

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**HELIO DE AGUIAR JUNIOR**

**MENSURAMENTO DA EFICIÊNCIA DA GESTÃO PORTUÁRIA  
BRASILEIRA UTILIZANDO A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2016**

**HELIO DE AGUIAR JUNIOR**



**MENSURAMENTO DA EFICIÊNCIA DA GESTÃO PORTUÁRIA  
BRASILEIRA UTILIZANDO A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Yslene Rocha Kachba

**PONTA GROSSA**

**2016**

	<p style="text-align: center;"><b>Ministério da Educação</b> <b>UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO</b> <b>PARANÁ</b></p> <p style="text-align: center;"><b>CÂMPUS PONTA GROSSA</b></p> <p style="text-align: center;">Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção</p>	
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

## TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

Mensuramento da Eficiência da Gestão Portuária através da Análise Envoltória de Dados

por  
*Helio de Aguiar Junior*

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 25 de Novembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

**Prof. Dra. Yslene Rocha Kachba**  
Prof. Orientador

---

**Prof. Dr. Everton Melo**  
Membro titular

---

**Prof. Dr. Fábio Branco**  
Membro titular

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso (ou Programa)”.

Dedico o presente trabalho à minha família, em especial a minha mãe Jucimara e ao meu pai Marino por todo o apoio me dado durante toda a minha vida, principalmente durante esses anos de graduação. Esta conquista lhes pertence mais do que a mim.

## **AGRADECIMENTOS**

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Reverencio a Professora Dra. Yslene Rocha Kachba pela sua dedicação e pela orientação deste trabalho e, por meio dela, eu me reporto a toda a comunidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) de Ponta Grossa pelo apoio que foi me dado.

Agradeço a todos os amigos que me deram o suporte psicológico necessário para a conclusão desta monografia.

Agradeço aos pesquisadores e professores da banca examinadora pela atenção e contribuição dedicadas a este estudo.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, em especial a minha mãe Jucimara, que foi meu alicerce e meu porto seguro neste trabalho, pois sem ela seria muito difícil vencer esse desafio.

## RESUMO

AGUIAR JUNIOR, Helio. Mensuramento Da Eficiência Da Gestão Portuária Brasileira Utilizando a Análise Envoltória de Dados. 69p. 2016, Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

O transporte marítimo tem sido o principal modal utilizado para o comércio de mercadorias em todo mundo, sendo a principal porta de entrada para produtos dos mais diferentes países através de tratados e acordos comerciais. No Brasil existem 37 portos organizados espalhados por toda a sua costa marítima e eles possuem grande representatividade no PIB do país. A eficiência portuária é uma variável que mede a produtividade dos portos em relação à sua infraestrutura e, para mensurá-la, existem alguns métodos quantitativos, sendo o principal deles a análise envoltória de dados (DEA). Considerando esses aspectos, o principal objetivo deste trabalho é mensurar a eficiência portuária dos dez maiores portos brasileiros: Santos/SP, Itaguaí/RJ, Paranaguá/PR, Vitória/ES, Rio Grande/RS, São Francisco do Sul/SC, Salvador/BA, Recife/PE, Itajaí/SC e Rio de Janeiro/RJ aplicando a análise envoltória de dados. Os *inputs* considerados foram: número de berços, comprimento de cais e píeres e a capacidade estática de armazenamento. Por outro lado, o único *output* analisado foi a quantidade de carga movimentada. Com as eficiências calculadas observou-se que os portos de Santos/SP, Itaguaí/RJ, São Francisco do Sul/SC e Vitória/ES são os mais eficientes.

**Palavras-chave:** Transporte marítimo. Portos organizados. Eficiência portuária. DEA.

## ABSTRACT

AGUIAR JUNIOR, Helio. **Title of the work:** Measuring the Efficiency of Brazilian Seaport Management using the Data Envelopment Analysis. 69p. 2016. Final Paper. Bachelor's Degree in Production Engineering – Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2016.

Ship transport has been the world's main used modal for trading goods, the main gateway for goods from different countries by means of treaties and trade agreements. In Brazil there are 37 organized ports scattered throughout its coastline, which represent a great share of the country's Gross Domestic Product (GDP). The port efficiency is a variable that measures the productivity of ports regarding to their infrastructure, and there are some quantitative methods to measure it. Considering these aspects, the main objective of this study is to measure the port efficiency of the ten largest Brazilian ports, Santos/SP, Itaguaí/RJ, Paranaguá/PR, Vitória/ES, Rio Grande/RS, São Francisco do Sul/SC, Salvador/BA, Recife/PE, Itajaí/SC and Rio de Janeiro/RJ, by applying the Data Envelopment Analysis (DEA). On the one hand, the considered inputs were the number of berths, number of docks and piers and static storage capacity. On the other hand, the only analyzed output was the amount of cargo handled. In order to achieve such objective, it was necessary to broaden the knowledge and understanding about the aforementioned tool and identify potential improvements to the studied case.

**Keywords:** Ship transport, Organized ports, Port efficiency, DEA.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Índice de Qualidade de Infraestrutura Portuária.....	15
Figura 2 - Complexo Portuário de Paranaguá .....	16
Figura 3 - Localização dos portos brasileiros .....	18
Figura 4 – Distribuição de cargas movimentadas.....	20
Figura 5 – Movimentação regional em 2015 .....	20
Figura 6 – Tipos de navios .....	27
Figura 7 – Fronteiras de eficiência do modelo CCR orientado a <i>input</i> .....	32
Figura 8 – Fronteiras de eficiência do modelo CCR orientado a <i>output</i> .....	34
Figura 9 - Fatores de escala para orientação à <i>input</i> .....	35
Figura 10 - Fatores de escala para orientação à <i>output</i> .....	37
Figura 11 – Fronteiras de eficiência dos modelos CCR e BCC.....	37
Figura 12 - Interface de preenchimento dos dados do software SIAD .....	42
Figura 13 – Fluxograma das etapas da metodologia .....	42
Figura 14 - Tipos de cargas movimentadas em 2015 .....	46



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Porcentagem de cargas movimentadas em 2014 .....	17
Quadro 2 – Conceitos e nomenclaturas dos portos .....	18
Quadro 3 – Fases importantes do sistema portuário brasileiro .....	24
Quadro 4 – Principais autores do tema .....	38
Quadro 5 - <i>Output</i> do modelo (movimentação) .....	45
Quadro 6 - <i>Inputs</i> do modelo.....	46
Quadro 7 - Eficiências pelo modelo CCR orientado à <i>outputs</i> .....	48
Quadro 8 - Ineficiência dos piores portos .....	51
Quadro 9 - <i>Ranking</i> das maiores eficiências .....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABTTC - Associação Brasileira dos Terminais Retroportuários e das Transportadoras de Contêineres

ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários

BCC – modelo de Banker, Charnes e Cooper (1984)

CCR – modelo de Charnes, Cooper e Rhodes (1978)

CFA – Conselho Federal de Administração

DEA – Análise Envolvória de Dados, na tradução para o português

DMU – Unidade de Tomada de Decisão

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GDP - *Gross Domestic Product*

PIB – Produto Interno Bruto

SCHWAB – Órgão responsável pela divulgação anual do Relatório de Competitividade Global (*The Global Competitiveness Report*)

SEP/PR - Secretaria Especial de Portos da Presidência da República

SIAD - Sistema Integrado de Apoio a Decisão

TEU - *Twenty Foot Equivalent Unit*

TUP – Terminal de Uso Privado

UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

UFF – Universidade Federal Fluminense

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.2	OBJETIVOS .....	13
1.3	JUSTIFICATIVA .....	13
2	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	15
2.1	SETOR PORTUÁRIO.....	15
2.2	PORTOS .....	16
2.3	SISTEMA PORTUÁRIO BRASILEIRO.....	17
2.4	HISTÓRICO.....	21
2.5	ESTRUTURA PORTUÁRIA.....	26
2.6	TIPOS DE NAVIOS .....	27
2.7	CUSTOS DO TRANSPORTE MARÍTIMO NO BRASIL.....	29
2.8	<i>DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)</i> .....	30
3	METODOLOGIA.....	40
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	40
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO .....	40
3.3	SISTEMA INTEGRADO DE APOIO A DECISÃO – SIAD .....	41
3.4	ETAPAS DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA .....	42
4	ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DOS DEZ MAIORES PORTOS BRASILEIROS .....	45
5	CONCLUSÕES.....	56
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58
	APÊNDICE A – FOLGAS E VALORES ALVO DO MODELO DEA CCR ORIENTADO A <i>OUTPUT</i> .....	65
	APÊNDICE B – PESOS ATRIBUÍDOS AS VARIÁVEIS DE <i>INPUT</i> E <i>OUTPUT</i> .....	67
	ANEXO I – TEMPOS MÉDIOS DE OPERAÇÃO PORTUÁRIA EM 2015 .....	68
	ANEXO II – PRANCHA MÉDIA EM 2015.....	69

## 1 INTRODUÇÃO

O transporte marítimo têm sido o principal modal utilizado para o comércio de mercadorias em todo mundo, sendo a principal porta de entrada para produtos dos mais diferentes países através de tratados e acordos comerciais.

A riqueza de um país está intrinsecamente relacionada com a balança comercial, diferença entre exportações e importações. Apenas o Brasil foi responsável, em 2014, pela movimentação de 929 milhões de toneladas, com um crescimento de 4% (quatro por cento) em relação a 2013, segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2015). Com isso a eficiência portuária tem se tornado o desafio para os portos brasileiros, considerados ineficientes em relação a países da Europa e da América Central, como Holanda, Alemanha, Estados Unidos entre outros (SCHWAB, 2010).

Bray et. al (2013) salientam que a eficiência portuária é um fator importante para promover a competitividade do porto e incentivar o desenvolvimento regional. O principal desafio dos portos marítimos é transportar o mais rápido possível, reduzir os tempos de atracação e otimizar o carregamento dos navios (BRAY; CAGGIANI; OTTOMANELLI, 2013).

Com uma extensão litorânea de 7.367 km banhada pelo Oceano Atlântico, o Brasil é o 16º país em área litorânea do mundo (IBGE, 2011). O transporte marítimo no país é realizado através de 39 portos públicos divididos entre marítimos e fluviais que movimentam cerca de 350 milhões de toneladas por ano (ANTAQ, 2015). Destacam-se entre os principais portos, em termos de quantidade movimentada, os portos de Santos (SP), Rio de Janeiro (RJ), Paranaguá (PR), Itajaí (SC), Rio Grande (RS), Salvador (BA), São Francisco do Sul (SC), Recife (PE), Itaguaí (RJ) e Vitória (ES).

O aumento da eficiência portuária está relacionado ao estudo de algumas variáveis qualitativas e quantitativas que envolvem todo o complexo portuário, inclui ainda a capacidade de escoamento através de ferrovias e rodovias, que no Brasil são escassas e de baixa qualidade, como mostra o Plano Brasil de Infraestrutura Logística (CFA, 2013). Dentro deste contexto, o objetivo desta pesquisa é realizar um estudo quantitativo dos portos brasileiros e identificar as problemáticas e deficiências de toda sua operação. Para tal análise, usa-se como ferramental a metodologia da Análise

Envoltória de Dados (em inglês, *Data Envelopment Analysis* – DEA), método de pesquisa utilizada para determinação da eficiência portuária.

Portanto, identificam-se as variáveis que influenciam diretamente na eficiência dos maiores portos brasileiros e, através da programação linear, determina-se a função objetivo e as restrições para o modelo. A utilização do método DEA para analisar e avaliar os portos é devido ao conjunto de possibilidades de análise dos dados que o método disponibiliza, como por exemplo, realizar análises comparativas das eficiências do conjunto de unidades contidas no mesmo setor de atividades (SOUZA JUNIOR, 2010).

Desta forma, o presente trabalho se propõe a apontar qual seria o porto brasileiro mais eficiente entre os dez maiores em movimentação de acordo com a DEA orientado à *output*.

## **1.2 OBJETIVOS**

Os objetivos do presente trabalho foram separados em geral e específicos, conforme é apresentado a seguir.

### **1.2.1 OBJETIVO GERAL**

Mensurar a eficiência dos dez principais portos brasileiros através da DEA.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para atingir o objetivo geral mencionado anteriormente, se faz necessário alcançar os seguintes objetivos específicos:

- i) Realizar uma pesquisa bibliográfica para identificar formas de mensurar eficiência portuária;
- ii) Definir os *inputs* (entradas) e *outputs* (saídas) para o modelo;
- iii) Analisar os dados de eficiência obtidos com a DEA;
- iv) Apontar os portos com maior eficiência do Brasil.

## **1.3 JUSTIFICATIVA**

Os portos brasileiros possuem representatividade no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Essa importância se torna mais evidente quando se trata de

movimentação portuária, ou seja, todas as mercadorias que entram e saem do país diariamente. Nesse sentido, há necessidade de um maior estudo destes portos a fim de identificar possíveis melhorias e, conseqüentemente, torná-los mais lucrativos.

A eficiência é uma medida de grande relevância quando se avalia os portos, pois é ela que fornece, de maneira quantitativa, a relação entre a capacidade de movimentação e o que realmente é movimentado. Por este motivo, o aumento da eficiência portuária é algo fundamental e a sua busca permite mapear possíveis gargalos e possibilita realizar as correções necessárias a fim de melhorá-las. Sabe-se que a melhoria da eficiência portuária resulta num significativo aumento da movimentação de mercadorias e, assim, em geração de dinheiro para o governo e empresas, é indispensável seu estudo para a economia brasileira.

Outra motivação que norteia o estudo é a possibilidade de comparação da eficiência dos portos brasileiros, haja vista que a DEA, ferramenta que será utilizado neste trabalho, proporciona esta comparação. O resultado deste trabalho então, mostra exatamente a situação de cada porto estudado e, assim, permite identificar quais são os pontos mais relevantes para executar as devidas melhorias.

A realização de trabalhos que visem à melhoria nos processos portuários permite constatar quais são os portos que mais se sobressaem. Por isso o estudo baseado em mensuração da eficiência dos portos torna-se crucial para que se consiga mapear quais são os melhores portos brasileiros e quais são suas regiões de influência.

## 2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

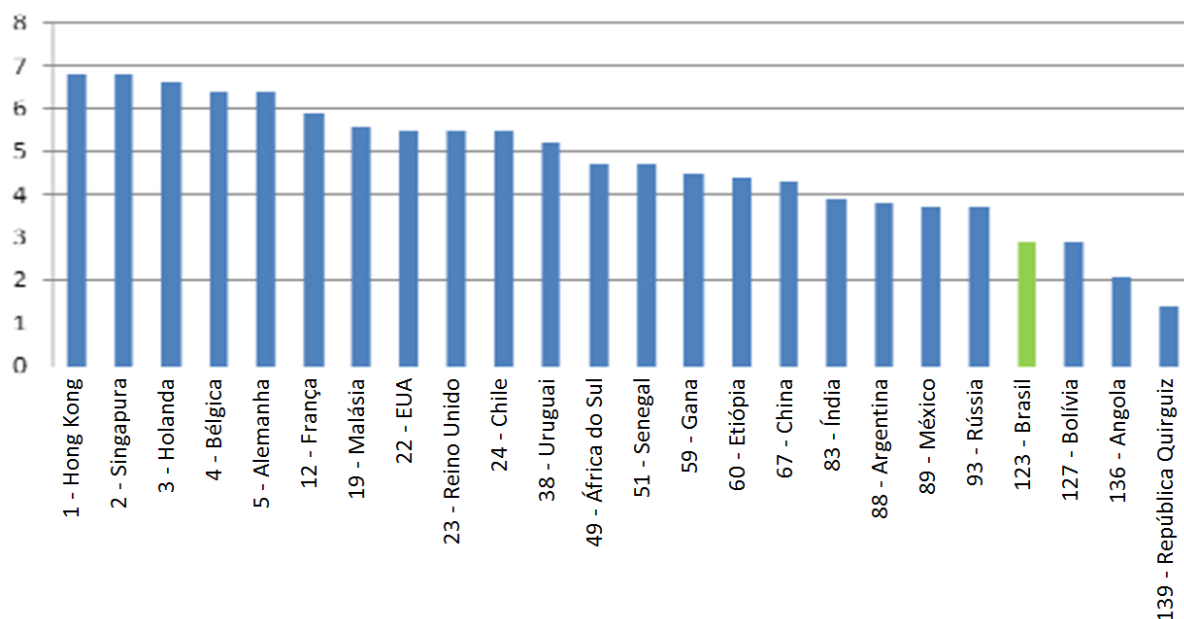
Mensurar a eficiência portuária requer conhecer todos os *stakeholders* do sistema portuário brasileiro, o que significa conhecer todas as variáveis que envolvem e influenciam o modelo estudado neste trabalho. A seguir é apresentado como cada um desses fatores se desenvolvem e se relacionam.

### 2.1 SETOR PORTUÁRIO

O transporte marítimo, desde a globalização do comércio mundial, tem se mostrado a “espinha dorsal” para que haja escoamento de toda cadeia produtiva global. De acordo com Magalhães (2015), o transporte marítimo corresponde, atualmente, a mais de 80% do comércio mundial de mercadorias, sendo que no ano de 2007 alcançou a expressiva marca de 8,02 bilhões de toneladas transportadas internacionalmente.

A Associação Brasileira dos Terminais Retroportuários e das Transportadoras de Contêineres (ABTTC, 2011) traz o ranking dos maiores portos do mundo com Xangai (China), Cingapura e Roterdã (Holanda) nas primeiras colocações. De acordo com a Schwab (2010) o índice de qualidade da infraestrutura portuária dos principais países é mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Índice de Qualidade de Infraestrutura Portuária



Fonte: Schwab (2010)

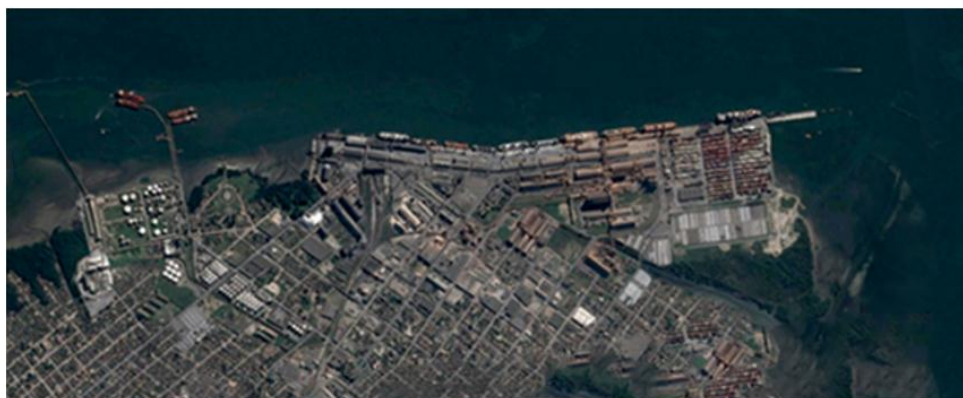
Com a análise da Figura 1, pode-se notar de acordo com o Índice de Qualidade de Infraestrutura Portuária, que o Brasil fica abaixo de países da América Latina, como Uruguai e Chile, além de países africanos como Senegal e África do Sul mesmo com um PIB maior.

## 2.2 PORTOS

Para se entender toda a estrutura portuária, é necessário entender primeiramente o significado de porto. De acordo com Falcão (2012), o porto é considerado um elo na cadeia de transporte, sendo assim, sua principal finalidade é promover o desenvolvimento econômico de uma região através do escoamento de pessoas, de bens e de mercadorias e, assim, movimentar a economia. Os transportes existem para facilitar o deslocamento de pessoas e bens no espaço e no tempo. Podem-se considerar dentre os seus principais objetivos a promoção do desenvolvimento sócio econômico, o rompimento de barreiras e o desenvolvimento de acordos multilaterais o que permite maior escoamento e a comercialização de bens e serviços.

Collyer (2008) define porto como fronteira nacional aberta, entreposto dinâmico de mercadorias, em que se realizam atividades aduaneiras, alfandegárias, comerciais, sanitárias, tributárias, imigratórias entre outras. É o portão de entrada e saída de riquezas, local de abrigo das embarcações, fonte de suprimento das atividades *offshore*, ponto estratégico de segurança das nações e, sobretudo, o mais importante elo da cadeia logística que supre a humanidade. A Figura 2 mostra o complexo portuário de Paranaguá, um dos maiores portos brasileiros e responsável por escoar boa parte do que é produzido no estado do Paraná.

Figura 2 - Complexo Portuário de Paranaguá



Fonte: Portos do Paraná (2016)



Para Branch apud Esmer (2008), os portos têm como objetivos principais:

- i. Embarcar e desembarcar cargas e passageiros;
- ii. Proporcionar serviços de ancoragem e reparo para navios;
- iii. Fornecer abrigo para navios em dias de tempestade;
- iv. Facilitar o desenvolvimento de industriais; e
- v. Fazer parte da cadeia de transporte.

### 2.3 SISTEMA PORTUÁRIO BRASILEIRO

De acordo com a Secretaria Especial de Portos da Presidência da República (SEP/PR, 2016), órgão responsável pela elaboração e execução de políticas, programas e projetos de apoio ao desenvolvimento da infraestrutura dos portos marítimos, o transporte marítimo representa, sozinho, mais de 80% das exportações.

Segundo o Anuário Estatístico Aquaviário da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), as principais mercadorias movimentadas em 2014 foram minério de ferro, combustíveis/óleos minerais, contêineres, soja, bauxita, milho, fertilizantes e adubos, conforme mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Porcentagem de cargas movimentadas em 2014

Minério de ferro	36%
Combustíveis/Óleos minerais	21%
Contêineres	11%
Soja	5%
Bauxita	4%
Milho	3%
Fertilizantes e adubos	3%

Fonte: ANTAQ (2014)

No Brasil atualmente existem 39 portos públicos organizados, sendo estes portos administrados pela União, no caso das Companhias Docas, ou delegada a municípios, estados ou consórcios públicos (ANTAQ, 2015). A Figura 3 apresenta geograficamente a distribuição dos portos brasileiros.

Figura 3 - Localização dos portos brasileiros



Fonte: ANTAQ (2009)

A SEP/PR traz os conceitos mostrados no Quadro 2.

Quadro 2 – Conceitos e nomenclaturas dos portos

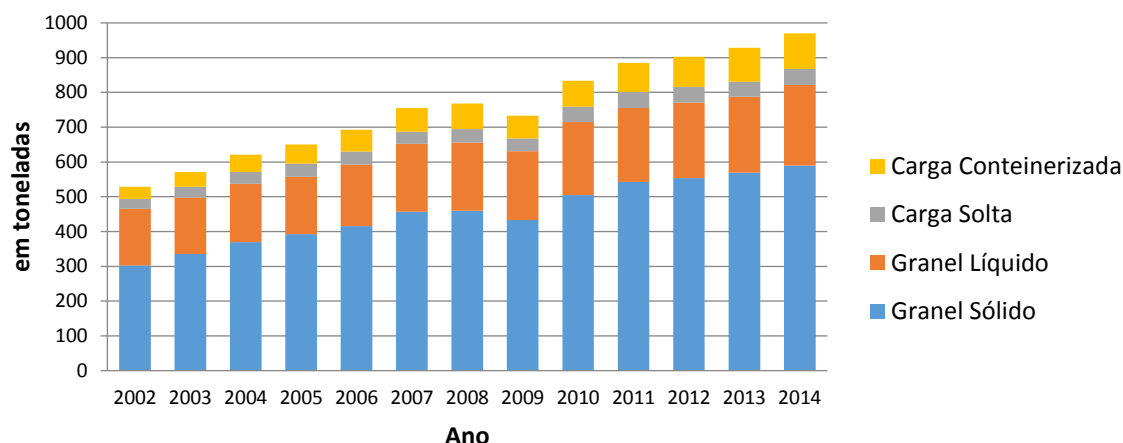
<p><b>Portos organizados</b></p>	<p>Bem público construído e aparelhado para atender a necessidades de navegação, de movimentação de passageiros ou de movimentação e armazenagem de mercadorias, e cujo tráfego e operações portuárias estejam sob jurisdição de autoridade portuária.</p>
<p><b>Portos marítimos</b></p>	<p>São aqueles aptos a receber linhas de navegação oceânicas, tanto em navegação de longo curso (internacionais) como em navegação de cabotagem (domésticas), independente da sua localização geográfica.</p>

<b>Portos fluviais</b>	São aqueles que recebem linhas de navegação oriundas e destinadas a outros portos dentro da mesma região hidrográfica, ou com comunicação por águas interiores.
<b>Portos lacustres</b>	São aqueles que recebem embarcações de linhas dentro de lagos, em reservatórios restritos, sem comunicação com outras bacias.
<b>Área do porto organizado</b>	Área delimitada por ato do Poder Executivo que compreende as instalações portuárias e a infraestrutura de proteção e de acesso ao porto organizado.
<b>Instalação portuária</b>	Instalação localizada dentro ou fora da área do porto organizado e utilizada em movimentação de passageiros, em movimentação ou armazenagem de mercadorias, destinadas ou provenientes de transporte aquaviário.
<b>Terminal de uso privado</b>	Instalação portuária explorada mediante autorização e localizada fora da área do porto organizado.
<b>Navegação de cabotagem</b>	Realizada entre portos brasileiros, utilizando exclusivamente a via marítima ou a via marítima e as vias interiores (Lei nº 10.893/04).
<b>Navegação de longo curso</b>	Realizada entre portos brasileiros e portos estrangeiros, sejam marítimos ou fluviais ou lacustres (Lei nº 10.893/04).

Fonte: Adaptado de SEP/PR (2016)

O anuário da ANTAQ (2015) mostra quais são os principais tipos de cargas movimentadas em doze anos, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Distribuição de cargas movimentadas

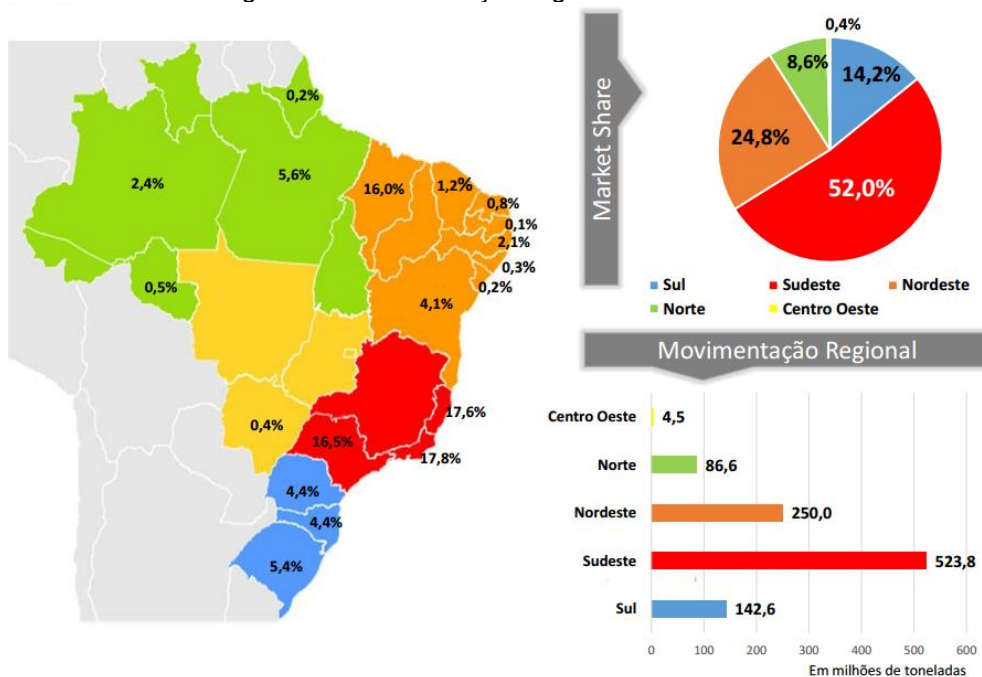


Fonte: Adaptado ANTAQ (2015)

Houve crescimento em todos os tipos de cargas movimentadas nos últimos anos, sendo o granel sólido a principal carga, seguido por granel líquido e carga containerizada.

A Figura 5 demonstra que só a região sudeste movimentou, em 2015, mais 52% de toda carga, seguida pelas regiões nordeste (24,8%), sul (14,2%), norte (8,6%) e centro-oeste (0,4%).

Figura 5 – Movimentação regional em 2015



Fonte: ANTAQ (2015)

Este estudo representa bem esta divisão, sendo que oito dos portos estudados são das regiões sudeste e sul, enquanto dois são da região nordeste.

## **2.4 HISTÓRICO**

O Sistema Portuário Brasileiro passou por diversas fases desde a colonização do Brasil no século XV até sua modernização na década de 90. As etapas desse processo são apresentadas a seguir.

### **2.4.1 EVOLUÇÃO DO SISTEMA PORTUÁRIO DO BRASIL**

A chegada dos portugueses ao Brasil no século XV deu início as navegações marítimas brasileiras. A descoberta do pau Brasil fez com que houvesse grande exportação deste produto para o mercado europeu, porém ainda em condições rudimentares como trapiches ou em ancoradouros naturais. A Carta Régia, promulgada por Dom João VI em 1808 abriu os portos brasileiros às nações amigas e deu início oficialmente a exploração das atividades portuárias nacionais (ARAÚJO, 2013).

Com a abertura dos portos brasileiros, houve aumento significativo nas importações “de todos e quaisquer gêneros, fazendas e mercadorias transportadas em navios estrangeiros das potências que se conservaram em paz e harmonia com a Real Coroa”, que de acordo com Freitas (2016) era o desejo de todos os comerciantes do Brasil. Com o fim do período colonial e a abertura internacional do império brasileiro, como defendem de Oliveira e Recúpero (2007), as exportações e importações com a Inglaterra estavam em pleno crescimento, o que permitiu que ao longo da costa brasileira a fixação de ancoradouros sob o regime de permissão.

Foram criadas, em 1810, as primeiras alfândegas no Brasil com o objetivo de recolher as taxas sobre as mercadorias movimentadas e, com isso, os portos se tornaram estrategicamente muito importantes para a coroa portuguesa (ARAÚJO, 2013). Já em 1828 o regime de permissão foi substituído pelo regime de concessão por Dom Pedro I, o que proporcionou maiores investimentos no desenvolvimento dos portos brasileiros.

Honorato (2002) enfatiza que o Decreto nº 1746, também conhecido como “Lei das Docas”, possibilitou a concessão à iniciativa privada para a exploração dos

portos organizados, conforme a resolução da Assembleia Nacional, aprovada pelo governo imperial. O objetivo principal desta lei foi melhorar as instalações portuárias existentes, já que a demanda e a oferta de mercadorias cresciam de maneira acelerada no Brasil. Por isso Visconde de Mauá, em 1846, criou a Companhia de Estabelecimento da Ponta da Madeira, no porto do Rio de Janeiro, principal porto de cabotagem de longo curso existente na época.

Já no período republicano, em 1888, foi aberta a concorrência para privatização dos portos, sendo o porto de Santos o primeiro a ser privatizado no Brasil. Houve significativa melhora na infraestrutura portuária naquele porto, com a construção de cais de atracação para navios grandes, com maior profundidade. Silva (2002) menciona que nesta época a movimentação não era considerada pública, mas sim uma atividade privada controlada pelo governo, sendo definido em lei o tempo de concessão.

Ainda de acordo com de Oliveira e Recúpero (2007), no início do século XX os principais produtos produzidos no Brasil eram borracha, açúcar, algodão e café, e por este motivo alguns portos se tornaram estratégicos para o Brasil, como os de Belém, Manaus, São Luiz, Santos, Rio de Janeiro e Rio Grande. O Decreto nº 4859 de 1903 criou a Caixa Especial de Portos, aperfeiçoada pelo Decreto nº 6368 de 1907 que visava o desenvolvimento sustentável, com investimentos e manutenção que os portos necessitavam.

Só a partir de 1930 que as primeiras mudanças significativas ocorreram no sistema portuário brasileiro, período em que o governo retomou a condição de administrador das indústrias de base, ficando responsável pelas bases produtivas, transportes, energia e regulamentação do mercado de trabalho. O presidente Getúlio Vargas implanta o que ficou conhecido como “programa estatizante”, e os portos começam a deixar de ser privados e passam a ser tratados novamente como prioridade do governo, fonte importantíssima de desenvolvimento econômico. A primeira medida então tomada pelo presidente foi a definição das competências dos portos organizados, através do Decreto nº 24447.

Ainda em junho de 1934 ficou definido em que condições seriam utilizados os portos, tendo o reconhecimento por parte do governo que os serviços portuários deveriam ser prestados com base em igualdade e eficiência, Decreto nº 24511. No

mesmo dia foi publicado o Decreto nº 24508 conceitua-se o trabalho portuário e as taxas que poderiam ser cobradas dos usuários.

#### **2.4.2 MODERNIZAÇÃO DOS PORTOS**

A Lei nº 8630/93 modernizou o sistema portuário brasileiro, o que até então era realizada pela Companhia Docas, passou novamente para a iniciativa privada. Como definiu Porto (2007, p. 96), “constituídos pelos portos organizados, como seus complexos de instalações portuárias e os terminais de uso privativo”. Novamente o Estado retirou-se da participação direta no setor da infraestrutura, e passou a ser a figura do arrendamento.

As Companhias Docas passam a serem administradoras e autoridades portuárias, sem ainda perder as suas condições de operadoras portuárias. Então é criado o termo de operador portuário, responsável pelas operações do porto público, com a ideia de comando único. Começam, a partir deste momento, as responsabilidades das Companhias Docas em conservar o cais público e, dentro dos procedimentos previstos, realizar arrendamentos das áreas dos armazéns à iniciativa privada.

De acordo com Araújo (2013), os procedimentos permitiram que o porto público tivesse o alcance de:

- Uma significativa redução de pessoal próprio e conseqüentemente uma forte redução em seus custos;
- Uma maior produtividade com reflexo direto nos custos operacionais e estadia dos navios;
- Uma melhoria, em termos de agilidade, nas respostas demandas nos processos operacionais;
- A permissão e atração dos investimentos da iniciativa privada, modernizando toda uma superestrutura que já se encontrava sucateada e completamente deficiente;
- O comando único na operação; e
- O aumento da credibilidade dos importadores e exportadores de sua área de influência, razão de sua existência.

A criação da SEP/PR ocorreu em 2007 pela Medida Provisória nº 369, que posteriormente foi transformada na Lei nº 11518/07, consolidando um novo modelo de gestão do setor portuário brasileiro. Ainda de acordo com Araújo (2013), “as atribuições auferidas à Secretaria de Portos, com status de ministério, demonstram a intenção do Governo Federal em ter, efetivamente, uma visão desenvolvimentista para o setor portuário nacional, eliminando e corrigindo uma situação anterior, quando o mesmo era relegado a um segundo plano dentro de um departamento no Ministério dos Transportes”.

A SEP/PR, em seu sítio, diz que as suas atribuições e competências estão na elaboração de políticas e diretrizes para o desenvolvimento do setor portuário e também na execução de medidas, programas e projetos que visam apoiar o desenvolvimento dos portos através de investimentos orçamentários e do Programa de Aceleração do Crescimento (SEP/PR, 2016).

O Quadro 3 apresenta os principais destaques da história da modernização dos portos brasileiros de acordo com suas principais fases (ARAÚJO, 2013).

Quadro 3 – Fases importantes do sistema portuário brasileiro

FASES	DESTAQUES
1. A ABERTURA DOS PORTOS ÀS NAÇÕES AMIGAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Surgimento das primeiras concessões para exploração das atividades portuárias;</li> <li>- Inserção do Brasil no mercado mundial e a extinção do monopólio do comércio da colônia de Portugal;</li> <li>- Privatização dos portos organizados (Santos) em 1888.</li> </ul>
2. O GOVERNO CONSTITUCIONAL E O ESTADO NOVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implantação de parte fundamental da infraestrutura de apoio ao desenvolvimento da industrialização;</li> <li>- Instalação do programa estatizante que altera o perfil da atividade portuária, passando o estado a manter um maior controle sobre os portos;</li> </ul>



	-Conceituação do trabalho portuário (capatazia, estiva, etc) e suas respectivas taxas de cobranças.
3. A LEI DE MODERNIZAÇÃO DOS PORTOS	-Apresenta uma visão privatizante, surgindo as figuras do arrendamento e terminais privativos; -As Companhias das Docas passam a serem administradoras e autoridades portuárias; -Surge a figura do operador portuário, do Órgão Gestor de Mão de Obra - OGMO e do comando único da operação portuária.
4. A SECRETARIA ESPECIAL DE PORTOS	-Consolida um novo modelo de gestão do setor portuário com a revogação de leis, decretos e dispositivos legais diversos; -Novo status ao setor, retirando-o de uma situação de “segundo plano” para um foco maior em uma visão desenvolvimentista para o país; -Normalização de políticas e diretrizes e a participação no planejamento estratégico do setor, sendo responsável pelo plano de outorgas.

Fonte: ARAÚJO (2013)

As quatro fases citadas no Quadro 3 mostram que, em toda sua história, as mudanças políticas e econômicas influenciaram de maneira crucial a gestão portuária do Brasil e foram as responsáveis para estrutura portuária presente no Brasil até os dias de hoje.

## 2.5 ESTRUTURA PORTUÁRIA

Para que se consiga um melhor escoamento de mercadorias via transporte portuário, é necessária toda uma infraestrutura de equipamentos e ferramentas capaz de suprir, de maneira eficiente, a quantidade de cargas a serem transportadas.

De acordo com Keedi e Mendonça (2003) podemos definir este aparato como terminal portuário que é a unidade menor em que é dividido um porto, e que é administrada independentemente por um operador portuário privado ou, quando a administração é estatal, pela União, Estado ou Município. Pode ser composto por um ou mais berços de atracação. São normalmente especializados em tipos de cargas ou de navios.

O cais (ou píer) de atracação é a estrutura, uma plataforma, onde os navios efetuam embarque e desembarque de carga ou passageiros. Berço é a posição de atracação de um terminal ou porto onde a embarcação entra para as suas operações. Os pátios (ou armazéns) são os locais utilizados para acomodação das cargas a serem embarcadas, ou aquelas desembarcadas dos navios.

Segundo a Lei nº 12.815/2013 que regulamentou o setor portuário brasileiro, operador portuário é pessoa jurídica pré-qualificada para exercer as atividades de movimentação de passageiros ou movimentação e armazenagem de mercadorias, destinadas ou provenientes de transporte aquaviário, dentro da área do porto organizado. As responsabilidades destes operadores portuários são em relação à administração do porto, às mercadorias movimentadas, aos trabalhadores portuários, ao OGMO e ao seu contratante, que poderá ser o armador, exportador ou importador. Abaixo são apresentados os tipos de sindicatos existentes no Brasil que atuam no complexo portuário:

- Sindicato dos Trabalhadores Avulsos: Conforme determina a Lei, as movimentações de cargas nos navios (embarque, estiva e descarga) são feitas por pessoas devidamente sindicalizadas e filiadas ao OGMO;
- Sindicato dos Conferentes: pessoas responsáveis pela conferência da entrada e saída de cargas dos navios;
- Sindicato dos Estivadores: responsável pela movimentação e arrumação de cargas a bordo dos navios;
- Sindicato dos Bloquistas: pessoas responsáveis pela "peação e despeação" de cargas a bordo dos navios;

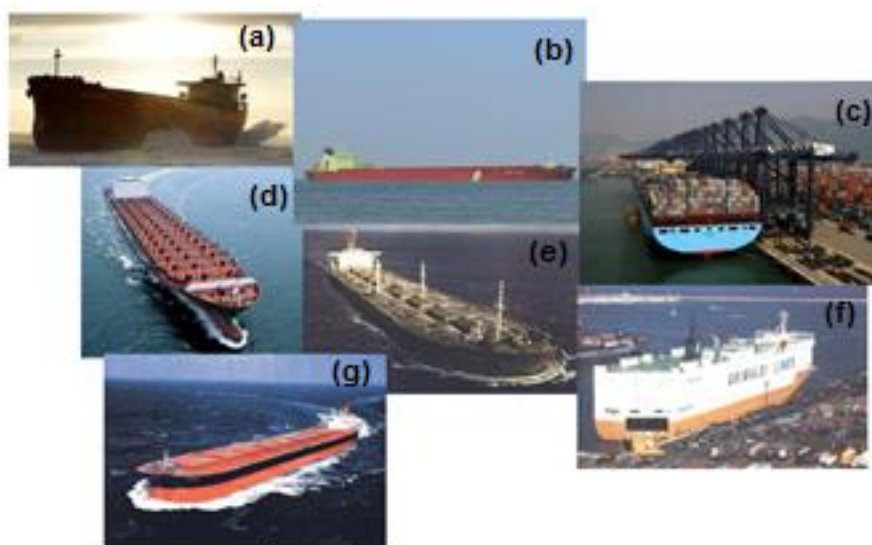
- Sindicato dos Consertadores: trabalhadores que cuidam de consertos de embalagem ou cargas a bordo dos navios;
- Sindicato dos Vigias: responsável pela guarda da entrada de pessoas nos navios atracados nos portos.

Os práticos (pilotos marítimos) são o pessoal técnico especializado, com considerável conhecimento marítimo e náutico, além de total domínio da região, no porto em que trabalham e nos canais de navegação. Eles orientam os comandos dos navios nas manobras de entrada e saída dos portos e passagens pelos canais de navegação. Já para realizar a manobra dos navios na entrada, atracação e saída dos portos e canais são utilizados os rebocadores (*Tug/Tugboat/Towboat*) que são pequenas embarcações dotadas de motores de grande potência que também atuam nos serviços de rebocagem de navios nos portos, no alto mar e em salvamentos.

## 2.6 TIPOS DE NAVIOS

Há diversos modelos de navios atualmente que, de acordo com o tipo de carga a ser transportada, possuem diferentes características e dimensões, como ilustradas na Figura 6.

Figura 6 – Tipos de navios



Fonte: adaptado de Comextrade (2016)

- Navio de carga geral (Figura 6a): tem a versatilidade de transportar uma grande variedade de cargas sólidas embaladas e cargas gerais. Apresenta porões retangulares, amplos e desobstruídos, assim, como as suas escotilhas são capazes de receber cargas e volumes, atadas, paletizadas, irregulares e contêineres.

- Navio Graneleiro (Figura 6b): são utilizados no transporte de carga sólida a granel, que podem ser os produtos agrícolas e minérios. Existem navios graneleiros com capacidade para cinco milhões de pés cúbicos e 300 metros de comprimento.

- Navio porta contêiner (Figura 6c): os navios contêineiros tem toda a infraestrutura para receber e transportar os contêineres. Para isso, possuem convés, escotilhas, porões e estrutura com arranjos e design adequados para o transporte desse tipo de carga.

- Navio Tanque (*Tanker*) (Figura 6d): navio especialmente construído para o transporte de carga líquida a granel. Existem navios tanques para transporte de: petróleo refinado, produtos petroquímicos, óleos minerais e produtos químicos a granel.

- Navio *Ore-Oil* (Figura 6e): são navios construídos para transportar tanto minérios quanto petróleo. Alguns possuem tanques com porões separados, outros, após o transporte do petróleo, por exemplo, limpam seus porões, tornando-se adequado para o transporte de minério a granel.

- Navio *Roll-on-off (Ro-Ro)* (Figura 6f): tipo de navio com uma rampa na popa, por onde os veículos transportados entram e saem diretamente do píer. Este é um navio especializado para transportar veículos automotores, mas também podem transportar outras cargas em geral.

- Navio *Ore-Bulk-Oil* (Figura 6g): são navios próprios para o transporte de petróleo e mercadorias a granel, tais como cereais, por exemplo.

- Navio Frigorífico: é semelhante ao de carga geral, mas, seus porões são equipados com compressores e condensadores, para refrigeração e transporte de carga frigorífica e perecível.

- Navio *lo/lo (Heavy lift)*: usado especialmente para transportar cargas pesadas com guindastes para levantar de 500 a 600 toneladas com capacidade total de 2.500 toneladas.

- Navio Curral: usado especialmente para transportar animais vivos, podendo transportar até 100.000 cabeças de gado por viagem.

## 2.7 CUSTOS DO TRANSPORTE MARÍTIMO NO BRASIL

A eficiência portuária está intrinsecamente relacionada com os custos de transporte de cargas e mercadorias, tanto no transporte nacional como no internacional. Florentino (2010) argumenta que além do benefício de aumentar o comércio entre os países, o transporte de cargas é um dos componentes relevantes para os custos finais dos produtos e serviços.

Basicamente o transporte marítimo brasileiro é realizado por três formas de navegação: navegação de cabotagem, navegação interior e navegação de longo curso. O transporte por cabotagem é realizado entre os portos no território brasileiro, já na navegação interior são utilizadas hidrovias interiores, em percurso nacional ou internacional. Por fim, a navegação de longo curso é realizada entre portos brasileiros e estrangeiros.

De acordo com a ANTAQ (2015), cada porto organizado possui um valor monetário de cobrança das tarifas portuárias. Assim, essas tarifas são divididas da seguinte forma:

- Utilização da infraestrutura de acesso aquaviário: taxas devidas pelo armador ou seu agente;
- Utilização das instalações de acostagem: taxas devidas pelo armador ou seu agente;
- Utilização de infraestrutura operacional: taxas devidas pelo operador portuário ou o dono da mercadoria;
- Infraestrutura de armazenagem: destinadas à fiel guarda e conservação de mercadorias, sendo devidas pelo dono da mercadoria ou requisitante;
- Utilização de equipamentos portuários: taxas devidas pelo operador ou requisitante; e
- Serviços operacionais portuários: taxa devida pelo dono da mercadoria ou pelo requisitante.

O pagamento da multa por estadia (atraso no carregamento e/ou descarregamento), também conhecido como *demurrage*, pode ocorrer em alguns casos, sendo definida por legislação e estabelecida previamente em contrato. Esta

multa é paga pelo contratante, quando a carga permanece em seu poder mais do que o prazo acordado.

## **2.8 DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)**

A DEA foi desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) a fim de dimensionar a eficiência de unidades produtivas, de maneira multivariada e levando em consideração as entradas e as saídas do modelo estudado.

Wanke (2010) define DEA como sendo uma técnica matemática não paramétrica, fundamentada em programação linear em que é possível converter a relação entre *inputs* e *outputs* de diferentes unidades de negócio numa medida de eficiência relativa.

Cullinane (2005) afirmam que DEA pode ser definida como método não paramétrico para a mensuração da eficiência das DMUs com múltiplos dados de *inputs* e/ou de *outputs*. Cook e Zhu (2005) definem DEA como abordagem para avaliar o desempenho de conjunto de entidades que convertem os vários *inputs* para vários *outputs*.

Segundo Farrell (1957), a avaliação da eficiência fornece informações sobre o quanto uma DMU pode diminuir a entrada sem diminuir saída (mantendo-se a saída constante). Já Melo (2003) para tal objetivo, a DEA compara as DMUs que realizam tarefas similares e consomem e produzem quantidades diferentes de *inputs* e *outputs*, respectivamente. Por ser um modelo não paramétrico e determinístico, baseia-se em programação linear para sua modelagem, além haver necessidade de analisar amostras correlacionadas para obtenção de informações mais precisas. No caso do porto, a DEA mede o desempenho através de resultados e comparação entre os mesmos para ordená-los posteriormente.

Rödder e Reucher (2012) afirmam que a livre variação dos *inputs* melhora a eficiência de todas as DMUs, o que proporciona um potencial de melhoria dependendo de como são feitas essas variações e do modelo escolhido.

Estellita Lins e Angulo Meza (2000) destacam várias características do método DEA, dentre as quais, podem-se citar:

- i. Não necessita converter todos os dados em unidades monetárias;
- ii. Método não paramétrico;
- iii. Os índices de eficiência são baseados em dados reais;

- iv. Ao contrário das abordagens tradicionais, DEA otimiza cada observação individual com o objetivo de determinar a fronteira linear por partes que representam o máximo que a DMU pode atingir.

De acordo com Melo et. al. (2005) é importante saber diferenciar três conceitos básicos para que se consiga entender a DEA: eficácia, produtividade e eficiência. A eficácia leva em consideração apenas o que é produzido, sem considerar o que se usou para tal produção, ou seja, é a capacidade de a unidade produtiva obter a meta de produção.

A produtividade, por outro lado, considera a razão entre o que foi produzido e o que foi gasto para se produzir. Por fim a eficiência compara os valores de produtividade de várias unidades (SOARES DE MELO, 2005). Estes conceitos se mostram úteis para chegar à seguinte conclusão: uma DMU pode ser a mais eficiente do que outra mesmo essa tendo maior produtividade e vice-versa.

Os dois modelos clássicos mais utilizados na análise de eficiência são os CCR e BCC e serão apresentados na sequência.

### 2.8.1 MODELO CCR

Concebido por Charnes Cooper e Rhodes (1978). Modelo que trabalha com retorno constante à escala de produção. Isso significa que alterações nos recursos (*inputs*) provocam alterações proporcionais aos produtos (*outputs*).

Melo (2005) traz dois tipos de orientações possíveis para o modelo, sendo orientação à *input* e à *output*. No modelo orientado à *input* a determinação da eficiência é obtida pela divisão entre a soma ponderada dos *outputs* e a soma ponderada dos *inputs* (FARREL, 1957). Sendo assim, o modelo permite que cada DMU defina os melhores pesos possíveis de cada variável com tanto que não gerem uma razão maior que um.

As somas apresentam o modelo na forma de programação fracionada, onde cada DMU pode ser transformada em um problema de programação linear, que é o foco deste estudo. Portanto a função objetivo e suas restrições são dadas de acordo com as Equações (1), (2), (3) e (4):

$$MAX z_o = \sum_{y=1}^o v_y O_{y_o} \quad (1)$$

sujeito a:

$$\sum_{x=1}^I u_x I_{x0} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{y=1}^O v_y O_{yk} - \sum_{x=1}^I u_x I_{xk} < 0, \forall k ; \quad (3)$$

$$u_x, v_y \geq 0, \forall x, y \quad (4)$$

Onde:

$z_0$ : eficiência da DMU 0;

$I$ : número total de *inputs*;

$O$ : número total de *outputs*;

$I_{xk}$ : quantidade de *input*  $x$  para DMU  $k$ ;  $k=1, 2, \dots, n$ ;

$O_{yk}$ : quantidade de *output*  $y$  para DMU  $k$ ;  $k=1, 2, \dots, n$ ;

$n$ : número total de DMUs;

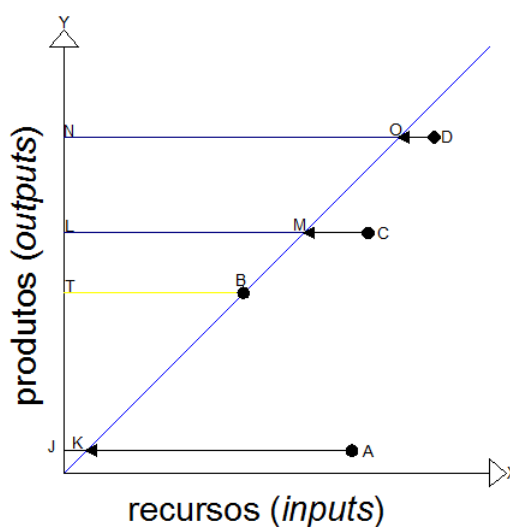
$u_x$ : peso outorgado ao *input*  $x$ ;

$v_y$ : peso outorgado ao *output*  $y$ .

O principal aspecto desse modelo é que não é possível obter economias de escala com mudanças nos níveis de produção das DMUs.

Na Figura 7 são analisadas as DMUs A, B, C e D. A DMU B é a mais eficiente por estar na linha da fronteira de eficiência. As setas neste caso indicam a projeção das demais DMUs (A, C e D) através da redução dos *inputs*.

Figura 7 – Fronteiras de eficiência do modelo CCR orientado a *input*



Fonte: adaptado Sousa Junior (2010)

O modelo orientado a *output* maximiza as saídas mantendo sem alterações as entradas. Neste modelo, as variáveis decisórias são as mesmas do modelo



orientado a *input*, porém  $h_0$  representa o valor em que todos os produtos devem ser multiplicados, mantendo-se os recursos constantes para que se atinja a fronteira eficiente ótima. Nota-se também que  $h_0$  é um número maior que 1, provocando incremento no valor dos *outputs*, e portanto a eficiência é dada por  $1/h_0$ .

As Equações (5), (6), (7) e (8) mostram a função que minimiza  $h_0$ , e consequentemente maximiza a eficiência ( $Eff = 1/h_0$ ) linearizadas:

$$MIN h_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{io} \quad (5)$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jo} = 1 \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k \quad (7)$$

$$u_j, v_i \geq 0, \forall j, i \quad (8)$$

Onde:

$h_0$ : valor de multiplicação dos *inputs*;

$x_{ik}$ : valor do *input*  $i$  para DMU  $k$ ,  $k=1, 2, \dots, n$ ;

$y_{jk}$ : valor do *output*  $j$  para DMU  $k$ ,  $k=1, 2, \dots, n$ ;

$n$ : número total de DMUs;

$o$ : DMU analisada;

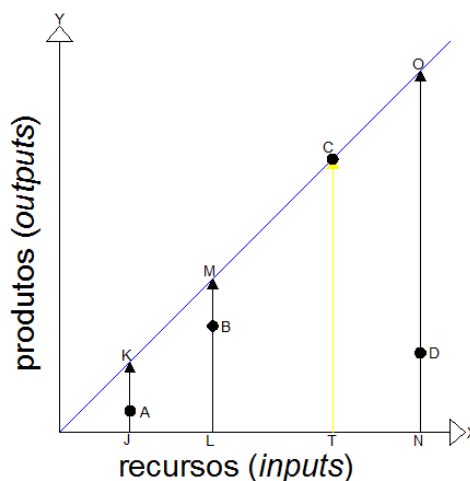
$r$ : quantidade de pesos dos *inputs*;

$s$ : quantidade de pesos dos *outputs*;

$u_j$ : peso outorgado ao *input*  $j$ ;

$v_i$ : peso outorgado ao *output*  $i$ .

A Figura 8 apresenta o modelo CCR orientado à *outputs*.

Figura 8 – Fronteiras de eficiência do modelo CCR orientado a *output*

Fonte: adaptado Sousa Junior (2010)

As DMUs A, B, C e D neste caso são as analisadas. A DMU C é a mais eficiente, pois encontra-se em cima da fronteira. Já as setas mostram a projeção das demais DMUs ineficientes, através da maximização dos *outputs*.

### 2.8.2 MODELO BCC

Concebido por Banker, Charnes e Cooper (1984). O modelo que presume retornos variáveis e desconsidera a proporcionalidade entre os recursos e os produtos.

Este modelo considera que na fronteira os retornos variáveis de escala não são mais constantes. Portanto, esse modelo difere do modelo CCR pelo fato de ser introduzida uma restrição à nova curva construída, por meio da constante de convexidade  $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ . Melo (2005) enfatizam que, ao obrigar que a fronteira seja convexa, o modelo BCC permite que DMUs que atuam com valores baixos de *inputs* tenham retornos crescentes de escala e as que operam com valores altos tenham retornos decrescentes de escala. Como ocorre com o modelo CCR, o BCC também possui variações de orientações, tanto à *input* quanto à *output*.

As Equações (9), (10), (11) e (12) apresentam a orientação à *inputs*.

$$MAX\ Eff_o = \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} + u_* \quad (9)$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{io} = 1 \quad (10)$$

$$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} + u_* \leq 0, \forall k \quad (11)$$

$$v_i, u_j \geq 0, u_* \in R \quad (12)$$

Onde:

$Eff_o$ : valor de eficiência para a DMU  $o$  em análise;

$x_{ik}$ : valor do *input*  $i$  para DMU  $k$ ;  $k=1, 2, \dots, n$ ;

$y_{jk}$ : valor do *output*  $j$  para DMU  $k$ ;  $k=1, 2, \dots, n$ ;

$n$ : número total de DMUs;

$o$ : DMU analisada;

$r$ : quantidade de pesos dos *inputs*;

$s$ : quantidade de pesos dos *outputs*;

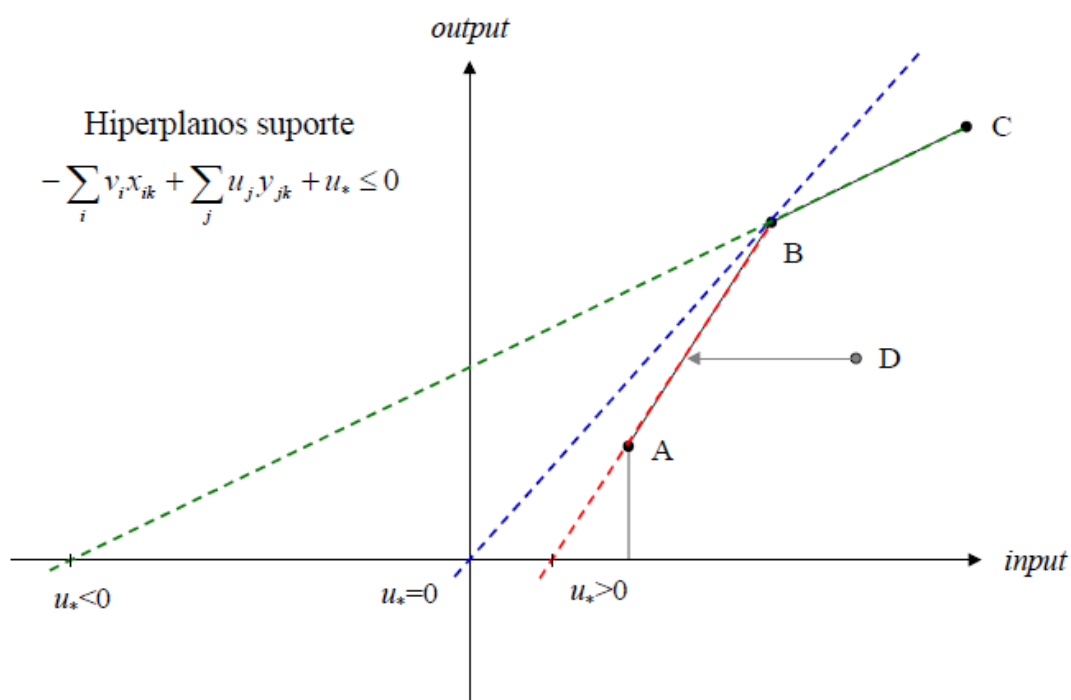
$u_j$ : peso outorgado ao *input*  $j$ ;

$v_i$ : peso outorgado ao *output*  $i$ ;

$u_*$ : peso ótimo calculado.

A Figura 9 apresenta geometricamente os fatores de escala para o modelo BCC orientado à *input*.

Figura 9 - Fatores de escala para orientação à *input*



Fonte: Melo (2005)

Já para a análise do modelo BCC orientado à *output*, pode-se ser também demonstrado por programação linear, conforme mostra as Equações (13), (14), (15) e (16).

$$MIN\ Eff_o = \sum_{i=1}^r v_i x_{io} + v_* \quad (13)$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jo} = 1 \quad (14)$$

$$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} + v_* \leq 0, \forall k \quad (15)$$

$$v_i, u_j \geq 0, v_* \in R \quad (16)$$

Onde:

$Eff_o$ : eficiência para a DMU  $o$  em análise;

$x_{ik}$ : valor do *input*  $i$  para DMU  $k$ ;  $k=1, 2, \dots, n$ ;

$y_{jk}$ : valor do *output*  $j$  para DMU  $k$ ;  $k=1, 2, \dots, n$ ;

$n$ : número total de DMUs;

$o$ : DMU analisada;

$r$ : quantidade de pesos dos *inputs*;

$s$ : quantidade de pesos dos *outputs*;

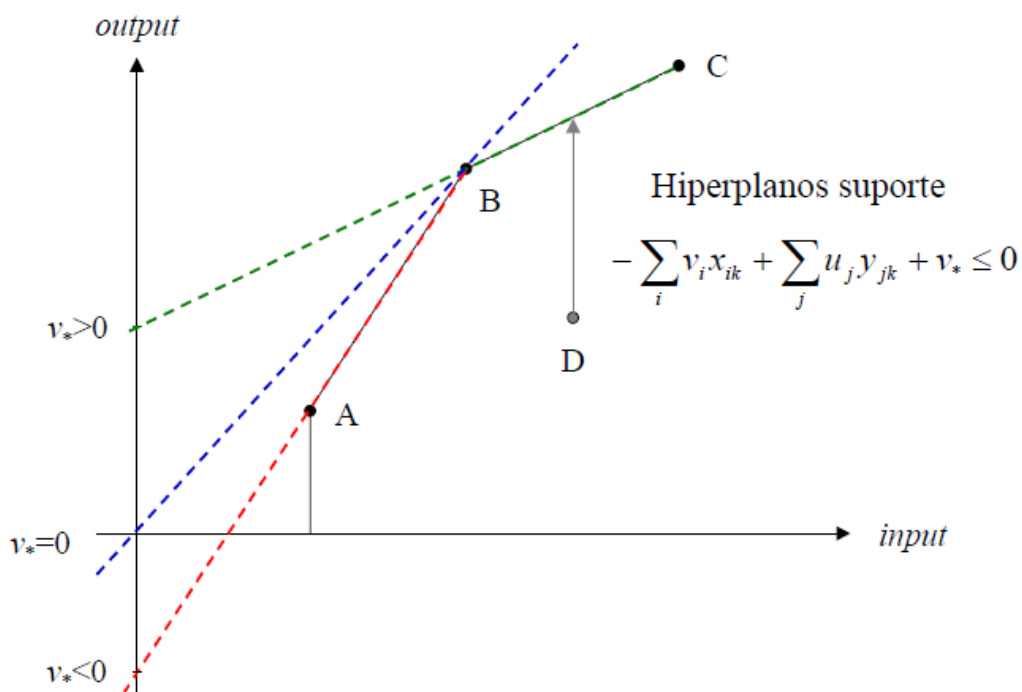
$u_j$ : peso outorgado ao *input*  $j$ ;

$v_i$ : peso outorgado ao *output*  $i$ ;

$v_*$ : peso ótimo calculado.

A Figura 10 apresenta geograficamente os fatores de escala para o modelo BCC orientado à *output*. Este é o modelo analisado neste estudo, onde a função objetivo maximiza a quantidade movimentada com a menor quantidade de recursos para atingi-la.

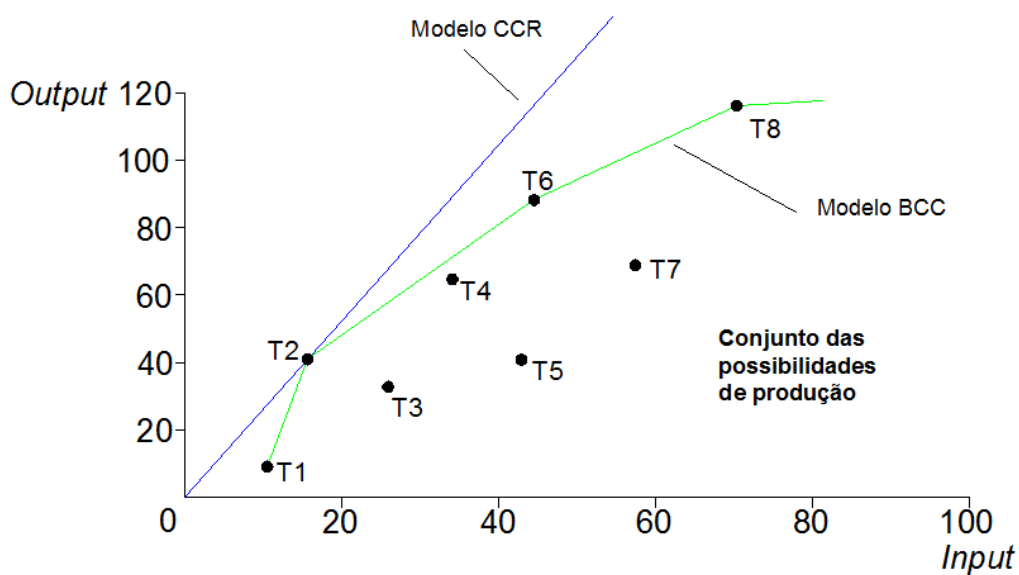
Figura 10 - Fatores de escala para orientação à output



Fonte: Melo (2005)

A Figura 11 ilustra a diferença entre a fronteira construída a partir do modelo constante (CCR) e do modelo variável (BCC).

Figura 11 – Fronteiras de eficiência dos modelos CCR e BCC



Fonte: adaptado Wanke (2010)

Fazendo uma análise mais crítica da Figura 11, pode-se afirmar graficamente que a  $efici\ênc\i\alpha_{CCR} \leq efici\ênc\i\alpha_{BCC}$ , pois o modelo BCC possui diferentes soluções ótimas em sua fronteira de eficiência (COOPER et. al., 2007; WANG et. al., 2002).

### 2.8.3 PRINCIPAIS AUTORES E METODOLOGIAS EMPREGADAS

Sousa Junior (2010) traz os principais autores na área de eficiência portuária utilizando a metodologia DEA de acordo com os modelos CCR e BCC abordados nesta monografia. Como mostrado no Quadro 4.

Quadro 4 – Principais autores do tema

AUTORES	MODELO DEA	INPUTS	OUTPUTS
Roll e Hayuth (1993)	CCR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capital;</li> <li>Nº de funcionários;</li> <li>Tipos de cargas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nível de serviço;</li> <li>Movimentação de carga;</li> <li>Satisfação dos usuários;</li> <li>Nº se atracções.</li> </ul>
Martinez-Budria et. al. (1999)	BCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Despesas com pessoal;</li> <li>Taxas de depreciação;</li> <li>Outros gastos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Total de carga movimentada;</li> <li>Receita obtida no aluguel de facilidades.</li> </ul>
Tongzon (2001)	CCR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nº de guindastes;</li> <li>Nº de berços;</li> <li>Nº de rebocadores;</li> <li>Nº de funcionários;</li> <li>Área do terminal;</li> <li>Tempo de espera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TEU (<i>Twenty Foot Equivalent Unit</i>);</li> <li>Movimentação hora/navio.</li> </ul>
Vallentine e Gray (2001)	CCR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tamanho do berço;</li> <li>Investimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nº de contêineres;</li> <li>Total de toneladas movimentadas.</li> </ul>
Itoh (2002)	CCR e BCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Área do terminal;</li> <li>Nº de berços;</li> <li>Nº de funcionários;</li> <li>Nº de guindastes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TEU.</li> </ul>
Serrano e Castellano (2003)	BCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tamanho do berço;</li> <li>Área do terminal;</li> <li>Nº de guindaste.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TEU;</li> <li>Toneladas movimentadas.</li> </ul>

Turner et. al. (2004)	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamanho do berço;</li> <li>• Área do terminal;</li> <li>• Nº de guindastes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TEU.</li> </ul>
Cullinane et. al. (2005)	CCR e BCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamanho do berço;</li> <li>• Área do terminal;</li> <li>• Nº de guindastes de berço;</li> <li>• Nº de guindastes de pátio;</li> <li>• Nº de Straddle Carrier.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TEU.</li> </ul>
Rios (2006)	CCR e BCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nº de guindastes;</li> <li>• Nº de berços;</li> <li>• Área do terminal;</li> <li>• Nº de funcionários;</li> <li>• Nº de equipamentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TEU;</li> <li>• Prancha média de movimentação de contêineres por hora.</li> </ul>
Fontes (2006)	BCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extensão total do cais acostável.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimentação total de embarcações;</li> <li>• Movimentação total de carga movimentada.</li> </ul>
Sousa Júnior (2008)	CCR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprimento dos berços;</li> <li>• Calado admissível.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimentação (em toneladas ou em número de contêineres).</li> </ul>

Fonte: Sousa Junior (2010)

Nota-se que tanto o modelo BCC quanto o CCR podem ser utilizados na determinação da eficiência portuária, dependendo-se da análise que se deseja fazer. A quantidade de *inputs* e *outputs* também varia de acordo com os autores e depende do modelo escolhido. Portanto, não existe a maneira mais correta de determinar a eficiência portuária, sendo esta definida de acordo com o modelo e a metodologia que se deseja utilizar e, o mais importante, as variáveis de entrada e saídas escolhidas.

### **3 METODOLOGIA**

A metodologia proposta para este trabalho seguirá quatro etapas pré-estabelecidas de modo a facilitar a organização e a divisão sistemática deste trabalho.

#### **3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA**

O presente trabalho defende a natureza da pesquisa, abordagem do problema e os procedimentos técnicos a serem adotados.

Ao considerar o objetivo principal deste estudo como sendo responder o questionamento gerado no problema da pesquisa, como “mensurar a eficiência dos principais portos brasileiros através da análise envoltória de dados”, classifica-se conforme Barros e Lehfeld (2000) a pesquisa como exploratória, pois gera conhecimentos a respeito da eficiência portuária, porém sem finalidades imediatas.

Na ênfase da abordagem do problema, define-se o presente trabalho como de caráter quantitativo, ao apontar quantificação tanto na coleta dos dados como na sua implementação, ao utilizar como ferramental a programação linear e técnicas estatísticas, abrindo a possibilidade de os valores serem comparados uns com os outros.

Quanto ao ponto de vista dos procedimentos técnicos utilizados neste trabalho, e considerando que a presente pesquisa pretende proporcionar maior conhecimento e familiaridade com o tema proposto através dos resultados obtidos, de acordo com Silva e Menezes (2005), pode-se enquadrá-lo como pesquisa bibliográfica e estudo de casos, pois se usa, para fins de referencial, artigos de periódicos, livros, materiais disponibilizados na internet e dados oficiais dos portos disponibilizados pela ANTAQ.

Por fim do ponto de vista do objetivo, como este trabalho visa estabelecer relações entre variáveis, que no caso estudado serão as DMUs, tem-se uma pesquisa descritiva, conforme Gil (2008).

#### **3.2 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO**

Os objetos de estudo são os dez maiores portos brasileiros em termos de movimentação portuária e infraestrutura, sendo: Santos/SP, Itaguaí/RJ, Paranaguá/PR, Vitória/ES, Rio Grande/RS, São Francisco do Sul/SC, Salvador/BA, Recife/PE, Itajaí/SC e Rio de Janeiro/RJ. Devido à importância deste modal para a



economia do país, sendo o principal tipo de transporte utilizado para trocas de bens e produtos entre os países, representando cerca de 80% do comércio mundial de mercadorias (MAGALHÃES, 2015).

O presente estudo se dará sobre os dez maiores portos brasileiros e a análise destes principais portos se torna importante neste contexto, visto a sua representatividade para o escoamento de cargas no Brasil, com mais de 75% sendo movimentadas nestes terminais. Só o terminal de Santos/SP movimentou, em 2015, 9,8% de toda as mercadorias, seguido por Itaguaí/RJ (5,8%) e Paranaguá (3,4%).

A DEA para a avaliação da eficiência portuária é muito importante, pois permite, segundo Melo (2005), realizar comparações com outras unidades produtivas que realizam tarefas similares, mas que por algum motivo se diferenciam em recursos consumidos e saídas produzidas. Para tal análise, será utilizado o software SIAD (Sistema de Apoio a Decisão) para implementar o modelo estudado, que é apresentado a seguir.

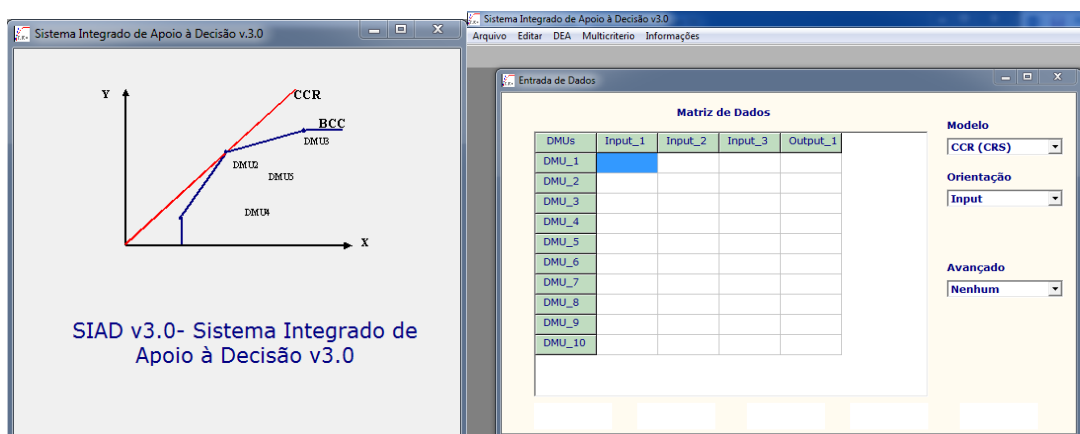
### **3.3 SISTEMA INTEGRADO DE APOIO A DECISÃO – SIAD**

O SIAD é um software gratuito desenvolvido por um grupo de pesquisa brasileiro da UFF, UERJ e EMBRAPA. Com ele é possível implementar computacionalmente os modelos de DEA e outros métodos de apoio à decisão.

Basicamente o software resolve problemas de programação linear e utiliza o algoritmo *Simplex* para o modelo dos multiplicadores. Também é possível, através do teorema das folgas complementares, solucionar o modelo do envelope.

O SIAD apresenta uma interface bem enxuta e de fácil preenchimento, conforme mostra a Figura 12, também possibilita salvar os dados e resultados em um arquivo de texto (\*.txt) e editar os nomes para as DMUs e para as variáveis, o que melhora a sua identificação e posterior utilização.

Figura 12 - Interface de preenchimento dos dados do software SIAD



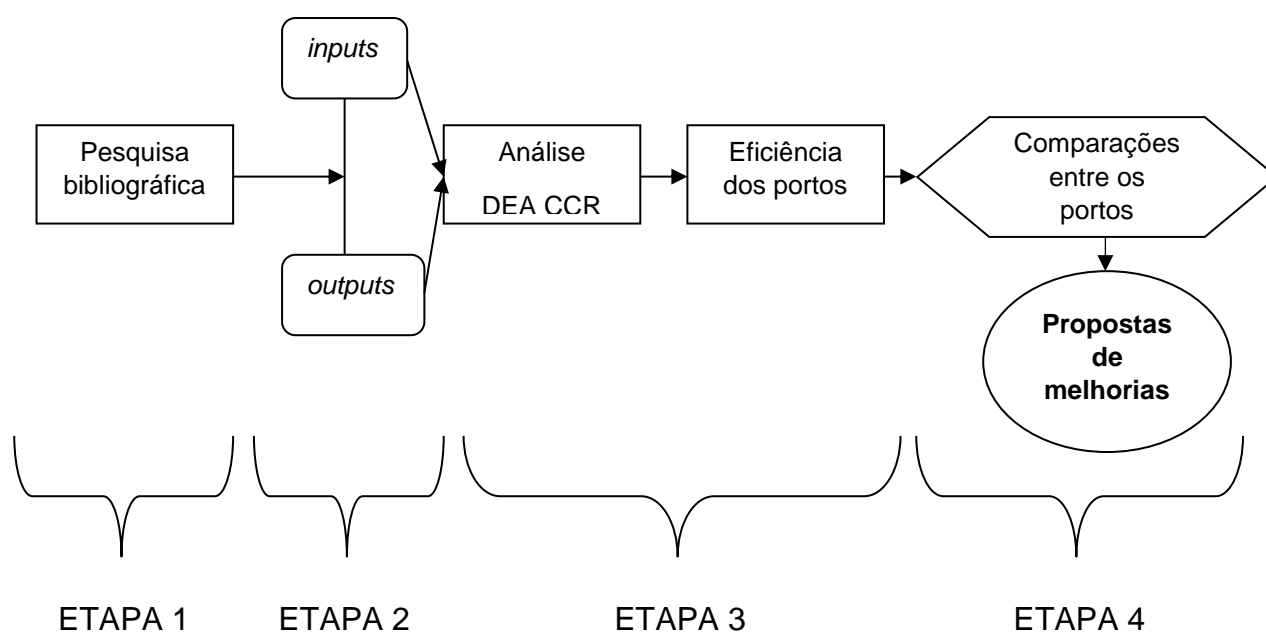
Fonte: SIAD v.3.0 (2016)

Para o método de DEA que será utilizado neste trabalho, os modelos disponíveis no SIAD são o CCR e BCC, com orientações a *inputs* e *outputs*. É possível também calcular a fronteira invertida e incorporar restrições aos pesos com restrições de razões (região de segurança) e importância relativa (*inputs* e *outputs* virtuais).

### 3.4 ETAPAS DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

A aplicação da metodologia neste trabalho foi estabelecida de forma resumida em quatro etapas, visualizadas através da Figura 13.

Figura 13 – Fluxograma das etapas da metodologia



Fonte: O Autor

- Etapa 1: É o ponto de partida para obter maior conhecimento sobre o tema, aprofundando em suas características e peculiaridades. O referencial bibliográfico é de fundamental importância, pois dá o embasamento necessário para a elaboração de hipóteses e também auxilia na visão antecipada de busca por pontos-chaves de aplicação no tema estudado. Para a composição do referencial bibliográfico neste trabalho, a criação do portfólio ocorreu de duas formas: sistematizada e não sistematizada, sendo que em ambas se buscou por artigos e fontes de boa qualificação mundial, e com abordagem clara e direta do tema. Quanto à maneira sistematizada, realizou-se uma busca pela melhor combinação de palavras-chave que retornassem uma quantidade significativa de artigos relacionados ao tema. Em seguida classificou-se os artigos, seguindo a metodologia abordada por Pagani et al. (2015). Porém para os temas que envolviam percepções regionais, a busca por artigos foi não sistematizada, levando em consideração a qualidade do artigo, número de citações e envolvimento do autor com o assunto. Também foram utilizados livros para complementar o referencial.

- Etapa 1: A primeira etapa para realizar a DEA, de acordo com Souza (2010) é definir as DMUs, ou seja, onde aplicar a análise: em empresas, órgãos governamentais, instituições, etc. No caso do presente estudo será escolhido o setor de administração pública dos portos supracitados, visto a dificuldade de obter dados dos TUPs. Esta metodologia permite também, após implementada, quantificar as eficiências destes portos e compará-las.

As entradas (*inputs*) e as saídas (*outputs*) do problema foram definidas da seguinte maneira:

*Inputs:*

- Número de berços: quantidade de berços de atracação e sua disponibilidade;
- Comprimento dos cais e/ou píeres (em metros): representa a capacidade de recebimento de navios simultaneamente;
- Capacidade estática (em toneladas): demonstra a capacidade de estocagem de mercadoria no complexo portuário.

*Output:*

- Carga movimentada (em milhares de toneladas): reflete a eficiência operacional dos arrendatários, além de evidenciar o desenvolvimento econômico e social de toda região do entorno do porto.

A escolha das variáveis de entrada (*input*) e saída (*output*) se deve à identificação de possíveis melhorias a longo prazo na infraestrutura dos portos brasileiros, haja vista que são variáveis intrinsecamente relacionadas com o principal objetivo deste trabalho, que é o aumento da produtividade e mostrar através de dados quantitativos as principais deficiências do porto em questão.

- Etapa 2: A segunda etapa é a coleta dos dados junto aos portos, sendo adquirida via *websites*, visita ao complexo portuário ou, em último caso, via contato telefônico.

- Etapa 3: Implementação dos dados obtidos no SIAD;

- Etapa 4: Esta etapa é a mais importante deste trabalho, pois visa a interpretação e tabulação dos resultados e possíveis sugestões de melhorias para os terminais estudados. É nessa etapa que os valores de eficiência serão comparados e as melhorias propostas pelo autor.

## 4 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DOS DEZ MAIORES PORTOS BRASILEIROS

O foco do estudo de caso estabelecido é a gestão portuária brasileira, onde delimita-se esta pesquisa aos dez maiores portos do Brasil. Seguiu-se uma metodologia para a escolha dos portos. A princípio ficou estabelecido que apenas portos marítimos seriam considerados, haja vista que o principal objetivo deste estudo são as movimentações de longo curso. Em seguida foi realizado um levantamento das maiores movimentações de cargas, como é apresentada a seguir.

### 4.1 ESCOLHA DOS PORTOS

A escolha dos dez maiores portos foi realizada de acordo com os dados disponibilizados pela ANTAQ no ano de 2015. O Quadro 5 mostra quais são estes portos e suas respectivas movimentações em 2015, sendo essa movimentação os *outputs* da DEA.

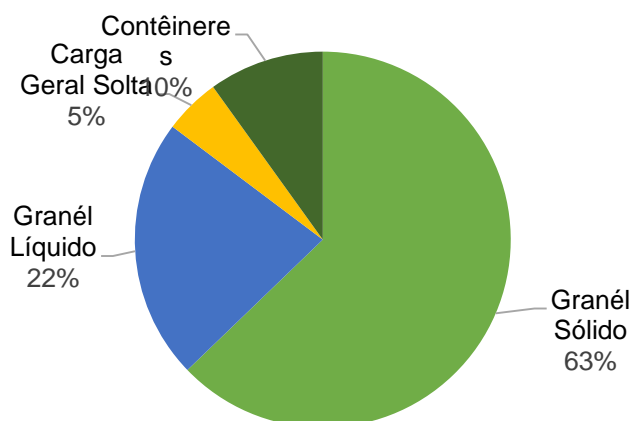
Quadro 5 - *Output* do modelo (movimentação)

<b>OS DEZ MAIORES PORTOS BRASILEIROS</b>	<b>MOVIMENTAÇÃO EM TONELADAS</b>
Santos	67.911.702
Itaguaí	54.560.535
Paranaguá	32.221.630
Rio Grande	15.900.039
São Francisco do Sul	12.363.710
Vitória	3.683.534
Rio de Janeiro	2.007.654
Recife	1.410.275
Salvador	589.584
Itajaí	7.396

Fonte: adaptado de ANTAQ (2015)

Apenas portos marítimos com administração pública foram analisados, haja vista a dificuldade de se obter dados em portos com administração privada. Também é importante ressaltar que todos os tipos de cargas foram considerados neste estudo. O porto de Santos, Itaguaí e Paranaguá são os que mais movimentaram cargas em 2015 e este panorama tem se mantido assim por alguns anos, mostrando as forças dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná, respectivamente.

Figura 14 - Tipos de cargas movimentadas em 2015



Fonte: adaptado de ANTAQ (2015)

A Figura 14 mostra a distribuição em percentual de cargas movimentadas em 2015. Nota-se que os granéis, tanto sólidos quanto líquidos representam mais de 85% do total movimentado.

#### 4.2 ESTRUTURA PORTUÁRIA CONSIDERADA

Levando em consideração os portos escolhidos para este trabalho e as variáveis de *inputs* escolhidas para a DEA, foi realizado um levantamento quantitativo do número de berços, comprimento de cais/píeres (em metros) e capacidade estática de armazenamento (em toneladas), como mostra o Quadro 6.

Quadro 6 - *Inputs* do modelo

	Número de berços	Comprimento de cais/píeres (Em metros)	Capacidade Estática (em toneladas)
Santos	65	11.563	515.595
Rio de Janeiro	40	6.740	13.100
Paranaguá	15	2.943	985.000
Itajaí	4	1.035	160.000
Rio Grande	11	3.504	2.159.600
Salvador	11	2.085	475.000
São Francisco do Sul	7	1.530	124.000
Recife	16	2.950	310.000
Itaguaí	6	1.670	2.280.630
Vitória	14	1.701,4	10.800

Fonte: O Autor

Como já foi introduzido anteriormente, a DEA não leva em consideração a robustez da estrutura portuária e a quantidade de carga movimentada para definir as eficiências, ou seja, independe se o porto possui um ou cinquenta berços e movimenta uma ou um milhão de toneladas, as eficiências são calculadas de acordo com as suas capacidades.

#### **4.2.1 RESTRIÇÕES DO ESTUDO**

Por se tratar de ser um estudo prático que visa se manter o mais próximo possível da realidade, as informações obtidas foram buscadas diretamente no *site* da ANTAQ, contato via e-mail ou ainda via contato telefônico. Porém o sistema portuário brasileiro é bastante robusto e complexo, e por este motivo cada unidade portuária divulga os dados de infraestrutura da maneira que lhe é conveniente e não possui um padrão de divulgação.

Os comprimentos de caís foram somados aos de píeres devido a diferenças de estrutura portuária de porto para porto, sendo que alguns dividem as duas plataformas de atracação, o que impossibilita a diferenciação. Porém como as duas estruturas servem para a mesma finalidade, não houve prejuízo significativo.

As informações do porto de Vitória também incluem as do porto de Vila Velha sendo, portanto, uma restrição para se definir a eficiência das unidades de maneira separada. As instalações especiais do porto de Recife foram desconsideradas nesse estudo, haja vista que não foram informados dados de infraestrutura das mesmas. Por fim, para o porto do Rio de Janeiro foram acrescentados quatro berços para uso exclusivo de contêineres.

Outra restrição do estudo foi a impossibilidade de se estudar a eficiência por tipos de carga, pois na maioria dos portos brasileiros a estrutura portuária é compartilhada por todas as cargas, ou seja, o mesmo berço recebe granel sólido, líquido ou carga solta.

#### **4.3 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA PELO MODELO DEA CCR**

Ambos os modelos de DEA apresentados neste trabalho poderiam ser utilizados para a análise de eficiência dos portos. Porém devido à natureza dos *inputs* e *outputs* escolhidos, o melhor modelo a ser aplicado é o CCR orientado a *output*, pois sua característica de modelagem maximiza o *output* minimizando os *inputs* utilizando, assim, retornos constantes de escala, conforme mostra a Figura 11. Em outras

palavras, esse modelo maximiza a quantidade movimentada que utiliza a menor estrutura portuária disponível, que é o objetivo deste estudo. Por outro lado, os modelos BCC utilizam um número variável de soluções ótimas, ou seja, para cada valor de *input* existe um valor ótimo de *output* e vice-versa, não sendo interessante para o presente trabalho, haja vista que se almeja uma análise macro das eficiências.

Observa-se que o modelo de DEA CCR trabalha com retornos constantes à escala e a orientação à *output* maximiza as saídas, o Quadro 7 traz as eficiências calculadas pelo software SIAD.

Quadro 7 - Eficiências pelo modelo CCR orientado à *outputs*

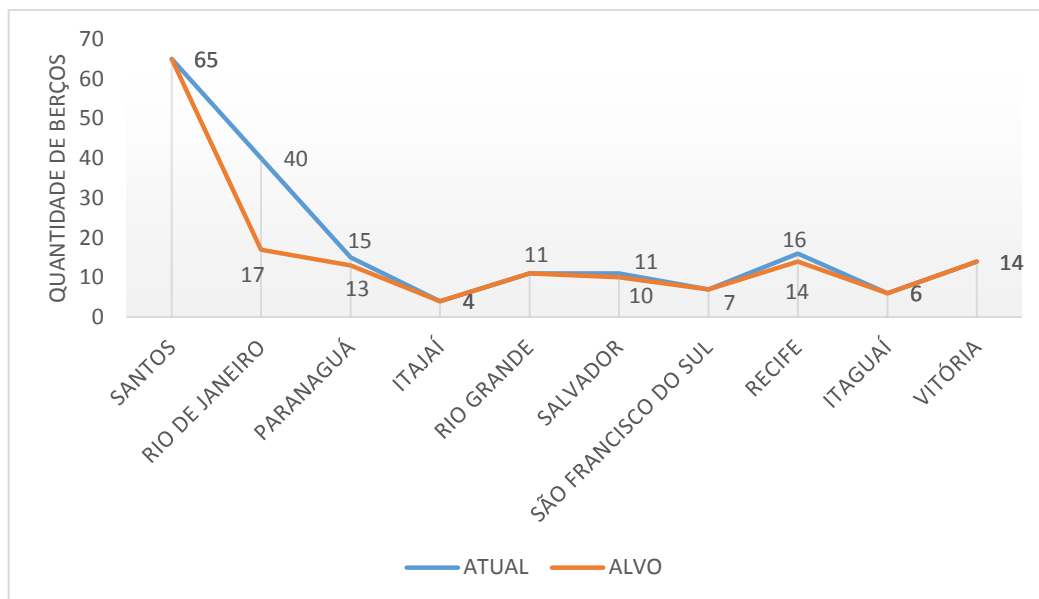
DMU	Eficiência
S_FRANC_SUL	1
SANTOS	1
ITAGUAI	1
VITORIA	1
PARANAGUA	0,84635
RIO_DE_JANEIRO	0,449342
RIO_GRANDE	0,268791
RECIFE	0,055972
SALVADOR	0,025965
ITAJAI	0,000834

Fonte: O Autor

Nota-se que os portos de São Francisco do Sul, Santos, Itaguaí e Vitória são 100% eficientes. Para analisar mais profundamente esses dados, o Apêndice A traz as folgas e os valores alvos de cada porto. Os valores alvos são os valores ideais de cada *input* e cada *output*, ou seja, demonstram quais são os valores ótimos que cada DMU deve ter de acordo com seus *inputs* e *outputs*. Já as folgas são as distâncias de cada variável em relação aos valores alvo. Os Gráficos (1), (2), (3) e (4) apresentam as comparações entre os valores atuais e os valores ótimos de cada *input* e *output*.

Gráfico 1 - Comparação entre as quantidades de berços atuais e os valores alvos

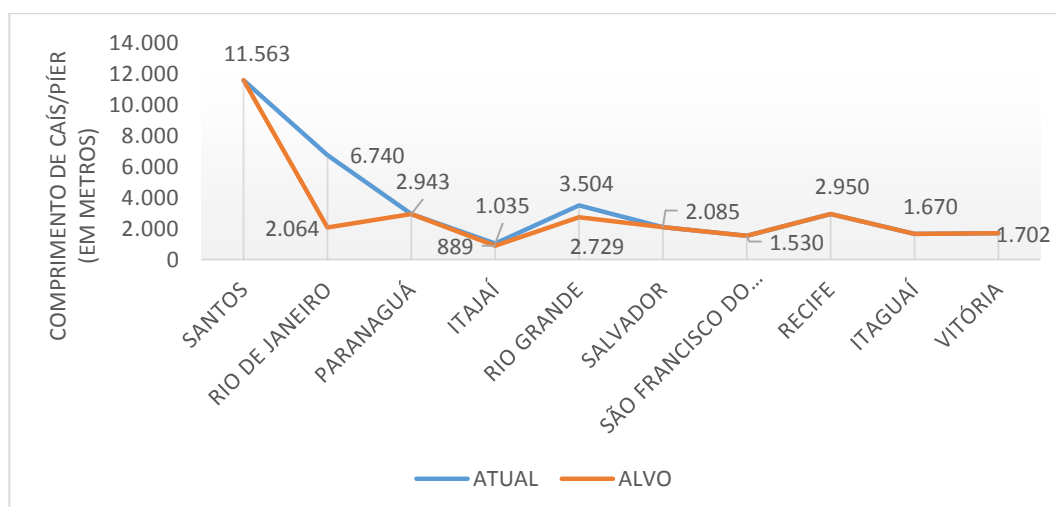




Fonte: O Autor

O Gráfico 1 apresenta as quantidades de berços alvos e os valores atuais de cada porto. Percebe-se que o porto do Rio de Janeiro atenderia sua demanda atual com apenas 17 berços, porém há 40 berços disponíveis em sua estrutura portuária, ou seja, o porto ficou em 2015 com boa parte de sua estrutura ociosa para a quantidade movimentada. Mantendo-se os níveis atuais de demanda, para que a eficiência aumente seria necessário reduzir o número de berços ou aumentar a movimentação, caso que ocorre também com Paranaguá, com redução de 2 berços, Salvador com 1 berço e Recife com 2 berços.

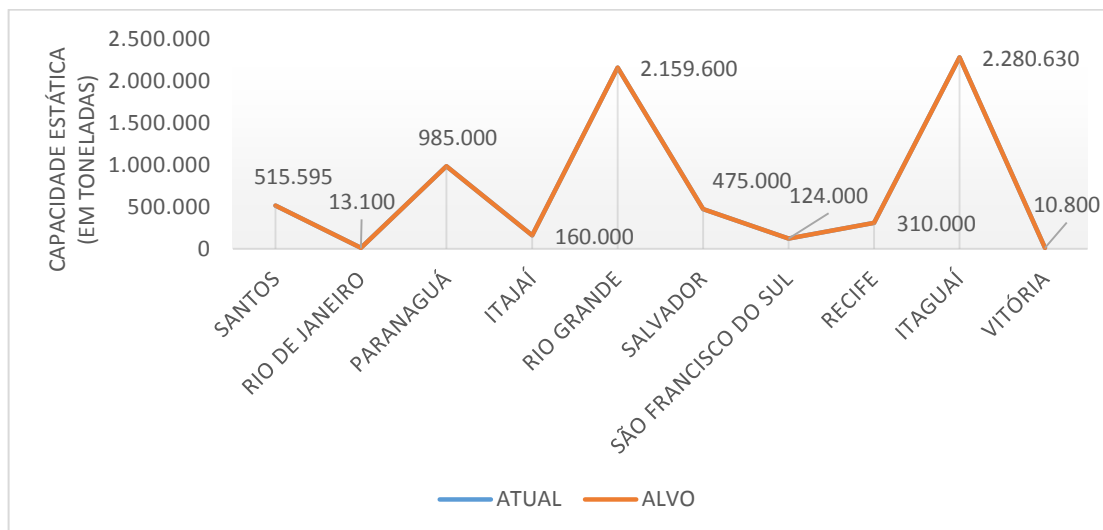
Gráfico 2 - Comparação entre o comprimento de caís/pier atuais e os valores alvos



Fonte: O Autor

A mesma análise realizada no Gráfico 1 pode ser utilizada no Gráfico 2. O porto do Rio de Janeiro permaneceu ocioso em 68,1% de seu comprimento de caís/pier, sendo que, para a quantidade movimentada em 2015, apenas 2.064 metros seriam necessários. O mesmo ocorre com Itajaí e Rio Grande, sendo que estes possuem 149 e 325 metros de caís/pier ociosos, respectivamente.

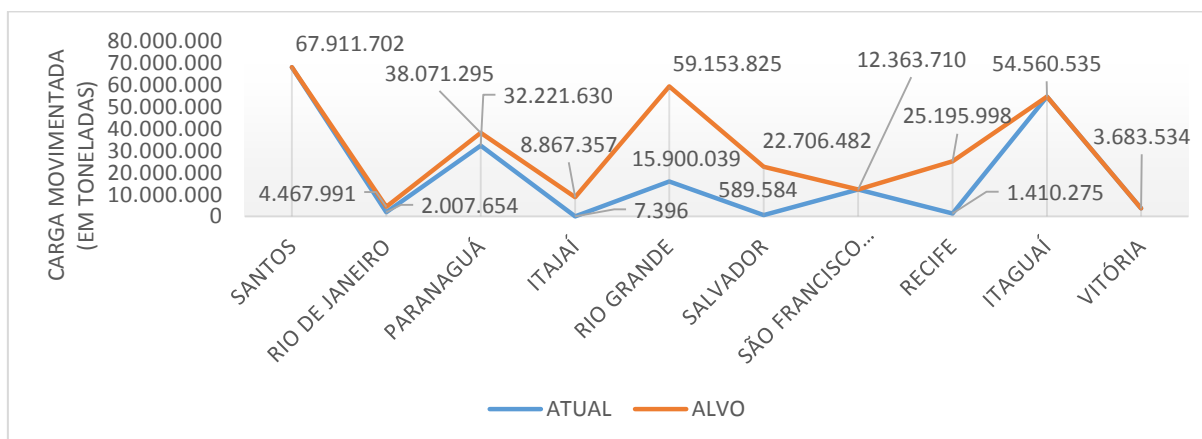
Gráfico 3 - Comparação entre a capacidade estática atual e os valores alvos



Fonte: O Autor

As linhas do Gráfico 3 estão sobrepostas e mostram que não há folgas entre as capacidades estáticas atuais e os valores alvos, ou seja, os portos estão com a estrutura ideal neste *input*.

Gráfico 4 - Comparação entre a quantidade de cargas movimentadas atuais e os valores alvos



Fonte: O Autor

O Gráfico 4 apresenta a variável mais importante de análise para este estudo, haja vista que a função objetivo do modelo DEA orientado à *output* é a maximização da quantidade movimentada. Os portos que estão movimentando com eficiência de 100% são Santos, São Francisco do Sul, Itaguaí e Vitória, o que se reflete no valor final de eficiência do Quadro 7. Outra análise importante a se fazer é que os piores portos são os que também movimentam uma quantidade de carga muito abaixo de seus valores ótimos, são eles: Itajaí, Salvador, Recife e Rio Grande. Coincidentemente, as principais cargas movimentadas nesses portos provem de terminais privados e de contêineres, o que não foi analisado neste estudo.

Quadro 8 - Ineficiência dos piores portos

<b>DMU</b>	<b>Eficiente</b>	<b>Ineficiente</b>
RIO DE JANEIRO	44,93%	55,07%
RIO GRANDE	26,88%	73,12%
RECIFE	5,60%	94,40%
SALVADOR	2,60%	97,40%
ITAJAI	0,08%	99,92%

Fonte: O Autor

Os portos mais críticos são os mostrados no Quadro 8, com destaque negativo para o porto de Itajaí que é 99,92% ineficiente. Com a análise dos resultados do SIAD, essa baixa eficiência se deve majoritariamente a quantidade de carga movimentada neste porto em 2015. Porém, quando se observa especificamente o tipo de carga movimentada, 99,8% do total movimentado em 2015 foi de carga containerizada via TUP, ou seja, apenas 0,2% do total movimentado foi considerado nesse estudo. Outra explicação seria a redução de 18,95% da movimentação com relação a 2014, agregado a queda de 25,2% nas importações e 14,41% nas exportações (Anuário Antaq, 2015)

Nota-se também, com a análise dos gráficos acima, que o porto de Salvador precisa aumentar consideravelmente a quantidade de carga movimentada, sendo que sua estrutura comporta movimentar, de acordo com o SIAD, 22,7 milhões de toneladas anualmente. Enquanto o porto de Recife precisa reduzir para 14 o número de berços e aumentar para aproximadamente 25 milhões de toneladas sua quantidade de carga movimentada.

O Apêndice B traz os pesos atribuídos por cada variável do modelo CCR orientado à *output*. Pode-se fazer algumas análises mais aprofundadas com os pesos que cada variável exerce sobre a eficiência. A relação destes pesos e seus respectivos pesos são apresentadas.

#### Porto de Itajaí/SC

- A variável que mais influencia a eficiência é o número de berços, seguido por quantidade de carga movimentada e capacidade estática de estocagem.

#### Porto de Salvador/BA

- A variável que mais influencia a eficiência é o comprimento de caís/pier seguido por quantidade carga movimentada;
- A quantidade atual de carga movimentada corresponde apenas a 2,6% do valor ótimo calculado pelo SIAD. Ou seja, esse valor precisa ser urgentemente melhorado para que a eficiência aumente.

#### Porto de Recife/PE

- O porto apresentou infraestrutura atual boa, com valores bem próximo aos alvos. Porém movimenta apenas 5,6% do seu potencial, o que resulta numa eficiência de 5,59%. Um estudo mais aprofundado na movimentação desse porto pode ser bastante relevante neste caso.

#### Porto do Rio de Janeiro/RJ

- Este porto possui uma eficiência de 44,93% e possui boa infraestrutura. Porém, como nos portos supracitados, a movimentação é baixa comparado com seu potencial. No ano de 2015 o porto movimentou cerca de 2.007.654 toneladas, sendo que o valor ótimo seria a movimentação de 4.467.990 toneladas, menos da metade do ideal, portanto.

A característica em comum nos portos ineficientes é que, atualmente, grande parte de suas instalações estão arrendadas ao setor privado, o que limita a análise mais aprofundada das eficiências, haja vista que o estudo não considera essas instalações.

#### 4.4 DISCUSSÕES

As eficiências calculadas nesse trabalho mostraram o nível do sistema portuário brasileiro com relação à sua infraestrutura de escoamento e recebimento de mercadorias. O Quadro 9 apresenta o *ranking* geral das eficiências.

Quadro 9 - *Ranking* das maiores eficiências

<b>RANKING</b>	<b>PORTOS</b>	<b>EFICIÊNCIA</b>	<b>MOVIMENTAÇÃO (tons)</b>
1	São Francisco do Sul	1	12.363.710
2	Santos	1	67.911.702
3	Itaguaí	1	54.560.535
4	Vitória	1	3.683.534
5	Paranaguá	0,84635	32.221.630
6	Rio de Janeiro	0,449342	2.007.654
7	Rio Grande	0,268791	15.900.039
8	Recife	0,055972	1.410.275
9	Salvador	0,025965	589.584
10	Itajaí	0,000834	7.396

Fonte: O Autor

A análise apontou que 40% dos portos se encontram sobre a fronteira de eficiência, atingindo a eficiência máxima dentre as unidades analisadas, dispondo tanto de um nível de escala ótimo, como de técnicas eficientes de movimentação com base na estrutura utilizada.

Os modelos de DEA possuem uma peculiaridade, as eficiências calculadas por estes métodos se baseiam em comparações de DMU's e considera *benchmark* a que melhor se destaca.

É interessante salientar que, por se tratar de demandas sazonais, há dificuldade de manter valores altos de eficiência, haja vista que qualquer variação externa pode resultar em queda ou aumento na movimentação de carga nos portos. Em 2015, houve alguns fatores que influenciaram significativamente esta movimentação, com ênfase para a desvalorização de 31,8% do real frente ao dólar, o

que tornaram os preços das commodities brasileiras mais atrativas ao mercado internacional, a queda no preço do minério de ferro, um dos principais produtos exportados no Brasil e a retração da economia brasileira que resultou em diminuição de 18,18% nas importações em 2015.

A tipologia das cargas movimentadas em diferentes portos brasileiros também deve ser levada em consideração. Enquanto os portos de Santos e Itaguaí possuem capacidade para movimentar vários tipos de cargas simultaneamente, outros portos como os de Itajaí, Rio de Janeiro e Salvador movimentam, em sua maioria, apenas carga containerizada e ainda não estão aptos a receber navios de grande porte.

Ainda de acordo a análise dos resultados, pode-se afirmar que os portos de São Francisco do Sul, Santos, Itaguaí e Vitória devem se expandir e manter a proporção entre quantidade de berços, comprimento de caís e píeres e capacidade estática, ou seja, caso haja maior movimentação será necessário aumento proporcional nestes insumos para que a eficiência não diminua.

O porto de Paranaguá possui uma boa estrutura de recepção e expedição de navios, o problema está na gestão operacional deste complexo, sendo que o tempo médio de estadia é de 437,2 horas (19 dias) e o tempo de espera para atracação é de 66,8 horas. Isso faz com que o tempo médio no sistema seja de 1003,1 horas, ou seja aproximadamente 42 dias, conforme mostra o Anexo I. Assim, para que a eficiência aumente é necessário a redução desses tempos médios e, conseqüentemente, o aumento na movimentação do porto para cerca de 38 milhões de toneladas por ano, o que o levará a ser 100% eficiente.

O porto de Itajaí, no ano de 2015, praticamente permaneceu ocioso, sendo que apenas 8 navios atracaram e, com isso movimentou-se apenas 7.396 toneladas. Percebe-se que este porto recebe apenas navios de pequeno porte e atende apenas a cargas gerais soltas. Além disso, o porto operou em 2015 pouco mais de 111 horas, conforme mostra o Anexo II, ficando evidente a baixa utilização da estrutura portuária atual deste complexo. Esta movimentação baixa reflete a ociosidade dos ativos do porto, sendo que o mesmo tem capacidade de escoamento anual de 8,8 milhões de toneladas, de acordo com os resultados obtidos.

Os portos de Salvador e Recife são ineficientes porque a movimentação está muito abaixo da capacidade estática do porto. Há duas alternativas para otimizar estas eficiências, a primeira é aumentar a quantidade movimentada através acordos comerciais, realizar um planejamento da produção e aumentar a utilização dos ativos. A outra alternativa é arrendar essas estruturas ociosas a empresas do setor privado e, assim, eliminar os custos operacionais destes equipamentos em caso de não haver demanda suficiente.

Por fim, o porto de Rio Grande ficou em segundo lugar, em 2015, no número de navios atracados. Porém, como aconteceu com a maioria dos portos estudados, a movimentação em 2015 foi baixa se comparado com a estrutura disponível do porto. Por se tratar de uma sazonal, há a dificuldade de se prever a quantidade movimentada durante o ano.

É notória a potencialidade que este tipo de atividade tem no Brasil, com toda a sua costa marítima atracável e suas grandes reservas naturais. Porém, sua infraestrutura portuária advém do período colonial e, sendo assim, trazendo consigo uma grande defasagem e escassez de investimentos, o que é visível nas rodovias e ferrovias que chegam aos complexos portuários atualmente. Percebe-se que portos onde há maiores investimentos e facilidade de acesso, proporcionalmente alta também é sua eficiência.

Com isso são necessários maiores investimentos em todo o elo logístico inserido no complexo portuário, desde a diminuição no viés burocrático até o melhoramento da dinâmica de operação destas estruturas, com foco principalmente no aumento da velocidade de escoamento e, conseqüentemente, na gestão de toda a cadeia de suprimentos.

## 5 CONCLUSÕES

Após a revisão bibliográfica relacionada à mensuração da eficiência no setor portuário, foram identificadas as principais variáveis utilizadas como *inputs* e *output* do modelo de DEA CCR orientado à *output*. Dentre elas, foram selecionadas como *inputs* de maior relevância: quantidade de berços, comprimento de caís e píer e capacidade estática de armazenagem. Por outro lado, como variável de *output* foi escolhida a quantidade movimentada, sendo que a inter-relação destas variáveis se tornam um importante indicador de produtividade dos portos.

Com a aplicação da metodologia DEA proposta, foram calculados os níveis de eficiência relativa de cada porto em análise. A análise apontou que 40% dos portos estudados são 100% eficientes e, por este motivo, encontram-se sobre a fronteira de eficiente da DEA. Já em relação aos portos ineficientes, todos apresentaram ociosidade como o principal motivo da baixa eficiência e, conseqüentemente, uma baixa movimentação se comparado com suas respectivas capacidades.

Este estudo mostrou que os portos brasileiros possuem infraestrutura suficiente para movimentar grandes quantidades de cargas e atende toda sua demanda, porém ainda há fatores burocráticos que impedem uma maior dinâmica na atracação de navios. Enquanto que a média mundial de dias para liberar mercadorias é de 3 dias, no Brasil esta espera é de 5,5 dias. Outro fator de grande relevância é a infraestrutura de rodovias e ferrovias que chegam as instalações portuárias, que são fundamentais para a chegada das mercadorias ao porto e que no Brasil ainda são deficitárias.

Ainda de acordo com o trabalho, as principais cargas exportadas no Brasil são *commodities*, com destaque para o minério de ferro, grãos, fertilizantes e petróleo. Esses produtos são fortemente afetados pelo preço do dólar e pelas questões políticas brasileiras que, em 2015, foi bastante instável.

Como foi citado no início deste trabalho, houve restrições durante o desenvolvimento do estudo no âmbito de obtenção de dados para simular as eficiências. Todas as informações aqui contidas são de origem pública acessadas em sites da ANTAQ e periódicos do governo federal. Por ser assim, as TUP não foram levadas em consideração no cálculo das eficiências, o que impossibilitou maiores análises de todo o sistema portuário nacional.



Assim, os objetivos propostos inicialmente neste trabalho foram devidamente cumpridos com o mensuramento das eficiências dos dez maiores portos brasileiros e a constatação de que os mais eficientes se concentram nas regiões sul e sudeste do país, mostrando a força econômica destas em nível nacional. Os destaques positivos foram os portos de São Francisco do Sul e Vitória que, mesmo sendo portos pequenos e regionalizados, se mostraram eficientes e com alto nível de utilização de seus ativos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABTTC. Associação Brasileira dos Terminais Retroportuários e das Transportadoras de Contêineres. Ranking dos maiores portos em 2011.

ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G. ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional*, v. 25, (3), p. 493-503, 2005

ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G.; COELHO, P.H.G. Free software for decision analysis: a software package for data envelopment models. In: 7th International Conference on Enterprise Information Systems - ICEIS 2005, v. 2, p. 207-212.

ANTAQ (2009). Agência Nacional de Transporte Aquaviário. **Anuário Estatístico 2009**. Disponível em: < <http://www.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Portuario2009/>>. Acesso em: 16 mai 2016.

ANTAQ (2015) Anuário Estatístico Aquaviário – 2015. Agência Nacional de Transportes Aquaviários, Brasília, DF.

ARAUJO, Francisco. **Sistema Portuário Brasileiro: Evolução E Desafios**. 2013.10 Monografia (Curso de Especialização em Engenharia e Gestão Portuária). Florianópolis.

ASSAF, A; MERKERT, R. **Using DEA models to jointly estimate service quality perception and profitability – Evidence from international airports**. *Transportation Research Part A* 75 (2015) 42-50.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. **Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis.** *Management Science*, 1984, v. 30, n. 9, p. 1078-1092.

BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de Metodologia: Um Guia para a Iniciação Científica.** 2Ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

BRASIL. Decreto nº 1.746, de 13 de outubro de 1869. Coleção de Leis do Império do Brasil - 1869, Página 189 Vol. 1 pt. I. Disponível em: < <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1824-1899/decreto-1746-13-outubro-1869-552569-publicacaooriginal-69884-pl.html>>. Acesso em 16 maio 2016, 1869.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 24.447, de 22 de Junho de 1934. Define, nos portos organizados, as atribuições conferidas a diferentes Ministérios, pelo art. 1º do decreto n. 20.829, de 21 de dezembro de 1931, retificado pelo decreto número 20.981, de 20 de janeiro de 1932, e dá outras providencias.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 24.508, de 29 de Junho de 1934 Define os serviços prestados pelas administrações dos portos organizados, uniformiza as taxas portuárias, quanto á sua espécie, incidência e denominação, e dá outras providencias. Diário Oficial da União - Seção 1 - 6/8/1934, Página 16202 (Publicação Original).

\_\_\_\_\_. Decreto nº 24.511, de 29 de Junho de 1934. Regula a utilização das instalações portuárias e dá outras providencias. Diário Oficial da União - Seção 1 - 6/8/1934, Página 16209 (Retificação).

\_\_\_\_\_. Decreto nº 4.859, de 8 de Junho de 1903. Estabelece regimento especial para execução de obras de melhoramento de portos. Diário Oficial da União - Seção 1 - 13/6/1903, Página 2877 (Republicação).

\_\_\_\_\_. Decreto nº 6.368, de 14 de Fevereiro de 1907. Modifica o regimento especial para execução de obras de melhoramento de portos, estabelecido pelo decreto n.

4.859, de 8 de junho de 1903 . Diário Oficial - 17/2/1907, Página 1184 (Publicação Original).

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.518, de 5 de setembro de 2007. Acresce e altera dispositivos das Leis nos 10.683, de 28 de maio de 2003, 10.233, de 5 de junho de 2001, 10.893, de 13 de julho de 2004, 5.917, de 10 de setembro de 1973, 11.457, de 16 de março de 2007, e 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, para criar a Secretaria Especial de Portos, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Seção 1. 6 de set., 2007. p. 1, 2007.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013. Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários; altera as Leis nos 5.025, de 10 de junho de 1966, 10.233, de 5 de junho de 2001, 10.683, de 28 de maio de 2003, 9.719, de 27 de novembro de 1998, e 8.213, de 24 de julho de 1991; revoga as Leis nos 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, e 11.610, de 12 de dezembro de 2007, e dispositivos das Leis nos 11.314, de 3 de julho de 2006, e 11.518, de 5 de setembro de 2007; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Seção 1. Edição Extra. 5 de jun., 2013. p. 1, 2013a.

\_\_\_\_\_. Lei nº 8.630, de 25 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias e dá outras providências. (LEI DOS PORTOS). Diário Oficial da União, Brasília, DF. Seção 1. 26 fev., 1993. p. 2351, 1993.

\_\_\_\_\_. Secretaria dos Portos da Presidência da República. **Sistema Portuário Nacional**. Disponível em: < <http://www.portosdobrasil.gov.br/sistema-portuario-nacional>>. Acesso em: 16 maio 2016.

BRAY, S.; CAGGIANI, L.; OTTOMANELLI, M. **Measuring transport systems efficiency under uncertainty by fuzzy sets theory based Data Envelopment Analysis: theoretical and practical comparison with traditional DEA model**. Transportation Research Procedia 5 (2013). 186-200.

CFA. **Plano Brasil de Infraestrutura Logística: Uma abordagem sistêmica.** Brasília, 2013. Disponível em: <[http://www.cfa.org.br/servicos/publicacoes/planobrasil\\_web1.pdf](http://www.cfa.org.br/servicos/publicacoes/planobrasil_web1.pdf)> Acesso em: 18 mai 2016.

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

COLLYER, Wesley (2008). **Lei de portos: O conselho de autoridade portuária e a busca da eficiência.** 1ª. ed. São Paulo: Lex Editora. v. 1.

COMEXTRADE. **Tipos de navios.** Disponível em: <[www.comextrade.com.br](http://www.comextrade.com.br)> Acesso em: 15 maio 2016.

COOK, W. D., ZHU, J. (2005) **Modeling Performance Measurement: Applications and Implementation Issues in DEA.** Springer, New York.

CORTEZ, L. C. S., OLIVEIRA, L. R., MARTINS, E. F., JESUS, I. R. D. and MELLO, J. C. C. B. S. (2013) **Análise de eficiência na gestão de portos públicos brasileiros em relação ao papel das autoridades portuárias.** *Journal of Transport Literature*, vol. 7, n. 2, pp. 78-96.

CULLINANE, Kevin P.B.; WANG, Teng-Fei. **The efficiency of European container ports: A cross-sectional data envelopment analysis.** *International Journal of Logistics Research and Applications*, 9:1, 19-31. (2006).

DE OLIVERIA, Luís Valente; RECÚPERO, Rubens. **A abertura dos portos.** São Paulo: Editora Senac , 2007.

ESTELLITA Lins, M. P.; ANGULO Meza, L. **Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão**. Rio de Janeiro. In: *Editora da COPPE/UFRJ*. 2000.

FALCÃO, V. A. and Correia, A. R. (2012). **Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros**. *Journal of Transport Literature*, vol. 6, n. 4, pp. 133-146.

FARRELL, M.J., (1957), **“The measurement of productive efficiency”**, *Journal of Royal Statistical Society*, A 120 Part No. 3, pp.253-290.

FLORENTINO, Mauro Silva. **Gestão de custo no transporte marítimo de cargas no Brasil**. 2010. 115f.

FREITAS, Joseth Coutinho de. **Abertura dos Portos do Brasil**. Comunidade Luso Brasileira (2016).

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2008. 176p.

HONORATO, Cezar. **O estado imperial e a modernização portuária**. In. 2002.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas Geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 176p.

KEEDI, Samir; MENDONÇA, Paulo C. C. de. **Transportes e seguros no comércio exterior**. 2.ed. SÃO PAULO: Aduaneiras, 2003. 254p.

MAGALHÃES, Petrônio Sá B. **Transporte Marítimo: cargas, navios, portos e terminais**. São Paulo: Aduaneiras, 2015.

MELLO, João Carlos Correia Baptista Soares de et al . **Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras**. *Pesqui. Oper.*, Rio de Janeiro , v. 23, n. 2, p. 325-345, Ago. 2003.

ODECK, James; BRÅTHEN, Svein. **A meta-analysis of DEA and SFA studies of the technical efficiency of seaports: A comparison of fixed and random effects regression models.** *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 46, Issue 10, December 2012, Pages 1574-1585.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. **Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication.** *Scientometrics*, v. 1, p. 1-15, 2015.

PORTO, Marcos Maia. **Portos e o desenvolvimento.** São Paulo: Aduaneiras, 2007.

PORTOS DO PARANÁ. Disponível em:  
<<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=26>>. Acesso em: 12 out. 2015.

RÖDDER, W; REUCHER, E. **Advanced X-efficiencies for CCR- and BCC-models – towards Peer-based DEA controlling.** *European Journal of Operational Research* 219 (2012) 467-476.

SCHWAB, K. (2010), **The Global Competitiveness Report 2010–2011**, *World Economic Forum*.

SIAD V.2.0. **Sistema Integrado de Apoio à Decisão: Uma Implementação de Modelos de Análise Envoltória de Dados e um Método Multicritério.** 2005.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 4 ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVA, Ligia Maria Osório. A apropriação territorial na Nova República In: SILVA, S. S.; SZMRECSÁNYI, Tamáz. **História econômica da Primeira República.**( orgs). 2 ed. São Paulo: Hucitec/Associação Brasileira de Pesquisadores em História Econômica/ Editora da Universidade de São Paulo/Imprensa Oficial, 2002.p.157-163.

SILVEIRA, R; WANKE, P. **Aplicações da análise envoltória de dados no setor portuário**. Rio de Janeiro: COPPEAD/UFRJ, 2009.

SOARES DE MELLO, João Carlos C.; BERTOLOTO, Rodrigo F. **Eficiência de portos e terminais privados brasileiros com características distintas**. Rio de Janeiro, v. 5, n.2, p. 4-21. Apr. 2011.

SOARES DE MELLO; João Carlos C. B.; MEZA, Lidia A.; GOMES, Eliane G.; NETO, Luiz B. **Curso de Análise de Envoltória de Dados**. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Gramado. Setembro 2005.

SONER ESMER. Performance Measurements of Container Terminal Operations.18p

SOUSA JUNIOR, José Nauri Cazuzza de. (2010). **Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil**. Fortaleza, 2010. Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 89 fls.

SZMRECSÁNYI, Tamáz; LAPA, Roberto do Amaral.(orgs). **História econômica da independência e do império**. 2 ed. São Paulo: Hucitec/Associação Brasileira de Pesquisadores em História Econômica/ Editora da Universidade de São Paulo/Imprensa Oficial, 2002.p161-176.

WANKE, Peter F. **Logística e transporte de cargas no Brasil: produtividade e eficiência no Século XXI**.São Paulo: Atlas, 2010.

ZHU, J. **Quantitative models for performance evaluation and benchmarking: data envelopment analysis with spreadsheets and DEA Excel solver**. First Edition. Spunger, 2003.



**APÊNDICE A – FOLGAS E VALORES ALVO DO MODELO DEA CCR ORIENTADO A OUTPUT**

<b>SANTOS (eficiência:1,000000 )</b>				
<b>Variável</b>	<b>Atual</b>	<b>Radial</b>	<b>Folga</b>	<b>Alvo</b>
NUM_BERÇOS	65	65	0	65
COMPRIM_CAIS+PIER	11.563,00	11.563,00	0	11.563,00
CAPAC_ESTAT	515.595,00	515.595,00	0	515.595,00
CARGA_MOVIMENTA D	67.911.702,0 0	67.911.702,0 0	0	67.911.702,0 0

<b>RIO_DE_JANEIRO (eficiência:0,449342 )</b>				
<b>Variável</b>	<b>Atual</b>	<b>Radial</b>	<b>Folga</b>	<b>Alvo</b>
NUM_BERÇOS	40	40	23,018519	16,981481
COMPRIM_CAIS+PIER	6.740,00	6.740,00	4.676,26	2.063,74
CAPAC_ESTAT	13.100,00	13.100,00	0	13.100,00
CARGA_MOVIMENTA D	2.007.654,00	4.467.990,31	0	4.467.990,31

<b>PARANAGUA (eficiência:0,846350 )</b>				
<b>Variável</b>	<b>Atual</b>	<b>Radial</b>	<b>Folga</b>	<b>Alvo</b>
NUM_BERÇOS	15	15	2,106138	12,893862
COMPRIM_CAIS+PIER	2.943,00	2.943,00	0	2.943,00
CAPAC_ESTAT	985.000,00	985.000,00	0	985.000,00
CARGA_MOVIMENTA D	32.221.630,0 0	38.071.294,3 3	0	38.071.294,3 3

<b>ITAJAI (eficiência:0,000834 )</b>				
<b>Variável</b>	<b>Atual</b>	<b>Radial</b>	<b>Folga</b>	<b>Alvo</b>
NUM_BERÇOS	4	4	0	4
COMPRIM_CAIS+PIER	1.035,00	1.035,00	146,01372 4	888,986276
CAPAC_ESTAT	160.000,00	160.000,00	0	160.000,00
CARGA_MOVIMENTA D	7.396,00	8.867.356,66	0	8.867.356,66

<b>RIO_GRANDE (eficiência:0,268791 )</b>				
<b>Variável</b>	<b>Atual</b>	<b>Radial</b>	<b>Folga</b>	<b>Alvo</b>
NUM_BERÇOS	11	11	0	11
COMPRIM_CAIS+PIER	3.504,00	3.504,00	775,70825 9	2.728,29
CAPAC_ESTAT	2.159.600,00	2.159.600,00	0	2.159.600,00
CARGA_MOVIMENTA D	15.900.039,0 0	59.153.824,9 3	0	59.153.824,9 3

<b>SALVADOR (eficiência:0,025965 )</b>				
<b>Variável</b>	<b>Atual</b>	<b>Radial</b>	<b>Folga</b>	<b>Alvo</b>
NUM_BERÇOS	11	11	1,694801	9,305199

COMPRIM_CAIS+PIER	2.085,00	2.085,00	0	2.085,00
CAPAC_ESTAT	475.000,00	475.000,00	0	475.000,00
CARGA_MOVIMENTA D	589.584,00	22.706.481,9 4	0	22.706.481,9 4

<b>S FRANC SUL (eficiência:1,000000 )</b>				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
NUM_BERÇOS	7	7	0	7
COMPRIM_CAIS+PIER	1.530,00	1.530,00	0	1.530,00
CAPAC_ESTAT	124.000,00	124.000,00	0	124.000,00
CARGA_MOVIMENTA D	12.363.710,0 0	12.363.710,0 0	0	12.363.710,0 0

<b>RECIFE (eficiência:0,055972 )</b>				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
NUM_BERÇOS	16	16	2,557498	13,442502
COMPRIM_CAIS+PIER	2.950,00	2.950,00	0	2.950,00
CAPAC_ESTAT	310.000,00	310.000,00	0	310.000,00
CARGA_MOVIMENTA D	1.410.275,00	25.195.997,4 6	0	25.195.997,4 6

<b>ITAGUAI (eficiência:1,000000 )</b>				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
NUM_BERÇOS	6	6	0	6
COMPRIM_CAIS+PIER	1.670,00	1.670,00	0	1.670,00
CAPAC_ESTAT	2.280.630,00	2.280.630,00	0	2.280.630,00
CARGA_MOVIMENTA D	54.560.535,0 0	54.560.535,0 0	0	54.560.535,0 0

<b>VITORIA (eficiência:1,000000 )</b>				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
NUM_BERÇOS	14	14	0	14
COMPRIM_CAIS+PIER	1.701,40	1.701,40	0	1.701,40
CAPAC_ESTAT	10.800,00	10.800,00	0	10.800,00
CARGA_MOVIMENTA D	3.683.534,00	3.683.534,00	0	3.683.534,00

**APÊNDICE B – PESOS ATRIBUÍDOS AS VARIÁVEIS DE *INPUT* E *OUTPUT***

<b>DMU</b>	<b>Peso NUM_BER ÇOS</b>	<b>Peso COMPRIM_CAIS +PIER</b>	<b>Peso CAPAC_ES TAT</b>	<b>Peso CARGA_MOVIME NTADA</b>
SANTOS	0	0,54023894	2,0336599	1
RIO_DE_JAN EIRO	0	0	387,44217	33,826397
PARANAGUA	0	2,3431511	1,3548767	2,1076433
ITAJAI	12.374,95	0	6.234,73	9.182,22
RIO_GRAND E	5,7562842	0	2,9001225	4,2711657
SALVADOR	0	128,05664	74,046	115,1858
S_FRANC_S UL	7,4027248	0	3,7296297	5,4928255
RECIFE	0	53,535762	30,955903	48,154936
ITAGUAI	0	1,3837868	0,80014495	1,2447037
VITORIA	0	0	211,16944	18,436562

## ANEXO I – TEMPOS MÉDIOS DE OPERAÇÃO PORTUÁRIA EM 2015

Portos	Quantidade de Atracações (u)	Tempo Médio de Estadia (h)	Tempo Médio Atracado (h)	Tempo Médio de Espera p/ Atracação (h)	Tempo Médio de Espera p/ Início de Operação (h)	Tempo Médio de Operação (h)	Tempo Médio de Desatracação (h)	Tempo total (h)
Paranaguá	1135	473,2	66,8	401,3	1,9	57,9	2	1003,1
Recife	257	213,9	208,2	7,9	20,3	174,8	0,8	625,9
São Francisco do Sul	456	203,8	53,9	134,5	0	57,6	0	449,8
Itaguaí	433	174,3	59,2	113,2	1,9	49,6	3,9	402,1
Itajaí	8	171,9	37,1	133,5	9,7	13,9	13,6	379,7
Rio Grande	1745	167,2	29,4	130,4	4,6	22,5	2,9	357
Salvador	109	108,1	93	15,8	11,4	74,1	6,3	308,7
Santos	2820	137,4	30,6	92	1,9	29,8	2,4	294,1
Rio de Janeiro	412	99,5	53,7	45,2	4,5	34,7	6,1	243,7
Vitória	1002	50	35,7	12,7	3,2	26,8	3,4	131,8

**ANEXO II – PRANCHA MÉDIA EM 2015**

<b>Portos</b>	<b>Total Peso Carga Bruta (t)</b>	<b>Tempo Total de Operação (h)</b>	<b>Prancha Média (t/hora)</b>
Itaguaí	54.560.535	24.009	2.273
Santos	67.911.701	330.002	206
Paranaguá	32.221.629	232.394	139
Rio Grande	15.900.038	119.964	133
São Francisco do Sul	12.363.709	110.630	112
Itajaí	7.395	111	67
Rio de Janeiro	2.007.653	40.137	50
Salvador	589.583	13.309	44
Vitória	3.683.534	145.081	25
Recife	1.410.274	80.556	18