

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS GRADUÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO TRANSPORTES

PAULA CIPRIANO

**MENSURAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS TERMINAIS
BRASILEIROS MOVIMENTADORES DE GRANÉIS APÓS A
IMPLEMENTAÇÃO DA LEI N° 12.815/2013 VIA ANÁLISE
ENVOLTÓRIA DE DADOS**

Vitória – ES

2019

PAULA CIPRIANO

**MENSURAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS TERMINAIS BRASILEIROS
MOVIMENTADORES DE GRANÉIS APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DA LEI
Nº12.815/2013 VIA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo, como pré-requisito para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, na Área de concentração de Transportes

Orientadora: Prof.^a Dra. Marta Monteiro da Costa Cruz.

Vitória – ES

2019

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica, Universidade Federal do Espírito Santo, ES
Brasil)

Cipriano, Paula.
Mensuração da eficiência dos terminais brasileiros movimentadores
granéis após a implementação da lei n°. 12.815/2013 via análise envoltória de
dados / Paula Cipriano. – 2019.
70f.

Orientador: Marta Monteiro da Costa Cruz
Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito
Santo, Centro Tecnológico.

1. Análise envoltória de dados (DEA). 2. Portos. I. Cruz, Marta Monteiro da
Costa. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 624

**MENSURAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS TERMINAIS BRASILEIROS
MOVIMENTADORES DE GRANÉIS APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DA LEI N°
12.815/2013 VIA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo, como pré-requisito para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, na Área de concentração de Transportes

Aprovada em 26 de abril de 2019

Prof.^a Dr.^a Marta Monteiro da Costa Cruz
Doutora em Engenharia de Transportes
COPPE/UFRJ
Orientadora – UFES

Prof.^a Dr.^a Patrícia Alcantara Cardoso
Doutora em Engenharia de Produção – PUC/Rio
Membro Interno – UFES

Prof.^a Dr.^a Lidia Angulo-Meza
Doutora em Engenharia de Produção
Membro Externo – UFF

AGRADECIMENTO

Agradeço, primeiramente, a Deus pela vida e pela saúde, pois sem Ele, eu sei que nada sou.

Ao meu marido, pela compreensão, paciência e encorajamento durante esta jornada. Obrigada por entender todas as minhas horas de ausência e pelos sacrifícios em prol dos meus estudos.

À minha amada mãe e minha sogra pela total dedicação a minha filha Clara enquanto precisava estar ausente. Sem vocês teria desistido desse projeto.

À minha orientadora, professora Marta Monteiro da Costa Cruz, pela confiança depositada em mim e de que executaríamos um bom trabalho.

Agradeço aos membros da banca examinadora Prof.^a Patrícia Alcântara Cardoso e Prof.^a Lidia Angulo-Meza, pelo interesse e disponibilidade.

Aos colegas da turma PPGEG 2017/1 pelo companheirismo e diversão sempre que estávamos juntos. Foi muito bom compartilhar esses anos com vocês.

A todo corpo docente e secretaria PPGEC, pelos ensinamentos transmitidos e apoio prestado.

À CAPES pelo apoio financeiro na forma de bolsa de mestrado.

RESUMO

Em razão do contínuo crescimento dos fluxos de comércio internacional e da importância da atividade para o crescimento econômico do Brasil, e mais recentemente, com a promulgação da nova lei dos portos Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013, que visa a modernização da gestão portuária e aprimoramento do modelo de governança dos portos brasileiros, é fundamental um melhor entendimento das ferramentas de mensuração de eficiência. A utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) para a mensuração da eficiência portuária vem sendo amplamente utilizada pois trata-se de um modelo matemático não paramétrico que utiliza múltiplos dados de entrada e saída, no qual espera-se obter uma contribuição significativa para o embasamento de oportunidades de planejamento e melhores práticas para o setor. Com o objetivo de medir e avaliar a eficiência dos terminais portuários de movimentação de granéis antes e após a Lei nº 12.815, esta pesquisa analisou um conjunto de 25 terminais portuários movimentadores de granéis entre os anos de 2013 e 2018, totalizando 150 unidades tomadores de decisão (DMU). Em linha com os dados disponibilizados pelo relatório anuário da ANTAQ (Agência Nacional de Transportes Aquaviários) foi considerado como *input* o número de berços e como *outputs* o número de atracções e a carga total movimentada, a fim de, medir e avaliar a eficiência operacional dos terminais graneleiros do Brasil. No que concerne a aplicação do DEA e identificação de eficiência no setor portuário, e principalmente, no papel de forte ferramenta de apoio à gestão, os resultados adquiridos reforçam que a Lei nº 12.815/2013 contribuiu para o crescimento do setor portuário, alcançando o objetivo proposto pelo estudo.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados, Terminais Portuários Brasileiros, DEA e Eficiência Portuária.

ABSTRACT

Due to the continued growth of international trade flows and the importance of the activity for Brazil's economic growth, and more recently, with the promulgation of the new ports law, Law no. 12.815, of June 5th 2013, that aims to modernization of port management and improvement of the governance model of Brazilian ports, a better understanding of efficiency measurement tools is fundamental. The use of Data Envelopment Analysis (DEA) to measure port efficiency has been widely used because it is a non-parametric mathematical model that uses multiple input and output data, in which it is expected to make a significant contribution to the basis of planning opportunities and best practices. With the objective of measuring and evaluating the efficiency gains of port terminals for bulk cargo handling before and after Law No. 12,815, this research analyzed a set of 25 bulks carrier port terminals from 2013 to 2018, in total of 150 decision making units (DMU). In line with the data provided by the ANTAQ's (National Waterway Transportation Agency) annual report the input considered was number of berth and the outputs were the number of vessels received and the total cargo load, in order to measure and evaluate operational efficiency of bulk terminals in Brazil. Regarding the application of the DEA and the identification of port efficiency, and especially in the role of a strong management support tool, the results obtained reinforce that Law n° 12.815/2013 contributed to the growth of the port sector, reaching the objective proposed by the study.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Brazilian Port Terminals, DEA and Port Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dimensões Típicas dos Navios Graneleiros	24
Figura 2 - Dimensões dos Navios de Granel Líquido e Gasoso	25
Figura 3 - Retorno Constante de Escala.....	27
Figura 4 - Retorno Crescente de Escala.....	28
Figura 5 - Retorno Decrescente de Escala	28
Figura 6 - Curva S	30
Figura 7 - Fronteira de Eficiência.....	30
Figura 8 - Exemplo com <i>Input</i> e <i>Output</i> Únicos	32
Figura 9 - Representação das Fronteiras BCC e CCR	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Movimentação de Cargas Portuárias (Brasil).....	43
Gráfico 2 - Participação por Natureza de Carga (2013-2018).....	44
Gráfico 3 - Movimentação TUP e Porto Organizado.....	45
Gráfico 4 - Eficiência dos Terminais/Ano	53
Gráfico 5 – Evolução na quantidade de terminais eficientes entre 2013 e 2018	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de Portos e Terminais no Brasil.....	20
Tabela 2 - Resultado da Análise DEA BCC.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Total de Carga a Granel Movimentada Entre os Anos de 2013 e 2018.....	46
Quadro 2 - Matriz de Correlação	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviário
BBC – Banker, Charnes e Cooper
CCR – Charnes, Cooper e Rhodes
DEA – *Data Envelopment Analysis* ou Análise Envoltória de Dados
DMU – *Decision Making Units* ou Unidades Tomadoras de Decisão
DRS – *Decreasing Returns to Scale* ou Retornos Decrescentes à Escala
ETC – Estação de Transbordo de Carga
FDH – *Free Disposal Hull* ou Livre Disposição de Envoltória
FMM – Fundo da Marinha Mercante
GNL – Gás Natural Liquefeito
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT – Instalação Portuária de Turismo
IRS – *Increasing Returns to Scale* ou Retornos Crescentes à Escala
MICS – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MT – Milhões de Tonelada
PMO – Produtividade Média Operacional
PNLP – Plano Nacional de Logística Portuária
PIL-Portos – Plano de Investimento em Logística – Portos
REIDI – Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura
SEP/PR – Secretaria dos Portos da Presidência da República
SIG – Sistema de Informações Gerenciais
TEU - *Twenty-Foot Equivalent Unit* ou Uma Unidade equivalente a 20 Pés
TMA - Tempo Médio Atracado
TUP – Terminal de Uso Privado
UNID - Unidade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 OBJETIVOS	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 MARCOS LEGISLATÓRIOS PORTUÁRIOS BRASILEIROS E O SISTEMA PORTUÁRIO BRASILEIRO	18
2.1.1 Sistema Portuário Nacional: Situação Atual	20
2.1.2 Característica dos Portos	22
2.1.3 Avaliação de Desempenho Portuário	25
2.2 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA	27
2.2.1 Definição e Características dos Modelos de Análise Envoltória de Dados	31
2.2.2 Procedimento para Aplicação em DEA	36
2.3 OS MODELOS DEA APLICADO AO SETOR PORTUÁRIO	38
3 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL DOS TERMINAIS PORTUÁRIOS ATRAVÉS DO DEA.....	43
3.1 SELEÇÃO DAS DMUs	43
3.2 COLETA DE DADOS	46
3.3 DEFINIÇÃO E APLICAÇÃO DO MODELO DEA	48
4 RESULTADOS.....	51
4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	51
5 CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS	58
ANEXOS.....	67
ANEXO A - Base de Dados.....	68

1 INTRODUÇÃO

A importância do transporte marítimo está ligada à intensificação das relações comerciais e o transporte de mercadorias entre as nações, sustentando o crescimento e desenvolvimento do setor, bem como, a relação entre o desenvolvimento econômico e o investimento em infraestrutura de transportes (CLARK, DOLLAR e MICCO, 2004).

As economias começam a adotar estratégias de desenvolvimento e enfatizam a integração do comércio por meio de redução de barreiras tarifárias e não tarifárias, o que possibilita uma maior abrangência de mercado e competitividade dos preços, assim, os custos de transportes passam a ter um caráter relevante, no qual torna a eficiência dos portos um dos principais fatores a serem considerados. Dessa forma, o sistema portuário não pode ser um gargalo na cadeia produtiva visto o impacto direto na economia e no crescimento de uma nação (CLARK, DOLLAR e MICCO, 2004).

As necessidades de progressos nas infraestruturas portuárias brasileiras levaram à reformulação do marco regulatório que rege as operações do setor através da Lei N° 12.815, de 5 de junho de 2013 que, preponderantemente, busca o estímulo à modernização portuária; o aumento na oferta de infraestrutura pela iniciativa privada; o estímulo à concorrência intra e entre portos; modicidade e publicidade de tarifas e preços portuários e modernização e otimização da infra e superestrutura portuárias existentes (FARRANHA, FREZZA e BARBOSA, 2015).

A infraestrutura portuária nacional vem sendo objeto de estudo de vários autores como Acosta *et al.* (2011), Bertolo *et al.* (2011), Cortez *et al.* (2013), Júnior *et al.* (2013), Wanke (2013), Wanke e Barros (2015) e Wanke e Barros (2016) que avaliaram o desempenho dos portos públicos e terminais privados.

Nesta temática, essa dissertação se propõe a medir e avaliar a eficiência dos terminais brasileiros movimentadores de granéis antes e após a implementação da Lei N°. 12.815, sob a perspectiva da técnica DEA. Para isto, foi avaliado um conjunto de 25 terminais portuários movimentadores de granéis entre os anos de 2013 e 2018. Os 25 terminais

analisados representaram neste período 73% do volume de carga, à granel, movimentada pelo país.

1.1 JUSTIFICATIVA

A correta compreensão da infraestrutura portuária pode gerar ganhos tanto para o porto quanto para o sistema portuário no que se trata de logística. Diante disto, a aplicação e elaboração de uma análise que reflita o nível de eficiência portuária e sua relevância para o desempenho do porto servirá de ferramenta de auxílio no planejamento na melhoria da cadeia logística.

Entende-se que, a necessidade de controle do desempenho portuário torna-se primordial para que o serviço prestado suporte a eficiência operacional e competitividade dos produtos nacionais em mercados internacionais. Torna-se relevante então, que as organizações conheçam e compreendam os métodos de mensuração de eficiência e avaliação de desempenho a fim de promover o entendimento do cenário avaliado e propor melhores práticas.

Aliado a este fato, a escolha desta temática pela escassez de estudos que façam uma análise quanto a aplicabilidade da nova lei dos portos e ganhos adquiridos, proporcionando um melhor planejamento e investimento para o setor. O estabelecimento da fronteira de eficiência é uma ferramenta para a tomada de decisão para a redução de custos, otimização de produção e máxima eficiência.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é medir e avaliar a eficiência dos terminais portuários brasileiros movimentadores de granéis antes e após a implementação da Lei N°. 12.815, através da Análise Envoltória de Dados. Para tanto, foi aplicado o modelo DEA BCC, orientado a produto, fundamentando-se no aumento dos produtos e constância nos insumos (BANKER, CHARNES e COOPER, 1984). Optou-se pela utilização do modelo

DEA BCC devido à grande disparidade entre os terminais portuários avaliados e por não haver a presunção de proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*.

Para atender ao objetivo desta pesquisa foi considerado como variável de entrada, o número de berços dos terminais (unidades) e como variáveis de saída o número de atracções (unidades) e a carga total movimentada (tonelada). Foram avaliados 25 terminais portuários movimentadores de granéis gerais (sólidos, líquidos e gasosos) entre os anos de 2013 e 2018, totalizando 150 unidades tomadoras de decisão (DMUs).

Os objetivos específicos alcançados durante a pesquisa foram:

- Identificar, por meio de pesquisa de literatura, as variáveis relevantes para análise de eficiência através da aplicação da metodologia DEA;
- Levantar e selecionar as variáveis para análise dos terminais movimentadores de granéis brasileiros;
- Aplicar o método DEA visando determinar a eficiência dos terminais portuários movimentadores de granéis no Brasil e
- Analisar e comparar as eficiências dos terminais portuários considerados no estudo.

Esta dissertação foi estruturada em cinco capítulos. No capítulo 1 é apresentado uma introdução, objetivos e justificativa. No capítulo 2 é feito uma revisão bibliográfica sobre os marcos legislatórios do setor portuário brasileiro; realiza o diagnóstico atual do sistema portuário; faz a caracterização dos portos analisados; apresenta as medidas de avaliação de desempenho para o setor portuário; discursa acerca de análise de eficiência e por fim é feito uma abordagem sobre a metodologia Análise Envoltória de Dados (DEA), seus conceitos e aplicações.

O capítulo 3 apresenta a análise de eficiência dos terminais portuários através do DEA, o universo pesquisado, o processo de seleção das variáveis de *input* e *output* do modelo DEA, como se procedeu a coleta de dados e fontes selecionadas, validação das variáveis do modelo e as limitações do método de pesquisa identificada.

O capítulo 4 mostra a análise dos resultados da aplicação do método DEA, identificando o nível de eficiência das unidades conforme o cenário proposto. Através dessa mensuração foi possível identificar as unidades eficientes, bem como, a influência da nova Lei dos Portos no desempenho operacional nos terminais avaliados.

Por fim, no capítulo 5, são apresentadas as considerações finais do estudo, as contribuições da metodologia para o setor, a identificação do impacto da nova lei no setor portuário e as sugestões de estudos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O objetivo deste capítulo é apresentar o sistema portuário nacional, representando as características relevantes ao contexto desta pesquisa, provenientes da evolução histórica, bem como o entendimento sobre o papel dos portos na economia e a relevância da avaliação de suas eficiências. Também serão apresentados os conceitos fundamentais de Análise de Envoltória de Dados (DEA) que foram utilizados para as análises propostas no objetivo.

Este capítulo divide-se em três seções. Na primeira seção, são apresentados os marcos legislativos portuários brasileiros; a situação de atuação do sistema portuário nacional; as características dos portos analisados e uma visão geral da avaliação de desempenho portuário. Na segunda seção são apresentadas características da análise de eficiência e conceitos básicos, a metodologia DEA, definições, modelos e características e, por fim, na terceira seção são apresentados os principais estudos no setor portuário utilizando DEA.

2.1 MARCOS LEGISLATÓRIOS PORTUÁRIOS BRASILEIROS E O SISTEMA PORTUÁRIO BRASILEIRO

O sistema portuário brasileiro tem como seu primeiro grande marco a Carta Régia promulgada por D. João VI datada de 28 de janeiro de 1808, na qual, dá-se a abertura dos portos do Brasil às nações amigas e, assim, surge no país a noção de controle de navegação marítima. A partir deste acontecimento, as primeiras e principais concessões para o exercício das atividades portuárias no Brasil foram instauradas (BERTOLOTO, 2010). Com a criação da Lei de 29 de agosto de 1828, objetivou-se atrair os primeiros investimentos privados para o desenvolvimento dos portos brasileiros com o estabelecimento de um sistema de concessões, reconhecido, posteriormente, pelo Decreto Imperial nº 1.746, de 13 de outubro de 1869, no qual, o Governo autoriza a construção de instalações portuárias pelo país e a atividade portuária passa a ser considerada uma atividade privada controlada pelo governo e, assim, inicia-se a fase de exploração privada nos portos organizados brasileiros (BERTOLOTO, 2010). Durante os anos seguintes e até a Revolução de 30, as atividades portuárias eram conduzidas pelo sistema privatizado

vindo a ser alterado a partir da criação do Estado Novo, período que o Governo assume o controle das atividades, tendo em vista o caráter desenvolvidor econômico da atividade portuária. (ALMEIDA, 2011).

O segundo grande marco no sistema portuário brasileiro ocorreu em 25 de fevereiro de 1993 com a Lei nº 8.630, conhecida como a Lei de Modernização dos Portos, que dispunha sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e instalações portuárias cujo objetivo era o processo de modernização do sistema através do incremento da competitividade dos portos brasileiros perante aos concorrentes internacionais (BRASIL, 1993). Nesta mesma fase, em 5 de junho de 2001 foi decretado, através da Lei nº 10.233 a criação da ANTAQ (Agência Nacional de Transportes Aquaviário) que passou a ser o órgão regulador do setor, responsável pela fiscalização e exploração da infraestrutura aquaviária (BRASIL, 2001). Com a criação da Secretaria dos Portos da Presidência da República (SEP/PR), por meio da Lei nº 11.518, de 5 de setembro de 2007, um novo passo para o planejamento e aumento da competitividade dos portos brasileiros foi determinado. O sistema portuário passou a ter uma visão estratégica e desenvolvimentista, através da implementação de diretrizes para o fomento do setor, pois não acompanhava o ritmo de crescimento e desenvolvimento do país. Assim, passou a ser papel da SEP/PR, a participação nos planos estratégicos nacionais com vistas para a melhoria da eficiência no transporte de cargas e passageiros no Brasil (BRASIL, 2007).

O terceiro grande marco ocorreu em 5 de junho de 2013, com a Lei nº 12.815, que estabeleceu novos critérios para a exploração e arrendamento, por meio de contratos de cessão para uso, para a iniciativa privada de terminais de movimentação de carga em portos públicos. O intuito desta nova lei foi de ampliar os investimentos privados e modernizar os terminais, a fim de baixar os custos de logística e melhorar as condições de competitividade da economia brasileira e facilitar a instalação de novos terminais portuários (BRASIL, 2013). Um estudo recente, realizado por Leite (2019), verificou-se o impacto positivo da nova lei para o crescimento do setor quanto ao total de carga movimentada nos portos nacionais e projeção de crescimento até o ano de 2038.

2.1.1 Sistema Portuário Nacional: Situação Atual

Os sistemas de transportes caracterizam-se como elos nas cadeias produtivas e sua eficiência são determinantes para as economias mundiais. Neste contexto, o sistema portuário tem a função de ser um integrador logístico entre os diferentes tipos de modais e possui um caráter de desenvolvedor econômico (MOGLIA e SANGUINERI, 2003).

O setor portuário brasileiro passa por um período mudanças relevantes nas últimas décadas. Por um lado, a partir da década de 90, tem-se uma expansão de capacidade física, por outro, o estabelecimento da nova lei dos portos (Lei nº 12.815/2013) visa permitir o aumento da eficiência da operação portuária através do aumento da participação privada na operação portuária. A participação da iniciativa privada na operação portuária ocorre por intermédio de terminais arrendados em portos sob gestão pública estimulando novos investimentos em superestrutura e a redução dos custos operacionais.

Atualmente, o Sistema Portuário Brasileiro é composto por instalações portuárias privadas; instalações portuárias públicas de pequeno porte e portos organizados conforme demonstrado pela Tabela 1. Os portos fluviais e lacustres são de competência do Ministério dos Transportes.

Tabela 1 - Classificação de Portos e Terminais no Brasil

Classificação de Portos	Subtipos	Quantidade
Instalações Privadas	Terminal de Uso Privado (TUP)	161
	Estação de Transbordo de Carga (ETC)	30
	Instalação Portuária de Turismo (IPT)	2
Portos Organizados	Companhias Docas	19
	Estados, municípios e consórcios	18
Instalações Portuárias Públicas de Pequeno Porte		122
Total		352

Fonte: ANTAQ (2017). Elaborado pelo autor.

A classificação dos portos brasileiros, apresentado na Tabela 1, segue o que estabelece o art. 2º da Lei nº 12.815/2013, descrito a seguir.

Art. 2º considera que são portos:

I - Porto organizado: bem público construído e aparelhado para atender a necessidades de navegação, de movimentação de passageiros ou de movimentação e armazenagem de mercadorias, e cujo tráfego e operações portuárias estejam sob jurisdição de autoridade portuária;

II - Área do porto organizado: área delimitada por ato do Poder Executivo que compreende as instalações portuárias e a infraestrutura de proteção e de acesso ao porto organizado;

III - Instalação portuária: instalação localizada dentro ou fora da área do porto organizado e utilizada em movimentação de passageiros, em movimentação ou armazenagem de mercadorias, destinadas ou provenientes de transporte aquaviário;

IV - Terminal de uso privado: instalação portuária explorada mediante autorização e localizada fora da área do porto organizado;

V - Estação de transbordo de cargas: instalação portuária explorada mediante autorização, localizada fora da área do porto organizado e utilizada exclusivamente para operação de transbordo de mercadorias em embarcações de navegação interior ou cabotagem;

VI - Instalação portuária pública de pequeno porte: instalação portuária explorada mediante autorização, localizada fora do porto organizado e utilizada em movimentação de passageiros ou mercadorias em embarcações de navegação interior;

VII - Instalação portuária de turismo: instalação portuária explorada mediante arrendamento ou autorização e utilizada em embarque, desembarque e trânsito de passageiros, tripulantes e bagagens, e de insumos para o provimento e abastecimento de embarcações de turismo (BRASIL, 2013).

O Brasil possui uma costa de 8,5 mil quilômetros navegáveis que movimentou no ano de 2018 cerca de 1,12 bilhões de toneladas de cargas diversas, sendo 948 milhões de toneladas somente com a exportação de grãos, e responde sozinho, por mais de 90% das exportações (ANTAQ, 2019).

Com a criação da Secretaria dos Portos da Presidência da República (SEP/PR) e com a promulgação da Lei nº 12.815/2013, o Governo objetivou promover novos investimentos que contribuam para a ampliação e modernização das atividades portuárias através de programas direcionados para a melhoria da infraestrutura e logística portuária com vistas para o aumento da movimentação de cargas em função do crescimento das exportações brasileiras. A SEP/PR atua na formulação de políticas e diretrizes para o desenvolvimento e promoção do setor portuário e instalações portuárias, marítimas, fluviais e lacustres, além de promover a execução de projetos que apoiem o desenvolvimento da infraestrutura dos portos e instalações portuárias marítimas, fluviais e lacustres brasileiras. Cabe ainda a

SEP/PR a elaboração de planos gerais que visem fomentar a modernização, a eficiência, a competitividade e a qualidade das atividades portuárias (SEP/PR, 2018a).

Para estimular e atrair os investimentos, o Governo Federal criou incentivos fiscais para o setor, entre os quais destacam-se: o Regime Tributário para Incentivo à Modernização e à Ampliação da Estrutura Portuária – Reporto; o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI) e as Debêntures de Infraestrutura; e o Fundo da Marinha Mercante – FMM, que é um fundo contábil, destinado a prover recursos para o desenvolvimento da Marinha Mercante e da indústria de construção naval brasileira, conforme art. 22 da Lei N° 10.893/2004 (SEP/PR, 2018b).

2.1.2 Característica dos Portos

O gerenciamento logístico envolve muitas decisões e escolhas para realização do transporte de cargas, em que o porto representa um importante elo desta cadeia. O estudo da carga a ser transportada, como tipo e natureza, determina a forma que o processo deve ser gerenciado. Na gestão desta cadeia, é necessário um conhecimento detalhado das especificações dos equipamentos e modais de transporte. De modo que, estas especificações são importantes para que as empresas transportadoras possam selecionar qual porto ideal para realizar sua função logística no fluxo de transporte e transferência das cargas (SILVA, 2016).

O planejamento operacional é crucial para o desempenho das atividades de um terminal portuário, fato que necessita de um entendimento sistemático e profundo dos procedimentos operacionais. O detalhamento do gerenciamento das operações de um terminal portuário assegura a utilização correta de recursos e controle das atividades executadas (UNCTAD, 1985).

Posto isso, para realização deste planejamento de forma efetiva, no que tange, o fluxo logístico, a capacidade e desempenho do porto é fundamental o entendimento do principais elementos de operação, as características de cada tipo de terminal, o tipo de carga

movimentada, tipologia de armazenagem, especificações de equipamentos e tipos de navios operados (UNCTAD, 1985).

2.1.2.1 Terminais de Granel Sólido

Os terminais de granéis sólidos são responsáveis pela a movimentação de cargas secas, em grande volume, em sua maioria, em destaque granéis agrícolas (soja, milho, trigo e açúcar) e granéis minerais (minério de ferro, carvão, sal, adubos e fertilizantes).

Estes terminais diferenciam-se entre atividades de embarque e desembarque, podendo um ou mais berços que se dediquem para a operação exclusiva de um tipo de granel. Em sua grande maioria, os berços dedicados para granéis sólidos, possuem equipamentos com elevada capacidade de transferência e rotatividade de navios. (ALFREDINI e ARASAKI, 2014).

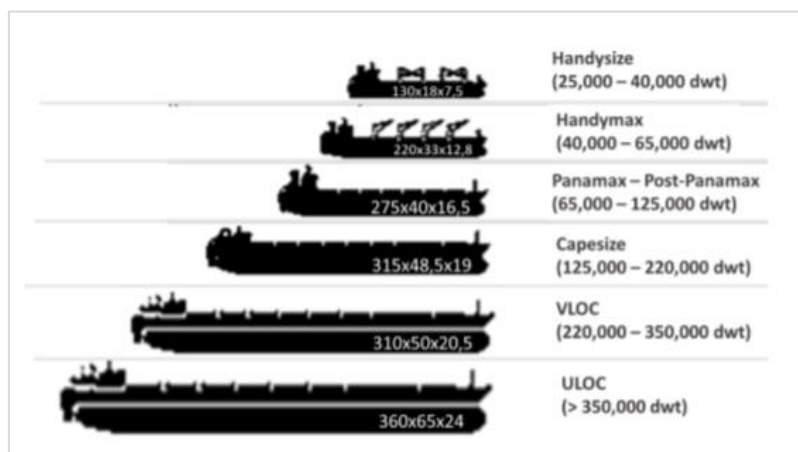
O granel sólido é movimentado a partir de equipamentos carregadores ou descarregadores direcionados para área de estocagem através de correias transportadoras. A estocagem pode ser realizada nos seguintes tipos:

- Pátio: produto estocado a céu aberto voltados para cargas que não sofram a influência de condições climáticas, como é o caso do minério de ferro e do carvão;
- Cobertas: área utilizada por produtos que sofrem influência de condições climáticas, como é o caso de fertilizantes e alguns produtos agrícolas, como o açúcar e
- Silos: muito utilizado para estocar produtos que sofram influência de condições climáticas e pesticidas, como é o caso de grãos como a soja e o trigo.

Alfredini e Araski (2014) reforçam ainda que produtos que demandam um curto tempo de estocagem, e que se constituem em pó fino e controle de poeira são acondicionados em silos, preferencialmente, pois possuem equipamentos eficientes para movimentação de

carga. A figura 1 apresenta os principais tipos de navios graneleiros e suas dimensões típicas.

Figura 1 - Dimensões Típicas dos Navios Graneleiros







Fonte: Vieira (2018).

A taxa de carregamento, normalmente medida em toneladas por hora, varia conforme a especificação técnica do equipamento e plano de carga do navio. Em sua grande maioria, as taxas de carregamentos são superiores às taxas de descarregamento nos terminais de exportação e importação, respectivamente (ALFREDINI e ARASAKI, 2014).

2.1.2.2 Terminais de Granel Líquido e Gasoso

Os terminais de granéis líquidos são responsáveis pela movimentação de cargas líquidas em navios especializados que transportam líquidos, principalmente, os derivados de petróleo, óleos alimentares, gás natural liquefeito (GNL) e produtos químicos. A movimentação de carga é geralmente através de dutos e elementos conectados por estruturas leves. Na descarga, a operação utiliza equipamentos de bombas da própria embarcação, enquanto, no carregamento a movimentação de carga ocorre pelos equipamentos do próprio terminal (ALFREDINI e ARASAKI, 2014). A Figura 2 apresenta os principais tipos de navios de granel líquido.

Figura 2 - Dimensões dos Navios de Granel Líquido e Gasoso

	Aframax (75,000 – 115,000 dwt)
	Suezmax (115,000 – 150,000 dwt)
	VLCC (150,000 – 320,000 dwt)
	ULCC (> 320,000 dwt)

Fonte: Vieira (2018).

A estocagem da carga é feita em tanques de aço cobertos. Para o caso de terminais de gases liquefeitos, o produto é armazenado em tanques projetados para baixas temperaturas e altas pressões. Os tanques estão localizados próximos ao terminal e são utilizados estrategicamente como ponto de estoque e requerem atenção elevada quanto às questões ambientais e saúde e segurança, devido ao caráter inflamável dos produtos (ALFREDINI e ARASAKI, 2014).

2.1.3 Avaliação de Desempenho Portuário

O crescimento do comércio internacional e o desenvolvimento econômico de um país são diretamente impactados pelas atividades marítimas (FALCÃO e CORREIA, 2012). Posto isso, o processo de especialização de terminais portuários passa a ser um fator determinístico para que cada país mantenha altos índices de produtividade e níveis de serviço. Neste sentido, a avaliação do desempenho e da eficiência portuária são importantes para a melhoria e qualidade do setor.

Ferreira Bertoloto e Soares de Mello (2010) apontam que a análise de desempenho portuário permite avaliar a eficiência dos portos e obter uma visão geral do setor. É crescente a busca por métodos de avaliação de desempenho que atendam às exigências do mercado no qual os portos devem estar cada vez mais equipados, possuir mão de obra qualificada, ter instalações adequadas e funcionais, estar conectado a outros modais, estar

apto a atender novas demandas e assim se manter competitivo no mercado (R. CALDEIRINHA, FELÍCIO e COELHO, 2011).

Segundo Filho (2008), a eficiência portuária pode ser medida através do tempo de estadia do navio, ou, especificamente, pelo seu rendimento operacional expresso em diversas unidades tais como: toneladas embarcadas por navio por dia; por hora; por metro de cais; entre outros.

Segundo Cardoso (2011), para uma gestão de desempenho portuário eficiente são cruciais a identificação e o controle dos processos críticos responsáveis pela execução das metas planejadas pela organização. Ainda neste contexto, R. Caldeirinha, Felício e Coelho (2011) recomendam a abordagem através do método DEA, em três dimensões: operacional; financeira e eficiência. A primeira considera que o desempenho é obtido por indicadores de movimentação total de cargas e concluem que o desempenho operacional do porto é influenciado pela localização, tamanho, infraestrutura, especialização e serviços marítimos disponíveis. Na segunda o desempenho é obtido através de indicadores de receita bruta da autoridade portuária por funcionário por tonelada e é afetado pela localização, infraestrutura, especialização, serviços e governança. Na terceira dimensão o desempenho é obtido através do método DEA, índice para medir a relação entre os resultados e entradas, e, que é diretamente influenciada pela infraestrutura, especialização, serviços marítimos, integração logística e governança.

Falcão e Correia afirmam (2012) que diferentes métodos de mensuração têm sido utilizados para medir a eficiência dos portos, tendo destaque o método DEA cuja aplicação nas análises de desempenho portuário é crescente nos últimos anos, por ser uma metodologia

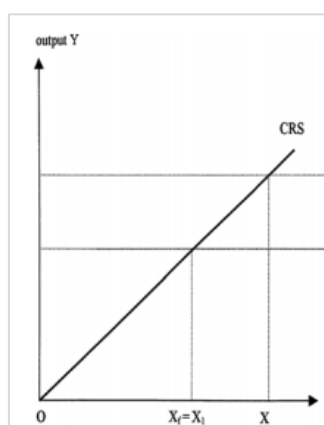
que gera retornos para a busca da melhoria contínua e melhoras práticas para o setor. Kirchner (2013) e Martins (2015) explanam que devido às particularidades físico-operacionais dos portos têm-se um grande desafio na gestão e avaliação operacional portuária. Os autores ratificam que se faz necessário considerar um conjunto de indicadores que tenham relação e representem o desempenho portuário. Dentre estes se destacam: movimentação de carga; a movimentação de navios; o tamanho e quantidade de berços; o tamanho do cais e do porto; calado; prancha operacional; entre outros. Na próxima seção, são apresentados os conceitos fundamentais sobre medidas de eficiência e análise de envoltória de dados (DEA).

2.2 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA

O funcionamento de um dado sistema é obtido através da avaliação de desempenho dele. Para a melhor compreensão dos métodos de análises de desempenho alguns fatores são essenciais, dentre os quais, destacam-se a produtividade, a eficiência e a eficácia, bem como, os fatores de escala e a fronteira de produção ligado à eficiência.

Os fatores de escala permitem analisar a variação da produção (*output*) em correspondência com a variação da quantidade de entradas (*input*) num sistema de produção, pode ser dividida em constantes e variáveis. Os fatores constantes indicam que a quantidade de recursos (*inputs*) aumentará ou diminuirá proporcionalmente à quantidade dos produtos (*outputs*), conforme Figura 3.

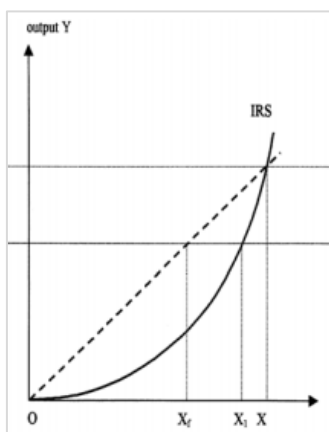
Figura 3 - Retorno Constante de Escala



Fonte: Dhehibi, Bahri e Annabi (2012).

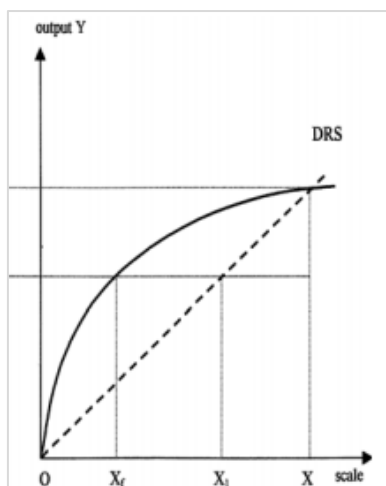
Quando ocorrem fatores variáveis, estes podem ser crescentes ou decrescente. Os fatores variáveis crescentes (Figura 4) acontecem quando o aumento da quantidade de utilização do fator de produção (*input*) determina um aumento mais do que proporcional da quantidade do produto final (*output*).

Figura 4 - Retorno Crescente de Escala



Fonte: Dhehibi, Bahri e Annabi (2012).

Figura 5 - Retorno Decrescente de Escala



Fonte: Dhehibi, Bahri e Annabi (2012).

Os fatores variáveis decrescentes acontecem quando o aumento da quantidade de utilização do fator de produção (*input*) determina um aumento de menos do que proporcional da quantidade do produto final (*output*). Anjos (2005) afirma que, a fronteira de produção é a máxima quantidade de produtos (*outputs*) que podem ser obtidos com os

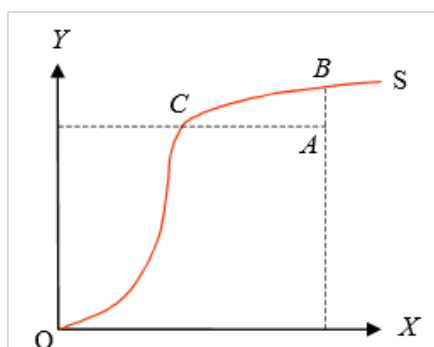
recursos (*inputs*) utilizados ou o inverso. Além do mais, os métodos de fronteira determinística ou estocástica medem a produtividade técnica de processos com múltiplos produtos e fatores.

A produtividade é a razão entre o que foi produzido e o que foi gasto para produzir. A determinação da produtividade de uma unidade produtiva fornece muitos benefícios para os gestores, dentre os quais, destacam-se a identificação das unidades mais produtivas, o estabelecimento da quantidade e do uso dos recursos de forma otimizada e a definição da quantidade necessária de investimento para aumentar a produção. De forma genérica, uma empresa é mais produtiva que outra porque tomou decisões que lhe permitem aproveitar melhor os recursos. O importante é que a maior produtividade é, geralmente, decorrente de alguma decisão tomada (COELLI, RAO, *et al.*, 2005).

A eficiência é medida entre a proximidade do que foi produzido e a quantidade de referência. É um conceito relativo pois compara o que foi produzido, dado os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos (SOARES DE MELLO, ANGULO-MEZA, *et al.*, 2005).

Há importantes distinções na forma de avaliar a eficiência. Os métodos paramétricos supõem uma relação funcional pré-definida entre os recursos e o que foi produzido, utilizando médias para determinar o que poderia ter sido produzido. A Análise de Envoltória de Dados não faz nenhuma suposição funcional e considera que o máximo que poderia ter sido produzido é obtido por meio da observação das unidades mais produtivas. Esta relação pode ser verificada na Figura 6 onde o eixo X representa os recursos e Y representa a produção. A curva S, chamada de fronteira de eficiência, sinaliza o máximo que foi produzido para recurso. A região abaixo da curva S é denominada por Conjunto Viável de Produção (BESSENT, BESSENT, *et al.*, 1988).

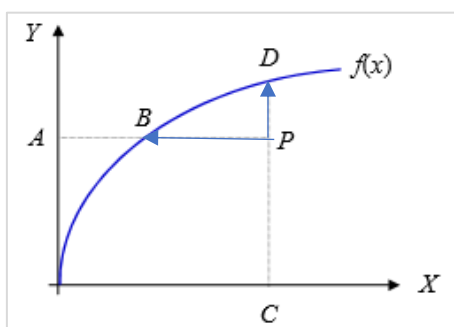
Figura 6 - Curva S



Fonte: Soares de Mello, Angulo-Meza, *et al.*(2005).

Ainda conforme Bessent *et al.* (1988), existem duas formas de uma unidade não eficiente tornar-se eficiente. A primeira é através da redução dos recursos, ao manter constante os produtos (orientação a *inputs*) e a segunda é aplicar o inverso (orientação a *output*). A Figura 7, representa as duas orientações que a unidade ineficiente pode adotar para se tornar eficiente.

Figura 7 - Fronteira de Eficiência



Fonte: Soares de Mello, Angulo-Meza, *et al.*(2005).

Pode-se verificar pela Figura 7, que a fronteira de eficiência é definida por $f(x)$. A DMU ineficiente P precisa caminhar até o ponto B se quiser tornar-se eficiente reduzindo recursos. No entanto, se preferir aumentar os produtos, tem que caminhar até o ponto D . No primeiro caso, a eficiência é definida pelo quociente AB/AP e é um número entre 0 e 1. Já no segundo caso, a eficiência é dada por CP/CD que também é um valor entre 0 e 1.

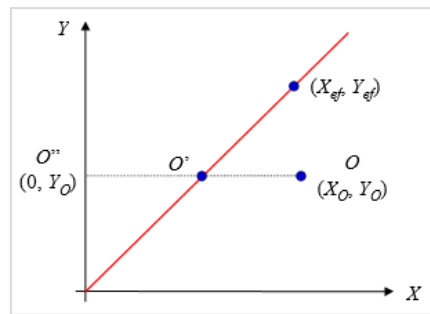
A eficácia é a capacidade de a unidade produtiva atingir a produção que tinha como meta. Ou seja, está direcionada apenas ao que é produzido, não considera os recursos utilizados para a produção (SOARES DE MELLO, ANGULO-MEZA, *et al.*, 2005).

2.2.1 Definição e Características dos Modelos de Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de Dados (DEA) foi desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978 baseados na definição de eficiência de Farrel em 1957, cujo objetivo era a construção de um método para mensurar a eficiência de escolas inglesas (FERREIRA e GOMES, 2009). Ainda segundo Ferreira e Gomes (2009), a partir do método proposto por Farrel (1957), Charnes, Cooper e Rhodes (1978) desenvolveram a metodologia DEA, baseado em programação linear, na qual a medida de eficiência das unidades tomadoras de decisão (DMU) é a razão da soma ponderada dos produtos (*outputs*) pela soma ponderada dos insumos (*inputs*).

O objetivo de aplicação do DEA baseia-se na comparação de um determinado conjunto de DMUs, pertencentes a um conjunto homogêneo e que desenvolvam atividades similares, mas que diferem na quantidade de insumos consumidos e produtos produzidos (SOARES DE MELLO, ANGULO-MEZA, *et al.*, 2003). Senda assim, Análise Envoltória de Dados é um método não paramétrico de avaliação de eficiência que compara as entidades (DMU) de mesma natureza que possuem múltiplos dados de entradas (*inputs*) e/ou saídas (*outputs*) no qual é modelado o mundo real (THANASSOULIS, BOUSSOFIANE e DYSON, 1996).

Soares de Mello, Angulo-Meza, *et al.* (2005), afirmam que, a eficiência é uma reta que passa pela origem e de declividade igual à produtividade da DMU mais produtiva, varia entre 0 e 1, onde as empresas mais eficientes recebem pontuação máxima e se encontram sobre fronteira de eficiência. Neste item, a eficiência explicada considera somente um *input* e um *output*. A DMU eficiente é representada pelo ponto de coordenada (X_{ef}, Y_{ef}) . Ao considerar a DMU $O (X_o, Y_o)$ como DMU ineficiente e ao assumir a orientação a *inputs*, o ponto O'' é a projeção de O no eixo Y e o ponto O' é a projeção de O na fronteira eficiente. A Figura 8 ilustra o conceito.

Figura 8 - Exemplo com *Input* e *Output* Únicos

Fonte: Soares de Mello, Angulo-Meza, *et al.*(2005).

Ainda neste contexto, Soares de Mello, Angulo-Meza, *et al.* (2005), reforçam que, com a projeção horizontal, o valor da ordenada não se altera. Assim, o ponto O'' tem por coordenadas $(0, Y_O)$, uma vez que está sobre o eixo. As coordenadas do ponto O' , é o resultado da intersecção da fronteira eficiente com a reta horizontal que passa por O .

Considerando $O''(0, Y_O)$, o sistema $\begin{cases} Y = Y_O \\ Y = \frac{Y_{ef}}{X_{ef}} X \end{cases}$ fornece as coordenadas $X_{O'} = \frac{Y_O X_{ef}}{Y_{ef}}$ e $Y_{O'} =$

Y_O . A produtividade da DMU eficiente é o coeficiente angular α da reta, dado por $\alpha = \frac{Y_{ef}}{X_{ef}}$. A eficiência de O é $Ef = O'O''/O''O$.

Visto que, o numerador da expressão acima é abscissa de O' e o denominador é a abscissa de O , tem que:

$$Ef = \frac{O'O''}{O''O} = \frac{\frac{Y_O X_{ef}}{Y_{ef}}}{X_O} = \frac{Y_O}{X_O} \frac{1}{\frac{Y_{ef}}{X_{ef}}} = \frac{P_O}{P_{ef}} \quad (1)$$

Assim, observa-se que neste modelo, a eficiência de uma DMU é a razão entre a sua produtividade (P_O) e a produtividade da DMU mais eficiente (P_{ef}).

No que se refere aos casos de múltiplas entradas e saídas, é realizada a atribuição de pesos aos fatores de entradas e saídas para cada unidade produtiva. Dessa forma, a eficiência é interpretada como o quociente entre uma soma ponderada dos produtos e uma

soma ponderada dos recursos, cujos pesos, maximizam essa razão (SOARES DE MELLO, ANGULO-MEZA, *et al.*, 2005).

O resultado da eficiência tem que ser entre 0 e 1, assim, os pesos que uma DMU O escolhe, quando aplicados a ela mesma e às outras (no total de k DMUs) não podem dar um quociente superior à unidade. Tais considerações levam ao problema de programação matemática apresentado em (2).

$$\text{Maximizar } \frac{uY_O}{vY_O} \quad (2)$$

Sujeito a

$$\frac{uY_k}{vX_k} \leq 1, \text{ para todo } k$$

Esta restrição é aplicada tantas vezes quantas forem o número de DMUs, ou seja, é uma restrição para cada DMU (k). Além disso, é necessário impor a restrição de não negatividade dos pesos u e v (variáveis de decisão) (SOARES DE MELLO, ANGULO-MEZA, *et al.*, 2005).

Visto que existe uma infinidade de valores das variáveis de decisão que conduzem a um mesmo resultado, aconselha-se por não calcular o valor de cada variável, mas somente o da sua razão, que tem que ser a maior possível, limitada pela restrição mais forte, que é a restrição referente à DMU mais produtiva. Para esta DMU, o maior valor da razão entre as variáveis de decisão é dado pela expressão $\mu Y_{ef}/vX_{ef} = 1$ conduz a $Ef = P_O/P_{ef}$, que é o mesmo valor encontrado anteriormente.

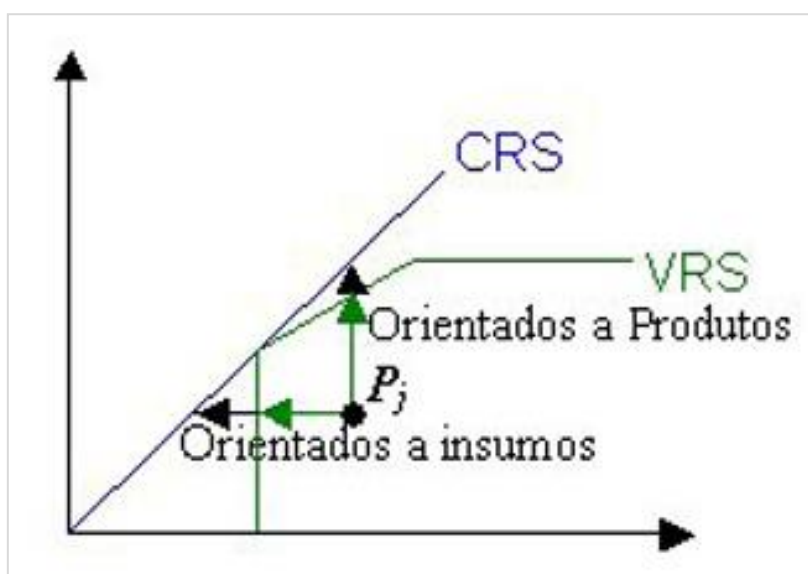
DEA foi desenvolvida para determinar a eficiência de unidades produtivas, e pode ser analisado, principalmente, por dois modelos clássicos comumente citados: o CCR e o BCC. O modelo CCR, conforme nome dos autores Charnes, Cooper e Rhodes, supõe retorno constante à escala de produção, ou seja, qualquer alteração nos insumos (*inputs*) provoca alterações nos produtos (*outputs*) (CHARNES, COOPER e RHODES, 1978). Já o modelo

BBC, conforme nome dos autores Banker, Charnes e Cooper, supõe retorno variáveis à escala de produção, desconsiderando a proporcionalidade entre insumos (*inputs*) e produtos (*outputs*) (BANKER, CHARNES e COOPER, 1984).

Os modelos CCR e BCC podem ser orientados a insumo ou a produto. O modelo orientado a insumo fundamenta-se na redução dos insumos, ou seja, considera que as produções permanecem constantes e os insumos variem para atingir a fronteira de eficiência. O modelo orientado a produto fundamenta-se no aumento dos produtos, considera que os insumos permanecem constantes e os produtos variem para atingir a fronteira de eficiência (BERTOLOTO e SOARES DE MELLO, 2011). Segundo Cullinane *et al.* (2005) ambas orientações podem ser aplicadas na mensuração da eficiência portuária, conforme o interesse da análise.

Para o modelo CCR, em ambas as orientações serão obtidos os mesmos valores de eficiência, porém, para o modelo BCC, a opção de orientação gera diferentes valores de eficiência, tendo em vista que os insumos e produtos para este modelo não são proporcionais (MARIANO, ALMEIDA e REBELATTO, 2006). A Figura 9 apresenta as fronteiras BCC e CCR.

Figura 9 - Representação das Fronteiras BCC e CCR



Fonte: Souza e Wilhelm (2009).

O entendimento das características do modelo DEA é fundamental para avaliação dos resultados gerados. Dentre as principais características, destacam-se:

- Identificar as DMUs eficientes, medir e localizar a ineficiência e estimar uma função de produção linear por partes (*piece-wise linear frontier*), que fornece o *benchmark* (referência) para as DMUs ineficientes. Ao identificar a origem e a ineficiência relativa de cada uma das DMUs, é possível analisar qualquer de suas dimensões relativas a entradas e/ou saídas. A fronteira de eficiência compreende o conjunto de DMUs Pareto eficientes (GOLANY e ROLL, 1989) e (SOARES DE MELLO, ANGULO-MEZA, *et al.*, 2005);
- Determinar a eficiência relativa das DMUs, contemplando cada uma relativamente a todas as outras que compõem o grupo a ser estudado. Assim, sob determinadas condições, DEA pode ser usado na problemática da ordenação como ferramenta multicritério de apoio à decisão já que, neste caso, estabelece uma relação binária de pré-ordem entre as DMUs (BARBA-ROMERO e POMEROL, 1997);
- Subsidiar estratégias de produção que maximizem a eficiência das DMUs avaliadas, corrigindo as ineficientes através da determinação de alvos (SOARES DE MELLO, ANGULO-MEZA, *et al.*, 2005);
- Estabelecer taxas de substituição entre as entradas, entre as saídas e entre entradas e saídas, permitindo a tomada de decisões gerenciais. O estabelecimento dessas taxas de substituição nem sempre tem solução única, já que os pesos das unidades extremo-eficientes não são únicos. As taxas de substituições são aplicadas apenas sob condição de pesos normalizados (ROSEN, SCHAFFNIT e PARADI, 1998) e (SOARES DE MELLO, ANGULO-MEZA, *et al.*, 2005);
- Apresenta dificuldade de discriminação das unidades por ser benevolente com as unidades avaliadas (SOARES DE MELLO, ANGULO-MEZA, *et al.*, 2005) e

- Independente do modelo DEA aplicado, a DMU eficiente será aquela que apresente melhor resultado entre a relação *output / input* (SOARES DE MELLO, ANGULO-MEZA, *et al.*, 2005).

Os componentes das aplicações DEA e os critérios para sua definição são a seguir detalhados.

2.2.2 Procedimento para Aplicação em DEA

Conforme afirmam Golany e Roll (1989), para aplicação dos modelos DEA são necessários o cumprimento das seguintes etapas: definição das DMUs; seleção e manipulação das variáveis (insumos e produtos) que são relevantes e apropriadas para estabelecer a eficiência relativa das DMUs selecionadas e seleção e aplicação do modelo.

2.2.2.1 Definição das DMUs

A primeira etapa na aplicação do método DEA está na seleção das DMUs que serão comparadas e analisadas. A escolha e definição das DMUs deve estar associada a um conjunto de unidades homogêneas, no qual as unidades atuem em um mesmo segmento (SALES, 2011). Athayde (2003) reforça que o método DEA trabalha com comparações entre as DMUs. Para que essa comparação tenha sentido, é necessário lidar com um grupo de unidades similares. Isso significa dizer que devem realizar as mesmas tarefas e procurar atingir os mesmos objetivos, diferenciando-se apenas em relação à intensidade ou magnitude.

Quanto ao tamanho do grupo de DMUs a serem analisadas, a literatura recomenda adotar a regra em que o número de unidades deve se aproximar, pelo menos, do triplo do produto entre as variáveis consideradas na análise, para que o modelo apresente resultados consistentes (COOPER, SEIFORD e TONE, 2006).

2.2.2.2 Seleção de Variáveis

A seleção de variáveis para análise das DMUs deve acontecer de tal forma que melhor traduza cada uma das unidades. A análise de eficiência das DMUs através do método DEA, parte da análise dos fatores de produção que evidenciam as relações destas unidades. A seleção de *inputs* e *outputs* pode ser baseada no conhecimento de especialistas, por algum método estatístico ou multicritério e devem cobrir todos os recursos usados e devem capturar todos os níveis de atividades e medidas de desempenho (SOUSA e RAMOS, 1999).

A princípio a lista de variáveis a serem consideradas na avaliação de desempenho das DMUs deve ser ampla a fim de permitir um maior conhecimento sobre as unidades a serem avaliadas e de forma que explique de forma mais clara suas diferenças (ANGULO-MEZA, 1998). Golany e Roll (1989) ratificam que uma ampla lista de variáveis é usualmente codificada, e pode ocorrer duplicações de informações, bem como o preterimento de informações relevantes e o levantamento de dados conflitantes. Dessa forma, a análise prévia dos conjuntos de variáveis é uma etapa imprescindível (SENRA, NANCI, *et al.*, 2007).

A introdução de múltiplas variáveis resulta em uma maior explicação das diferenças entre as DMUs, mas por outro lado, fará com que um número maior de DMUs esteja na fronteira, reduzindo a capacidade do DEA em discriminar as DMUs eficientes das ineficientes. Portanto, o modelo deve ser mantido o mais compacto possível para maximizar o poder discriminatório do DEA (LINS, ANGULO-MEZA e ANTUNES, 2000). Golany e Roll (1989) propuseram um procedimento para a redução da lista através da seleção de variáveis baseada em três estágios: seleção criterial, análises quantitativas não – DEA e análises baseadas no DEA. Os métodos para seleção de variáveis são instrumentos de auxílio e orientação à decisão. A escolha do método deve ser feita de forma que a análise de resultado possa ser coerente e, que seja possível verificar se houve omissão de variáveis cruciais e se há relação causal entre os pares *input-output* selecionados (SENRA, NANCI, *et al.*, 2007).

É importante salientar que, deve-se procurar um ponto de equilíbrio na quantidade de variáveis e DMUs escolhidas, de forma a garantir o poder discriminatório de DEA.

2.2.2.3 Seleção e Aplicação do Modelo

A escolha e seleção do modelo DEA a ser aplicado irá depender dos dados disponíveis e da sensibilidade do tomador de decisão, que tem que ser capaz de escolher aquele que traduza a realidade dos dados em termos de insumos e produtos.

Antes da escolha dos modelos há necessidade de se compreender como a DMU transforma os seus insumos em produtos. Compreendendo a tecnologia utilizada pela DMU, pode-se encontrar todos os pontos viáveis de produção. Para definir os modelos que representam melhor a tecnologia de produção, várias considerações devem ser adotadas no estudo, como a hipótese de rendimentos de escala e orientação do modelo (BRUNETTA, 2004).

O modelo BCC diferencia-se do modelo CCR por considerar a possibilidade de retornos crescentes ou decrescentes de escala na fronteira eficiente. Estas classes de modelos operam com diferentes tipos de tecnologia e por consequência geram fronteiras de eficiência e medidas de eficiência diferentes. Além da escolha entre CCR e BCC, existe a necessidade de fixação da ótica de análise (orientação insumo ou orientação produto). Portanto, considerando-se as formulações e o item orientação, pode-se definir quatro modelos tradicionais, modelo CCR orientação produto, CCR orientação insumo, BCC orientação produto e BCC orientação insumo.

2.3 OS MODELOS DEA APLICADO AO SETOR PORTUÁRIO

Nesta seção, são apresentados os estudos sobre eficiência portuária através da Análise Envoltória de Dados encontrados na literatura internacional e nacional que se mostraram relevantes para esta pesquisa. Dentre os elementos mais relevantes podemos citar a quantidade de DMUs, os *inputs* e *outputs* utilizados, o tipo de modelo DEA e sua orientação a insumo ou produto.

Roll e Hayuth (1993) avaliaram 20 portos e escolheram como *inputs* o capital, número de funcionários e tipos de carga, para os dados de *outputs* foram considerados o nível de serviço, a movimentação de carga, satisfação do cliente e número de atracções. Os autores concluíram que as classificações de eficiência do DEA podem ser uma ferramenta útil para gerentes de portos e pesquisadores, fornecendo uma visão mais profunda do desempenho do porto. As fraquezas podem ser detectadas, levando ao caminho para possíveis melhorias.

Já Martinez-Budría *et al.* (1999) analisaram 26 portos espanhóis entre os anos de 1993 e 1997. Os *inputs* considerados foram as despesas com funcionários, taxas de depreciação e outros gastos. Os *outputs* utilizados foram o total de carga movimentada e a receita obtida na alocação de facilidades. Os resultados obtidos mostram uma evolução diferente de cada grupo em termos de eficiência relativa. Assim, os portos de alta complexidade apresentaram maiores níveis de eficiência comparativa, aproximando-se da fronteira ao longo do tempo.

Tongzon (2001) utilizou a metodologia DEA para avaliar quatro portos australianos e doze portos europeus tendo como base os dados do ano de 1996. Foram considerados seis *inputs*, o número de funcionários, número de berço, quantidade de guindastes e rebocadores, área do terminal e tempo de atraso. Enquanto os *outputs* utilizados foram o total de contêineres em TEUs movimentados e o número de movimentação de contêiner por hora trabalhada por navio. Neste mesmo ano, Valentine e Gray (2001), analisaram a eficiência de 21 portos contêineiros, tendo como base de dados o ano de 1999, comparando as propriedades privadas e públicas. Foram analisados dois *inputs*, o comprimento total dos berços e o investimento realizado (US\$), e dois *outputs*, o número de contêiner movimentado em TEUs e o volume total movimentado em tonelagem.

Em 2004, Turner *et al.* (2004), mediram o crescimento da produtividade da infraestrutura dos portos da América do Norte entre 1984 e 1997 e a exploração das relações entre produtividade da infraestrutura, a estrutura física e a conduta da indústria. Os *inputs* considerados foram o tamanho do berço, a área do terminal e o número de guindastes. Já o *output* avaliado foi a movimentação de contêineres em TEUs.

Em 2005, Tongzon e Heng (2005), identificaram através da fronteira estocástica a relação quantitativa entre a estrutura portuária e a eficiência portuária com resultados mistos para portos contêineres. Foram avaliados seis *inputs*, o número de empregados da autoridade portuária, o número de berços, o número de guindastes, o número de rebocadores, a área do terminal e o tempo de atraso. Já para os *outputs* foram considerados o total de contêineres movimentados em TEUs e o número de movimentação de contêiner por hora trabalhada por navio.

No âmbito nacional, Fontes e Soares (2006) avaliaram a eficiência portuária de 31 portos e terminais brasileiros entre os anos de 2002 e 2004, foi considerado com *input* a extensão total de cais aportável (m) e como *outputs* a movimentação total de embarcações no período estudado e a movimentação total de carga transportada em toneladas dentro e fora do cais. A modelagem DEA BCC orientada a *input* permitiu a ordenação dos portos e a identificação da baixa eficiência operacional, em função das características físicas dos portos.

Souza Júnior, *et al.* (2008), elaboraram um modelo, aplicado em 22 portos, para a medição da eficiência relativa dos portos da região Nordeste do Brasil. Foram considerados dois *inputs*, o comprimento dos berços e o calado admissível, e, um *output* a movimentação, em toneladas ou em número de contêineres. Foi possível constatar que a maioria dos portos do Nordeste tem subaproveitamento de sua infraestrutura. A obtenção das eficiências dos portos nordestinos permitiu observar que estes têm capacidade de movimentar maior quantidade de mercadorias com os mesmos *inputs* (especialmente a infraestrutura analisada).

Já Macedo e Manhães (2009), analisaram a eficiência de operação de 10 terminais de contêineres no Brasil. Ao todo foram utilizados três *inputs*, área total das instalações, extensão média dos berços e calado dos berços de atracação. Para *output* foram considerados movimentação de contêineres e produtividade na movimentação de contêineres. Foram analisadas a eficiência técnica global (obtida pela fronteira DEA-CRS), a eficiência técnica pura (obtida pela fronteira DEA-VRS) e a eficiência de escala (obtida

pela razão CRS/VRS). Os resultados mostram que apenas os terminais Santos-Brasil, TVV e Tecon Salvador é que são totalmente eficientes.

Em 2011, Acosta, *et al.* (2011), identificou *benchmarkings* em portos brasileiros utilizando a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA). Essa técnica possibilitou a construção de um escore de eficiência técnica a partir de insumos e produtos considerados importantes no processo de movimentação de cargas portuárias. Foram considerados como *inputs*, número de acesso, extensão de cais, calado do canal, calado dos berços, número de berços, área de armazenagem e número de guindastes e empilhadeiras. Como *outputs*, a movimentação geral do terminal.

Também em 2011, Bertoloto e Soares de Mello (2011), analisaram a eficiência dos portos privados brasileiros com características distintas, a partir da prévia homogeneização das DMUs, tendo como *inputs*, a extensão dos berços e o calado máximo permitido. Já o *output* utilizado foi o volume total de cargas movimentadas.

Cortez, *et al.* (2013), realizaram uma avaliação da eficiência das autoridades portuárias brasileiras no desempenho de suas funções, no período de 2007 a 2009. Consideraram-se como *inputs* o número de funcionários, o custo operacional, o investimento e como *output* o faturamento e a carga movimentada. Oito autoridades portuárias foram consideradas em três anos totalizando 24 DMUs. O estudo permitiu avaliar se as operações das Companhias Docas estão sendo eficientes do ponto de vista operacional e permitiu comparar o desempenho entre as autoridades portuárias para identificar quais elementos de gestão devem ser modificados para o alcance de um desempenho satisfatório.

Também em 2013, Wanke (2013) mediu a eficiência de portos brasileiros com a aplicação de DEA em dois estágios. No primeiro estágio, os ativos (número de berços, área de armazenagem e área de pátio) são usados para realizar uma certa frequência de remessa por ano. No segundo estágio, esses movimentos permitem o manuseio de cargas sólidas à granel e containerizadas. Consideraram-se como *inputs* o número de berços, a área do armazém e a área do pátio, e, como *outputs* o número de embarcações, o total de contêineres e granéis sólidos movimentados.

Em 2016, Wanke e Barros (2016) fizeram a análise de *benchmarking* e eficiência de 27 principais portos brasileiros entre 2007 e 2011. Neste caso, a quantidade de DMUs foi de 135. Foram utilizados como *inputs* o comprimento do cais, a profundidade máxima do cais, número de ancoradouros, a área de armazenagem, a área de pátio, a largura do canal e a profundidade do canal. Enquanto os *outputs* considerados foram as horas de carregamento de carga granel, as horas de carregamento de contêiner, o volume sólido, a quantidade de contêiner movimentado e a frequência de embarque de carga granel e contêiner. Os resultados demonstram que o potencial de aumento de produção é severamente restringido no curto prazo por baixos níveis de eficiência.

Com base na literatura apresentada, verificou-se que enfoque principal da modelagem DEA utilizada para análise da eficiência portuária está baseada em dados de superestrutura e estrutura portuária. Os modelos DEA mais utilizados foram o CCR e BCC, orientados a *output*. Vários trabalhos trataram da eficiência de terminais de contêineres. Quanto a evolução ao longo do tempo, os trabalhos de Wanke (2013) e Bertoloto e Soares de Mello (2011), se mostraram relevantes quanto a análise de eficiência. Nestes casos as DMUs são o porto ou terminal para cada ano, sendo este o foco de interesse desta pesquisa.

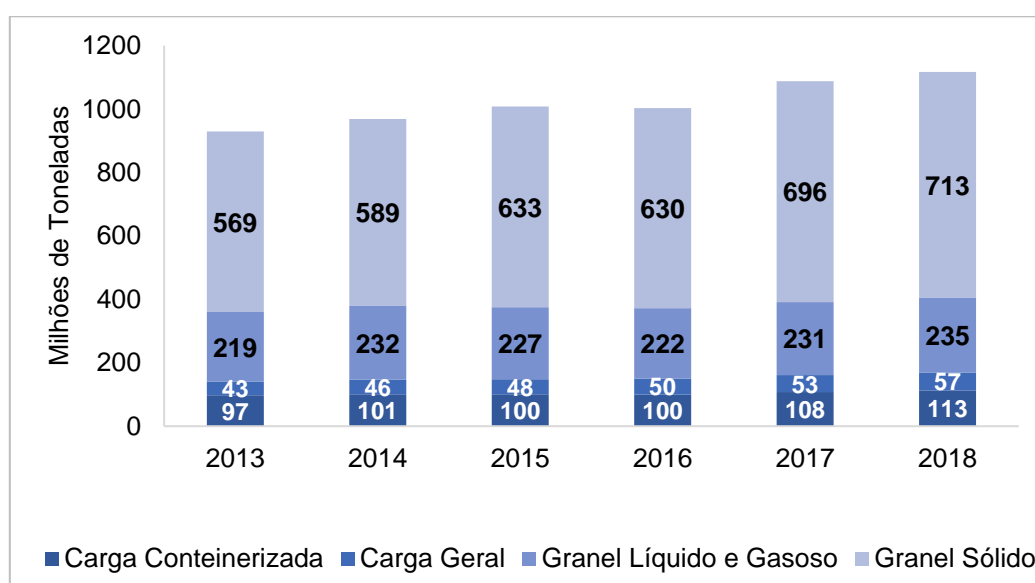
3 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL DOS TERMINAIS PORTUÁRIOS ATRAVÉS DO DEA

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada quanto ao universo e amostra, como ocorreu a coleta de dados, o tratamento e análise dos dados, conforme apresentado no item 2.2.2, que são: definição das DMUs, seleção das variáveis de *input* e *output* e seleção do tipo de modelo DEA a ser aplicado.

3.1 SELEÇÃO DAS DMUs

O presente estudo analisou especificamente, os terminais portuários movimentadores de graneis no Brasil, tanto públicos quanto privados durante o período de 2013 a 2018. Este período foi selecionado pois engloba o ano de promulgação da Lei nº 12.815/2013 e o ano seguinte que ainda reflete as regulamentações anterior a lei. Os anos de 2015 a 2018, por sua vez, já retratam o início da interferência da lei no sistema portuário brasileiro. Os terminais portuários movimentadores de graneis foram utilizados para esta análise pois, historicamente, estes produtos vêm se mostrando como as principais cargas movimentadas sistema portuário brasileiro, conforme mostram os Gráficos 1 e 2.

Gráfico 1 - Movimentação de Cargas Portuárias (Brasil)

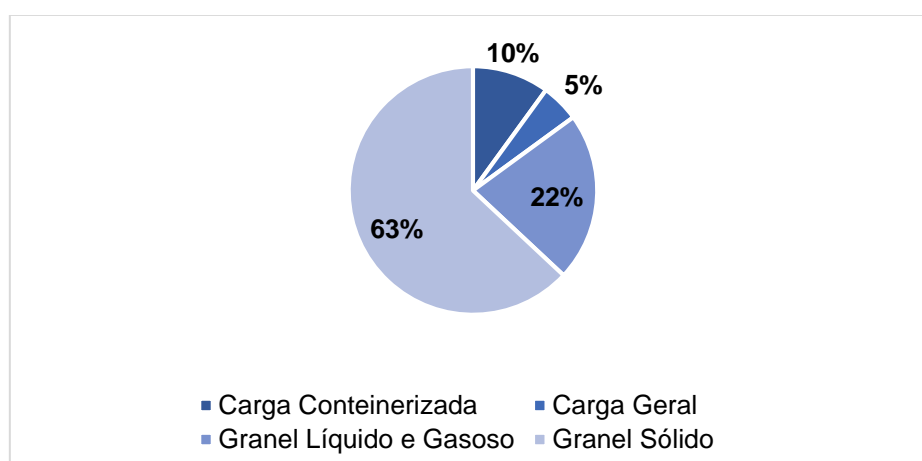


Fonte: ANTAQ (2019). Elaborado pelo autor.

Pode-se verificar pelo Gráfico 1 que o crescimento dos granéis líquidos e gasosos teve uma variação no seu crescimento entre os anos de 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018 de 5,9%, -2,2%, -2,2%, 4,1% e 1,7%, respectivamente. Para os granéis sólidos este crescimento foi de 3,5%, 7,5%, -0,5%, 10,5% e 2,4%, respectivamente. É importante destacar que os anos de 2015 e 2016 foram anos de crise econômica no Brasil o que justifica a queda nos volumes transportados, principalmente, em granéis líquidos (Lis e Amaral, 2017).

Os granéis sólidos, líquidos e gasosos correspondem a 85% da carga movimentada no país, como pode ser observado, o Gráfico 2. Esta participação foi considerada relevante para a escolha dos tipos de carga para objeto alvo da pesquisa.

Gráfico 2 - Participação por Natureza de Carga (2013-2018)

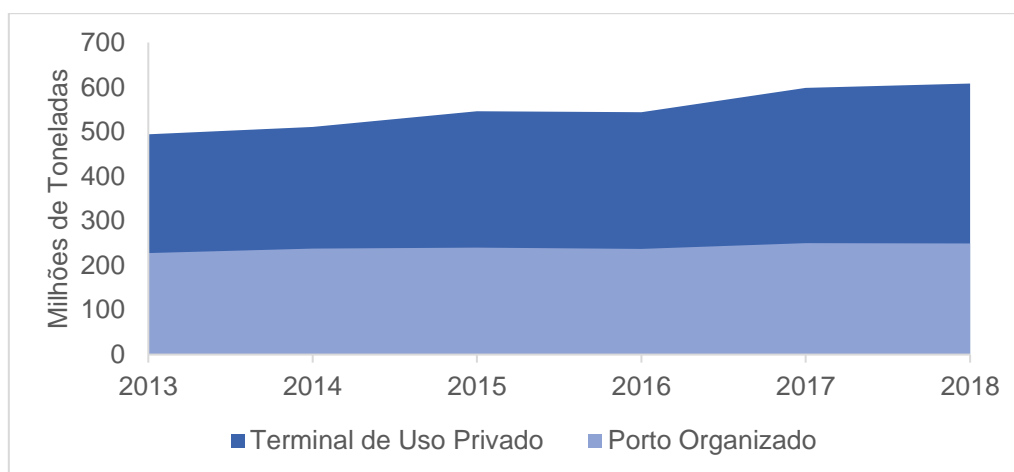


Fonte: ANTAQ (2019). Elaborado pelo autor.

Outro fator importante para a definição das DMUs no contexto da nova Lei dos Portos refere-se à participação dos terminais privados. Os terminais privados são responsáveis pela movimentação de boa parte das cargas em granel no sistema portuário brasileiro, como pode ser observado no Gráfico 3. A participação de grandes empresas nacionais se destaca como principais agentes atuantes do setor de *commodities*, no caso a Vale S.A., com a movimentação de minérios, e a Petrobrás S.A. com a movimentação de combustíveis e óleos minerais. Como pode ser observado no Gráfico3, os terminais privados foram

responsáveis por movimentar, entre os anos de 2013 e 2018, 3,30 bilhões de toneladas, enquanto, os portos organizados movimentaram 1,44 bilhões de toneladas (ANTAQ, 2019). Neste aspecto, a Lei 12.815/13 veio atuar de forma significativa para a regulamentação do setor portuário privado.

Gráfico 3 - Movimentação TUP e Porto Organizado



Fonte: ANTAQ (2019). Elaborado pelo autor.

Para a tomada de decisão, quanto aos terminais movimentadores de graneis a serem considerados nesta pesquisa, elegeu-se, primeiramente, os terminais que representassem 85% da movimentação de graneis, os demais 15% desconsiderados na pesquisa possuem pouca representatividade diante o total de carga movimentada. Ao todo foram selecionados 44 terminais portuários, porém, como o período avaliado foi de seis anos (2013 a 2018) quantidade de unidades tomadoras de decisão passou a ser 264 dmus. Considerando o grande número de terminais portuários existentes, foi necessário a delimitação do tamanho da amostra de forma a atingir a capacidade do *software* SIAD (ANGULO-MEZA, NETO, *et al.*, 2005) que é de 150 dmus. Desta forma, foi realizado nova delimitação passando a avaliar 25 terminais/ano, que representaram a capacidade máxima do *software*. No quadro 1, foram listados os terminais selecionados, o total de carga movimentada e o percentual de participação em relação ao total movimentado. Esta nova delimitação representa 72% da movimentação de graneis, o foi considerado satisfatório para fins das análise propostas.

Quadro 1 - Total de Carga a Granel Movimentada Entre os Anos de 2013 e 2018

Terminal Portuário	Total Movimentado (Mt)	% Participação
Terminal de Ponta da Madeira	249,08	16%
Terminal De Tubarão	196,86	12%
Terminal Aq. de São Sebastião	97,55	6%
Terminal Aq. de Angra Dos Reis	67,90	4%
Terminal da Ilha Guaíba – Tig	73,72	5%
Itaguaí (Tear)	55,06	3%
Itaguaí (Temin)	37,10	2%
Terminal Aq. de Madre De Deus	34,71	2%
Paranaguá (Corredor Exportação)	34,10	2%
Terminal Trombetas	30,92	2%
Terminal Aq. da Ilha D'Água	28,76	2%
Terminal Privativo da Alumar	27,28	2%
Terminal Aq. de Osório	24,29	2%
Vila Do Conde (Terminal de Múltiplo Uso -1)	21,61	1%
Terminal de Praia Mole	23,63	1%
Itaqui (Cais Público)	22,83	1%
Terminal Aq. de São Francisco do Sul	18,69	1%
Santos (Cais Público - Ponta Da Praia)	17,69	1%
Santos (Cais Público - Alamoá)	15,98	1%
Terminal Graneleiro Hermasa	16,66	1%
Santos (Cais Público - Outeirinhos)	16,25	1%
Paranaguá (Cais Público)	14,72	1%
Santos (Tgg)	14,05	1%
São Francisco do Sul (Cais Público)	15,50	1%
Rio Grande (Tergrasa)	17,20	1%
Total de Carga Geral Movimentada (Mt)	1.596,31	72%

Fonte: ANTAQ (2019). Elaborado pelo autor.

3.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados ocorreu durante os meses de janeiro e outubro de 2018, a partir dos Planos Mestres dos terminais portuários, uma colaboração entre a Secretaria dos Portos da Presidência da República (SEP/PR) e o Laboratório de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina (LabTrans/UFSC), para a identificação de

variáveis que representassem a operação portuária, em consonância, com a base de dados levantada na seção 2.2.

A princípio procurou-se levantar os dados relacionados com a infraestrutura e operação portuárias, tais como:

- Profundidade canal de acesso (metros);
- Calado máximo permitido (metros);
- Extensão de berços (metros);
- Quantidades de berços (unidades);
- Comprimento máximo de navio (metros);
- Capacidade de armazenagem (tonelada);
- Número de atracções (unidades);
- Movimentação (tonelada);
- Tempos médios (hora) e
- Consignação média (tonelada/navio).

Entretanto, com a dificuldade em acessar às informações oficiais, principalmente, quanto aos dados de infraestrutura portuária, optou-se se por utilizar as informações presentes no relatório Anuário Estatístico Portuário disponível no site da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) para as variáveis de entrada e saída.

O modelo da pesquisa baseou-se no relacionamento entre as características de superestrutura dos terminais e seu desempenho operacional. A avaliação de eficiência foi medida pela velocidade que se carregou e/ou descarregou as cargas nos terminais portuários movimentadores de granéis no Brasil. Em outras palavras, a quantidade de carga movimentada é de fundamental importância para que se possa observar a evolução da movimentação de mercadorias no terminal e se fazer a projeção futura, através de dados históricos. Já o número de atracções, avalia o desempenho dos processos através de uma relação entre o volume movimentado e os recursos disponíveis para a produção. Portanto, parâmetros como: calado, extensão de berço, área de armazenagem, quantidade de equipamento de cais e número de funcionários não foram considerados para a análise da

eficiência com base na Lei 12.815/2013, em virtude da dificuldade de confiabilidade dos dados para todos os terminais em análise no período considerado.

Considerando estas questões, as variáveis utilizadas no modelo DEA foram o número de berços (unidades) para *input* e carga total movimentada (tonelada) e número de atracções (unidades), para *output*. O *input* quantidade de berços (unidades) reporta-se a superestrutura presente nos terminais e determina a quantidade de navios que pode ser atendido por berço em um terminal portuário e conseqüentemente a tonelada movimentada, muito utilizado em análise DEA, conforme Tongzon (2001), Tongzon e Heng (2005), Acosta, et al. (2011) e Wanke (2013).

O *output* 1 corresponde ao total de carga movimentada em tonelada por terminal (ANTAQ, 2013). O *output* 1 é amplamente utilizado nos modelos DEA, pois retrata o resultado final da produção do terminal, conforme Roll e Hayuth (1993), Martinez-Budría et al. (1999), Valentine e Gray (2001), Turner et al. (2004), Fontes e Soares (2006), Souza Júnior, et al. (2008) e Acosta, et al. (2011).

O *output* 2 refere-se ao número de atracções (unidades) que ocorrem em um terminal por berço e também é considerado uma variável de uso constante quanto análise DEA, conforme Roll e Hayuth (1993), Fontes e Soares (2006), Souza Júnior et al. (2008) e Wanke (2013).

3.3 DEFINIÇÃO E APLICAÇÃO DO MODELO DEA

Conforme apresentado no item 1.2, o modelo DEA a ser aplicado foi o DEA BCC, orientado a *output*. O modelo DEA BCC foi escolhido pois admite retornos variáveis em escala na função de produção das DMUs, pois adota-se a restrição de que a soma dos pesos é igual a um, impondo assim, uma restrição de convexidade na função (FONTES e SOARES DE MELLO, 2006). Isso permite que os terminais portuários avaliados possam alcançar economias de escala, e por conseqüência, retornos variáveis em escala na sua função de produção.

Além disso, o modelo aplicado considera orientação a produto, pois tem como objetivo, identificar quantidade de produtos a ser ampliada para o alcance da fronteira de eficiência, que neste caso, é o aumento da tonelada movimentada e da quantidade de atracções, por considerar que a Lei 12.815/2013 prevê um crescimento de investimento em infraestrutura portuária visando o aumento da capacidade de oferecer serviços, por meio de custos acessíveis e aumento de concorrência entre portos e terminais.

Para a análise, foi utilizado o resultado do DEA padrão, ou seja, a capacidade do sistema de utilização os recursos disponíveis, que se caracterizam por produzir um conjunto de *outputs* (saídas) a partir de um conjunto de *inputs* (entradas). Relaciona os *inputs* às máximas quantidades de *outputs* a serem produzidas, ou seja, a DMU eficiente é aquela que produziu melhores resultados gastando menos (FILHO e MILIONI, 2004).

A fim de identificar o grau de dependência entre as variáveis propostas pelo estudo, foi feito uma matriz de correlação com o objetivo de identificar a existência de alta correlação, o que serve de apoio para a exclusão de uma ou mais variável do estudo, sem o comprometimento do resultado final (HAIR JR., BLACK, *et al.*, 2014). O quadro 2 mostra a matriz de correlação para as 3 variáveis consideradas no modelo.

Quadro 2 - Matriz de Correlação

	Carga total movimentada	Número de berços	Número de atracções
Carga total movimentada	1,00		
Número de berços	0,19	1,00	
Número de atracções	0,11	0,23	1,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebe-se que nenhum par de variáveis possui correlação acima de 0,60, mostrando que não há forte colinearidade, e muito menos, a necessidade de eliminação de variáveis (HAIR JR., BLACK, *et al.*, 2014). Portanto, as variáveis propostas para o estudo não possuem dependência entre si.

Reforça-se que, o método de pesquisa utilizado apresentou algumas limitações. A primeira limitação foi a restrição quanto às informações utilizadas, pois os dados públicos coletados podem divergir quanto ao detalhamento informado o que causa discordância e necessidade de expurgos de dados. Além do mais, a escolha de *inputs* e *outputs* ocorreu por conveniência e disponibilidade de informação.

4 RESULTADOS

Como mencionado na seção 3.1, a pesquisa foi composta pela avaliação de 25 terminais movimentadores de granéis (sólidos, líquidos e gasosos), entre os anos de 2013 e 2018, totalizando 150 dmus analisadas. O objetivo foi de medir e avaliar a eficiência dos terminais portuários brasileiros movimentadores de granéis antes e após a promulgação da Lei N° 12.815, de 5 de junho de 2013. Neste sentido, os anos de 2013 e 2014 foram analisados ainda como sob influência da Lei anterior, o ano de 2013 por ser o ano de promulgação da Lei, e o ano de 2014, o ano em que as regulamentações referentes a Lei foram efetivadas, como o Plano Nacional de Logística Portuária (PNLP), instituído pela SEP/PR como instrumento de planejamento estratégico de Estado para o setor portuário. O PNL, visa aprimorar a governança, modernizar a gestão dos portos organizados, redefinir a legislação do setor, melhorar a produtividade operacional, nível de serviço e expandir a capacidade do sistema portuário alinhado com o crescimento da economia, sustentabilidade ambiental e revitalização dos patrimônios nas áreas dos portos organizados (PNLP, 2015).

A análise de eficiência desenvolvida neste estudo está orientada à *output*, objetivando a maximização da produção com os recursos disponíveis no modelo DEA BCC (retorno variável de escala). Cada terminal portuário/ano representa uma unidade tomadora de decisão. O anexo A apresenta a tabulação dos dados utilizados na análise.

Uma vez que a base de dados foi avaliada pelo método DEA foi gerado o resultado de eficiência padrão das unidades avaliadas. Essa análise disponibilizou um indicador com variação entre 0% e 100%.

4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 2 apresenta os resultados de eficiência padrão para os 25 terminais avaliados.

Tabela 2 - Resultado da Análise DEA BCC

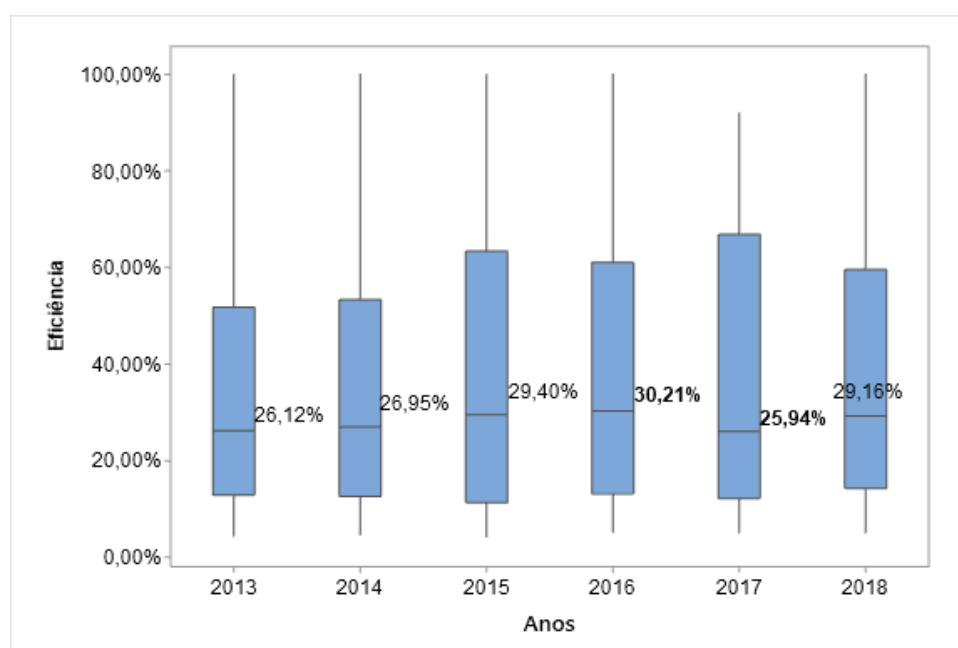
Terminal Portuário	Eficiência Padrão					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Terminal Marítimo De Ponta Da Madeira	90%	74%	76%	100%	92%	100%
Terminal De Tubarão	72%	71%	71%	65%	72%	66%
Terminal Aquaviário De São Sebastião (Almirante Barroso)	46%	45%	44%	37%	43%	39%
Terminal Aquaviário De Angra Dos Reis	23%	32%	36%	58%	64%	77%
Terminal Da Ilha Guaíba - Tig	48%	47%	70%	71%	68%	57%
Terminal Itaguaí (Tecar)	25%	32%	46%	33%	26%	29%
Terminal Itaguaí (Temin)	72%	100%	93%	81%	84%	69%
Terminal Aquaviário De Madre De Deus	28%	26%	26%	30%	20%	26%
Terminal Paranaguá (Corredor De Exportação)	18%	20%	17%	24%	21%	25%
Terminal Trombetas	100%	92%	100%	95%	83%	73%
Terminal Aquaviário Da Ilha D'Água	46%	46%	43%	43%	39%	37%
Terminal Portuário Privativo Da Alumar	26%	27%	31%	30%	31%	30%
Terminal Aquaviário De Osório	27%	24%	24%	24%	22%	20%
Terminal Vila Do Conde (Terminal De Múltiplo Uso -1)	14%	18%	18%	14%	16%	14%
Terminal De Praia Mole	47%	69%	72%	52%	73%	64%
Terminal Itaqui (Cais Público)	18%	19%	21%	21%	20%	20%
Terminal Aquaviário De São Francisco Do Sul	54%	52%	48%	48%	41%	38%
Terminal Santos (Cais Público - Ponta Da Praia)	16%	18%	19%	19%	16%	22%
Terminal Santos (Cais Público - Alamoá)	26%	22%	24%	22%	23%	25%
Terminal Graneleiro Hermasa	57%	57%	100%	89%	74%	100%
Terminal Santos (Cais Público - Outeirinhos)	13%	12%	10%	12%	13%	14%
Terminal Paranaguá (Cais Público)	12%	13%	11%	14%	11%	12%
Terminal Santos (Tgg - Terminal De Granéis Do Guarujá)	52%	45%	44%	46%	46%	49%
Terminal São Francisco Do Sul (Cais Público)	9%	9%	10%	11%	10%	10%
Rio Grande (Tergrasa)	13%	11%	11%	9%	11%	9%
Média geral das eficiências anuais	38%	39%	43%	42%	41%	41%

Fonte: Base de dados da pesquisa. Elaborado pelo autor.

Pela Tabela 2, pôde-se verificar que os resultados demonstraram um crescimento da eficiência média entre os anos avaliados. Os resultados dos anos 2013 e 2014 foram menores que os anos seguintes pois representam os períodos de promulgação e implementação da Lei. Nota-se uma pequena queda em 2017 e 2018, porém não inferiores aos anos de 2013 e 2014. Este aumento na eficiência indica que a Lei promulgada contribuiu sim para o aumento da eficiência dos terminais analisados.

No gráfico 4, podemos notar que o valor mediano durante todo o período avaliado ficou baixo, com mínimo de 0,2594 e máximo de 0,302, isso representa uma altíssima variabilidade da base de dados pois hora se tem valores de eficiência muito baixos, hora se tem valores de eficiência muito altos. Entretanto, o que é de maior relevância para ser observado é a redução dos terminais que representam os 25% iniciais da amostragem, ano a ano. Além disso, ocorreu também um crescimento do número de terminais que representam 50% da base de dados, com grande maioria dos terminais com eficiência variando entre 20% e 50%, por fim, o acréscimo do número dos terminais que representam os 25% restantes, acima de 60% de eficiência. Em outras palavras, podemos inferir que após a implementação da nova Lei dos Portos, ocorreu uma elevação da eficiência dos terminais portuários.

Gráfico 4 - Eficiência dos Terminais/Ano

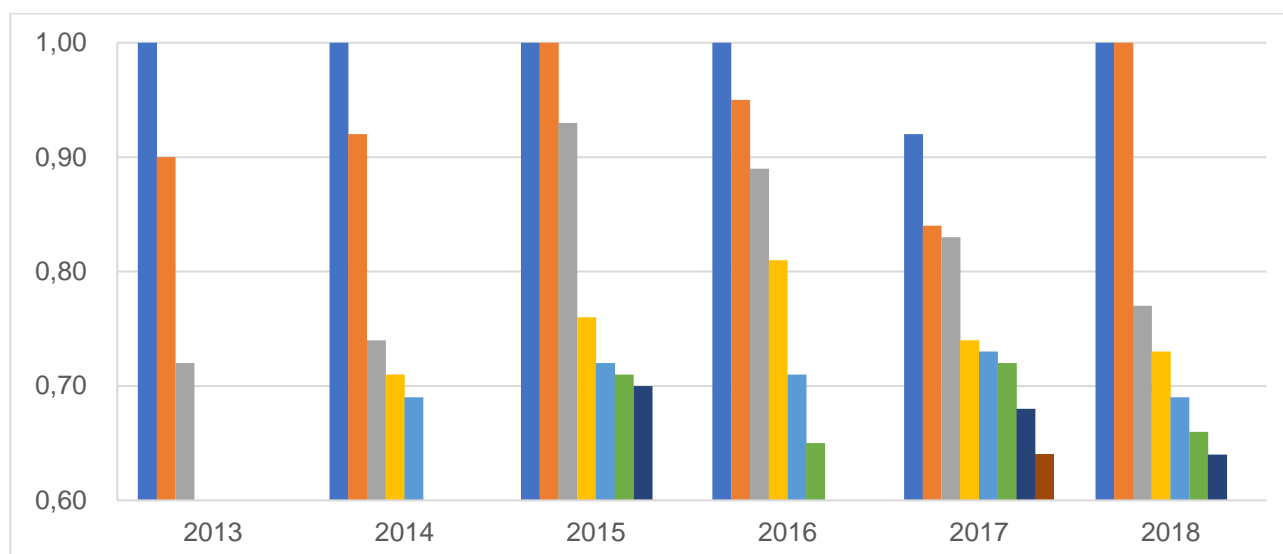


Fonte: Base de dados da pesquisa. Elaborado pelo autor.

Ao todo, entre os anos de 2013 e 2014, somente 4 terminais obtiveram eficiência acima de 80%, passando para 6 entre 2015 e 2016 e 4 entre 2017 e 2018. Na faixa de eficiência entre 60% e 80%, verificou-se que nos anos de 2013 e 2014, havia 4 terminais, nos anos de 2015 e 2016, esse valor passa para 6 terminais, passando para 10 terminais no biênio subsequente. Finalmente, as eficiências abaixo de 40% tiveram uma redução de 25 terminais nos anos de 2013 e 2014, para 21 terminais nos anos de 2015 e 2016, aumentando para 24 terminais em 2017 e 2018.

O Gráfico 5 expõe a elevação do número de terminais que tiveram eficiência acima de 60% ano a ano. Em 2013 e 2014 somente 8 terminais ficaram acima de 60% de eficiência, sendo 2 terminais 100% eficientes. Já em 2015 e 2016, passam para 13 terminais acima de 60% de eficiência, sendo 3 terminais 100% eficientes. No biênio final, temos 15 terminais acima de 60% de eficiência e 2 terminais 100% eficientes.

Gráfico 5 – Evolução na quantidade de terminais eficientes entre 2013 e 2018



Fonte: Base de dados da pesquisa. Elaborado pelo autor.

Verificou-se que dos 25 terminais avaliados, 4 atingem a fronteira de eficiência, sendo que 3 terminais estão entre os 10 primeiros movimentadores de carga e, 1 terminal com menor volume movimento. O terminal de maior movimentação de carga, no caso, o Terminal Marítimo de Ponta da Madeira com o total de 249mt, alcançou a fronteira de eficiência por duas vezes, em 2016 e 2018, respectivamente. O Terminal Itaguaí (Temin), 7º, maior movimentador de carga do país, com 37mt, atingiu 100% de eficiência em 2014 e o Terminal

de Trombetas, o 10º terminal movimentador de carga, com 31mt, alcançou a fronteira em 2013 e 2015. Isso pode confirmar a premissa adotada na escolha do modelo DEA, que permite retornos variáveis em escala, significando que portos com maiores movimentações tendem a apresentar ganhos de eficiência superior a portos com menores movimentações.

Apesar disso, verifica-se que não apenas terminais de grande porte atingiram valores iguais ou próximos a 100% de eficiência, dentre a amostra, como é o caso do Terminal Granelero Hermasa que atingiu 100% em 2015 e 2016 e margeia a fronteira de eficiência em 2016 e 2017, com 89% e 74%, respectivamente. Isso indica que apesar do menor ganho de eficiência relacionado a escala, este terminal alcançou maiores eficiências técnicas, conforme preconiza o conceito da própria metodologia DEA, mas também com a influência da própria Lei nº 12.815/2013, que permitiu a otimização da utilização infraestrutura disponível, aumentando a relação produto/insumo e uma melhor qualidade do serviço prestado pelo terminal.

5 CONCLUSÕES

Esta dissertação teve como objetivo principal a medição e a avaliação da eficiência dos terminais portuários brasileiros movimentadores de granéis antes e após a implementação da Lei N° 12.815, no período de 2013 a 2018, com função de verificar se aconteceu e/ou acontece um crescimento do setor. Para o cumprimento do objetivo foi utilizado o modelo DEA BCC orientado à *output*. A definição pelo perfil de carga à granel, justificou-se pelo fato destas cargas representarem a maior participação na movimentação de mercadorias no Brasil.

Após a revisão da literatura relacionada à medição da eficiência portuária, foram levantadas as variáveis de entrada e saída mais comumente utilizadas nas pesquisas realizadas no setor, utilizando a análise envoltória de dados. Foi definido como variável de entrada o número de berços por terminal e como as variáveis de saídas a tonelagem total movimentada e número de atracções, muito em função do objetivo de medir e avaliar a eficiência com base no desempenho operacional dos terminais.

Para aplicação do modelo, buscou-se a base de dados oficial, através do Anuário Estatístico da ANTAQ, de forma a garantir uma uniformidade e confiabilidade das informações coletadas. De tal maneira, foi aplicado o modelo BCC, orientado a *output*, com a utilização do *software* SIAD 3.0.

Os resultados obtidos indicaram uma evolução dos terminais portuários movimentadores de granéis após a implementação da Lei n° 12.815/2013, em termos de eficiência e desempenho operacional. A contribuição positiva do marco regulatório em termos de movimentação de cargas para o setor também foi encontrada em Leite (2019), a partir de um modelo sistêmico. Tanto terminais de maior complexidade e maior movimentação de carga, quanto terminais de menor complexidade e movimentação de carga, apresentaram melhores níveis de eficiência, atingindo a fronteira de eficiência ou até mesmo ficando próximo a ela durante o período avaliado.

Por fim, os objetivos propostos foram alcançados, pois a nova Lei dos Portos (Lei nº 12.815/2013), vem trazendo benefícios e crescimento para o setor. Sendo que tanto a eficiência média, quanto a movimentação total e número de atracções apresentaram crescimento ao longo do período. Ressalta-se que apesar disso, é prudente reforçar a necessidade da continuidade e expansão do processo de planejamento portuário, para que se possa identificar e sanar gargalos presentes, pois tende a se traduzir na ampliação de nível de eficiência dos terminais portuários.

Finalmente, podem ser indicadas como sugestões futuras de pesquisa a aplicação da metodologia DEA em outros perfis de carga, a fim de identificar a influência da Lei n 12.815/2013. Outro objeto de pesquisa seria realizar a análise comparativa da eficiência dos terminais portuários brasileiros de granéis com os terminais internacionais especializados, de forma a comparar sua eficiência em relação aos portos internacionais.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, C. M. M.; AZAMBUJA, A. M. V. D.; LIMA, M. L. P. D. Aplicação de análise envoltória de dados (DEA) para medir eficiência em portos brasileiros. **Journal of Transport Literature**, Janeiro 2011.

ALFREDINI, P.; ARASAKI, E. **Engenharia Portuária**. São Paulo: Bluscher, 2014.

ALMEIDA, B. Z. S. D. **Principais Características e Problemas dos Portos do Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia de Construção Naval) - Universidade Estadual da Zona Oeste - UEZO. Rio de Janeiro, p. 80. 2011.

ANGULO-MEZA, L. **Data Envelopment Analysis (DEA) na Determinação da Eficiência dos Programas de Pós-Graduação da COPPE/UFRJ**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFF. Rio de Janeiro. 1998.

ANGULO-MEZA, L. et al. ISYDS– Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistema Integrado de Apoio a Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p. 493-503, 2005.

ANJOS, M. A. D. **Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) no Estudo da Eficiência Econômica da Indústria Têxtil Brasileira nos Anos 90**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, p. 239. 2005.

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **SIG Acesso Público**: manual do usuário, 2013. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/Portal/pdf/SIG_Manual.pdf>. Acesso em: 30 Jun 2018.

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Lista Geral Instalações Portuárias Autorizadas**, jan 2017. Disponível em:

<http://web.antaq.gov.br/Portal/pdf/ContratoAdesao/2017/Lista_Geral_Instalacoes_Portuarias_Autorizadas.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2017.

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Anuário Estatístico Aquaviário (2010-2018)**, 2019. Disponível em: <<http://portal.antaq.gov.br/index.php/estatisticas/>>. Acesso em: 01 jan 2019.

ATHAYDE, A. H. **Avaliação de desempenho do transporte de rodoviário de cargas pelo método de análise envoltória de dados (DEA)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 137. 2003.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for the estimation of technical and scale inefficiencies in Data Development Analysis. **Management Analysis**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, Setembro 1984.

BARBA-ROMERO, S.; POMEROL, J.-C. **Decisiones multicriterio: fundamentos teóricos y utilización práctica**. Madrid: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá, 1997.
BARBOZA, M. A. M. A ineficiência da infraestrutura logística do Brasil. **Revista Portuária Economia e Negócios**, Setembro 2014. Disponível em: <<http://www.revistaportuaria.com.br/noticia/16141>>. Acesso em: 01 maio 2019.

BERTOLOTO, R. F. **Eficiência de portos e terminais privados brasileiros com características distintas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal Fluminense - UFF. Niterói, p. 70. 2010.

BERTOLOTO, R. F.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Eficiência de portos e terminais privados brasileiros com características distintas. **Revista de Literatura dos Transportes**, v. 5, n. 2, p. 4-21, Janeiro 2011.

BESSENT, A. et al. Efficiency frontier determination by constraint facet analysis. **Operation Research**, v. 36, n. 5, p. 785-796, Setembro 1988.

BRASIL. Lei n. 8.630, de 25 de fev. de 1993. **Dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias e dá outras providências**, Brasília, DF, fev 1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8630.htm>. Acesso em: 10 maio 2017.

BRASIL. Lei n.10.233, de 5 de junho de 2001. **Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional**, Brasília, DF, jun 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10233.htm>. Acesso em: 10 maio 2017.

BRASIL. Lei n. 11.518, de 5 de set. de 2007. **Acresce e altera dispositivos das Leis nos 10.683, de 28 de maio de 2003, 10.233, de 5 de junho de 2001, 10.893, de 13 de julho de 2004, 5.917, de 10 de setembro de 1973, 11.457, de 16 de março de 2007, e 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, para criar a Se**, Brasília, DF, set 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11518.htm>. Acesso em: 10 maio 2017.

BRASIL. Lei n. 12.815, de 5 de jun. de 2013. **Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários; altera as Leis nos 5.025, de 10 de junho de 1966, 10.233, de 5 de junho de 2001, 10.683, de 28 de ma**, Brasília, DF, jun 2013. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12815.htm>. Acesso em: 10 maio 2017.

BRUNETTA, M. R. **Avaliação da Eficiência Técnica e de Produtividade usando Análise por Envoltória de Dados: Um Estudo de Caso Aplicado a Produtores de Leite**. Dissertação (Mestrado em em Ciências). Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba, p. 113. 2004.

CARDOSO, J. S. L. **Proposição de uma metodologia para a comparação de desempenho operacional de terminais portuários de granéis sólidos minerais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP. São Paulo, p. 108. 2011.

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

CLARK, X.; DOLLAR, D.; MICCO, A. Port efficiency, maritime transport costs, and bilateral trade. **Journal of Development Economic**, v. 75, p. 417-450, Dezembro 2004.

COELLI, T. J. et al. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis.** 2. ed. [S.l.]: Springer, 2005.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses: With DEA-Solver Software and References.** [S.l.]: Springer, 2006.

CORTEZ, L. C. S. et al. Análise de eficiência na gestão de portos públicos brasileiros em relação ao papel das autoridades portuárias. **Journal of Transport Literature**, v. 7, n. 2, p. 78-96, Abril 2013.

CULLINANE, K.; JI, P.; WANG, T.-F. The relationship between privatization and DEA estimates of efficiency in the container port industry. **Journal of Economics and Business**, v. 57, p. 433-462, Setembro-Outubro 2005.

DHEHIBI, B.; BAHRI, H.; ANNABI, M. Input and output technical efficiency and total factor productivity of wheat production in Tunisia. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 7, n. 1, p. 70-87, Janeiro 2012.

FALCÃO, V. A.; CORREIA, A. R. Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. **Journal of Transport Literature**, Manaus, v. 6, n. 4, p. 133-146, Outubro 2012.

FARRANHA, A. C.; FREZZA, C. D. S.; BARBOSA, F. D. O. Nova Lei dos Portos: Desafios Jurídicos e Perspectivas de Investimentos. **Revista Direito GV**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 089-116, Janeiro-Junho 2015.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à Análise Envoltória de Dados**: teoria, modelos e aplicações. Viçosa: Editora UFV, 2009.

FILHO, E. K.; MILIONI, A. Z. Um método para estimativa de metas DEA. **Production**, São Paulo, v. 14, p. 70-81, 2004. ISSN 2. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132004000200007>. Acesso em: 20 Jan 2019.

FILHO, M. B. **Elementos de Engenharia Portuária**. Vitória: Flor&Cultura, 2008.

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

GOLANY, B.; ROLL,. An application procedure for DEA. **Omega**, v. 17, p. 237-250, 1989.

HAIR JR., J. F. et al. **Multivariate Data Analysis**. 7. ed. New Jersey: Pearson, 2014.

JUNIOR, N. et al. Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil. **Journal of Transport Literature**, v. 7, n. 4, p. 75-106, Outubro 2013.

KIRCHNER, L. H. C. **Avaliação da Eficiência dos Terminais de Contêineres através da Análise Envoltória de Dados e do Índice de Malmquist**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade de Brasília - UNB. Brasília, p. 90. 2013.

LEITE, D. F. **O impacto da nova legislação (Lei nº 12.815/13) no crescimento do setor portuário brasileiro: uma análise abordando a dinâmica de sistemas**. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, p. 54. 2019.

LINS, M. P. E.; ANGULO-MEZA, L.; ANTUNES, C. H. **Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente do Apoio à Decisão**. Rio de Janeiro: Editora da COPPE/UFRJ, 2000.

LIS, L.; AMARAL, L. PIB de 2016 é resultado de políticas que levaram o Brasil para a crise, diz Meirelles. **G1**, 07 Mar 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/pib-de-2016-e-resultado-de-politicas-que-levaram-o-brasil-para-a-crise-diz-meirelles.ghtml>>. Acesso em: 15 Jul 2019.

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

MARIANO, E. B.; ALMEIDA, M. R.; REBELATTO, D. A. N. **Peculiaridades da Análise por Envoltória de Dados**. In: XII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru. 2006.

MARTINEZ-BUDRÍA, E. et al. A study of the efficiency of Spanish port authorities using data envelopment analysis. **International Journal of Transportation Economics**, v. 26, n. 2, p. 237-253, 1999.

MARTINS, K. V. **Análise da Eficiência Relativa de Portos Multipropósito**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, na área de concentração de Transportes) – Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Vitória, p. 65. 2015.

MOGLIA, F.; SANGUINERI, M. Port Planning: The Need for a New Approach. **Maritime Economics & Logistics**, v. 5, p. 413–425, Dezembro 2003.

PNLP. Plano Nacional de Logística Portuária: Objetivos, indicadores, metas e ações estratégicas. **Secretaria dos Portos**, 2015. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/images/SNP/planejamento_portuario/arquivos_pnlp/Objetivos_indicadores_metaseaesestrategicasPNLP.pdf>. Acesso em: 10 fev 2019.

PNLP. Secretaria dos Portos. **Plano Nacional de Logística Portuária. Objetivos, indicadores, metas e ações estratégicas.**, 2015. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/plano-nacional-de-logisticaportuaria>>. Acesso em: 20 Dez 2018.

ROLL, Y.; HAYUTH, Y. Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis (DEA). **Maritime Policy and Management**, v. 20, p. 153-161, 1993.

ROSEN, D.; SCHAFFNIT, C.; PARADI, J. C. Marginal Rates and Two-dimensional Level Curves in DEA. **Journal of Productivity Analysis**, v. 9, n. 3, p. 205-232, Março 1998.

SALES, G. M. **Proposta de um modelo utilizando Análise Envoltória de Dados – DEA na definição das metas dos indicadores da qualidade comercial das distribuidoras de energia elétrica – DER e FER.** Dissertação (Mestrado Profissional em Regulação e Gestão de Negócios) - Universidade de Brasília – UNB. Brasília, p. 107. 2011.

SENRA, L. F. A. D. C. et al. Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 2, p. 191-207, Agosto 2007.

SEP/PR. Secretaria dos Portos da Presidência da República. **Sistema Portuário Nacional**, 2018a. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/sobre-1/institucional>>. Acesso em: 13 maio 2018.

SEP/PR. Secretaria dos Portos da Presidência da República. **Investimentos**, 2018b. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/sobre-1/institucional>>. Acesso em: 13 maio 2018.

SILVA, L. **Logística no comércio exterior**. São Paulo: Aduaneiras, 2016. 16-177 p.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B. et al. Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. **Services on Demand**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 325-345, Agosto 2003.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B. et al. **Curso de Análise de Envoltória de Dados**. In: XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Gramado. 2005.

SOUSA, M. D. C. S. D.; RAMOS, F. S. Eficiência técnica e retornos de escala na produção de serviços públicos municipais: o caso do nordeste e do sudeste brasileiros. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 53, n. 4, p. 433-461, Dezembro 1999.

SOUZA JÚNIOR, J. N. C. D.; NOBRE JÚNIOR, E. F.; PRATA, B. D. A. Análise da eficiência dos portos da região Nordeste do Brasil baseada em Análise Envoltória de Dados. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v. 3, n. 2, p. 74-91, 2008.

SOUZA, P. C. T.; WILHELM, V. E. Uma introdução aos modelos DEA de eficiência técnica. **Ciência e Cultura**, n. 42, p. 121-139, 2009.

SUN, J. et al. Performance evaluation of Chinese port enterprises under significant environmental concerns: An extended DEA-based analysis. **Transport Policy**, v. 60, p. 75-86, Novembro 2017.

THANASSOULIS, E.; BOUSSOFIANE, A.; DYSON, R. G. A comparison of data envelopment analysis and ratios as tools for performance assessment. **Omega**, v. 24, n. 3, p. 229-244, Junho 1996.

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

TONGZON, J.; HENG, W. Port privatization, efficiency and competitiveness: Some empirical evidence from container ports (terminals). **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 39, n. 5, p. 405-424, Junho 2005.

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

UNCTAD. United Nations Conference on Trade and Development. **Operation planning in port**, 1985. Disponível em: <https://unctad.org/en/Docs/ship4944_en.pdf>. Acesso em: 10 fev 2019.

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

VIEIRA, J. H. **Modernização da Gestão Portuária e Planejamento Operacional Integrado por Meio de Indicadores de Desempenho**. Projeto de Graduação - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Rio de Janeiro, p. 119. 2018.

WANKE, P. F. Physical infrastructure and shipment consolidation efficiency drivers in Brazilian ports: A two-stage network-DEA approach. **Transport Policy**, v. 29, p. 145-153, Setembro 2013.

WANKE, P. F.; BARROS, C. P. Public-private partnerships and scale efficiency in Brazilian ports: Evidence from two-stage DEA analysis. **Socio-economic Planning Sciences**, v. 51, p. 13-22, Setembro 2015.

WANKE, P.; BARROS, C. P. New evidence on the determinants of efficiency at Brazilian ports: a bootstrapped DEA analysis. **International Journal Of Shipping And Transport Logistics**, v. 8, n. 3, p. 250-272, 2016.

ANEXOS

ANEXO A - Base de Dados

TERMINAL PORTUÁRIO	DMU	INPUT 1 Nº DE BERÇOS (UNID)	OUTPUT 1 CARGA TOTAL MOVIMENTADA (T)	OUTPUT2 Nº DE ATRACAÇÕES (UNID)
Terminal Marítimo De Ponta Da Madeira 2013	DMU1	3	30020925	148
Terminal Marítimo De Ponta Da Madeira 2014	DMU2	4	34286240	151
Terminal Marítimo De Ponta Da Madeira 2015	DMU3	4	35293488	160
Terminal Marítimo De Ponta Da Madeira 2016	DMU4	4	46289378	209
Terminal Marítimo De Ponta Da Madeira 2017	DMU5	5	48946474	234
Terminal Marítimo De Ponta Da Madeira 2018	DMU6	5	54241945	239
Terminal De Tubarão 2013	DMU7	6	33785478	250
Terminal De Tubarão 2014	DMU8	6	33328659	255
Terminal De Tubarão 2015	DMU9	6	33858238	237
Terminal De Tubarão 2016	DMU10	6	31414631	213
Terminal De Tubarão 2017	DMU11	6	34345142	244
Terminal De Tubarão 2018	DMU12	6	30127677	249
Terminal Aquaviário De São Sebastião (Almirante Barroso) 2013	DMU13	4	17890549	214
Terminal Aquaviário De São Sebastião (Almirante Barroso) 2014	DMU14	4	16914821	218
Terminal Aquaviário De São Sebastião (Almirante Barroso) 2015	DMU15	4	17156229	204
Terminal Aquaviário De São Sebastião (Almirante Barroso) 2016	DMU16	4	13890421	189
Terminal Aquaviário De São Sebastião (Almirante Barroso) 2017	DMU17	4	17213188	183
Terminal Aquaviário De São Sebastião (Almirante Barroso) 2018	DMU18	4	14488514	195
Terminal Aquaviário De Angra Dos Reis 2013	DMU19	3	7309200	63
Terminal Aquaviário De Angra Dos Reis 2014	DMU20	3	9808985	105
Terminal Aquaviário De Angra Dos Reis 2015	DMU21	3	11651104	80
Terminal Aquaviário De Angra Dos Reis 2016	DMU22	2	11380088	84
Terminal Aquaviário De Angra Dos Reis 2017	DMU23	2	12637535	83
Terminal Aquaviário De Angra Dos Reis 2018	DMU24	2	15111509	107
Terminal Da Ilha Guaíba - Tig 2013	DMU25	2	9733875	50
Terminal Da Ilha Guaíba - Tig 2014	DMU26	2	9547040	44
Terminal Da Ilha Guaíba - Tig 2015	DMU27	2	14269026	65
Terminal Da Ilha Guaíba - Tig 2016	DMU28	2	14544205	67
Terminal Da Ilha Guaíba - Tig 2017	DMU29	2	13953472	63
Terminal Da Ilha Guaíba - Tig 2018	DMU30	2	11676053	54
Itaguai (Tecar) 2013	DMU31	3	7757759	62
Itaguai (Tecar) 2014	DMU32	3	10142950	74
Itaguai (Tecar) 2015	DMU33	2	9109773	64
Itaguai (Tecar) 2016	DMU34	3	10495766	72
Itaguai (Tecar) 2017	DMU35	3	8257171	62
Itaguai (Tecar) 2018	DMU36	3	9294634	69
Itaguai (Temin) 2013	DMU37	1	5305048	36
Itaguai (Temin) 2014	DMU38	1	7413940	51
Itaguai (Temin) 2015	DMU39	1	6906080	43
Itaguai (Temin) 2016	DMU40	1	6015996	38
Itaguai (Temin) 2017	DMU41	1	6203145	37
Itaguai (Temin) 2018	DMU42	1	5085105	30
Terminal Aquaviário De Madre De Deus 2013	DMU43	5	7070159	191
Terminal Aquaviário De Madre De Deus 2014	DMU44	5	6373422	180
Terminal Aquaviário De Madre De Deus 2015	DMU45	5	4772532	210
Terminal Aquaviário De Madre De Deus 2016	DMU46	5	6240732	227
Terminal Aquaviário De Madre De Deus 2017	DMU47	5	4853108	146
Terminal Aquaviário De Madre De Deus 2018	DMU48	5	5396003	197
Paranaguá (Corredor De Exportação) 2013	DMU49	3	4766293	99
Paranaguá (Corredor De Exportação) 2014	DMU50	3	5463585	105
Paranaguá (Corredor De Exportação) 2015	DMU51	3	4699398	87
Paranaguá (Corredor De Exportação) 2016	DMU52	3	6551512	118
Paranaguá (Corredor De Exportação) 2017	DMU53	3	5718857	104
Paranaguá (Corredor De Exportação) 2018	DMU54	3	6904374	116
Terminal Trombetas 2013	DMU55	1	5074082	95
Terminal Trombetas 2014	DMU56	1	5320888	97
Terminal Trombetas 2015	DMU57	1	5762882	106
Terminal Trombetas 2016	DMU58	1	5590656	98
Terminal Trombetas 2017	DMU59	1	4920116	84
Terminal Trombetas 2018	DMU60	1	4254431	77
Terminal Aquaviário Da Ilha D'Água 2013	DMU61	5	4952390	420
Terminal Aquaviário Da Ilha D'Água 2014	DMU62	5	5226654	411

TERMINAL PORTUÁRIO	DMU	INPUT 1 N° DE BERÇOS (UNID)	OUTPUT 1 CARGA TOTAL MOVIMENTADA (T)	OUTPUT2 N° DE ATRACÇÕES
Terminal Aquaviário Da Ilha D'Água 2015	DMU63	5	4774764	390
Terminal Aquaviário Da Ilha D'Água 2016	DMU64	5	4534169	390
Terminal Aquaviário Da Ilha D'Água 2017	DMU65	5	4325707	349
Terminal Aquaviário Da Ilha D'Água 2018	DMU66	5	4945923	325
Terminal Portuário Privativo Da Alumar 2013	DMU67	2	4005567	94
Terminal Portuário Privativo Da Alumar 2014	DMU68	2	4165733	101
Terminal Portuário Privativo Da Alumar 2015	DMU69	2	4765797	116
Terminal Portuário Privativo Da Alumar 2016	DMU70	2	4745803	109
Terminal Portuário Privativo Da Alumar 2017	DMU71	2	4828469	112
Terminal Portuário Privativo Da Alumar 2018	DMU72	2	4769399	106
Terminal Aquaviário De Osório 2013	DMU73	2	4587553	73
Terminal Aquaviário De Osório 2014	DMU74	2	4186607	69
Terminal Aquaviário De Osório 2015	DMU75	2	4103271	63
Terminal Aquaviário De Osório 2016	DMU76	2	4157621	71
Terminal Aquaviário De Osório 2017	DMU77	2	3751714	59
Terminal Aquaviário De Osório 2018	DMU78	2	3508004	54
Vila Do Conde (Terminal De Múltiplo Uso -1) 2013	DMU79	5	3635939	96
Vila Do Conde (Terminal De Múltiplo Uso -1) 2014	DMU80	7	3673159	140
Vila Do Conde (Terminal De Múltiplo Uso -1) 2015	DMU81	8	3963840	131
Vila Do Conde (Terminal De Múltiplo Uso -1) 2016	DMU82	5	3244455	99
Vila Do Conde (Terminal De Múltiplo Uso -1) 2017	DMU83	6	3815239	115
Vila Do Conde (Terminal De Múltiplo Uso -1) 2018	DMU84	6	3279689	105
Terminal De Praia Mole 2013	DMU85	1	2876854	45
Terminal De Praia Mole 2014	DMU86	1	4073589	69
Terminal De Praia Mole 2015	DMU87	1	4416533	67
Terminal De Praia Mole 2016	DMU88	1	3379613	42
Terminal De Praia Mole 2017	DMU89	1	4694202	60
Terminal De Praia Mole 2018	DMU90	1	4193999	52
Itaquí (Cais Público) 2013	DMU91	6	3012280	147
Itaquí (Cais Público) 2014	DMU92	5	3202242	155
Itaquí (Cais Público) 2015	DMU93	6	4188902	162
Itaquí (Cais Público) 2016	DMU94	6	4197867	160
Itaquí (Cais Público) 2017	DMU95	6	4069141	154
Itaquí (Cais Público) 2018	DMU96	6	4159386	155
Terminal Aquaviário De São Francisco Do Sul 2013	DMU97	1	3563054	41
Terminal Aquaviário De São Francisco Do Sul 2014	DMU98	1	3456373	39
Terminal Aquaviário De São Francisco Do Sul 2015	DMU99	1	3241543	34
Terminal Aquaviário De São Francisco Do Sul 2016	DMU100	1	3113066	39
Terminal Aquaviário De São Francisco Do Sul 2017	DMU101	1	2717886	33
Terminal Aquaviário De São Francisco Do Sul 2018	DMU102	1	2600866	27
Santos (Cais Público - Ponta Da Praia) 20134	DMU103	2	2471373	54
Santos (Cais Público - Ponta Da Praia) 2014	DMU104	2	2811282	62
Santos (Cais Público - Ponta Da Praia) 2015	DMU105	2	3037579	67
Santos (Cais Público - Ponta Da Praia) 2016	DMU106	2	3132374	63
Santos (Cais Público - Ponta Da Praia) 2017	DMU107	2	2727636	50
Santos (Cais Público - Ponta Da Praia) 2018	DMU108	2	3510029	75
Santos (Cais Público - Alamoia) 2013	DMU109	4	2837754	238
Santos (Cais Público - Alamoia) 2014	DMU110	4	2565350	193
Santos (Cais Público - Alamoia) 2015	DMU111	4	3073885	215
Santos (Cais Público - Alamoia) 2016	DMU112	4	2351958	206
Santos (Cais Público - Alamoia) 2017	DMU113	4	2641771	210
Santos (Cais Público - Alamoia) 2018	DMU114	4	2513510	226
Terminal Graneleiro Hermasa 2013	DMU115	3	2158687	584
Terminal Graneleiro Hermasa 2014	DMU116	2	2213722	582
Terminal Graneleiro Hermasa 2015	DMU117	2	2092407	575
Terminal Graneleiro Hermasa 2016	DMU118	4	3418507	903
Terminal Graneleiro Hermasa 2017	DMU119	3	3048568	755
Terminal Graneleiro Hermasa 2018	DMU120	2	3724715	1022
Santos (Cais Público - Outeirinhos) 2013	DMU121	7	2507145	98
Santos (Cais Público - Outeirinhos) 2014	DMU122	6	2439242	93
Santos (Cais Público - Outeirinhos) 2015	DMU123	7	2024409	76
Santos (Cais Público - Outeirinhos) 2016	DMU124	8	3029662	85
Santos (Cais Público - Outeirinhos) 2017	DMU125	8	3082437	96
Santos (Cais Público - Outeirinhos) 2018	DMU126	8	3171061	100
Paranaguá (Cais Público) 2013	DMU127	5	2343707	93
Paranaguá (Cais Público) 2014	DMU128	6	2559976	98
Paranaguá (Cais Público) 2015	DMU129	6	2195336	81
Paranaguá (Cais Público) 2016	DMU130	6	2784283	105
Paranaguá (Cais Público) 2017	DMU131	6	2357875	77
Paranaguá (Cais Público) 2018	DMU132	5	2482335	87

TERMINAL PORTUÁRIO	DMU	INPUT 1 N° DE BERÇOS (UNID)	OUTPUT 1 CARGA TOTAL MOVIMENTADA (T)	OUTPUT2 N° DE ATRACAÇÕES
Santos (Tgg - Terminal De Granéis Do Guarujá) 2013	DMU133	1	2591638	49
Santos (Tgg - Terminal De Granéis Do Guarujá) 2014	DMU134	1	2197151	43
Santos (Tgg - Terminal De Granéis Do Guarujá) 2015	DMU135	1	2089492	42
Santos (Tgg - Terminal De Granéis Do Guarujá) 2016	DMU136	1	2697975	47
Santos (Tgg - Terminal De Granéis Do Guarujá) 2017	DMU137	1	2203066	44
Santos (Tgg - Terminal De Granéis Do Guarujá) 2018	DMU138	1	2272177	47
São Francisco Do Sul (Cais Público) 2013	DMU139	3	2303203	47
São Francisco Do Sul (Cais Público) 2014	DMU140	4	2591753	61
São Francisco Do Sul (Cais Público) 2015	DMU141	4	2578382	63
São Francisco Do Sul (Cais Público) 2016	DMU142	4	2841538	72
São Francisco Do Sul (Cais Público) 2017	DMU143	4	2666359	66
São Francisco Do Sul (Cais Público) 2018	DMU144	4	2514200	65
Rio Grande (Tergrasa) 2013	DMU145	4	1877907	110
Rio Grande (Tergrasa) 2014	DMU146	4	1793106	89
Rio Grande (Tergrasa) 2015	DMU147	4	2239241	80
Rio Grande (Tergrasa) 2016	DMU148	4	2067340	60
Rio Grande (Tergrasa) 2017	DMU149	4	2460166	79
Rio Grande (Tergrasa) 2018	DMU150	4	2217089	63