

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA**

GABRIEL CAMPOS PIRES

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE TERMINAIS DE CONTÊINERES USANDO O
MÉTODO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)**

Joinville

2016

GABRIEL CAMPOS PIRES

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE TERMINAIS DE CONTÊNERES USANDO O
MÉTODO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Orientadora: Dra. Eng. Vanina Macowski Durski Silva

Joinville
2016

Gabriel Campos Pires

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE TERMINAIS DE CONTÊINERES USANDO O
MÉTODO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Graduado e aprovado em sua forma final pelo curso de Engenharia de Transportes e Logística.

Joinville, 15 de dezembro de 2014.

Banca examinadora:

Dra. Eng. Vanina Macowski Durski Silva
Universidade Federal de Santa Catarina

Dra. Eng. Silvia L. de Sena Taglialenha
Universidade Federal de Santa Catarina

Gustavo Costa
Aliança Transporte Multimodal - ATM

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, meus pais Gabriel e Bernadete, meus irmãos Lucas e Simone, que são a base da minha formação. Pelo apoio incondicional, educação e amor que me proporcionaram e continuarão proporcionando, sem eles nada disso seria possível.

A minha orientadora, Vanina, pelo acompanhamento, orientação, suporte e incentivo durante todo o processo de elaboração deste trabalho.

Ao Marcelo Schlichting do Porto de Imbituba pela oportunidade a mim oferecida, a qual abriu as portas ao mercado portuário, por acreditar e ajudar também em minha pesquisa de iniciação científica.

Ao Gustavo Costa, por toda a orientação, amizade e conhecimento compartilhado, os quais tiveram papel fundamental nesse trabalho de conclusão de curso.

Aos meus amigos Sedentários, os quais nos unimos para formar nossa família longe de casa nos apoiando nesses anos decisivos de nossas vidas. Juntos desde 2010/1 até o infinito.

A minha namorada Nara, que sempre esteve presente para me acalmar e ser meu porto seguro nos momentos conturbados desse processo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa e aquisição do software utilizado no presente trabalho.

Por fim agradeço a banca avaliadora, Prof. Vanina Macowski Durski Silva, Prof. Silvia L. de Sena Taglialha e Eng. Gustavo Costa pelo interesse e disponibilidade de fazerem parte desta avaliação.

Você atrai o que transmite

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo da eficiência relativa de determinados terminais de contêineres utilizando-se do método da análise envoltória de dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA). No decorrer do trabalho é apresentada uma contextualização do transporte aquaviário brasileiro e mundial, juntamente com as justificativas para a elaboração deste trabalho. Na sequência, apresenta-se um panorama da eficiência de terminais nacionais e internacionais.

Nas próximas seções, é apresentado o modelo matemático baseado em programação linear utilizado juntamente com os terminais escolhidos para o estudo, bem como as variáveis definidas (*inputs* e *outputs*). Prosseguindo, apresenta-se a eficiência relativa obtida em cada terminal em análise e, a partir do *benchmarking*, uma comparação entre os terminais é realizada, propondo-se mudanças com o objetivo de otimizar as operações portuárias, aumentando assim a eficiência relativa.

Palavras-chaves: Eficiência de Terminais de Contêineres. Análise Envoltória de Dados. Benchmarking. DEA. Terminais de Contêineres.

ABSTRACT

This paper presents the study of the relative efficiency of certain container terminals using the data envelopment analysis (DEA) method. During the work it is given a contextualization of the Brazilian and global water transport along with the justifications for the preparation of this work. Following, it is presented an overview of national and international container terminal efficiency.

In the next sections, the mathematical model based on linear programming used with the terminals chosen for the study is presented, along with the defined variables (inputs and outputs). Continuing, it shows the relative efficiency obtained in each terminal for analysis and after a benchmarking analysis a comparison between terminals is performed, proposing changes to optimize the port operations, thereby increasing the relative efficiency.

Key-words: Container Terminals Efficiency. Data Envelopment Analysis. Benchmarking. DEA. Container Terminals.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo dos terminais por porto por estado.....	16
Tabela 2 – Distribuição da movimentação de carga da região sul por estado	27
Tabela 3 – Representatividade nacional dos terminais do sul brasileiro em..... contêineres movimentados.....	28
Tabela 4 – Palavras-chave e quantidade de trabalhos encontrados.....	29
Tabela 5 – Variáveis mais utilizadas nos trabalhos acadêmicos sobre eficiência..... portuária	30
Tabela 6 – Dados para exemplo da formulação.....	33
Tabela 7 – Dados de entrada e saída para o estudo	42
Tabela 8 – Terminais portuários para análise do cenário <i>i</i>	43
Tabela 9 – Terminais portuários para análise do cenário <i>ii</i>	44
Tabela 10 – Terminais estudados no cenário <i>iii</i>	45
Tabela 11 – Síntese dos valores obtidos no cenário <i>i</i>	46
Tabela 12 – Potenciais reduções de estrutura	47
Tabela 13 – Potenciais aumentos na movimentação de TEU's	48
Tabela 14 – Correlação entre <i>inputs</i> e <i>output</i>	49
Tabela 15 - Síntese dos valores obtidos para o cenário <i>ii</i>	50
Tabela 16 – Potenciais aumentos na movimentação de TEU's	51
Tabela 17 - Síntese dos valores obtidos para o cenário <i>iii</i>	53
Tabela 18 – Resultados do cenário <i>iii</i> para a segunda análise	54
Tabela 19 – Potenciais aumentos na movimentação de TEU's	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Índice de qualidade da infraestrutura portuária.....	15
Figura 2 – Passos da pesquisa	19
Figura 3 – Terminal de Contêiner Wilhelmshaven.....	20
Figura 4 – Guindaste tipo portêiner, APM Terminals Algeciras	29
Figura 5 – Guindaste tipo grua, APM Pecém	30
Figura 6 - Fronteira de produção do modelo CCR	35
Figura 7 - Fronteira de produção do modelo BCC.....	36
Figura 8 – Participação dos terminais portuários estudados por região	44
Figura 9 – Janela de frequência de comparação	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo dos Estudos no Setor Portuário	39
Quadro 2 – Infraestrutura dos terminais portuários do cenário <i>i</i>	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
BCC	Banker, Charnes e Cooper
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
BTP	Brasil Terminais Portuários
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior
CCR	Charnes, Cooper e Rhodes
CGSA	Contecon Guayaquil S.A.
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i> Análise Envoltória de Dados
DMU'S	<i>Decision Making Units</i> Unidades Tomadores de Decisão
GCR	<i>Global Competitiveness Report</i>
KFTL	<i>Kingston Freeport Terminal Limited</i>
PPC	<i>Panama Ports Company</i>
TCP	Terminal de Contêineres de Paranaguá
TECON	Terminal de Contêineres
TEU's	<i>Twenty Foot Equivalent Units</i> Unidades equivalentes a vinte pés
TUP's	Terminais de Uso Privado
TVV	Terminal de Vila Velha
VRS	<i>Variable Return Scale</i> Retorno constante de escala

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Contextualização	14
1.2. Objetivos	17
1.2.1. Objetivo Geral	17
1.2.2. Objetivos Específicos	17
1.3. Método de Pesquisa.....	17
1.4. Justificativas.....	19
1.4.1. Justificativa econômica e operacional	19
1.4.2. Justificativa Acadêmica	21
1.5 Estrutura do trabalho	23
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1. Definição de eficiência.....	24
2.2. Eficiência dos principais portos brasileiros	25
2.3. Portos região sul	27
2.4. Variáveis para análise da eficiência portuária	28
3. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS – DEA.....	31
3.1. Modelos.....	34
3.1.1. Modelo CCR.....	34
3.1.2. Modelo BCC	36
3.2. O método DEA no setor portuário	37
4. ESTUDO DE CASO	40
4.1. Definição dos cenários a serem analisados	40
4.2. Definição das variáveis selecionadas	41
4.3. Terminais de contêineres selecionados para o estudo	42
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	46
5.1. Resultados do cenário <i>i</i>.....	46
5.2. Resultados do cenário <i>ii</i>.....	50
5.2. Resultados do cenário <i>iii</i>.....	52

6. CONCLUSÕES.....	56
REFERÊNCIAS.....	58
APÊNDICE A – INFRAESTRUTURA DOS TERMINAIS PORTUÁRIOS DO.....	
CENÁRIO II.....	62
APÊNDICE B – INFRAESTRUTURA DOS TERMINAIS PORTUÁRIOS DO.....	
CENÁRIO III.....	63

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

O início da globalização ocorreu com a expansão marítima europeia (PENA, 2016). Sua importância tem aumentado cada vez mais, sendo que em 2013 o transporte aquaviário foi responsável pela movimentação de 9,2 bilhões de toneladas de cargas transportadas mundialmente. O modal é protagonista do comércio e da economia global, transportando cerca de 80% do comércio mundial em volume e mais de 70% do comércio global em valor (UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT – UNCTAD, 2013).

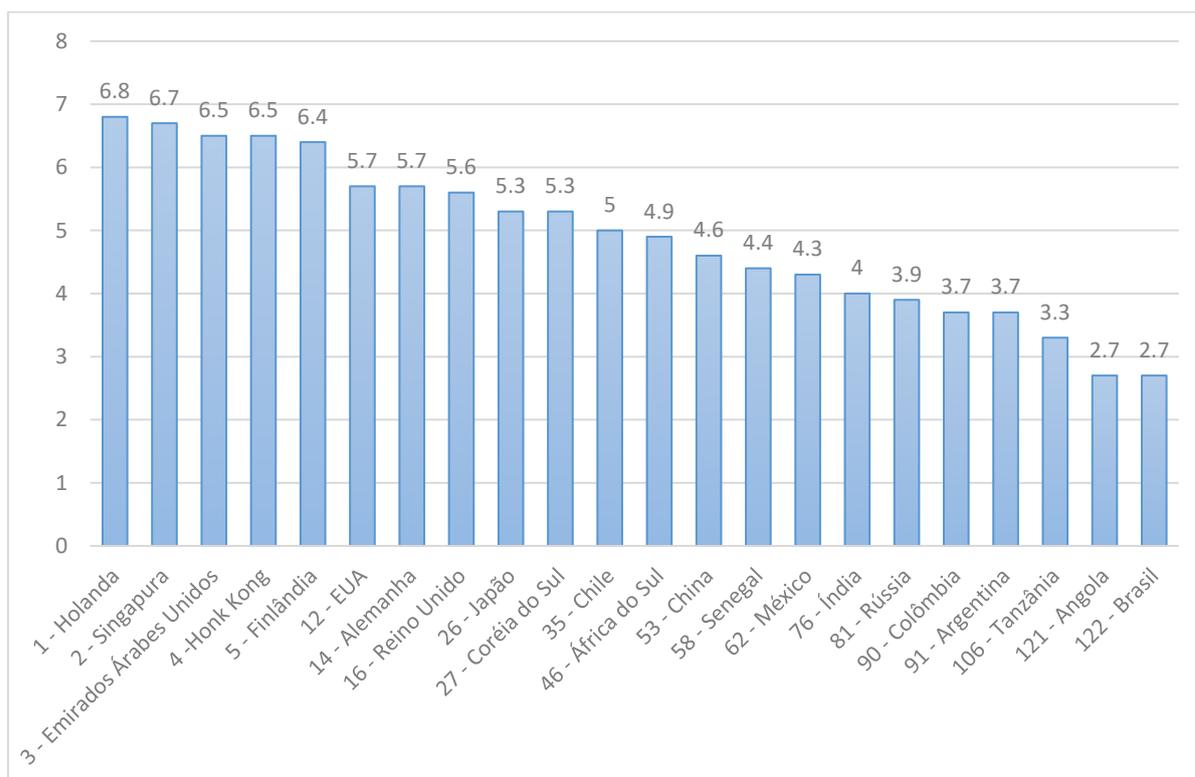
No Brasil, a importância do modal em relação ao transporte de cargas é equivalente à importância mundial. O modal marítimo apresenta-se como o principal meio de escoamento da produção nacional para os diferentes parceiros econômicos do Brasil e também como um modal fundamental de transporte em território nacional. Esse transporte em território nacional denomina-se cabotagem, que funciona como efetivo substituto ao já saturado transporte rodoviário e ao precário modal ferroviário. Segundo dados elaborados pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) o modal marítimo foi responsável no ano de 2014 por 98% das exportações em toneladas e 84% das exportações nacionais em valor (dólares) (ANTAQ, 2014).

O transporte aquaviário brasileiro ainda sofre com baixa eficiência relacionada principalmente à infraestrutura e à movimentação de cargas, agravado se a eficiência do sistema nacional for comparada a sistemas internacionais. É possível visualizar essa lacuna entre os portos brasileiros e estrangeiros através do índice de qualidade da infraestrutura do Global Competitiveness Report (GCR). A Figura 1 apresenta resultados de países selecionados para o ano de 2014 e representa o desanimador quadro atual da estrutura portuária brasileira.

O número anterior a cada país indica a posição do mesmo no *ranking*, que envolve 144 países, e os números acima de cada barra referem-se às notas de cada país. O Brasil posiciona-se atrás de todos os países fundadores do grupo político de

cooperação formado entre Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul (BRICS), de alguns países latino americanos, como Chile, Colômbia, Argentina e México e também de alguns países africanos como Senegal, Tanzânia e Angola. Em relação à pesquisa anterior, na qual o país havia obtido a posição 131 de 148 países pesquisados, houve uma pequena melhora de posições, porém a nota obtida foi a mesma que a nota atual.

Figura 1 - Índice de qualidade da infraestrutura portuária



Fonte: World Economic Forum (2014).

Diante desse cenário evidencia-se a necessidade da utilização de alguma metodologia que além de calcular a eficiência portuária também possa fornecer resultados acerca de melhorias a serem realizadas.

A metodologia a ser empregada neste trabalho para o cálculo da eficiência dos terminais de contêineres será a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis*, DEA), brevemente resumida como um método baseado em programação linear, cujo objetivo é medir a eficiência de unidades de decisão, fornecendo dados quantitativos sobre possíveis direções a serem tomadas para a melhoria dessas unidades, quando se encontram ineficientes.

Este trabalho visa comparar, com uma visão mais específica, os diferentes terminais de contêineres e não os portos propriamente ditos. Pois dentro de um porto organizado, que segundo a Lei 8.630/93, é toda a área compreendida pelas instalações portuárias, é possível ter mais de um terminal, seja ele um terminal de uso público, terminal portuário ou até mesmo um terminal de uso privado, seja ele dentro ou fora da área do porto organizado.

Segue na Tabela 1 o resumo dos terminais que movimentaram mais de 100.000 TEU's em 2015 com seus respectivos portos. Como pode-se visualizar, somente o porto de Santos conta com 5 terminais.

A escolha por determinado terminal por parte do usuário para a movimentação de carga, tem influência direta pela falta de opções concorrentes. Por exemplo, para movimentar um contêiner no porto de Rio Grande (RS), a única escolha é através do TECON Rio Grande, não havendo disputa entre terminais, o que pode ser considerado um monopólio, acarretando em custos mais elevados do que a média nacional dos terminais de contêineres. Já em Santa Catarina esse problema não existe, pois devido a pequena distância entre terminais a concorrência é alta e os mesmos precisam a todo o momento reduzirem os custos bem como oferecer serviços diversificados para se diferenciar no mercado, o que é bom para o usuário.

Tabela 1 – Resumo dos terminais por porto por estado

Estado	Porto	Terminais
RS	Rio Grande	TECON Rio Grande
SC	Itajaí	APM Terminals
	Navegantes	Portonave
	Itapoá	Porto Itapoá
PR	Paranaguá	TCP
SP	Santos	BTP
		Libra
		TECON Santos
		Ecoporto
		Emraport
RJ	Rio de Janeiro	Libra Multirio
	Itaguaí	Sepetiba TECON
ES	Vitória	TVV
AM	Chibatão	Porto Chibatão
CE	Pecém	APM Terminals
BA	Salvador	TECON Salvador
PE	Suape	TECON Suape

Fonte: Autor, 2016.

Sendo assim, o presente trabalho visa selecionar as principais variáveis a serem consideradas na eficiência de um terminal de contêineres, comparar essas

variáveis entre os diferentes terminais a serem estudados, empregar o método DEA para o cálculo da eficiência e, com os resultados obtidos, confrontar os diferentes valores encontrados, portanto, tratando-se, de uma pesquisa experimental.

1.2. Objetivos

Neste tópico apresentam-se os objetivos geral e específico que este trabalho pretende alcançar.

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar com uso do método DEA a eficiência relativa de terminais de contêineres, no intuito de auxiliar no planejamento e tomada de decisão relacionadas à gestão portuária.

1.2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Realizar pesquisa bibliográfica de trabalhos acadêmicos científicos relacionados à temática deste trabalho;
- ✓ Identificar as principais variáveis a serem consideradas na modelagem da eficiência portuária;
- ✓ Contatar autoridades portuárias no intuito de realizar parcerias e obter os dados necessários para a inserção no modelo a ser desenvolvido;
- ✓ Desenvolver a modelagem matemática e resolver o modelo utilizando o software Frontier Analyst Application®, para obter as eficiências relativas dos portos analisados;
- ✓ Analisar o resultado da eficiência relativa dos portos em estudo no intuito de propor melhorias para otimizar as operações portuárias.

1.3. Método de Pesquisa

O método da análise envoltória de dados é bem difundido em empresas de energia, bancos, entre outras aplicações. No setor portuário, o tema não é

frequentemente utilizado, demonstrando grande oportunidade de aplicabilidade, justificando a escolha do tema para o trabalho de conclusão do curso.

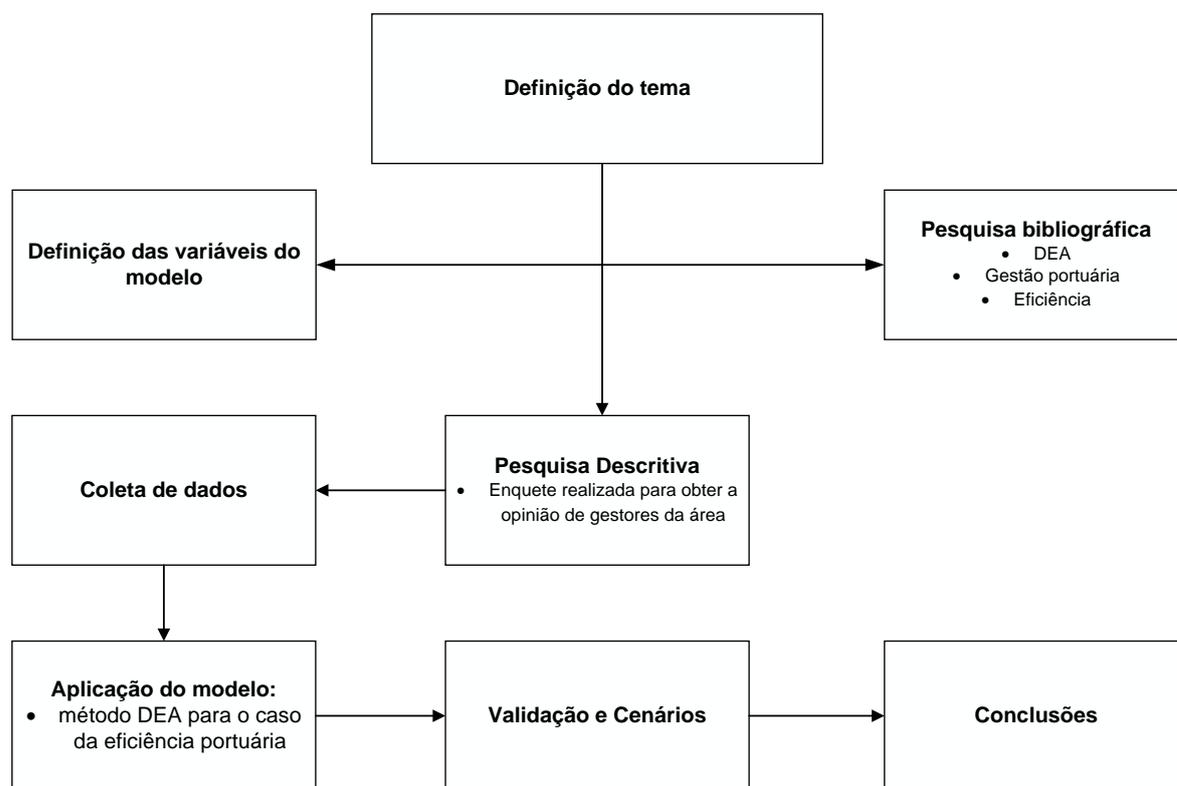
Como mostrando na Figura 2, o primeiro passo para o desenvolvimento deste trabalho foi a definição do tema, seguido das etapas subsequentes para o desenvolvimento deste trabalho, os quais consistem na pesquisa bibliográfica e pesquisa descritiva. A primeira pesquisa foi realizada a partir da leitura de artigos científicos, jornais e revistas a respeito do tema e da aplicação do DEA no setor portuário. Na segunda, foi utilizada uma abordagem diferente, onde foi realizada uma enquete junto a profissionais atuantes na gestão portuária, sobre quais as variáveis mais significantes para a maior eficiência na operação portuária, possibilitando mesclar a ideia técnica com a prática.

A terceira etapa refere-se à definição das variáveis selecionadas, decorrente da varredura do material bibliográfico, onde foram selecionadas as variáveis mais frequentemente utilizadas. De posse dessas variáveis e mesclando com as principais variáveis apontadas pelos profissionais respondentes da enquete, foi selecionado assim um conjunto de variáveis de entradas e saídas para serem utilizadas no desenvolvimento deste trabalho. Em seguida, buscou-se definir parcerias com alguns portos a serem estudados, coletando-se os dados necessários para a aplicação do método DEA, a fim de se realizar a análise da eficiência portuária.

Na etapa de modelagem, foram analisados os possíveis modelos a serem analisados no estudo, juntamente com artigos científicos desenvolvidos para a análise da eficiência no setor portuário. Para melhor entendimento, foi discriminado e analisado separadamente cada equação e cada variável utilizadas no trabalho em questão e o que significam neste estudo. Foram selecionados os portos para os diferentes cenários, diferenciando a justificativa da escolha de um método para outro.

Na sequência, nas etapas de validação e conclusões, foram inseridos no software os dados coletados, gerando-se três cenários diferentes, analisando a eficiência dos terminais portuários a partir de diferentes perspectivas. O próprio software utilizado para a análise, realiza o benchmarking comparando os portos mais eficientes com os menos e a partir dos valores da eficiência relativa, foi possível indicar possíveis melhorias operacionais com o objetivo de otimizar as mesmas.

Figura 2 – Passos da pesquisa



Fonte: Autor, 2016.

1.4. Justificativas

Neste tópico apresentam-se as justificativas para realização deste trabalho a partir da justificativa econômica, operacional e acadêmica.

1.4.1. Justificativa econômica e operacional

Diante de um mercado altamente competitivo, onde o principal fator da escolha por um serviço/produto por parte do usuário se dá por conta do custo total da aquisição e assim, qualquer redução no custo se torna um diferencial de mercado. Segundo Rios (2015), para um país como o Brasil, com um litoral extenso e uma das maiores economias do mundo, qualquer assunto ligado ao transporte marítimo adquire importância automática.

Alguns portos brasileiros sofrem com a falta de tecnologia operacional, aumentando o tempo de carga e descarga dos navios. Esse atraso acaba gerando

multas aos armadores pelo fato de não entregarem os produtos no prazo, que conseqüentemente é revertido no aumento do preço do produto. A atividade portuária é uma ferramenta importante para o desenvolvimento da economia, pois é ela que permite a entrada e saída do mercado exterior e, analisando o relatório da *World Economic Forum* (2014) a qualidade da infraestrutura portuária brasileira ocupa a centésima vigésima segunda colocação de 144 países analisados, ficando atrás de todos os países desenvolvidos, dos países do BRICS e também de países da América Latina.

Analisando os portos em uma visão macro, os mesmos sofrem com baixa eficiência devido à falta de infraestrutura, acessos rodoferroviários, entre outros problemas. Porém quando analisamos um terminal de contêiner (exemplificado na Figura 3) como um subsistema desse sistema maior, a produtividade e a eficiência pode ser comparada a terminais a nível mundial.

Figura 3 – Terminal de Contêiner Wilhelmshaven



Fonte: fotografia por Eurogate

Segundo o estudo da Sintermar em 2005, a produtividade dos terminais nacionais era de 35 movimentos por portêiner, valor comparável aos terminais estrangeiros, demonstrando que embora o sistema portuário brasileiro sofra com a

baixa eficiência, os terminais de contêineres após a privatização dos portos seguiram melhores caminhos, se tornando reféns de um sistema portuário defasado.

Como prova disso, segundo indicadores de performance do porto de Itapoá em 2015, o terminal alcançou a marca de 145,7 movimentos por hora ou melhor dizendo, 37 movimentos por equipamento. Com essa produtividade, Itapoá passou a ser um dos terminais mais eficientes do país e entre os dez mais ágeis do mundo, à frente até mesmo de portos reconhecidos a nível internacional, como Cingapura, Hong Kong, Roterdã e Hamburgo.

Com a aplicação do método DEA, o gestor tem a disponibilidade de mensurar a eficiência operacional de suas atividades portuárias e a partir de um processo chamado de benchmarking, compará-la a outros portos, sendo possível identificar quais áreas são mais deficientes e buscar a melhoria na utilização dos *inputs*, bem como nos custos operacionais. Para Barboza (2014), a ineficiência da infraestrutura logística brasileira encarece os produtos, tornando o país menos competitivo no cenário internacional, levando à conclusão que melhorias na operação tornam os portos mais eficientes e conseqüentemente os produtos nacionais mais competitivos no mercado externo.

1.4.2. Justificativa Acadêmica

O método DEA aplicado ao setor portuário já foi aplicado em diversos estudos pelo mundo, como no caso de Tongzon (2001), Valentine e Gray (2001) e Culliname *et al.* (2004), onde avaliaram portos mundiais utilizando o modelo CCR (Constant Return to Scale) com o objetivo de avaliar o desempenho no decorrer dos anos e também otimizar os terminais. No estudo de Tongzon (2001), mostrou-se que dentro de 16 portos selecionados, os portos de Melbourne, Rotterdam, Yokohama e Osaka foram os que obtiveram menores eficiências devido principalmente à falta de berços de atracação e da área do terminal.

No estudo de Valentine e Gray (2001), foram analisados 21 portos no mundo com dois dados de entradas (*inputs*): o ativo em dólares e a extensão do berço, e dois de saída (*outputs*): quantidade de contêineres movimentados e lucro bruto. Concluiu-se então a necessidade de adicionar mais variáveis para a análise. Entretanto os resultados mostraram que a capacidade do método DEA de manipular com múltiplas

variáveis permite uma análise significativa a ser realizada, demonstrando a importância de se estudar esse método.

Nas Américas, essa tecnologia foi também aplicada, como nos estudos de: Turner *et al.* (2004), Rios (2005) e Wanke (2016), onde foi utilizado tanto o BCC (Banker, Charnes e Cooper) quanto o CCR, cujas variáveis utilizadas foram: profundidade, número de berços, profundidade do canal, profundidade da bacia de evolução, área do terminal e comprimento do cais. A maioria dessas é utilizada no presente trabalho. Nesse último estudo os portos em questão foram os brasileiros. De acordo com Rios (2015), embora no Brasil existem alguns trabalhos nessa área de pesquisa, para os portos brasileiros ainda não houve uma exploração em sua integralidade pelo método DEA, e esse trabalho pretende avançar nesse assunto.

Uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2006), discute e conclui que apesar do desenvolvimento tecnológico e o uso de ferramentas para aumentar a eficiência, a infraestrutura portuária nacional continua sendo ainda um dos principais gargalos do transporte no Brasil.

Pela grande importância científica para a academia brasileira, o desenvolvimento deste estudo permite a oportunidade em aprender diferentes aspectos da gestão portuária, onde é possível relacionar-se com profissionais da área, permitindo aplicar os conhecimentos teóricos aprendidos em sala de aula à prática. No levantamento bibliográfico realizado na base de dados do portal periódicos CAPES, encontraram-se 2.549 trabalhos sobre DEA no setor portuário, sendo que deste, apenas 25 (aproximadamente 1%) tratavam sobre os portos brasileiros. Tal fato leva à conclusão da carência de estudos sobre essa temática no Brasil, demonstrando ainda mais a importância da escolha do tema para a elaboração deste trabalho de conclusão de curso, inserindo e perpetuando academicamente esse tema cada vez mais a nível nacional.

O método escolhido para estudar os portos em questão se deu ao fato de ser considerado não-paramétrico, onde os dados de entrada e saída não precisam ter relação entre si, facilitando a aplicabilidade. Tal método é uma ferramenta da área de Pesquisa Operacional o qual possui um conjunto de possibilidades de análises de dados, como: identificar possíveis DMU's (*Decision Making Units*) ineficientes, aplicar o *benchmarking*, a possibilidade de usar inúmeros *inputs* e *outputs* diferentes de outros métodos mais restritos que calculam eficiência da formulação tradicional (razão entre dado de saída pelo dado de entrada).

1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho está organizado em seis seções, incluindo esta introdutória. A seção dois contém o referencial teórico envolvendo a definição dos conceitos de desempenho e eficiência, além de apresentar um panorama da eficiência dos portos brasileiros, separados pela região sul e também em âmbito internacional. A seção três apresenta o método da Análise Envoltória de Dados, descrevendo suas equações, discriminando o papel da variável e também apresentando os principais modelos comumente utilizados bem como suas diferenças.

Na seção quatro é apresentado o estudo de caso proposto neste trabalho, incluindo a determinação das variáveis adotadas para a mensuração da eficiência dos portos escolhidos para este estudo, além da modelagem do problema. É válido citar que para a análise do problema em questão foi adquirido o *software* Frontier Analyst Application, através do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo Projeto Universal 14/2014 aprovado pelo Processo de nº: 441515/2014-2. Parte deste trabalho foi realizado durante a realização de iniciação científica voluntária realizada pelo autor deste trabalho, onde realizou-se a enquete para os gestores da área portuária, definindo as possíveis variáveis para inserção no modelo e, também, coletando dados utilizados na seção 4 deste trabalho.

Na seção cinco é realizada uma análise dos resultados, comparando os valores obtidos através do benchmarking, propondo soluções para melhorar a eficiência relativa dos portos e terminais. Por fim, na seção seis apresentam-se as conclusões obtidas pelo método desenvolvido e as referências utilizadas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta o referencial teórico relativo a conceitos de eficiência, eficiência portuária bem como um panorama da eficiência portuária.

2.1. Definição de eficiência

Segundo Reinaldo (2003), a análise da eficiência das organizações é um tema que sempre despertou o interesse de pesquisadores, principalmente devido às dificuldades encontradas para medi-las. Estas análises são imprescindíveis no sentido de identificar os fatores negativos e os problemas existentes nas organizações, visando extingui-los ou, pelo menos, amenizá-los. Desse modo, procura-se obter uma eficiência ideal, otimizando-se insumos e produtos utilizados nos processos.

Eficiência pode ser definida como sendo o quanto aquilo que foi medido se aproxima do valor esperado ou quantidade de referência (PEARSON, 1993). Segundo Rios e Maçada (2006), a eficiência é a comparação entre o que foi alcançado (*outputs*) e o máximo valor que poderia ser alcançado a partir de recursos utilizados (*inputs*). Conforme Clark *et al.* (2002), a eficiência portuária é um importante fator para os custos de transporte. Os autores afirmam ainda que se a eficiência de um porto é aumentada de 25 para 75 por cento, os custos de transporte podem ser reduzidos em até 12 por cento. Os autores concluem que portos ineficientes encarecem o transporte pelo excesso de manuseio das cargas.

Merk e Dang (2012) sugerem que a eficiência portuária é um importante indicador da performance de um porto e concluem que quanto mais eficiente for o porto, menores serão os custos envolvidos e maior será a facilidade de importação e exportação de determinado país.

Rios (2005) cita que:

“Para Pearson (1993), a eficiência técnica mede a proximidade entre a quantidade de produto produzida por uma empresa e a quantidade máxima de produtos que aquela empresa poderia gerar, dado o nível

de insumos que pratica, ou usando a mínima quantidade de insumos suficiente para produzir determinado nível de produto. “

Essa definição pode ser relacionada para o presente trabalho levando em conta que o cálculo da eficiência relativa dos portos, podem ser obtidos com orientação aos *inputs*, minimizando os *inputs* mantendo os *outputs* constantes ou, orientado aos *outputs*, maximizando os *outputs* mantendo os *inputs* constantes.

Top Trading (2013), ao analisar a movimentação de carga medida em Twenty-foot Equivalent Unit (TEU)¹, considera Xangai, Cingapura, Shenzhen, Hong Kong, Busan, Ningbo, Qingdao, Guangzhou, Dubai e Tianjin os dez portos mais importantes do mundo, enquanto destaca que a extraordinária ascensão econômica chinesa, com sete dos dez principais portos, e conseqüentemente seu protagonismo no comércio mundial fez com que os portos às margens do Pacífico finalmente ultrapassassem os terminais à beira do Atlântico nas transações de exportação/importação.

Merk e Dang (2012) calculam a eficiência global de portos nos segmentos de contêineres e granéis usando alguns métodos, dentre eles o DEA. Os valores da eficiência global para alguns dos dez principais portos² propostos por Oliveira (2003) podem variar de 0 até 1, sendo 0 um terminal ineficiente e 1 um eficiente. Nesta avaliação, alguns terminais de contêineres assumem os seguintes valores: Hong Kong e Guangzhou entre 0,700 e 0,800; Xangai e Shenzhen, entre 0,600 e 0,700; Busan, entre 0,500 e 0,600. Para terminais especializados em petróleo os valores são: Qingdao, entre 0,500 e 0,600; Hong Kong e Ningbo, entre 0,400 e 0,500.

A partir do conceito de eficiência e da análise inicial da eficiência relativa dos portos internacionais, este trabalho voltar-se-á para o estudo da eficiência operacional dos terminais de contêineres nacionais e internacionais que mais movimentaram TEU's em 2015.

2.2. Eficiência dos principais portos brasileiros

Os dez principais portos brasileiros no comércio exterior (avaliados no ano 2012) em valor movimentado (em US\$ bilhões) foram: Santos (63,8), Vitória (23,9), Itaguaí (23,4), Paranaguá (18,5), São Luís (13,9), Rio Grande (12,3), Rio de Janeiro

¹ Medida no sistema internacional utilizada para calcular o volume de um contêiner - unidade equivalente a 20 pés

² Xangai, Ningbo, Singapura, Hong Kong, Roterdã, Antuérpia, Hamburgo, Le Havre, Los Angeles e Nova York

(8,8), Itajaí (7,9), Macaé (6,8) e São Francisco do Sul (5,2). Mesmo sendo os maiores portos brasileiros, esses terminais ainda sofrem com problemas de acesso, falta de pátios para caminhões, profundidade inadequada e necessidade de mais berços de atracação. Como exemplo, caminhoneiros que pretendem descarregar no maior porto brasileiro, Santos, chegam a ficar 24 horas parados na estrada por falta de pátios para estacionamento (acesso a terminais é o maior problema nos 10 principais portos brasileiros – G1, 2013).

Vendramini (2012) avalia os 12 melhores portos públicos quanto à possibilidade de expansão, quantidade de linhas férreas que acessam o porto, produtividade da infraestrutura portuária, quantidade de faixas de acesso rodoviário ao porto, dentre outros. As notas, dentro de uma escala de 1 a 10 sendo 1 a nota mínima e 10 a nota máxima, para os cinco melhores portos são: Santos, 7,61; Itaguaí, 5,68; Paranaguá, 4,18; Itajaí, 3,89 e Vitória, 3,73.

Merk e Dang (2012) calculam a eficiência global de alguns portos, em diferentes categorias (contêineres, carvão, graneis, etc.). Dentre os portos, alguns são brasileiros. Utilizando o método DEA, Santos obtém uma eficiência de quase 0,500 para os terminais de contêineres analisados pelos autores e ocupa uma posição intermediária. Itaguaí obtém uma eficiência entre 0,300 e 0,400 para terminais de carvão, distanciando-se bastante do primeiro colocado no quesito na categoria, Hay Port (Austrália) com eficiência de 0,750. No transporte de minério de ferro é onde os portos brasileiros apresentam as melhores eficiências globais. Dos cinco portos com os maiores valores de eficiência, três são brasileiros: Ponta da Madeira (2º, entre 0,700 e 0,800), Itaguaí (3º, entre 0,700 e 0,800) e Tubarão (5º, entre 0,500 e 0,600), grandes portos movimentadores de graneis.

No trabalho de Merk e Dang (2012) as variáveis que tiveram maiores influências nos portos/terminais eficientes foram: a extensão do berço e profundidade. Isso se dá ao fato desses serem os dois principais fatores que permitem a atracação de maiores embarcações, resultando em maiores quantidades de carga movimentadas. Assim, pode-se dizer que a eficiência portuária e o porte do porto possuem grande correlação.

Após realizar uma varredura e compreensão dos portos brasileiros no geral, é possível analisarmos os portos da região sul, comparando a importância e dimensão a nível nacional.

2.3. Portos região sul

A região sul do Brasil conta com 11 portos, sendo 7 públicos e 4 privados e no ano de 2015 foram movimentadas 143.664,042 toneladas de cargas, o que representa 14,36% da movimentação total brasileira (ANTAQ, 2015). Essa quantidade de carga movimentada, foi distribuída em 31,40% para o estado do Paraná, 30,52% para Santa Catarina e 38,08% para Rio Grande do Sul. Como é sintetizado na Tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição da movimentação de carga da região sul por estado

	TONELADAS	%	TEU's	%
TOTAL BRASIL	1.000,056,923	100%	9.207,994	100%
TOTAL SUL	143.664,042	14,36%	3.151,695	34,23%
TOTAL SC	43.834,733	30,52%	782.346	24,82%
TOTAL PR	45.104,081	31,40%	1.642,564	52,12%
TOTAL RS	54.705,228	38,08%	726.785	23,06%

Fonte: Adaptado de ANTAQ (2015).

Dentre os três principais portos da região em movimentação em toneladas (granéis sólidos, líquidos e contêineres), a divisão é igualitária, sendo um porto para cada estado. O maior movimentador, Porto Público de Paranaguá, o segundo maior, Porto Público de São Francisco do Sul e o terceiro, Porto Público de Rio Grande, que estão localizados no estado do Paraná, Santa Catarina e no Rio Grande do Sul, respectivamente.

Dentre os 10 maiores movimentadores de contêineres do Brasil, a região sul conta com 4 terminais, sendo 3 desses entre os 5 primeiros, mostrado na Tabela 3, representando uma importância significativa na movimentação desse tipo de carga no território nacional. Paranaguá foi o que mais movimentou, 8.858.782 de toneladas (782.346 TEU's). Só a região Sul, contribuiu com 34,23% de toda a movimentação brasileira de contêineres, demonstrando a importância da escolha dessa região para o estudo de caso a ser analisado neste trabalho.

Tabela 3 – Representatividade nacional dos terminais do sul brasileiro em contêineres movimentados

	Terminais
Entre os 5 primeiros	TCP
	TECON Rio Grande Portonave
Entre os 10 primeiros	TCP
	TECON Rio Grande Portonave
	Porto de Itapoá
Entre os 20 primeiros	TCP
	TECON Rio Grande Portonave
	Porto de Itapoá APM Itajaí
	TECON São Francisco do Sul
	TECON Imbituba

Fonte: Autor (2016).

2.4. Variáveis para análise da eficiência portuária

No intuito de sintetizar alguns trabalhos acadêmicos relacionados à análise da eficiência portuária para identificação das principais variáveis consideradas nos mesmos, realizou-se uma pesquisa inicial no portal periódicos Capes, utilizando-se como palavra-chave o método DEA. A primeira busca não se limitou a ano, tipo de trabalho, idioma nem sobre a área de aplicação do DEA, resultando em 15.576 trabalhos. Devido ao número elevado de trabalhos encontrados, uma nova combinação de palavras-chaves foi adicionada à pesquisa, DEA e porto, restringindo a área de aplicação para o setor portuário, resultando em 2.549 trabalhos científicos, dos quais apenas 2 em idioma português.

A seguir, um novo filtro foi adicionado, trazendo o foco da pesquisa para os portos brasileiros, resultando em 25 trabalhos científicos, que se comparado a todos os trabalhos dos portos ao redor do mundo, representa 0,98%, o que infelizmente é uma taxa reduzida. Com os trabalhos encontrados, foi possível fazer uma varredura bibliográfica e encontrar as principais variáveis de *input* e *output* utilizadas pelos autores, auxiliando na definição das variáveis a serem utilizadas no presente trabalho.

Segue na Tabela 4 o resumo da pesquisa bibliográfica realizada. Primeiramente foi pesquisado sem restrição de idiomas, buscando em todas as línguas juntamente com as palavras chaves utilizadas e a quantidade de trabalhos técnicos encontrados. Paralelamente foi realizado uma busca mais específica, apenas no idioma português com as respectivas quantidades de trabalhos encontrados. Na

segunda busca, não foi utilizado “Brasileiros” como palavra-chave levando em consideração que os trabalhos em português eram sobre os portos nacionais.

Tabela 4 – Palavras-chave e quantidade de trabalhos encontrados

Todos idiomas		Português	
<i>Palavra-chave</i>	<i>Trabalhos (un.)</i>	<i>Palavra-chave</i>	<i>Trabalhos (un.)</i>
DEA	15.576	DEA	253
DEA; Portos	2.549	DEA; Portos	2
DEA; Portos; Brasileiros	25		

Fonte: Autor (2016).

As variáveis mais utilizadas em trabalhos publicados sobre eficiência portuária, são listadas na Tabela 5 em ordem de frequência, da mais utilizada para a menos utilizada. O número de guindastes do tipo portêiner (conforme Figura 4), foi a variável mais utilizada como *input* e movimentação em toneladas a mais utilizada como *output*.

Figura 4 – Guindaste tipo portêiner, APM Terminals Algeciras



Fonte: Jueves (2014).

Outro equipamento utilizado na movimentação de contêineres no cais de atracação é o guindaste tipo grua, apropriado para uso quando existente algumas restrições do cais e quantidade de TEU's movimentados. Na Figura 5 ilustra-se tal equipamento.

Figura 5 – Guindaste tipo grua, APM Pecém



Fonte: foto por Barros (2016).

Tabela 5 – Variáveis mais utilizadas nos trabalhos acadêmicos sobre eficiência portuária

Inputs	Outputs
Número de guindastes	Movimentação em toneladas
Número de berços	Movimentação em TEU's
Número de <i>gates</i>	Movimentação h/navio
Profundidade	Quantidade de navios atendidos
Área do terminal	
Extensão de berços	
Número de rebocadores	
Número de gruas	
Número de funcionários	
Capacidade Estática (TEU)	
Tempo de espera	

Fonte: Autor (2016).

Vista a definição de eficiência e os cenários portuário nacional e internacional, parte-se na sequência para a explicação do método para cálculo da eficiência a ser utilizado neste trabalho.

3. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS – DEA

A análise envoltória de dados – DEA é uma técnica de programação matemática baseada em programação linear desenvolvida inicialmente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) com o objeto de analisar o desempenho, em termos de eficiência relativa, de diferentes unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Units* – DMU's) tendo como base um conjunto de recursos (*inputs*) e produtos (*outputs*).

Pode-se entender melhor considerando um exemplo: com a economia volátil em que vivemos, as empresas têm como principal objetivo maximizar o lucro (*output*) com o mínimo de investimentos possíveis (*input*). Selecionando 10 empresas do setor de energia elétrica brasileira, essas empresas são chamadas de Unidades Tomadoras de Decisões (DMU's), e toma-se como *inputs*: Ativo Circulante e Ativo não Circulante, que são os dois tipos de investimento da empresa, e como *output*: Lucro no mês. O método faz a relação de cada eficiência individual entre todas as eficiências gerais, resultando em uma eficiência relativa para cada empresa analisada. Os resultados geram uma comparação entre empresas, por exemplo: embora a empresa 1 tenha um lucro menor, ela pode ser mais eficiente por ter um investimento menor, entre outros casos.

A avaliação de desempenho tem por objetivo refletir como dado sistema funciona e, para compreender os métodos de análise de desempenho é necessário entender os fatores: produtividade, eficiência e eficácia. Além desses, é importante definir os fatores de escala e a fronteira de produção ligado à eficiência (SOUZA, 2010). Os fatores de escala são as respostas da produção ao aumento da quantidade de recursos (*inputs*), podendo ser divididos em constantes ou variáveis. Os fatores constantes indicam que a quantidade de recursos (*inputs*) aumentará ou diminuirá proporcionalmente à quantidade dos produtos (*outputs*).

A determinação da eficiência das unidades tomadoras de decisões (DMU's), quando apresentam apenas um produto (*output*) ou fator de produção, é obtida através da relação entre as quantidades de produto (*output*)/recurso (*input*). Quando

o processo envolve múltiplos produtos (*outputs*) e recursos (*inputs*), a obtenção da eficiência é mais complexa, e, frequentemente, utiliza métodos de fronteira de produção determinística ou estocástica, que medem a produtividade técnica de processos com múltiplos produtos (*outputs*) e recursos (*inputs*).

Usualmente, o cálculo da eficiência é feito através da razão dos *outputs* pelos *inputs*. No método DEA, essa razão, conforme Culliname *et al.* (2004), está sujeita às seguintes restrições:

$$EFICIÊNCIA_k = \frac{\sum_{j=1}^l W_{jk} OUTPUT_{jk}}{\sum_{i=1}^m V_{ik} INPUT_{ik}} \quad \forall k = 1, \dots, n, \quad (1)$$

s.a.:

$$\frac{\sum_{j=1}^l W_{jk} OUTPUT_{jk}}{\sum_{i=1}^m V_{ik} INPUT_{ik}} \leq 1, \quad \forall k = 1, \dots, n, \quad (2)$$

$$V_{ik} \geq 0, \quad \forall i \quad (3)$$

$$W_{jk} \geq 0, \quad \forall j = 1 \quad (4)$$

em que V_{ik} é o peso do *input* i para cada DMU k estudada e W_{jk} é o peso do *output* j para cada DMU k estudada. $INPUT_{ik}$ e $OUTPUT_{jk}$ são os *inputs* i e *outputs* j de cada DMU k . Nessas condições, há k DMU's estudadas, m variáveis de *input* e l variáveis de *output*. Determina-se o conjunto de pesos que ocasionará a maior eficiência possível para todas as DMU's estudadas. O modelo (1)-(4) deverá determinar o conjunto de pesos V_{ik} e W_{jk} com i variando de 1 ao número de variáveis de *input*, j variando de 1 ao número de variáveis de *output* e k variando de 1 ao número de DMU's estudadas. Essa determinação ocasionará a maior eficiência possível para todas as DMU's estudadas não excedendo o valor 1.

O método DEA é baseado em programação linear, a formulação acima resultou em um modelo de programação fracionário, ou seja, não linear. Portanto é necessário transformar esta formulação em linear.

Para isso, modifica-se o modelo original, obrigando-se que o denominador da função objetivo seja igual a uma constante, e acrescentando essa expressão como uma restrição resultando então em um problema de programação linear. Esta formulação, também utilizada por Mello (2005) e representada pelas equações (5) a (8), trata os pesos unitários de cada dado de entrada como variáveis de decisão.

$$MIN / MAX = \sum_{j=1}^l W_{jk} OUTPUT_{jk} \quad (5)$$

s.a.:

$$\sum_{i=1}^m V_{ik} INPUT_{ik} = 1, \quad \forall k = 1, \dots, n, \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^l W_{jk} OUTPUT_{jk} - \sum_{i=1}^m V_{ik} INPUT_{ik} \leq 0, \quad \forall i, j \quad (7)$$

$$V_{ik}, W_{jk} \geq 0, \quad \forall i, j \quad (8)$$

Segundo Saha e Ravisankar (2000), o método DEA seleciona os pesos que maximizam o resultado da eficiência de cada DMU sob as circunstâncias de que nenhum peso seja negativo, que toda a DMU possa usar o mesmo jogo de pesos para avaliar sua própria relação da eficiência e que a resultante desta não exceda 1.

O diferencial do método DEA é que os pesos são desconhecidos e variáveis. A definição do valor dos pesos se dá de forma a maximizar a eficiência das unidades observadas. A DMU será considerada eficiente se sua eficiência for igual a um e não eficiente caso seja menor que um. Após encontrar os valores da eficiência relativa, para as DMU's ineficientes, o método identifica unidades eficientes que serão utilizadas como referência àquela.

Para melhor entendimento da modelagem, é possível ver a formulação matemática para 5 DMU's com dois *inputs* e um *output*. Os valores dos dados inseridos correspondem ao valor de cada variável escolhida (berços, TEU's, etc.) e é calculado através do problema de programação linear (PPL) para todas as cinco DMU's encontrando uma solução que minimize (para CCR) ou maximize (para BCC) a função objetivo. A variável V_1 corresponde ao peso do *input* 1, V_2 o peso do *input* 2 e W_1 como o peso do *output* 1, que é o *output* único nesse exemplo. Segue na Tabela 6 os dados do exemplo para construir a formulação.

Tabela 6 – Dados para exemplo da formulação

DMU	V_1	V_2	W_1
1	4	3	2
2	1	6	5
3	2	3	4
4	1	2	1
5	10	5	8

Fonte: Autor (2016).

Equacionando os dados acima para melhor entender a formulação, é possível notar que a equação (a) representa a função objetivo (equação 5) do modelo linearizado, a equação (b) (logo a seguir), representa a equação (6) do modelo já linearizado, onde os valores 4 e 3 representam os valores dos *inputs* do exemplo. Seguindo, as equações (c) (d) (e) (f) e (g) representam a equação (7) do também do modelo linearizado, onde os valores da primeira parcela são os valores dos *outputs* subtraídos dos *inputs*. Já a última restrição (h) define que os valores serão positivos, representando a equação (9) do modelo linearizado. Segue a formulação para a DMU 1:

$$\begin{aligned} \text{Min / Max} &= 2W_1 & (\text{a}) \\ 4V_1 + 3V_2 &= 1 & (\text{b}) \\ 2W_1 - 4V_1 - 3V_2 &\leq 0 & (\text{c}) \\ 5W_1 - 1V_1 - 6V_2 &\leq 0 & (\text{d}) \\ 4W_1 - 2V_1 - 3V_2 &\leq 0 & (\text{e}) \\ 1W_1 - 1V_1 - 2V_2 &\leq 0 & (\text{f}) \\ 8W_1 - 10V_1 - 5V_2 &\leq 0 & (\text{g}) \\ W_1, V_1, V_2 &\geq 0 & (\text{h}) \end{aligned}$$

A mesma formulação é realizada k vezes (onde k representa a quantidade de DMU's) seguindo o exemplo acima. A solução final é obtida após selecionar os pesos encontrados em cada uma das formulações que alcancem o máximo valor para a função objetivo.

3.1. Modelos

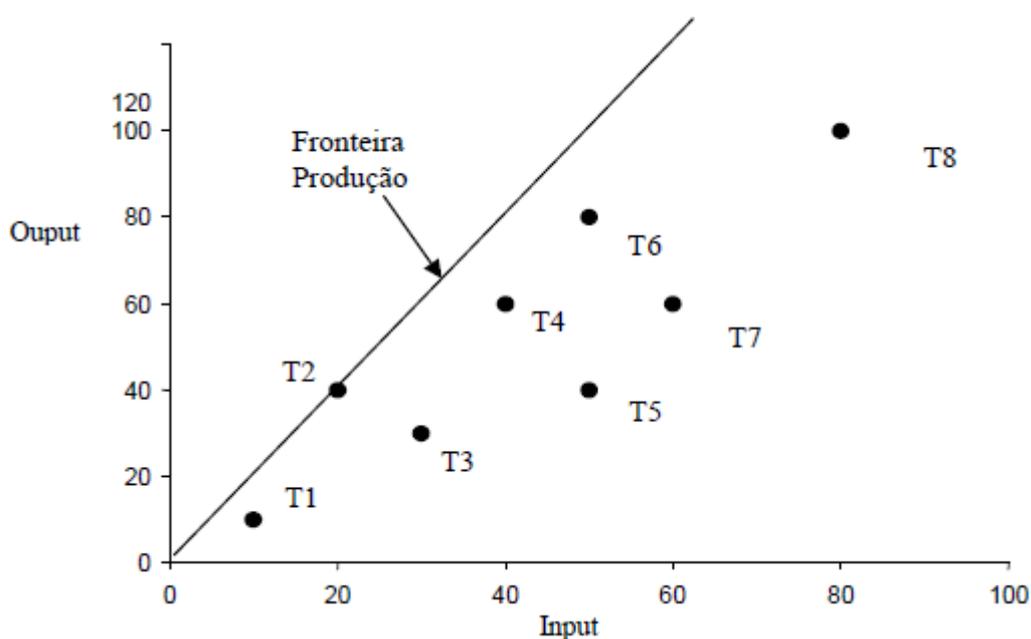
Há dois modelos clássicos do DEA, o modelo proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (CCR), que considera retornos de escala constantes, e o Banker, Charnes e Cooper (BCC), que considera retornos variáveis de escala e não assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*.

3.1.1. Modelo CCR

O modelo CCR foi o modelo pioneiro em DEA (1978), operando com retornos constantes de escala. Esse modelo maximiza o quociente entre a combinação linear

dos *outputs* e a combinação linear dos *inputs*, com a restrição de que para qualquer DMU, esse quociente não pode ser maior que 1, quando a unidade analisada tem eficiência relativa de 100%. Já o modelo BCC considera situações de eficiência de produção com variação de escala e não assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*, ou seja, no CCR se os *inputs* forem dobrados, os *outputs* dobram também (BEZERRA, 2015).

Figura 6 - Fronteira de produção do modelo CCR



Fonte: Culliname *et al.* (2004)

Devido ao modelo possuir retorno constante de escala, é possível verificar na Figura 6, que os dados observados geram uma reta. A Figura 6, representa o gráfico da razão entre dados de entrada (*inputs*) e dados de saída (*outputs*), a fronteira de produção que representa o ponto ótimo (máxima eficiência) pela razão dos *inputs* pelos *outputs* e os pontos no gráfico significam as DMU's analisadas.

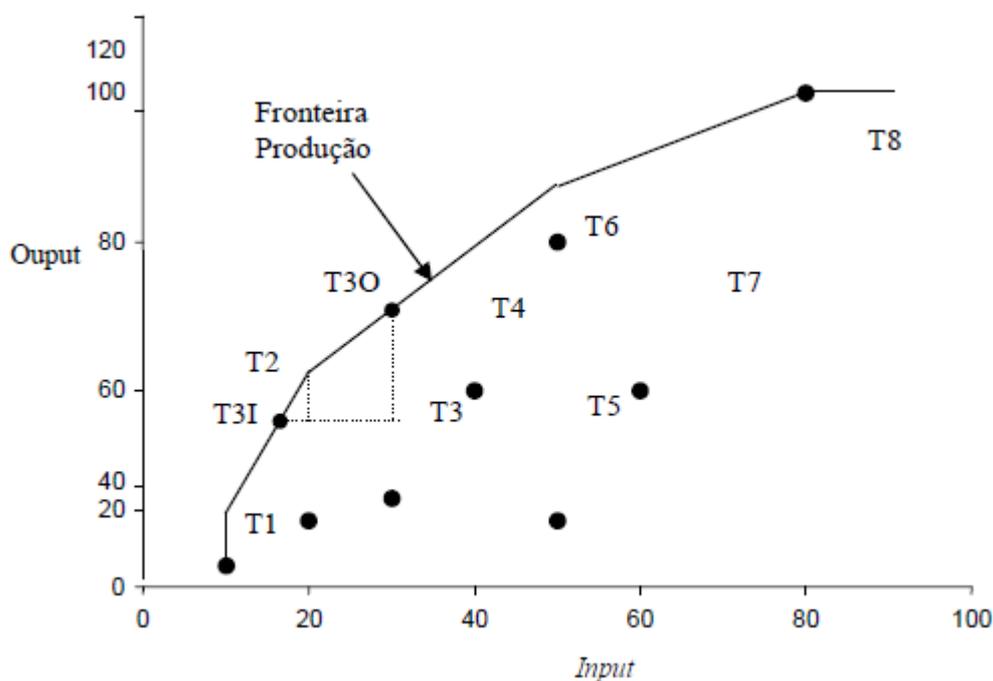
Na Figura 6, foram analisadas 8 DMU's. A T2 está na fronteira de produção, sendo uma DMU eficiente. Enquanto as demais em comparação à T2 são ineficientes. O modelo permite que cada DMU escolha os pesos para cada variável (entrada ou saída) da forma que lhe for mais benevolente, desde que esses pesos aplicados às outras DMU's não gerem uma razão superior a 1 (MELLO, 2005).

3.1.2. Modelo BCC

Proposto por Banker, Charnes e Cooper (1984), o modelo BCC, também conhecido como Variable Return Scale (VRS), pressupõe que as DMU's avaliadas apresentem retornos variáveis de escala. O modelo determina uma fronteira VRS que considera retornos crescentes ou decrescentes de escala na fronteira eficiente. Considera que um acréscimo no *input* poderá promover um acréscimo no *output*, não necessariamente proporcional, ou até mesmo um decréscimo.

A principal característica do modelo BCC, nada mais é do que o modelo CCR incorporando a possibilidade de retornos variáveis de escala, ou seja, o modelo BCC explicita uma fronteira de eficiência que admite retornos variáveis de escala. Pelo fato de assumir retorno variável de escala, antes o que era uma reta, modifica-se para um cone convexo.

Figura 7 - Fronteira de produção do modelo BCC



Fonte: Culliname *et al.* (2004)

Na Figura 7, T1, T2 e T8 estão na fronteira de produção e são consideradas eficientes, já as outras DMU's, as que não estão sobre a linha, são consideradas ineficientes. Um exemplo de melhoria da eficiência é notável nos pontos T3I e T3O, que no cálculo da eficiência relativa, a DMU T3 não possui eficiência máxima, mas se

seguir as orientações voltando-se para o *input* (diminuir o *input* para continuar produzindo a mesma quantidade de *output*), ela atinge a fronteira e assim 100% de eficiência. O mesmo processo pode ser feito com a orientação ao *output*, que com um mesmo *input* é possível aumentar o *output*, atingindo assim a fronteira de eficiência máxima.

Segundo Paiva (2000), algumas diferenças fundamentais entre os dois modelos incluem a superfície de envelopamento e o tipo de projeção do plano ineficiente à fronteira. Trabalhando com diferentes retornos de escala, geram fronteiras diferentes e valores de eficiência relativa. Ambos os modelos podem ser orientados para insumos ou produtos. No primeiro modelo a maior redução equiproporcional do consumo para a produção é observada, já para o segundo modelo, as projeções dos planos observados sobre a fronteira buscam o máximo aumento equiproporcional de produção.

3.2. O método DEA no setor portuário

No setor portuário, o método DEA apesar de já ter sido utilizado, ainda não é muito explorado, possuindo poucos estudos. Roll e Hayuth (1993) foram os pioneiros a utilizarem o DEA em portos, mostrando como esta técnica poderia ser usada com dados operacionais disponíveis nos portos. Esse primeiro estudo foi feito utilizando dados hipotéticos para vinte DMU's com o objetivo de demonstrar como suas eficiências poderiam ser mensuradas e otimizadas. Nesse estudo os dados de entrada (*inputs*) foram: nível de serviço, movimentação de carga, satisfação do usuário e número de atracações; e os dados de saída (*output*) foram: total do capital investido, número de funcionários e tipos de carga. Quatro dos vinte portos atingiram eficiência de 100%.

Em estudo mais recente, Culliname *et al.* (2004), utilizaram a técnica de DEA nos modelos CCR e BCC para medir a eficiência de 25 dos 30 maiores terminais de contêineres do mundo no período de 1992 até 1999. Como *inputs* os autores utilizaram o tamanho total do berço, área do terminal, número de guindastes de berço, número de straddle carriers³, e o número de guindastes de pátio. O único *output* foi o número de TEU's movimentados. Com o CCR, os portos de Keelung, Nagoya, Colombo, Los

³ Equipamento utilizado por alguns terminais para movimentar um contêiner no pátio.

Angeles e Kaohsiung foram os que obtiveram maior eficiência e no modelo BCC, além dos citados anteriormente, também se destacaram os portos de Tanjung Priok, New York, Singapura e Hong Kong.

No mesmo ano (2004), Turner *et al.* assim como Culliname *et al.*, mediram a eficiência dos vinte e seis maiores terminais de contêineres da América do Norte (Estados Unidos e Canadá) no período de 13 anos. Os *inputs* selecionados foram: a área do terminal e o número de guindastes e tamanho do berço, já o único *output*, foi o número de TEU movimentado. Os portos foram divididos em três grupos, separados por região. Com os resultados obtidos, observou-se que os terminais da Costa do Golfo tiveram um crescimento significativo entre os anos de 1992 a 1997, os terminais da Costa Oeste tiveram pequeno crescimento durante todo o período de estudo e o terceiro grupo, da Costa Leste, não obtiveram crescimento nos primeiros nove anos de estudo, mas que nos últimos quatro anos apresentou um leve crescimento. Duas informações importantes a serem retiradas desse estudo: os autores utilizaram outro *output*, toneladas movimentadas, que apresentou uma alta correlação com o número de TEU movimentado, assim utilizou-se apenas o número de TEU movimentado e que após encontrado o resultado, utilizaram a eficiência relativa obtida como variável na Regressão Tobit, mostrando que entre as variáveis de entrada e saída, o tamanho do terminal tem alta relação com a eficiência do mesmo.

Segue o Quadro 1, que sintetiza a fundamentação teórica e apresenta os estudos que utilizaram o método DEA aplicados ao setor portuário. É possível notar que a minoria desses estudos foi realizada no Brasil, o que infelizmente demonstra a escassa utilização desse método para o setor.

Este trabalho de conclusão de curso possui semelhança com o de SERRANO e CASTELLANO (2003) pelo fato de considerar uma variável similar de saída (*output*), no caso a quantidade de contêineres movimentados (em TEU's) e os 3 dados de entrada (*input*) acrescido de outra variável considerada importante para o estudo (profundidade). Possui semelhança também no modelo DEA escolhido para o método utilizado no estudo em questão. Em acréscimo será analisado a orientação voltada para os *inputs* e também voltada aos *outputs* definindo qual terminal é mais eficiente e se o mesmo chegou ao limite operacional de capacidade, necessitando de expansão, ou se está apto a receber mais cargas sem extrapolar a capacidade.

Quadro 1 - Resumo dos Estudos no Setor Portuário

Autores	Modelo	Cenário da Análise
ROLL e HAYUTH (1993)	CCR	-
MARTINEZ - BUDRIA <i>et al.</i> (1999)	BCC	Espanha
TONGZON (2001)	CCR	Mundo
VALENTINE e GRAY (2001)	CCR	Mundo
ITOH (2002)	CCR e BCC	Japão
SERRANO e CASTELLANO (2003)	BCC	Espanha
TURNER <i>et al.</i> (2004)	-	EUA e Canadá
CULLINAME <i>et al.</i> (2004)	CCR e BCC	Mundo
RIOS (2005)	CCR e BCC	Mercosul
MERK e DANG (2012)	CCR	Mundo
RIOS (2015)	CCR e BCC	Brasil
PIRES (2016)	CCR e BCC	Brasil
WANKE (2016)	BCC	Brasil

Fonte: Adaptado de Culliname *et al.* (2004).

Após verificado a varredura da bibliografia, a análise dos estudos feitos na área, os modelos utilizados, é possível empregar o método DEA para análise da eficiência de terminais portuários, como descrito a seguir.

4. ESTUDO DE CASO

Este tópico compreende a construção do modelo considerando os primeiros levantamentos sobre os portos a serem utilizados no estudo, bem como as variáveis selecionadas através da revisão da literatura e de contatos efetuados com terminais portuários parceiros do estudo.

4.1. Definição dos cenários a serem analisados

O presente trabalho visa determinar o estudo da eficiência portuária para os três cenários distintos:

- i) Entre portos região sul do Brasil;
- ii) Entre portos brasileiros;
- iii) Entre portos da América Latina.

Para o cenário *i*, levando em conta a existência de apenas nove portos (dois desses apenas movimentadores de graneis), decidiu-se analisar apenas os terminais movimentadores de contêineres, que compreendem sete entre os nove portos da região, os terminais selecionados estão na Tabela 8.

Para o cenário *ii*, a gama de terminais portuários passa a ser de grande extensão (184 terminais privados), e assim, a escolha das DMU's se fez de acordo com a importância do porto para a movimentação de carga, sendo que apenas portos com quantias significativas de carga movimentada, mais de 100.000 TEU's anuais, foram considerados nesse cenário, os terminais selecionados para este cenário estão na Tabela 9.

O cenário *iii*, é o cenário mais amplo. O leque de escolhas é significativamente grande e os portos selecionados para esse cenário foram os portos com maior eficiência relativa calculada no cenário *ii*, comparando-os com portos latino-americanos significantes e que tenham dimensões das variáveis utilizadas relativamente semelhantes, evitando a descalibração do modelo.

Para cenário *iii*, será feita duas análises, uma que engloba todos os portos brasileiros do cenário *ii* mais os terminais latinos americanos, e uma segunda análise, que contempla os cinco melhores colocados no cenário *ii* mais os terminais internacionais selecionados.

4.2. Definição das variáveis selecionadas

Para definir com precisão as variáveis mais significativas para a modelagem do estudo, buscou-se na literatura trabalhos com temas similares ao cálculo da eficiência portuária que utilizaram, ou não, o método DEA. Após a varredura, foi possível identificar os *inputs* e *outputs* utilizados por diversos autores, conforme já apresentado na Tabela 5.

Percebe-se que diferentes fatores foram considerados nos campos *inputs* e *outputs* nas análises realizadas até então, pois portos são provedores de diferentes atividades de serviço. Conclui-se então que a medida da eficiência do porto ou terminal de contêineres não pode ser atribuída ao todo apenas com base num único indicador. Múltiplos *inputs* e *outputs* devem ser avaliados para que se obtenha a medida da eficiência dos portos e terminais de contêineres, os quais possam ser atribuídas às diferentes atividades desenvolvidas pelos mesmos.

Concomitantemente, no intuito de definir as variáveis mais significantes a partir da visão de gestores portuários, realizou-se uma enquete *online* a qual foi compartilhada entre profissionais brasileiros da área. Nela, foram listadas as variáveis encontradas na literatura e solicitado para os respondentes que definissem com pesos de 1 a 5, sendo 1 como pouco relevante e 5 muito relevante, sobre a importância da variável em questão para a operação portuária. Posteriormente, foi realizado o cruzamento de informações entre a varredura do referencial bibliográfico e as considerações dos gestores, encontrando-se variáveis em comum, mostrada na Tabela 7, as quais serão utilizadas para continuidade desse trabalho.

Tabela 7 – Dados de entrada e saída para o estudo

Dados de entrada	Dados de saída
Quantidade de portêineres	Quantidade de TEU's movimentados
Profundidade	
Área total de armazenagem	
Extensão do cais	
Quantidade de guindastes	

Fonte: Autor, 2016.

Pires e Silva (2016) apresentam um estudo da eficiência dos terminais da região sul do Brasil. A diferença para o presente trabalho se dá pela razão de retirar a variável de entrada 'número de berços', pelo fato de que atualmente com grandes embarcações, suportando por exemplo, até 21.000 TEU's, a quantidade de berços tornou-se irrelevante para a atracação das mesmas, passando a ser relevante a variável 'extensão do cais'. Para a operação de embarque de contêineres nos navios, que por sua vez, atracam nos berços, os terminais utilizam dois tipos de equipamentos, com características e capacidades diferentes: os portêineres e guindastes. Por essa razão e também diferentemente do trabalho de Pires e Silva (2016), foi inserida na análise a variável 'quantidade de guindastes'.

4.3. Terminais de contêineres selecionados para o estudo

No presente trabalho os terminais que serão analisados no cenário *i*, são os 6 terminais de contêineres da região Sul, que como comentado anteriormente, dos 10 maiores em movimentação de contêiner, 5 estão nessa região, demonstrando a importância da mesma para o comércio brasileiro. Os terminais selecionados compreendem 4 de Santa Catarina, são eles: TECON Imbituba, Porto de Itapoá, Portonave e APM Itajaí. Um do Paraná e um do Rio Grande do Sul: TCP e TECON Rio Grande respectivamente, sintetizados na Tabela 8.

Tabela 8 – Terminais portuários para análise do cenário *i*

Posição	Terminal	Estado
1	Paranaguá	PR
2	Rio Grande	RS
3	Portonave	SC
4	Itapoá	SC
5	Itajaí	SC
6	Imbituba	SC
7	São Francisco	SC

Fonte: Autor, 2016.

Segue no Quadro 2 os portos selecionados para a análise do cenário *i* juntamente com os valores dos parâmetros obtidos. Tais dados serão considerados para a modelagem do problema, posteriormente o modelo será analisado no *software* Frontier Analyst, um *software* da Banxia®, empresa Inglesa registrada pelo mundo, para obter as eficiências relativas.

Quadro 2 – Infraestrutura dos terminais portuários do cenário *i*

	Profundidade [m]	Equipamentos	Área Total [m ²]	Extensão do cais [m]	Quantidade de guindastes	TEU's movimentados
TECON Imbituba	12,5	2	207	440	0	30.602
Porto de Itapoá	16,0	6	146	630	0	559.005
Portonave	14,0	6	360	900	0	662.59
APM Itajaí	14,0	2	75	535	0	323.565
TCP	12,0	3	303	879	0	782.346
TECON Rio Grande	12,5	6	830	900	0	726.785
São Francisco	12,8	0	67	384	2	66.802

Fonte: Website dos terminais

Já para o cenário *ii* os terminais de contêineres que serão analisados no presente trabalho compreendem os 18 maiores movimentadores de contêineres no Brasil (movimentações superiores a 100.00 TEU's), divididos pelas quatro das cinco regiões brasileiras. Para maiores conhecimentos sobre os dados de infraestrutura de cada terminal, verificar no **APÊNDICE A** – Infraestrutura dos terminais portuários do cenário *ii*. Segue na Tabela 9 as DMU's em questão:

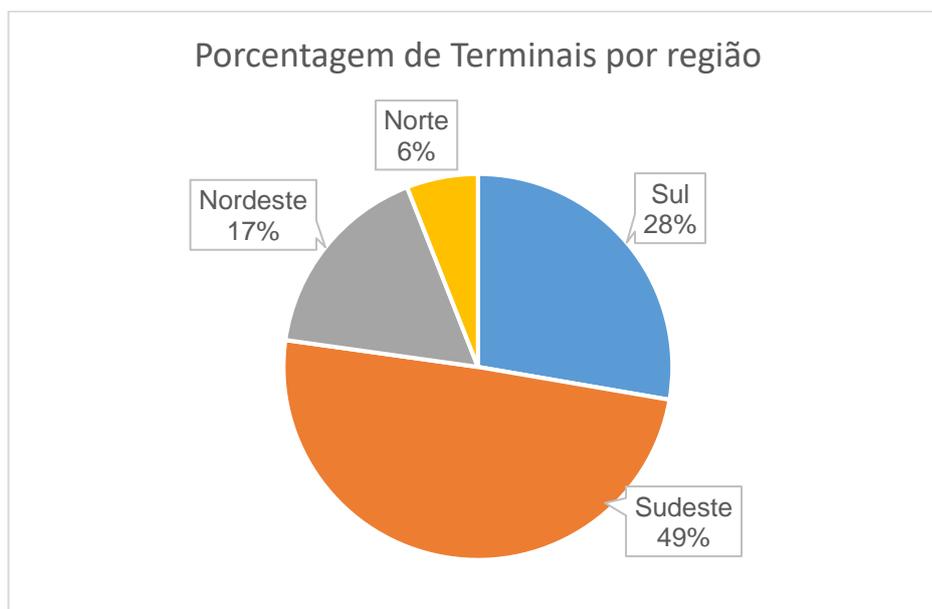
Tabela 9 – Terminais portuários para análise do cenário *ii*

Posição	Terminal	Estado
1	TECON Santos	SP
2	BTP	SP
3	TCP	PR
4	TECON Rio Grande	RS
5	Portonave	SC
6	Embraport	SP
7	Porto de Itapoá	SC
8	Libra Santos	SP
9	Porto Chibatão	AM
10	TECON Suape	PE
11	APM Itajaí	SC
12	TECON Salvador	CE
13	Sepetiba TECON	RJ
14	TVV	ES
15	Multirio	RJ
16	APM Pecém	CE
17	Libra Rio de Janeiro	RJ
18	Ecoporto	SP

Fonte: Autor, 2016.

Como ilustrado na Figura 8, dos terminais de contêineres selecionados para a análise, 28% são da região sul (5 terminais), 49% da região sudeste (9 terminais), 17% da região nordeste (3 terminais) e 6% da região norte (1 terminal).

Figura 8 – Participação dos terminais portuários estudados por região



Fonte: Autor, 2016.

Já o cenário *iii* conta com duas análises: a primeira compreende todos os portos do cenário *ii* juntamente com os cinco extras da América Latina. Já para a

segunda análise os portos e terminais portuários que serão analisados compreendem os cinco melhores terminais obtidos no cenário *ii*, juntamente com cinco dos maiores terminais da América Latina sintetizados na Tabela 10. Para maiores conhecimentos sobre os dados de infraestrutura de cada terminal, verificar no **APÊNDICE B – Infraestrutura dos terminais portuários do cenário iii**.

Tabela 10 – Terminais estudados no cenário *iii*

Posição	Terminal	País
1	PPC	Panamá
2	Colon Container Terminal	Panamá
3	KFTL	Jamaica
4	CGSA	Equador
5	Freeport Container Port	Bahamas

Fonte: Autor, 2016.

Definidas as variáveis que serão utilizadas no estudo, os portos para análise e juntamente com a coleta de dados, torna-se possível aplicar as informações obtidas no *software* Frontier Analyst e fazer as respectivas análises.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os valores das eficiências relativas obtidas com a aplicação dos dois modelos clássicos do método DEA (CCR e BCC) nos terminais portuários para os diferentes cenários supracitados. Além disso, nesta seção, também é realizada a análise dos resultados obtidos apenas através do modelo CCR.

5.1. Resultados do cenário *i*

O cálculo da eficiência foi analisado em quatro maneiras diferentes: orientado aos *inputs* com retorno constante e variável de escala e, também, orientado aos *outputs* com retorno constante e variável de escala. Os valores obtidos para as quatro análises estão descritos na Tabela 11.

Tabela 11 – Síntese dos valores obtidos no cenário *i*

Terminal	<i>Input</i>		<i>Output</i>	
	CCR	BCC	CCR	BCC
APM Itajaí	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TECON Imbituba	7,80%	100,00%	7,80%	100,00%
Porto de Itapoá	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TCP	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Portonave	84,70%	100,00%	84,70%	84,70%
Rio Grande	92,90%	100,00%	92,90%	92,90%
São Francisco	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: Software Frontier Analyst, 2016.

A primeira análise orientada aos *inputs* fez-se pelo fato de dimensionar a atual estrutura do terminal: se para a quantidade de TEU's movimentados, a eficiência encontrada indica o superdimensionamento ou subdimensionamento do terminal. Nessa análise quatro dos sete terminais analisados tiveram eficiência 100%, demonstrando que o terminal está bem dimensionado. No outro caso, os terminais que não obtiveram eficiência máxima estão superdimensionados, ou seja, a estrutura

atual deles comporta maiores movimentações de TEU's, podendo receber maiores quantidades de cargas sem necessidade de expansão.

Ao se observar as DMU's que não obtiveram eficiência máxima, fazendo uma comparação com a DMU's eficientes pelo *Benchmarking*, foi possível obter quais seriam os valores ideais dos *inputs* em cada terminal para se conseguir manter os atuais valores de saída praticados pelos terminais (ou seja, alcançar a máxima fronteira de produção orientada aos *inputs*).

Tabela 12 – Potenciais reduções de estrutura

DMU's		Atual	Desejada
TECON Imbituba	Profundidade [m]	12,5	0,45
	Equipamentos	2	0,12
	Área total [m ²]	207	12
	Extensão [m]	440	34,38
Portonave	Profundidade [m]	14	9,74
	Equipamentos	6	2,54
	Área total [m ²]	460	257
	Extensão [m]	900	744,45
TECON Rio Grande	Profundidade [m]	12,5	10,68
	Equipamentos	6	2,79
	Área total [m ²]	830	281
	Extensão [m]	900	816,6

Fonte: Software Frontier Analyst, 2016.

Analisando a Tabela 12, é possível concluir que com a atual estrutura dos três terminais apontados como ineficientes, os mesmos são capazes de movimentar maiores quantidades de TEU's sem necessidade de expansão. Considerando o fato de que os portos não pretendem diminuir sua área de armazenamento, nem tanto diminuir a profundidade do berço de atracação, sendo valores já pré-estabelecidos com os valores existentes, pode-se interpretá-los como sendo terminais ineficientes pelo fato de produzirem pouco com o que possuem.

Na análise com a perspectiva da orientação voltada aos *outputs*: mantém-se a infraestrutura existente de cada terminal pretendendo identificar o valor ideal da quantidade de TEU's movimentados trabalhando com retornos constantes de escala.

Foram encontradas quatro DMU's eficientes (APM Itajaí, Porto de Itapoá, TCP e São Francisco) e três ineficientes (TECON Imbituba, Portonave e TECON Rio Grande).

Analisando as DMU's que não obtiveram eficiência máxima, e realizando uma comparação com a DMU's eficientes pelo *Benchmarking*, como realizado na análise

anterior, foi possível obter os valores ideais da quantidade de TEU's movimentados em cada terminal no intuito de alcançar a fronteira de produção orientada ao *output*.

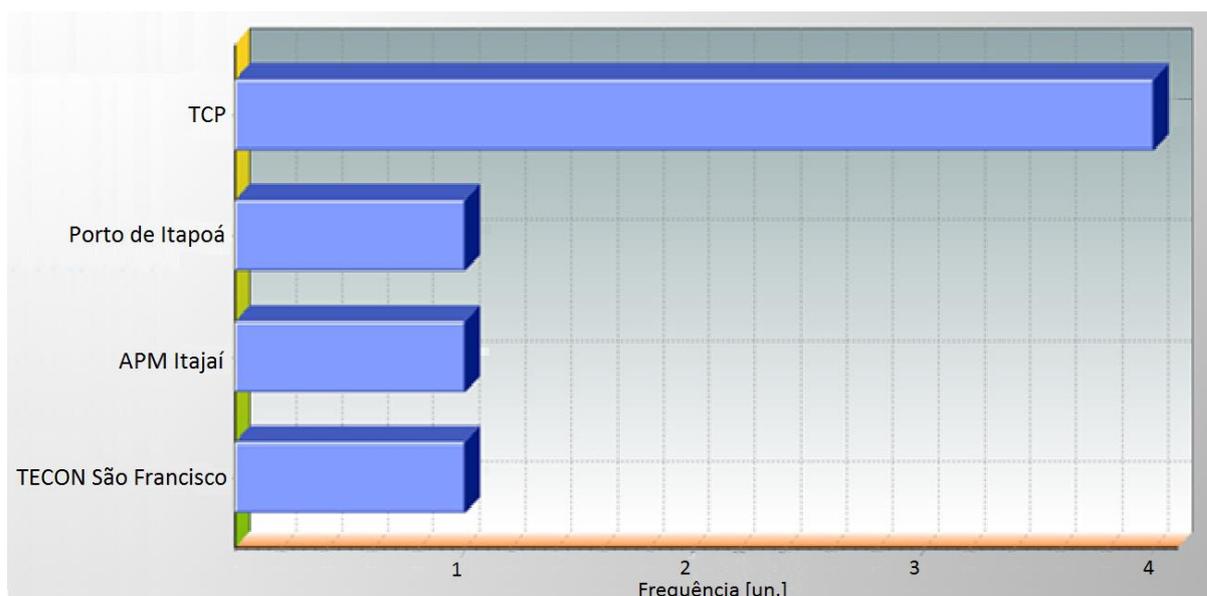
Tabela 13 – Potenciais aumentos na movimentação de TEU's

DMU's	Atual (TEU's)	Desejada (TEU's)	Varição
TECON Imbituba	30,602	391.618	1.179%
Portonave	662.590	782.446	18,07%
TECON Rio Grande	726.785	782.346	7,64%

Fonte: Software Frontier Analyst, 2016.

Na Tabela 13 é possível notar que o porto de Imbituba é nitidamente o menos eficiente entre todos em estudo, necessitando aumentar em mais que 1.179% sua movimentação de contêineres para se tornar eficiente (sob a ótica adotada neste estudo), demonstrando assim uma superestrutura portuária mal utilizada. Se comparar o TECON Imbituba com a APM Itajaí, pelo fato de possuírem estrutura operacional próximas, a APM Itajaí movimenta 6 vezes mais que o TECON Imbituba, demonstrando que com a mesma estrutura é possível movimentar quantidades de carga muito mais significativas, tornando Imbituba um terminal ineficiente visto por esse aspecto.

Figura 9 – Janela de frequência de comparação



Fonte: Software Frontier Analyst, 2016.

Na Figura 9 é possível notar que apenas TCP foi o terminal mais utilizado como referência para as demais unidades não eficientes nesse modelo. Quanto mais vezes a DMU for utilizada como referência para o *Benchmarking*, mais provável que ela seja uma unidade com ótimo desempenho operacional. Unidades que não forem utilizadas como base para comparação ou que não possuam elevados valores de eficiência, ou que ainda possuam combinações incomuns de *inputs* e *outputs*, não são consideradas susceptíveis a oferecerem as melhores práticas operacionais para unidades ineficientes, com isso não sendo usadas como DMU's de referências. As DMU's que mais aparecem como comparadoras, são chamadas de "Líderes Globais" os quais fornecem exemplo de boas práticas operacionais às demais unidades.

Ainda em relação ao modelo em questão é possível obter a correlação entre as variáveis de entrada com a variável de saída, identificando quais parâmetros possuem maior peso para o cálculo da eficiência relativa, conforme Tabela 14. Valores mais próximos de 1 representam alta correlação e valor negativo, correlação negativa.

Tabela 14 – Correlação entre *inputs* e *output*

	TEU's movimentados
Extensão dos berços [m]	0,95
Equipamentos [un.]	0,76
Área total [m ²]	0,61
Profundidade [m]	0,02
Guindastes [un.]	-0,54

Fonte: Software Frontier Analyst, 2016.

Observando a Tabela 14, nota-se que o parâmetro que tem maior influência sobre a quantidade de TEU's movimentados é a extensão dos berços. Já o número de guindastes tem correlação negativa, ou seja, esse parâmetro relacionado aos demais parâmetros para o cálculo da quantidade de carga movimentada em toneladas não influenciaria no resultado final da eficiência relativa calculada, ao menos que ele fosse o único equipamento utilizado para a movimentação.

Um fato interessante foi a baixa correlação da profundidade com a quantidade de TEU's movimentados, pelo fato dessa ser uma variável importante, pois quanto maior a profundidade, navios com maiores quantidades de cargas podem atracar. Levou-se a conclusão que para os terminais analisados, a variação da profundidade

entre os mesmos é relativamente baixa (4 metros), essa variável não teve grande impacto no *output*.

5.2. Resultados do cenário *ii*

Assim como calculado anteriormente para o cenário *i*, a análise se deu em duas visões e quatro maneiras diferentes: com o objetivo de movimentar mais TEU's com os atuais *inputs* utilizados e, também, fixando-se a atual movimentação de TEU's de dado terminal, definindo-se então a estrutura necessária, para torná-lo mais eficiente, quando comparado às DMU's mais eficientes da análise. Segue na Tabela 15 os valores obtidos da eficiência relativa para os 18 terminais analisados.

Tabela 15 - Síntese dos valores obtidos para o cenário *ii*

Terminais	<i>Inputs</i>		<i>Outputs</i>	
	CCR	BCC	CCR	BCC
BTP	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Porto Chibatão	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Ecoporto	28,80%	100,00%	28,80%	100,00%
Embraport	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Sepetiba TECON	35,00%	100,00%	35,30%	35,30%
APM Itajaí	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Porto Itapoá	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Libra (RJ)	30,80%	95,10%	30,80%	43,90%
Libra Santos	94,40%	100,00%	94,40%	100,00%
Multirio	40,40%	97,50%	40,40%	55,70%
TCP	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
APM Pecém	80,00%	100,00%	80,00%	100,00%
Portonave	74,60%	100,00%	74,60%	75,40%
TECON Rio Grande	77,80%	100,00%	77,80%	83,10%
TECON Salvador	82,70%	100,00%	81,60%	82,70%
TECON Suape	43,10%	100,00%	43,10%	43,50%
TECON Santos	28,80%	100,00%	28,80%	100,00%
TVV	58,40%	100,00%	58,40%	100,00%

Fonte: Software Frontier Analyst, 2016.

Analisando a Tabela 15 para a orientação aos *inputs*, apenas seis dos 18 terminais obtiveram 100% de eficiência, foram eles: BTP, Porto Chibatão, Embraport, APM Itajaí, Porto Itapoá e TCP. Destes, três são da região sul e dois fazem parte do maior complexo portuário do país, o Porto de Santos. Seis deles obtiveram eficiência abaixo de 50%, o que demonstra uma estrutura superdimensionada dos terminais.

Para a orientação voltada aos *outputs* os valores obtidos não variaram. Para que para os terminais que não obtiveram eficiência 100%, mantivessem a atual quantidade de TEU's movimentados, pode-se considerar que os equipamentos e a estrutura utilizada estão em excesso mostrando, como comentado anteriormente, que esses terminais estão aptos a incrementarem sua movimentação de TEU's seja para o mercado externo, de longo curso, ou interno, a cabotagem.

Terminais que obtiveram eficiência acima dos 90% para os dois modelos, que são o caso de BTP, Porto Chibatão, Embraport, APM Itajaí, Porto Itapoá e TCP, necessitam de expansão da infraestrutura, pois a quantidade de TEU's movimentados chega muito próximo de exceder a capacidade operacional do terminal. É possível comprovar essa análise se analisarmos os terminais (que obtiveram valores acima de 90%) no ano de 2016, um ano após a coleta dos dados. Terminais que obtiveram 100% de eficiência, BTP, Porto Chibatão, TCP e Porto Itapoá, começaram o projeto de expansão, aumentando a extensão do cais de atracação, a área de armazenagem e a aquisição de novos equipamentos, com o objetivo de aumentar a capacidade operacional e atrair novos clientes.

Dos cinco terminais avaliados da região sul, três obtiveram eficiência de 100%, sendo apenas Portonave e TECON Rio Grande os que obtiveram menores indicadores de eficiência relativa de 74.6% e 77.8%, respectivamente. Embora suas estruturas não estejam superdimensionadas, os terminais necessitam de atenção caso haja aumento na quantidade de TEU's movimentados. Conforme Tabela 16, ao analisar os referidos terminais sob orientação voltada aos *outputs* (quantidade de TEU's movimentados), percebe-se que são capazes de movimentar até mais de 200.000 TEU's sem alterar a atual estrutura.

Tabela 16 – Potenciais aumentos na movimentação de TEU's

DMU's	Atual (TEU's)	Desejada (TEU's)	Varição
Portonave	662.590	888.283	34,06%
TECON Rio Grande	726.785	934.747	28,61%

Fonte: Software Frontier Analyst, 2016.

TECON Paranaguá pelo fato de ser o único terminal no Porto de Rio Grande e o único grande terminal no estado do Rio Grande do Sul não sofre com concorrência direta, podendo assim, com o aquecimento da economia nacional e mundial, aumentar

a quantidade de TEU's movimentados e suprir a capacidade operacional do terminal. O mesmo não se repete para a Portonave, que está em uma região com outros quatro terminais portuários, em um mercado extremamente competitivo. Para suprir a lacuna da capacidade operacional do terminal, o mesmo necessita de incentivos e de reduzir os custos para atrair mais clientes e carga para o terminal.

Essa mesma competição ocorre no Complexo Portuário de Santos: entre os cinco terminais estudados, dois (BTP e Embraport) estão operando no limite da capacidade, abrindo espaço para os outros três terminais considerados não eficientes competirem por clientes e aumentarem a quantidade de TEU's movimentados. Com a vinda de novos terminais para o complexo, terminais antigos estão cada vez mais perdendo clientes, como é o caso da Libra Santos e Ecoporto, ambos na margem direita, os quais sofrem por falta de estrutura e *layout* de pátio, explicando a provável baixa eficiência relativa obtida.

5.2. Resultados do cenário *iii*

Dentre os dez maiores movimentadores de contêineres da América Latina, apenas um é brasileiro, o Complexo Portuário de Santos. Para fins de comparação e análise a nível internacional, foram estudados outros cinco terminais (dois do Panamá, um da Jamaica, um do Equador e um das Bahamas) comparando-os com os terminais brasileiros, segue na Tabela 17 os resultados obtidos dessa análise.

Dos 18 terminais portuários do cenário *ii*, apenas seis obtiveram eficiência abaixo de 50% e, comparando-os a outros terminais internacionais os resultados da eficiência relativa dos terminais nacionais reduziram, passando então para onze o número de terminais com eficiência abaixo de 50%. Por outro lado, seis terminais brasileiros tiveram eficiência superiores ao terminal *Freeport Container Port*, o décimo maior movimentador da América Latina, demonstrando que os portos nacionais estão com eficiência equivalentes aos maiores movimentadores de contêineres da América Latina.

Dos 23 terminais analisados, cinco obtiveram eficiência máxima, e um deles é brasileiro, o Porto Chibatão. Outro terminal que chegou próximo à máxima eficiência, foi o TCP obtendo 96,5% de eficiência. Embora os portos internacionais movimentem maiores quantidades de TEU's, e analisando o retorno constante de variáveis, ou seja, a cada acréscimo de um *input* há um acréscimo de igual valor no *output*, os terminais

brasileiros em uma proporção menor (menores infraestruturas, menores quantidades de TEU's movimentados), um decréscimo nos *inputs*, tem capacidade operacional para movimentar proporcionalmente o mesmo que os grandes da América Latina.

Um fato que é importante ser levado em consideração é que os terminais do caribe por não possuírem grande mercado exportador nem importador, essa grande movimentação de TEU's, na ordem de milhões, se dá pela movimentação de carga *feeder*, o transbordo de contêineres de um navio para outro. Esse tipo de movimentação não requer grandes infraestruturas, como área de armazenagem, número de *gates*, entre outros por não ficarem muito tempo armazenadas e não entram e saem do terminal, ou seja, os terminais movimentadores de carga *feeder* são capazes de movimentarem mais TEU's sem necessidade de grandes estruturas.

Como analisado no cenário *ii*, os terminais que obtiveram 100% de eficiência foram considerados como estando operando no limite de sua capacidade, e isso se repetiu para os terminais internacionais.

Tabela 17 - Síntese dos valores obtidos para o cenário *iii*

Terminais	<i>Inputs</i>		<i>Outputs</i>	
	CCR	BCC	CCR	BCC
BTP	54,40%	100,00%	54,40%	54,40%
Porto Chibatão	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Ecoporto	19,00%	100,00%	19,00%	100,00%
Embraport	45,50%	100,00%	45,50%	48,80%
Sepetiba TECON	17,00%	100,00%	17,00%	17,60%
APM Itajaí	65,30%	100,00%	65,30%	100,00%
Porto Itapoá	54,40%	100,00%	54,40%	64,80%
Libra (RJ)	14,90%	100,00%	14,90%	22,20%
Libra Santos	41,10%	100,00%	41,10%	47,60%
Multirio	20,50%	100,00%	20,50%	23,00%
TCP	96,50%	100,00%	96,50%	100,00%
APM Pecem	80,00%	100,00%	80,00%	100,00%
Portonave	40,90%	100,00%	40,90%	40,90%
TECON Rio Grande	44,80%	100,00%	44,80%	44,80%
TECON Salvador	44,50%	100,00%	44,50%	71,90%
TECON Suape	24,60%	100,00%	24,60%	24,60%
TECON Santos	19,00%	100,00%	19,00%	100,00%
TVV	30,20%	100,00%	30,20%	100,00%
CGSA	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Colon Container Terminal	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Freeport Container Port	54,10%	100,00%	54,10%	54,40%
KFTL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
PPC	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: Software Frontier Analyst, 2016.

Comprovando a análise, a exemplo dos terminais brasileiros, segundo notícias nos endereços eletrônicos dos terminais internacionais de Colon (2016) e Balboa (2015), estes também expandiram ou estão expandindo, aumentando sua capacidade operacional, como no caso do *Colon Container Terminal* e *Panama Ports Company (PPC) - Balboa*, que têm projeto de expansão da área de armazenagem de TEU's e também do aumento da extensão do cais, possibilitando assim armazenarem e operarem maiores quantidades de TEU's e aptos a receberem mais e maiores embarcações.

Para a segunda análise (cinco terminais brasileiros com os cinco da América Latina) foram selecionados os cinco melhores terminais brasileiros classificados na primeira análise (os 18 terminais brasileiros mais os 5 terminais Latinos), que foram: TCP, APM Pecém, APM Itajaí, BTP e Porto de Itapoá. Os resultados estão explícitos na Tabela 18.

Tabela 18 – Resultados do cenário *iii* para a segunda análise

Terminais	<i>Inputs</i>		<i>Outputs</i>	
	CCR	BCC	CCR	BCC
BTP	54,40%	100,00%	54,40%	54,40%
Porto Chibatão	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
APM Itajaí	63,30%	100,00%	63,30%	100,00%
Porto Itapoá	54,50%	100,00%	54,50%	64,80%
TCP	96,50%	100,00%	96,50%	100,00%
CGSA	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Colon Container Terminal	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Freeport Container Port	54,10%	100,00%	54,10%	54,40%
KFTL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
PPC	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: Software Frontier Analyst, 2016.

Na segunda análise, os valores se mantiveram praticamente os mesmos, tendo apenas um decréscimo de 0.3% para o terminal da APM Itajaí. Isso leva a concluir que mais uma vez que os terminais brasileiros comparados aos maiores terminais latinos estão em mesmo nível de operação. Na análise do cenário *ii* os terminais BTP, APM Itajaí, Porto Itapoá e TCP haviam obtido 100% de eficiência, mas aqui, comparando-se a grandes terminais movimentadores de TEU's, a movimentação dos mesmos não foi suficiente para a infraestrutura que possuem, necessitando de maiores movimentos de TEU's para suprirem a capacidade operacional conforme dimensionado na Tabela 19.

Tabela 19 – Potenciais aumentos na movimentação de TEU's

DMU's	Atual (TEU's)	Desejada (TEU's)	Varição
BTP	1.140.191	2.097.350	83,94%
APM Itajaí	323.565	496.323	53,39%
Porto Itapoá	559.005	1.026.215	83,57%
TCP	782.346	810.798	3,63%

Fonte: Software Frontier Analyst, 2016.

Pode-se concluir que comparando os terminais nacionais com os internacionais, as eficiências são relativamente parecidas (acima de 50%), estando no mesmo patamar de operação. Entretanto, na análise do cenário *ii* os terminais APM Itajaí, BTP, Porto Itapoá e TCP obtiveram 100% de eficiência relativa, demonstrando uma estrutura saturada na capacidade. Quando se orienta a análise aos *inputs*, o quanto de infraestrutura é necessário para obter a movimentação realizada, e a comparação com terminais internacionais, faz este cenário se alterar: os terminais que haviam obtido 100% necessitam de muito menos infraestrutura para operar a quantidade de TEU's que movimentaram em 2015.

Após definir os cenários, inserir os valores dos parâmetros no modelo, foi feita as devidas análises, parte-se na sequência para as conclusões do presente trabalho com propostas de expansão e limitações.

6. CONCLUSÕES

Esse trabalho de conclusão de curso mensurou e analisou a eficiência operacional de alguns terminais de contêineres da região Sul do Brasil, do Brasil e da América Latina utilizando o método DEA. Este, é um método matemático que analisa a eficiência relativa a partir de uma série de *inputs* e *outputs*. Pode-se perceber que é uma metodologia eficiente que auxilia no planejamento e na tomada de decisão, encontrando não apenas a eficiência da unidade analisada, mas também indica onde e o que pode ser otimizado, melhorando assim a operação.

No processo da pesquisa bibliográfica em trabalhos acadêmicos e científicos e com contatos com autoridades do ramo portuário, foram selecionadas as variáveis que possuem maior relevância na operação de um terminal e coletados os dados para aplicação no modelo. Baseando-se em outras referências, optou-se por utilizar apenas o modelo CCR para fins de análise, pois foi o mais encontrado na literatura e o mais sugerido por outros autores. Eles defendem a ideia de que dentro de um terminal portuário, independentemente da localização, os *inputs* e *outputs* tem relação direta, constante concluindo-se que o modelo CCR é o mais adequado para comparar diferentes terminais de contêineres em diferentes localidades tratando-os operacionalmente semelhantes.

Analisando a Tabela 15, dos terminais que movimentaram entre 100 e 250 mil TEU's, todos tiveram eficiência relativa abaixo dos 60%, com exceção apenas do APM Pecém que obteve 80%, já para os terminais maiores, com movimentações superiores a 250 mil TEU's, dez dos doze terminais obtiveram eficiências maiores que 70%, com apenas duas exceções (TECON Suape e TECON Santos). Isso demonstra que terminais de grande porte, possuem maiores índices de eficiência e produtividade se comparados aos menores devido ao fato de possuírem maiores profundidades e berços de atracação com maiores extensões, sendo capazes que atraírem maiores navios.

Diante da finalização deste trabalho recomenda-se como expansão do mesmo incrementar o número de DMU's internacionais a serem analisadas e, também inserir

novos *inputs* e *outputs* no modelo com o objetivo de fazer diferentes análises, tais como quantidade de funcionários, tempo de operação média dos navios, tempo de espera para atracação. Outra abordagem a ser implementada seria a separação da quantidade de TEU's movimentados em três categorias: importação, exportação e feeder, pois são três operações distintas que impactam diretamente na infraestrutura necessária e conseqüentemente na eficiência operacional.

Algumas limitações do modelo se devem ao fato de que alguns resultados não podem ser colocados em prática, pois algumas metas estabelecidas após o *Benchmarking* são difíceis de serem atingidas, como por exemplo, se o terminal possui três berços de atracação e a meta estabelecida é a utilização de dois berços, não tem como o terminal não utilizar a estrutura já existente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ). **Anuário estatístico aquaviário.**

Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Anuario2013/index.htm>>. Acesso em: 20 maio 2016. (2014).

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ). **Anuário estatístico aquaviário.**

Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Anuario2013/index.htm>>. Acesso em: 25 set. 2016. (2015).

BARBOZA, M. A. M. **A ineficiência da Infraestrutura Logística do Brasil.** Disponível em: <<http://www.revistaportuaria.com.br/noticia/16141>>. Acesso em: 28 set 2016, 2014.

BARROS, C. P.; MANAGI S. **Productivity drivers in Japanese ports.** School of Economics and Management, Technical University of Lisbon, Lisboa, 2008.

BEZERRA, P. R. C. **Modelagem DEA: teoria e aplicações na indústria do petróleo.** Revista ADMpg Gestão Estratégica, Ponta Grossa, v. 8, n. 2, p. 139-146, 2015.

CLARK, X; DOLLAR, D; MICCO, A. **Maritime Transporte Cost and Port Efficiency.** The World Bank, development research group, 2002.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa Aquaviária CNT 2006 – Portos Marítimos: longo curso e cabotagem.** Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Pesquisa/pesquisa-cnt-aquaviaria>>. Acesso em: 28 set 2016.

CULLINAME, K.; SONG, D. W.; PING, J.; WANG, T. F. **An application of DEA windows analysis to container port production efficiency.** Review of network economics, v. 3, p. 184-206, 2004.

G1. Notícia **Acesso a terminais é maior problema nos 10 principais portos brasileiros.** Disponível em: < <http://g1.globo.com/economia/noticia/2013/06/acesso-terminais-e-maior-problema-nos-10-principais-portos-brasileiros.html>>. Acesso em: 8 de dez. 2016. (2013).

ITOH, H. **Efficiency changes at major container ports in Japan: A window application of DEA.** Ruds, v. 14, n. 2, p. 133-152. Universidade de Tsukuba, Japão, 2002.

JÚNIOR, S. J. N. C. **Avaliação da eficiência dos portos utilizando Análise Envoltória de Dados: Estudo de Caso dos portos da região Nordeste do Brasil.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

MELLO, J. C. C. B. **Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso.** Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 43, n. 4, p. 607-631, 2005.

MERK, O.; T. DANG. **Efficiency of World Ports in Container and Bulk Cargo (oil, coal, ores and grain)**, OECD Regional Development Working Papers, No. 2012/09, Publishing OECD, Paris, 2012.

OLIVEIRA, C. T. **Dez principais portos do mundo.** Registros e fatos pitorescos. São Paulo: Aduaneiras, 2013.

PAIVA, F. C. **Eficiência produtiva de programas de ensino de pós-graduação em engenharias: uma aplicação do método DEA.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) –Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

PEARSON, K. **Data Envelopment Analysis: an explanation.** Working paper n. 82, Bureau of Industry Economics. Canberra, 1993.

PENA, R. F. A. **Fases da globalização.** Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/fases-globalizacao.htm>> Acesso em: 10 out 2016.

PIRES, G. C., Silva, V. M. D. **Análise da eficiência portuária utilizando a metodologia da Análise Envoltória de Dados (DEA).** III Congresso Internacional de Desempenho Portuário (Cidesport), Florianópolis, 2016.

PORTO DE ITAPOÁ. **Porto Itapoá registra 145 MPH nesta sexta-feira e tem novo recorde operacional.** Disponível em: <http://www.portoitapoa.com.br/noticia/Porto_Itapoa_registra_145_MPH_nesta_sexta-feira_e_tem_novo_recorde_operacional___/488>. Acesso em 05 nov. 2016.

REINALDO, R. R. P. **Avaliando a eficiência em unidades de ensino fundamental de Fortaleza-CE: usando a análise envoltória de dados (DEA).** 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

RIOS, L. R. **Medindo a eficiência relativa das operações dos terminais de contêineres do mercosul.** Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

RIOS, L. R.; MAÇADA, A. C. G. **Analysing the relative efficiency of container terminals of Mercosur using DEA.** Maritime Economics and Logistics v. 8, n. 4, p. 331-346. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

RIOS, C. O. **Mensuração de eficiência: um novo exame aplicado aos portos públicos brasileiros.** Dissertação (Mestrado em Economia do Desenvolvimento) – Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

ROLL, Y.; HAYUTH, Y. Port performance comparison applying DEA. **Maritime Policy and Management**, v. 20, n.2, p. 153-161, 1993.

SAHA, A.; RAVISANKAR, T. S. **Rating of Indian commercial banks: a DEA approach**. European Journal of Operational Research, v. 124, n.1, p. 187-203, 2000.

SERRANO, M. G.; CASTELLANO, L. T. **Análisis de la eficiencia de los servicios de infraestructura en España: Una aplicación al tráfico de contenedores**. X Encuentro de Economía Pública, Santa Cruz de Tenerife, 2003.

SINTERMAR. **Terminais de Contêineres, o que fazem pelo Brasil**, 2005. Disponível em: <<http://www.sintermar.com.br/downloads/upload/terminaisdecontenineres.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2016.

SOUZA, I. V.; NISHIJIMA, M.; ROCHA, F. **Eficiência do setor hospitalar nos municípios paulistas**. Economia aplicada, v. 14, n. 1, 2010.

STEFANO MARIA OSÓRIO NIGRA. **Efficiency of the seaport Sector: application of non-parametric techniques**. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395142112150/Resumo.pdf>> Acesso em: 10 de set. 2016.

TERMINAL DE BALBOA. Notícia **PSA Panama starts expansion**. Disponível em: <<http://www.worldcargonews.com/htm/w20151125.879104.htm>>. Acesso em: 10 de nov. 2016.

TERMINAL DE COLON. **Notícia Evergreen unveils Panama terminal expansion**. Disponível em: <http://www.joc.com/port-news/panama-canal-news/evergreen-unveils-panama-terminal-expansion_20151218.html>. Acesso em: 10 de nov. 2016.

TONGZON, J. **Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis**. Transportation Research Part A, v. 35, n. 2, p. 107-122, 2001.

TOP TRADING. **10 Maiores Portos do Mundo**, 2013. Disponível em: <<http://www.toptrading.com.br/10-maiores-portos-do-mundo/>> Acesso em: 10 de set. 2016.

TURNER, H.; WINDLE, R.; DRESNER, M. North American container port productivity: 1984-1997. **Transportation Research Part E**, v. 40, p. 339-356, 2004.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD). **Review of maritime transport**. Disponível em: <http://unctad.org/en/publicationslibrary/rmt2013_en.pdf>. Acesso em: 20 abr 2016, 2013.

VALENTINE, V. F.; GRAY, R. **The measurement of port efficiency using data envelopment analysis**. 9th World Conference on Transport Research, Seoul, 2001.

VENDRAMINI, M. *AECOM. Ranking aponta os melhores portos do Brasil*. Disponível em: <http://issuu.com/exame/docs/estudo_portos_brasil>. Acesso em: 07 maio 2016, 2012.

WANKE, P. **New Evidence on the Determinants of Efficiency at Brazilian ports: a Bootstrapped DEA Analysis**. COPPEAD Graduate Business School, Federal University of Rio de Janeiro, 2016.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Global Competitiveness Report 2014-2015**.

Disponível em:

<http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2014-15.pdf>.

Acesso em: 8 de dez. 2016. (2014).

APÊNDICE A – INFRAESTRUTURA DOS TERMINAIS PORTUÁRIOS DO CENÁRIO //

	Profundidade [m]	Equipamentos	Área Total [m ²]	Extensão do cais [m]	Quantidade de guindastes	TEU's movimentados
TECON Santos	15	13	596.000	980	0	1.313.948
BTP	13.5	8	490.000	1.108	0	1.140.191
TCP	12	3	303.000	879	0	782.346
TECON Rio Grande	12,5	6	830.000	900	0	726.785
Portonave	14,0	6	360.000	900	0	662.590
Embraport	16	6	207.000	653	0	629.532
Porto de Itapoá	16	6	146.000	630	0	559.005
Libra Santos	13.2	11	155.000	1.085	0	496.757
Porto Chibatão	20	10	372.000	1.420	0	450.544
TECON Suape	15.5	6	380.000	935	0	398.166
APM Itajaí	14	2	75.000	535	0	323.565
TECON Salvador	15	6	83.000	617	0	289.500
Sepetiba TECON	14.5	6	200.000	810	0	228.173
TVV	12.5	3	108.000	450	0	216.861
Multiorio	12.6	4	144.000	800	0	196.223
APM Pecém	13.5	0	361.650	760	6	180.335
Libra Rio de Janeiro	13	4	190.000	545	0	160.599
Ecoporto	12	3	181.000	703	0	154.247

Fonte: Website dos terminais.

APÊNDICE B – INFRAESTRUTURA DOS TERMINAIS PORTUÁRIOS DO CENÁRIO ///

	Profundidade [m]	Equipamentos	Área Total [m ²]	Extensão do cais [m]	Quantidade de guindastes	TEU's movimentados
BTP	13.5	8	490.000	1.108	0	1.140.191
Porto Chibatão	20	10	372.000	1.420	0	450.544
APM Itajaí	14	2	75.000	535	0	323.565
Porto Itapoá	16	6	146.000	630	0	5599.005
TCP	12	3	303.000	879	0	782.346
PPC	15.7	25	470.000	1.710	0	3.468.283
Colon Container Terminal	15.8	13	740.000	1.258	0	3.286.736
KFTL	13	19	194.000	2.310	0	1.638.113
CGSA	10	6	247.994	700	0	1.621.381
Freeport Container Port	16	10	570.000	1.036	0	1.400.000

Fonte: Website dos terminais.