Comprimento do terminal; - Área do terminal; - Nº de equipamentos de cais e pátio; e - Nº de transportadores de carga.	- TEU.
CULLINANE e WANG (2006a)	DEA-CCR e DEA-BCC	- Comprimento do terminal; - Área do terminal;e, - Nº de equipamentos.	- TEU.
CULLINANE e WANG (2006b)	DEA-CCR e DEA-BCC	- Comprimento do terminal; - Área do terminal; - Nº de equipamentos de cais e pátios; e, - Nº de transportadores de carga.	- TEU.
CULLINANE et al. (2006)	DEA-CCR e DEA-BCC, E SFA	- Comprimento do terminal; - Área do terminal; - Nº de equipamentos de cais e pátio; e, - Nº de transportadores de carga.	- TEU.
LIN e TSENG (2007)	DEA-CCR, DEA-BBC, Supereficiência	- Comprimento do terminal; -Área do terminal; - Nº de berços e de guindastes.	- Nº de embarcações atracadas; e, - Nº de contêineres carregados.

Fonte: Sousa Junior (2007) e Silveira (2009)

ANEXO B - Seleção de variáveis com "Método Compensatório de Normalização Única" e modelo DEA BCC - Ano 2012.

TMA - Tempo Médio Atracado

Prancha - Prancha Média

QA - Quantidade de Atracações

TEUS - Quantidade de movimentação de contêineres em TEUS

QE - Quantidade de equipamentos

DMU	TMA, Prancha	TMA, Prancha, TEUS	QA, TMA, Prancha	QA, TMA, Prancha, TEUS	QE, QA, TMA, Prancha, TEUS
ITAGUAÍ (SEPETIBA)_2012	0,66	0,66	1,00	1,00	1,00
RIO DE JANEIRO_2012	0,57	0,57	0,59	0,59	0,61
SANTOS_2012	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
VITORIA_2012	0,65	0,65	0,65	0,66	0,81
ITAJAI_2012	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
IMBITUBA_2012	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PARANAGUA_2012	0,86	0,86	0,89	0,89	1,00
RIO GRANDE_2012	0,83	0,83	0,86	0,86	0,94
SALVADOR_2012	0,62	0,62	0,65	0,65	0,65
SUAPE_2012	0,56	0,56	0,58	0,58	0,64
FORTALEZA_2012	0,35	0,35	0,45	0,45	1,00
ITAQUI_2012	0,16	0,16	0,38	0,38	0,46
RECIFE_2012	0,30	0,30	1,00	1,00	1,00
SANTAREM_2012	0,19	0,19	0,60	0,60	1,00
SÃO FRANCISCO DO SUL_2012	0,75	0,75	0,83	0,83	0,97
VILA DO CONDE_2012	0,25	0,25	0,33	0,34	1,00
Eficiência Média	0,6094	0,6094	0,7381	0,7394	0,8800
Nº DMUs eficientes	3	3	5	5,00	9,00
S_{EFF}	6,0938	6,0938	7,3813	7,3938	8,8000
S_{DIS}	7,357	7,357	5,411	5,411	2,929
S	13,4508	13,4508	12,7926	12,8051	11,7289

ANEXO C - Seleção de variáveis com "Método Compensatório de Normalização Única" e modelo DEA BCC - Ano 2013.

TMA - Tempo Médio Atracado

Prancha - Prancha Média

QA - Quantidade de Atracações

TEUS - Quantidade de movimentação de contêineres em TEUS

QE - Quantidade de equipamentos

DMU	TMA, Prancha	TMA, Prancha, TEUS	QA, TMA, Prancha	QA, TMA, Prancha, TEUS	QE, QA, TMA, Prancha, TEUS
ITAGUAÍ (SEPETIBA)_2013	0,52	0,52	0,52	0,57	0,71
RIO DE JANEIRO_2013	0,71	0,72	0,71	0,72	0,72
SANTOS_2013	0,94	1,00	0,90	1,00	1,00
VITORIA_2013	0,55	0,55	0,61	0,67	0,69
ITAJAI_2013	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
IMBITUBA_2013	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PARANAGUA_2013	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RIO GRANDE_2013	0,78	0,78	0,78	0,82	0,90
SALVADOR_2013	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
SUAPE_2013	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64
FORTALEZA_2013	0,32	0,32	0,38	0,41	1,00
ITAQUI_2013	0,11	0,11	0,18	0,25	0,28
RECIFE_2013	0,22	0,22	0,30	0,56	1,00
SANTAREM_2013	0,19	0,19	1,00	1,00	1,00
SÃO FRANCISCO DO SUL_2013	0,52	0,52	0,57	0,57	0,68
VILA DO CONDE_2013	0,19	0,19	0,24	0,28	0,55
Eficiência Média	0,5825	0,5868	0,6581	0,6950	0,8006
Nº DMUs eficientes	3	4	4	5	7
S_{EFF}	5,8250	5,8687	6,5812	6,9500	8,0063
S_{DIS}	7,357	6,310	6,310	5,411	3,981
S	13,1820	12,1784	12,8913	12,3613	11,9873

ANEXO D - Seleção de variáveis com "Método Compensatório de Normalização Única" e modelo DEA BCC - Ano 2014.

TMA - Tempo Médio Atracado

Prancha - Prancha Média

QA - Quantidade de Atracações

TEUS - Quantidade de movimentação de contêineres em TEUS

QE - Quantidade de equipamentos

DMU	TMA, Prancha	TMA, Prancha, TEUS	QA, TMA, Prancha	QA, TMA, Prancha, TEUS	QE, QA, TMA, Prancha, TEUS
ITAGUAÍ (SEPETIBA)_2014	0,65	0,65	0,77	0,77	0,58
RIO DE JANEIRO_2014	0,72	0,72	0,82	0,82	0,47
SANTOS_2014	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
VITORIA_2014	0,58	0,58	0,68	0,69	0,63
ITAJAI_2014	0,86	0,86	1,00	1,00	0,85
IMBITUBA_2014	0,77	0,77	1,00	1,00	1,00
PARANAGUA_2014	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RIO GRANDE_2014	0,56	0,56	0,63	0,69	1,00
SALVADOR_2014	0,59	0,59	0,67	0,67	0,48
SUAPE_2014	0,50	0,50	0,56	0,56	0,72
FORTALEZA_2014	0,30	0,30	0,38	0,52	0,91
ITAQUI_2014	0,17	0,17	0,28	0,33	0,24
RECIFE_2014	0,43	0,43	1,00	1,00	1,00
SANTAREM_2014	0,12	0,12	1,00	1,00	1,00
SÃO FRANCISCO DO SUL_2014	0,32	0,32	0,41	0,52	0,44
VILA DO CONDE_2014	0,12	0,12	0,14	0,17	0,35
Eficiência Média	0,5431	0,5431	0,7088	0,7338	0,7294
Nº DMUs eficientes	2	2	6	6	6
S_{EFF}	5,4313	5,4313	7,0875	7,3375	7,2938
S_{DIS}	8,5763	8,5763	4,6419	4,6419	4,6419
S	14,0076	14,0076	11,7294	11,9794	11,9357