UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

LUIZ FERNANDO OLIVEIRA DO NASCIMENTO

EFICIÊNCIA TÉCNICA DE TERMINAIS PORTUÁRIOS DE CABOTAGEM DO BRASIL

JOÃO PESSOA

2020

LUIZ FERNANDO OLIVEIRA DO NASCIMENTO

EFICIÊNCIA TÉCNICA DE TERMINAIS PORTUÁRIOS DE CABOTAGEM DO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas pela Universidade Federal da Paraíba.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Henrique Norões Viana

JOÃO PESSOA

2020

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

N244e Nascimento, Luiz Fernando Oliveira do.
Eficiência técnica de terminais portuários de cabotagem do Brasil / Luiz Fernando Oliveira do Nascimento. - João Pessoa, 2020.
37 f. : il.

Orientação: Jorge Henrique Norões Viana.
TCC (Graduação) - UFPB/CCSA.

1. Eficiência portuária. 2. Cabotagem. 3. Análise Envoltória de Dados (DEA). 4. Terminais portuários. I. Viana, Jorge Henrique Norões. II. Título.

UFPB/CCSA CDU 33

Elaborado por ANDRE DOMINGOS DA SILVA - CRB-00730-PB

LUIZ FERNANDO OLIVEIRA DO NASCIMENTO

EFICIÊNCIA TÉCNICA DE TERMINAIS PORTUÁRIOS DE CABOTAGEM DO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Econômicas do Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CCSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovado em: _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Jorge Henrique Norões Viana (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba

_____

Prof. Dr. Antonio Vinícius Barros Barbosa (Examinador)
Universidade Federal da Paraíba

_____

Prof. Dr. Ignácio Tavares de Araújo Júnior (Examinador)
Universidade Federal da Paraíba

Aos meus sobrinhos, Alice, Raul e Breno, por trazerem leveza à vida; e a todos que se fizeram presentes, mesmo que distantes, nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, em especial aos meus pais substitutos, José e Lúcia, por terem assumido esse papel de maneira irretocável. Aos meus irmãos, Marcelo, que primeiro me acolheu em João Pessoa, e Marina, por todo companheirismo. Aos primos, André e Artur, por todas as experiências e conselhos compartilhados. Aos demais familiares, por todo apoio e incentivo recebidos.

Aos amigos que carrego desde os tempos de Escola de Aplicação. A Bárbara, sempre disposta a me ouvir, aconselhar e apoiar. A Hugo, por sempre me incentivar, disponibilizar-se a me ajudar no que for preciso e, também, pelas discussões profundas e rotineiras, que me fazem crescer e aprimorar minha visão de mundo.

A todos os professores do Departamento de Economia da UFPB, pelo profissionalismo e competência. Aos Profs. Ivan Targino, Hilton Martins, Liédje Siqueira, pelos conhecimentos transmitidos, todos, e cada um ao seu modo, fundamentais na minha formação.

Ao meu orientador, Prof. Jorge Norões, por toda dedicação, apoio e disponibilidade, elementos cruciais na elaboração deste trabalho e por sempre ter me incentivado a ir além.

Aos Profs. Hélio Ramos e Mércia Cruz, dos quais tive a honra e o privilégio de atuar como monitor, pela contribuição inestimável na minha formação.

Ao Prof. Sinézio Maia, a quem agradeço profundamente pela contribuição ímpar e, certamente, determinante na minha trajetória acadêmica e profissional, e por toda confiança em mim depositada na Sala da Ações.

A toda equipe da Sala de Ações, especialmente à Elizabeth, que me convidou a ingressar no projeto. A Igor, amigo que tive a satisfação de reencontrar na UFPB após alguns anos, agora, seguindo os mesmos passos profissionais. E, claro, à Eduarda, pela amizade sincera, todo apoio, cumplicidade e por estar presente em todas as situações.

Aos amigos e colegas de curso, Artur, Carlos, Gabriel, João, Lucas e Matheus e Newton, por todo apoio mútuo e momentos colecionados ao longo dos últimos anos, bem como aos demais que se fizeram igualmente presentes. E, não menos importante, aos colegas de apartamento, Manoel, Elmano e Igor, pela relação sempre harmoniosa.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo identificar o nível de eficiência técnica de terminais portuários brasileiros que realizam transporte de cargas na modalidade cabotagem. A cabotagem, definida como transporte marítimo de passageiros e mercadorias entre dois portos de um mesmo país, pode ser considera uma alternativa viável para realizar a movimentação de mercadorias entre diversos pontos do país. A metodologia utilizada para a construção do indicador de eficiência, a Análise Envoltória de Dados (DEA), calcula a eficiência de uma determinada unidade produtiva pela comparação entre unidades que utilizam um grupo de insumos para gerar uma determinada quantidade de produto. A eficiência é alcançada quando o produto gerado é o máximo que se pode obter com as quantidades de insumos utilizadas. Os resultados mostraram que os portos de Areia Branca (RN), Alumar (MA), Belém (PA), Vila do Conde (PA), Gerdau (BA), Ponta da Madeira (MA), Porto Alegre (RS), São Sebastião (SP), São Francisco do Sul (SC), Santarém (PA) e Tubarão (ES) foram considerados eficientes dentre àqueles contidos na amostra utilizada. Por fim, são apresentadas as contribuições obtidas por este trabalho e são feitas sugestões para estudos futuros.

Palavras-chave: Eficiência; Portos; Análise Envoltória de Dados; Transportes.

ABSTRACT

This paper aims to identify the level of technical efficiency of Brazilian port terminals that operates the cabotage modal of transportation. Cabotage, defined as the maritime transport of passengers and goods between two ports in the same country, can be considered a viable alternative to the porterage of goods between different points of the country. The methodology used to construct the efficiency score, the Data Envelopment Analysis (DEA), calculates the efficiency of a decision making unit (DMU) by comparing DMUs that handle several inputs to generate a certain amount of product. Efficiency is achieved when the product generated is the maximum that can be obtained with the amount of inputs handled. The results showed that the ports of Areia Branca (RN), Alumar (MA), Belém (PA), Vila do Conde (PA), Gerdau (BA), Ponta da Madeira (MA), Porto Alegre (RS), São Sebastião (SP), São Francisco do Sul (SC), Santarém (PA) and Tubarão (ES) were considered efficient among those involved in the sample. Finally, the contributions obtained by this paper are presented, as well as suggestions made for future studies.

Key words: Efficiency; Ports; Data Envelopment Analysis; Transportation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Eficiência dos Terminais Portuários Estimada pelo Modelo BCC..... 23
Figura 2 - Eficiência e Intervalo de Confiança Estimado pelo Método Bootstrap..... 27
Figura 3 - Modelo BCC: Eficiência Portuária e do Transporte por Cabotagem.....28
Figura 4 - Eficiência Portuária e Intervalo de Confiança no Transporte por Cabotagem pelo Método Bootstrap.....29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatísticas Descritivas dos insumos e produtos do Portos, em toneladas, entre 2017 e 2020.....20
Tabela 2 - Capacidade Ociosa em relação a Fronteira de Eficiência Estimada por Terminal Portuário.....25

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....12
3 ASPECTOS METODOLÓGICOS.....15
3.1 FONTE E TRATAMENTO DE DADOS.....16
3.2 DESCRIÇÃO DO MODELO.....18
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....19
4.1 ANÁLISE DESCRITIVA.....20
4.2 EFICIÊNCIA DOS TERMINAIS PORTUÁRIOS.....22
4.3 EFICÊNCIA E INTERVALO DE CONFIANÇA UTILIZANDO BOOTSTRAP.....26
4.4 EFICIÊNCIA PORTUÁRIA NO TRANSPORTE POR CABOTAGEM.....28
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....29
REFERÊNCIAS.....31
APÊNDICE A - NÚMERO DE BERÇOS.....34
APÊNDICE B - MAIOR CALADO.....35

INTRODUÇÃO

A multimodalidade nos transportes é frequentemente apontada como uma forma de reduzir o custo dos fretes. No entanto, a movimentação de cargas no Brasil está altamente concentrada no transporte rodoviário, chegando a 87% quando considerada apenas a movimentação de produtos de alto valor agregado, ocasionando perdas de competitividade e eficiência na comercialização de produtos (NOVAES et al, 2006).

Segundo Gois et al (2016), as características do processo de ocupação do território brasileiro e a grande extensão litorânea do país são elementos favoráveis para a adoção de sistemas multimodais que integrem cabotagem e demais modalidades de transporte. No Brasil, os principais polos industriais e centros urbanos estão concentrados em uma faixa de até 500 quilômetros do litoral, o que pode favorecer o transporte por cabotagem como alternativa para a movimentação de insumos e produtos dos mais diversos setores, já sendo utilizado, em especial, pela indústria automotiva, eletroeletrônica e de higiene e limpeza (NOVAES et al, 2006).

Considerando o alto custo do frete rodoviário, advindo, especialmente, do baixo percentual de rodovias que apresentam estado de conservação regular ou bom (segundo dados do DNIT, 2018), além alto índice de roubo de cargas, faz-se necessário verificar se, de fato, os terminais portuários brasileiros são eficientes no transporte por cabotagem. O objetivo do presente trabalho é analisar a eficiência técnica dos portos públicos que realizam transporte por cabotagem, utilizando a Análise Envoltória de Dados (DEA, do inglês Data Envelopment Analysis), indicando, desta forma, se a estrutura atual se constitui como alternativa para o transporte de cargas no Brasil.

O transporte por cabotagem consiste na movimentação de cargas entre diferentes terminais portuários do território brasileiro, utilizando exclusivamente a navegação marítima, podendo esta ser combinada com trechos de navegação interior (GOIS et al, 2016). Em 2019, a movimentação total de cargas nesta modalidade alcançou 240,4 milhões de toneladas, um aumento de 4,08% em relação a 2018. Quanto ao perfil das cargas movimentadas, 20% do total corresponde a petróleo e derivados (excluindo-se as operações do tipo plataforma-porto), 17% correspondeu ao transporte de minérios e 13% do total ao transporte de contêineres (ANTAQ, 2020).

De acordo com a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2018), o sistema portuário brasileiro é composto, incluindo portos fluviais e marítimos, por 76 terminais portuários públicos e por 141 terminais de uso privado. Os 37 portos públicos estão

sob administração da União, por meio das Companhias Docas, ou estão sob administração de estados, municípios e consórcios públicos. Considerando exclusivamente a movimentação de cargas na modalidade cabotagem e excluindo-se o transporte entre bacias/plataformas e terminais portuários, a participação dos terminais públicos chega a 38% do total movimentado em 2019, contra 62% movimentado nos portos privados (ANTAQ, 2020).

Quanto a metodologia DEA, a mesma consiste na estimação não-paramétrica de uma curva de eficiência, ou curva de máxima produtividade, considerando uma relação ótima de insumo-produto, independente do formato da curva de produção (MOREIRA; FONSECA, 2005). Assim, uma vez estimada a curva de eficiência, pode-se comparar a eficiência de cada unidade analisada pelo indicador de eficiência da relação insumo-produto (GREENE, 2002).

Esta mesma metodologia foi utilizada para medir a eficiência dos terminais portuários brasileiros no transporte de cabotagem por Gois et al (2016), considerando apenas os terminais que operam cargas conteinerizadas, e por Maegima, Incirilo e Nascimento (2019), com o intuito de verificar a eficiência média do transporte de cabotagem no Brasil, comparativamente aos países da União Europeia. Outras aplicações do método incluem as análises realizadas por Menegazzo e Fachinello (2014), utilizando dados projetados para o período de 2014 a 2025, e por Acosta, Silva e Lima (2011), utilizando uma amostra limitada.

As principais contribuições introduzidas por este trabalho são o uso do modelo DEA multiproduto, considerando a movimentação de carga nas modalidades cabotagem e longo curso, a identificação da capacidade ociosa nos terminais portuários, bem como o estabelecimento de um intervalo de confiança para a eficiência estimada usando o método bootstrap. Os resultados obtidos apontaram que 11 dos 21 portos analisados atingiram a eficiência máxima, sendo eles os terminais de Areia Branca (RN), Alumar (MA), Belém (PA), Vila do Conde (PA), Gerdau (BA), Ponta da Madeira (MA), Porto Alegre (RS), São Sebastião (SP), São Francisco do Sul (SC), Santarém (PA) e Tubarão (ES).

Além desta introdução, este trabalho está dividido em cinco seções. A segunda seção traz revisão de literatura, seguida de uma seção sobre a metodologia utilizada. A quarta seção apresenta as características gerais dos portos da amostra e os resultados obtidos. Por último, na quinta seção, são apontadas as contribuições obtidas por este estudo, bem como sugestões para próximos trabalhos na área.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A importância da navegação de cabotagem no transporte de mercadorias no Brasil é marcada por uma trajetória de declínio. De acordo com Marcondes (2012), a utilização do transporte por cabotagem no Brasil teve início ainda no período colonial. Esta, foi a principal modalidade de todos os tipos de bens entre as províncias brasileiras até a segunda metade do século XIX, quando tem início a implantação das primeiras ferrovias no Brasil. Cerca de 100 anos depois, em 1951, a cabotagem era responsável por cerca de 27,5% do transporte de cargas no Brasil. No entanto, esta modalidade perdeu espaço nas décadas seguintes, em função de restrições legais, atingindo sua participação mínima de 10% na matriz de transportes em 1994 (LACERDA, 2004).

Dentre as restrições legais que explicam essa queda, tem-se a proibição expressa do uso de embarcações estrangeiras para o transporte de cabotagem e navegação interior, introduzida pela Constituição (1988) em seu texto original (BRASIL, 1988). Este cenário desfavorável, no entanto, teve início ainda nos anos 1930, sendo intensificado com a adoção de políticas industriais de estímulo à indústria automobilística na segunda metade do século XX, contribuindo para a redução da oferta de embarcações destinadas ao transporte de cabotagem (GOIS et al, 2016).

O monopólio do uso de embarcações nacionais na cabotagem foi revertido pela Emenda Constitucional nº 7/1995, desde que observadas as condições estabelecidas para tal em lei específica (BRASIL, 1995). Tais condições foram introduzidas pela Lei 9.432/1997, que possibilitou o uso de embarcações estrangeiras na inexistência de embarcações nacionais do tipo ou porte adequado e quando justificado o interesse público (BRASIL, 1997). Mais de 20 anos após a sanção do dispositivo legal que regulamentou o transporte aquaviário no Brasil, a carência de linhas regulares, grande número de tarifas, elevados custos de estiva, excesso de burocracia e ineficiência portuária são alguns dos frequentes problemas apontados por usuários desta modalidade de transporte (LACERDA, 2004).

Também contribui para o baixo uso da navegação de cabotagem, a existência do Adicional de Frete para Renovação da Marinha Mercante (AFRMM), uma alíquota de 10% que incide sobre os fretes de cabotagem. Toda arrecadação é integralmente destinada às empresas que operam no setor, que só podem utilizar estes recursos para reparos e conversões de embarcações usadas ou para financiar a compra de novas embarcações nos estaleiros nacionais. Dessa forma, a navegação de cabotagem é utilizada como instrumento de fomento

à política industrial de construção naval, penalizando o usuário do serviço, que se torna responsável pelo adicional de frete durante toda a vida útil dos navios (LACERDA, 2004).

As restrições legais e tributárias impostas ao transporte de cabotagem podem acarretar perdas de competitividade em relação aos demais modais de transporte, o que seria capaz de explicar, mesmo que parcialmente, a diminuição da participação da cabotagem na matriz de transporte brasileira. A produtividade dessa modalidade de transporte, no entanto, pode ser medida pelo estudo da eficiência das unidades produtivas envolvidas no transporte de cabotagem, leia-se, empresas que operam no setor e/ou terminais portuários.

Segundo Moreira e Fonseca (2005), a análise da eficiência de uma unidade produtiva pode ser realizada pela avaliação da eficiência relativa, eficiência técnica e eficiência gerencial ou financeira. Apesar dos conceitos de produtividade e eficiência serem, por vezes, tratados como sinônimos, são distintos. A produtividade pode ser descrita como a relação existente entre insumos e produtos em uma unidade produtiva, podendo variar por diferenças tecnológicas e pelo ambiente onde ocorre a produção (TUPY; YAMAGUCHI, 1998).

Ainda de acordo com Tupy e Yamaguchi (1998), a eficiência refere-se à comparação entre a quantidade de produto efetivamente obtida e o seu nível máximo, considerando a quantidade de insumos utilizada. Ou seja, a eficiência nada mais é do que uma relação entre os valores ótimos de insumos e produtos. A eficiência produtiva também pode ser descrita como o conjunto de agentes, ou unidade produtiva, que utiliza a menor quantidade de fatores de produção por unidade de produto (MOREIRA, FONSECA, 2005).

O desempenho de uma unidade produtiva é um reflexo da sua eficiência, sendo um fator importante em ambientes competitivos. O estudo da eficiência pode ajudar na melhora dos resultados obtidos por uma empresa por permitir mensurar a diferença entre a produção real e a produção potencial, além de permitir a comparação entre empresas de um mesmo setor e entre resultados obtidos por diferentes combinações de fatores. Este trabalho é voltado para a eficiência técnica, definida como a menor alocação física possível de insumos para a obtenção de um determinado nível de produto (TUPY; YAMAGUCHI, 1998).

Na análise de eficiência dos terminais portuários brasileiros, foram realizados estudos tanto voltados para os principais portos do país, quanto voltados para os portos de uma região específica, além de um recente estudo voltado especificamente para os terminais de cabotagem. O estudo realizado por Gois et al (2016), utilizando a metodologia DEA para terminais de contêineres, verificou que apenas os portos de Chibatão (AM), Pécem (CE) e Santos (SP) atingiram a eficiência máxima no transporte de cabotagem no ano de 2014.

Maegima, Incirilo e Nascimento (2019), estudaram a eficiência média do transporte de cabotagem no Brasil no período de 2008 a 2017, comparando com a eficiência média de um grupo de países da União Europeia, considerando o mesmo período e a mesma modalidade de transporte. O resultado apontou que o Brasil atinge apenas 67% da eficiência máxima, sendo o Reino Unido, a Bélgica, a Holanda e a Eslovênia os países que operam na eficiência máxima. Este estudo, no entanto, considera cada país uma única unidade produtiva, o que não é verificado na prática, e utiliza a média da movimentação de cargas no período como produto.

Acosta, Silva e Lima (2011), analisaram a eficiência técnica de 27 portos brasileiros, com o intuito de verificar quais portos melhor otimizaram os recursos utilizados na movimentação de carga na modalidade longo curso no ano de 2005, utilizando dados do anuário estatístico da ANTAQ. Os resultados apontaram os portos de Areia Branca (RN), Itaqui (MA), Natal (RN), Santos (SP) e São Francisco do Sul (SC) como os mais eficientes (ACOSTA; SILVA; LIMA, 2011).

Analogamente Menegazzo e Fachinello (2014), projetaram a eficiência de 28 terminais portuários para o período de 2015 a 2025, utilizando de projeções de demanda e de capacidade. Os resultados apontam que o número de portos de máxima eficiência deve passar de três terminais em 2014 para oito terminais em 2025. Este resultado é atribuído à suposta diminuição da capacidade ociosa, bem como à diminuição do número de portos com capacidade insuficiente, indicando uma otimização na distribuição na movimentação de cargas entre os portos estudados (MENEGAZZO; FACHINELLO, 2014).

Na análise regionalizada, destacam-se os trabalhos realizados por Souza Júnior et al. (2013) e Vieira et al. (2014). O primeiro estudou a eficiência dos terminais portuários do Nordeste brasileiro. A análise considerou dois tipos de terminais portuários (contêineres e granéis sólidos) em quatro cenários distintos. O resultado demonstrou que, dos 16 portos analisados, apenas o terminal de contêineres do porto de Salvador (BA) e o terminal de granéis sólidos do porto de São Luís (MA) se mostraram eficientes, demonstrando a fragilidade do setor na região (SOUZA JÚNIOR et al., 2013).

Já Vieira et al. (2014) avaliaram a eficiência dos terminais de contêineres da região Sul do Brasil, utilizando dados do sistema de desempenho portuário da ANTAQ e a metodologia DEA. Dos sete terminais avaliados no estudo, quatro apresentaram eficiência máxima. Sendo eles: Paranaguá, no Paraná e São Francisco do Sul, Itajaí e Navegantes em Santa Catarina.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As principais metodologias utilizadas para medir a eficiência e/ou produtividade são fronteiras estocásticas e análise envoltória de dados. Eficiência produtiva pode ser descrita como o conjunto de agentes, ou unidade produtiva, que utiliza a menor quantidade de fatores de produção por unidade de produto. A fronteira estocástica, SFA (do inglês, *stochastic frontier analysis*), é um modelo paramétrico, escrito a partir de uma equação linear. Ou seja, depende das hipóteses adotadas sobre o formato da função de produção (MOREIRA; FONSECA, 2005).

A metodologia SFA compara o desempenho técnico das unidades produtivas, mas apresenta vulnerabilidades com relação ao tamanho da amostra (FALCÃO; CORREIA, 2012). Em amostras muito pequenas, ou com poucas informações sobre os insumos e produtos, não é possível distinguir as distribuições do ruído da distribuição de probabilidade. Por outro lado, a SFA permite adicionar informações relativas dos determinantes da produtividade e seu tempo de processamento é proporcional ao tamanho da amostra (MOREIRA; FONSECA, 2005).

Já a análise envoltória de dados, DEA, consiste em uma metodologia não paramétrica baseada em programação linear (LI et al, 2020). Esta metodologia mede a eficiência de cada unidade produtiva, as chamadas *decision making units* (DMUs), considerando as informações de insumos e produtos de cada uma delas. O método consiste em estimar o máximo de produção que pode ser obtida a partir de um grupo de insumos (*inputs*) que geram uma determinada quantidade de produtos (*outputs*). O objetivo central do modelo é comparar cada unidade produtiva, ou DMU, diferenciando as quantidades consumidas de *inputs* para a quantidade de *outputs* que produzem (SOUZA JÚNIOR, 2013).

No presente estudo foi feita a opção pelo modelo DEA por esse ser um método não-paramétrico, o que permite a análise com poucas observações, e pela inexistência de restrições quanto ao formato da função de produção. Este método foi desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978 e consiste em uma programação matemática onde a eficiência é obtida pela razão da soma ponderadas dos insumos pelos produtos (SOUZA JÚNIOR, 2013). De acordo com Vincova (2005), a soma ponderadas de insumos e produtos pode ser escrita conforme demonstrado na equação (1). Considerando n unidades produtivas, onde cada unidade j consome m insumos na produção de s produtos, tem-se:

$$E_j = \frac{SPP}{SPI} = \frac{\sum_{i=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{j=1}^{m} v_i x_{ij}} \qquad (1)$$

Onde: SPP é a soma ponderada dos produtos; SPI é a soma ponderada dos insumos; u_r com r = 1, 2,..., *s*, são os pesos atribuídos ao r-ésimo produto e v_i, i = 1, 2,..., *m*, são os pesos atribuídos ao i-ésimo insumo.

A definição dos pesos utilizados pode seguir diferentes critérios, podendo ser definidos anteriormente, seguindo algum critério de importância relativa de insumos e produtos ou podem ser obtidos através de um cálculo de otimização (VINCOVA, 2005).

3.1 FONTE E TRATAMENTO DE DADOS

De acordo com o Ministério da Infraestrutura, existem sete companhias docas, empresas públicas responsáveis pela administração de 19 terminais portuários públicos, sendo elas: CDP (Companhia Docas do Pará), CDC (Companhia Docas do Ceará), CODERN (Companhia Docas do Rio Grande do Norte), CODEBA (Companhia Docas do Estado da Bahia), CODESA (Companhia Docas do Espírito Santo), CDRJ (Companhia Docas do Rio de Janeiro) e CODESP (Companhia Docas do Estado de São Paulo).

Os terminais portuários brasileiros movimentaram cerca de 1,1 bilhão de toneladas em 2019, onde 240,9 milhões de toneladas correspondem à movimentação na modalidade cabotagem, um aumento de 4,10% em relação ao ano anterior. Nesta modalidade de transporte, os principais produtos movimentados são granéis líquidos e gasosos, com 128,1 milhões de toneladas, ou 74,4% do total, seguido por granéis sólidos, com 42,7 milhões de toneladas (12,4% do total) e carga geral conteinerizada, com 15,8 milhões de toneladas (9,2% do total).

No mesmo período, os portos privados responderam por 77,7% da movimentação total de cabotagem, sendo os terminais de São Sebastião (SP), Angra dos Reis (RJ) e Madre de Deus (BA) os principais terminais privados em volume de carga movimentada. Estes terminais privados são especializados no transporte de petróleo e derivados e estão ligados à Transpetro, subsidiária da Petrobras. Quando considerados os portos públicos, os principais terminais são os de Suape (PE), Santos (SP) e Itaqui (MA).

Segundo Falcão e Correia (2012), é preferível analisar a eficiência de terminais portuários que possuem uma atividade particular, devido à diversidade de serviços prestados pelos terminais portuários, e devido à própria diversidade da carga movimentada. Dessa forma, este trabalho considera apenas a movimentação de cargas nas categorias granel sólido e carga geral. As variáveis utilizadas no modelo, também utilizadas por Acosta, Silva e Lima (2011), são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1- Variáveis de Insumo e Produto utilizadas no modelo DEA

Insumos	**Produto**
Extensão do cais	Movimentação total de cargas
Calado máximo autorizado	
Armazenagem	

Fonte: Elaboração própria.

A extensão do cais é a medida, em metros, da estrutura portuária destinada ao aporte das embarcações. O calado máximo autorizado é a medida, em metros, da distância entre a superfície da água e a quilha das embarcações, refletindo o porte das embarcações autorizadas a atracarem em cada terminal portuário. A armazenagem corresponde à capacidade física, medida em toneladas, do conjunto de pátios, silos e armazéns destinados ao armazenamento das cargas movimentadas. A movimentação total de cargas corresponde à soma dos embarques e desembarques, em toneladas, de granéis sólidos e carga geral solta, considerando apenas a navegação do tipo cabotagem.

As variáveis de capacidade operacional foram obtidas dos Planos Mestres dos terminais portuários, disponibilizados pela Secretaria Nacional de Portos e Transportes Aquaviários do Ministério da Infraestrutura. As informações sobre movimentação de cargas foram coletadas do Anuário Estatístico Aquaviário 2019, elaborados pela ANTAQ. A medida de eficiência da equação, portanto, assume a seguinte forma:

$$E_j = \frac{u_1 \cdot Cabotagem + u_2 \cdot LongoCurso}{v_1 \cdot Extensão + v_2 \cdot Calado + v_3 \cdot Armazenagem} \qquad (2)$$

Onde: E_j representa a eficiência do terminal portuário *j,* u_1 e u_2, são, respectivamente, os pesos associados na movimentação de cargas nas modalidades cabotagem e longo curso, e

v_1, v_2 e v_3 representam os respectivos pesos atribuídos para as variáveis extensão do cais, calado máximo autorizado e armazenagem.

Devido à disponibilidade de informações referentes ao conjunto de insumos utilizados para a maioria dos portos brasileiros, este trabalho considera o uso de uma amostra restrita composta pelos seguintes terminais portuários: Alumar (MA), Areia Branca (RN), Belém (PA), Fortaleza (CE), Gerdau (BA), Imbituba (SC), Itaqui (MA), Maceió (AL), Paranaguá (PR), Ponta da Madeira (MA), Porto Alegre (RS), Praia Mole (ES), Recife (PE), Rio de Janeiro (RJ), Santarém (PA), São Sebastião (SP), São Francisco do Sul (SC), Suape (PE), Tubarão (SC), Vila do Conde (PA) e Vitória (ES).

3.2 DESCRIÇÃO DO MODELO

A utilização do DEA é feita principalmente por dois modelos: CCR e BBC. O modelo CCR (acrônimo de Charnes, Cooper e Rhodes) é um modelo de retornos constantes de escala, o que significa que uma alteração dos insumos provoca uma alteração de mesma proporção nos produtos (BENICIO; MELLO, 2019). A eficiência neste modelo é definida como sendo a razão da média ponderada dos produtos pela média ponderada dos insumos, podendo ser utilizado tanto para a maximização dos produtos, quanto para a minimização dos insumos (MOREIRA; FONSECA, 2005).

O modelo BCC (acrônimo de Banker, Charnes e Cooper), considera a presença de retornos variáveis de escala. Ou seja, assume que não há proporcionalidade entre os insumos e os produtos (SOUZA JÚNIOR, 2013). O BCC identifica o nível adequado de utilização dos insumos à escala da unidade produtiva. Este modelo é resultado da divisão do modelo CCR em duas medidas de eficiência: uma técnica e outra de escala (MOREIRA; FONSECA, 2005).

A maximização da eficiência nos modelos DEA está sujeita à restrição de que a taxa de eficiência não pode ser maior que 1, bem como os pesos de insumos e produtos devem ser maiores que zero (VINCOVA, 2005). Ambos os modelos podem ser orientados para a maximização do produto ou para a minimização dos insumos. Por assumir existência de retornos constantes de escala, o valor obtido para a eficiência de cada unidade produtiva no modelo CCR será o mesmo independente da orientação do modelo. No entanto, devido à natureza dos insumos e produtos utilizados neste estudo, é preferível assumir que os retornos de escala são variáveis, justificando, assim, o uso do modelo BCC.

Segundo Santos Guerreiro (2006), o modelo BCC é resultado da divisão do modelo CCR em um componente de eficiência técnica e outro de eficiência de escala. Menegazzo (2014)

destaca que o uso modelo orientado para a maximização do produto permite identificar a quantidade adicional de produto que permitiria a cada unidade produtiva atingir a fronteira de eficiência, sendo este o principal motivo pelo qual optou-se pela utilização do modelo BCC orientado ao produto.

O modelo BCC orientado ao produto, conforme Casado (2007), é apresentado a seguir, onde E_j é a eficiência da unidade produtiva j; i e r são os índices para cada insumo e produto, respectivamente; n é quantidade total de unidades produtivas; u e v representam os respectivos pesos para produtos e insumos; e y_{rj} e x_{ij} representam as quantidades de cada produto r e insumo i, respectivamente, produzido e utilizados pela unidade j.

$$Max \;\; E_j = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} + u_j \qquad (3)$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} = 1 \qquad (4)$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} + u_j \leq 0 \text{, para todo j= 1, 2,...,n} \qquad (5)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \qquad (6)$$

Na equação 3, a eficiência E é maximizada pela soma de cada um dos produtos y, ponderada pelos pesos u atribuídos a cada um dos produtos, com u_j podendo assumir qualquer valor, sujeitos a restrição de que a soma ponderada dos insumos x pelos pesos v deve ser menor ou igual a 1, conforme a equação 4.

A equação 5 mostra que a condição para que a eficiência máxima é alcançada quando a diferença entre a soma ponderada dos produtos e a soma ponderada dos insumos for menor ou igual a zero. A equação 6 demonstra que cada um dos pesos associados aos insumos e produtos deve ser maior ou igual a zero.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta seção de resultados está estruturada em três subseções: na primeira são apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nos modelos estimados, na segunda são apresentados os resultados estimados para a eficiência técnica dos terminais

portuários estudados e, por fim, na terceira subseção é apresentada uma estimativa para a eficiência do transporte de cabotagem para um grupo de portos da amostra.

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA

Na Tabela 1 são apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nos modelos estimados. A variável movimentação total de cargas, conforme apresentado no Quadro 1, foi dividida em subgrupos por tipo de carga e modalidade de transporte, de modo a facilitar o agrupamento de portos semelhantes, possibilitando a comparação entre os mesmos. As estatísticas dessas variáveis se referem à movimentação realizada ao longo do ano de 2019. Os Planos Mestres dos complexos portuários utilizados para a obtenção das variáveis de capacidade portuária foram elaborados entre os anos de 2017 e 2020.

Tabela 1- Estatísticas Descritivas dos insumos e produtos, em toneladas, entre 2017 e 2020.

	Mínimo	**Média**	**Mediana**	**Máximo**	**Desvio-padrão**
Painel A: Insumos					
Extensão*	34	1.283	1.180	3.042	726,13
Calado*	5,18	12,44	12,20	23	3,74
Armazenagem	208,04	834.592	239.000	7.365.000	1.656.296
Painel B: Cabotagem					
Carga geral	0,00	111.623,20	89,20	1.807.324,60	392.788,20
Granel sólido	0,00	1.126.160	43.001	9.035.425	2.321.499
Carga total	369,00	1.237.783	114.615	9.035.515	2.298.658
Painel C: Longo curso					
Carga geral	0,00	290.613,00	17.187,00	1.274.2110,	413.789,30
Granel sólido	300.016	17.134.877	2.928.120	184.329.244	41.773.982
Carga total	301.208	17.425.490	3.351.152	184.329.244	41.744.949

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANTAQ e Planos Mestres dos portos organizados.
Nota: *As variáveis estão medidas em metros.

O painel A, que apresenta as estatísticas descritivas dos insumos, indica grande heterogeneidade quanto ao porte dos terminais portuários estudados. Quando observadas as estatísticas da capacidade de armazenagem, essa heterogeneidade fica bastante evidente. Chama atenção o alto nível de dispersão em torno da média das observações contidas na

amostra. Essa dispersão pode ser explicada por um maior grau de especialização de um grupo de portos no transporte de granéis sólidos, como no caso dos terminais de Ponta da Madeira (MA), Tubarão (ES) e Paranaguá (PR), que lideraram a movimentação de minérios e soja na modalidade longo curso entre os portos do Brasil em 2019.

A variação verificada na extensão do cais pode ser explicada pelo número de berços[1] contidos em cada porto. Na existência de mais de um berço, a extensão do cais foi obtida pela soma das extensões dos berços especializados no transporte dos produtos considerados neste estudo, sendo, portanto, desconsiderados aqueles cais especializados no transporte de granéis líquidos. O terminal portuário do Rio de Janeiro (RJ) possui a maior extensão de cais, divididos em 20 berços para atracação, enquanto que o terminal portuário da Gerdau (BA), que possui a menor extensão de cais, é composto de uma única plataforma de operação que permite a atracação de embarcações de até 230 metros de LOA (comprimento máximo de uma embarcação).

Apesar da menor dispersão em torno da média, as diferenças verificadas no calado máximo autorizado são provenientes da construção da variável. Em alguns casos, os Planos Mestres dos terminais portuários estabelecem um limite para o calado das embarcações autorizadas a operar nas instalações portuárias. Em outros, o calado varia conforme o berço de atracação e/ou o movimento das marés, sendo, nesses casos, utilizada uma média dos calados. Os valores mínimo e máximo, sendo representados, respectivamente, pelos portos de Porto Alegre (RS) e Ponta da Madeira (MA), podem ser considerados *outliers* na amostra, visto que a maioria dos portos analisados apresentam um calado próximos aos valores médio e mediano.

Os painéis B e C apresentam as estatísticas descritivas da movimentação de cargas, respectivamente, nas modalidades cabotagem e longo curso. O grau de especialização de alguns portos na movimentação de determinadas categorias e/ou tipo de navegação são fatores que explicam a alta variação encontrada nas variáveis. Quando considerado apenas granéis sólidos, os terminais de Imbituba (MA), Recife (PE) e Suape (PE) não realizaram o transporte dessa mercadoria na modalidade cabotagem, enquanto que os terminais de Areia Branca (RN), Fortaleza (CE), Gerdau (BA), Maceió (AL), Ponta da Madeira (MA), Praia Mole (ES), Santarém (PA), São Sebastião (SP) e Tubarão (ES) não realizaram movimentação de carga geral na mesma modalidade de transporte.

---

[1] Berço de atração é o espaço no cais em que o navio atraca para operar, no embarque e desembarque de cargas (ANTAQ, 2010).

Entre os portos analisados, os granéis sólidos representaram a maior parte da movimentação de cargas ao longo de 2019 na modalidade longo curso, sendo esta a única que foi verificada em todos os terminais portuários da amostra. Também foi verificado que esta categoria corresponde à maior parte da movimentação total de cargas durante todo o ano. Apenas os terminais de Alumar (MA), Areia Branca (RN), Gerdau (BA), Maceió (AL), Ponta da Madeira (MA), Praia Mole (ES) e Tubarão (ES) não realizaram movimentação de carga geral na modalidade longo curso no mesmo período.

De modo geral, os terminais que apresentaram a maior movimentação de cargas também apresentam a maior infraestrutura portuária, considerando a extensão do cais e área de armazenagem, o que reflete a existência de unidades produtivas de porte variado na amostra, sendo este mais um indicador da existência de retornos variáveis de escala, justificando o uso do modelo BCC. Vale destacar que alguns dos terminais que contidos na amostra também realizam a movimentação de granéis líquidos, que não foram considerados nesta análise, sendo a infraestrutura portuária dedicada ao transporte desse tipo de mercadoria sendo desconsiderada.

4.2 EFICIÊNCIA DOS TERMINAIS PORTUÁRIOS

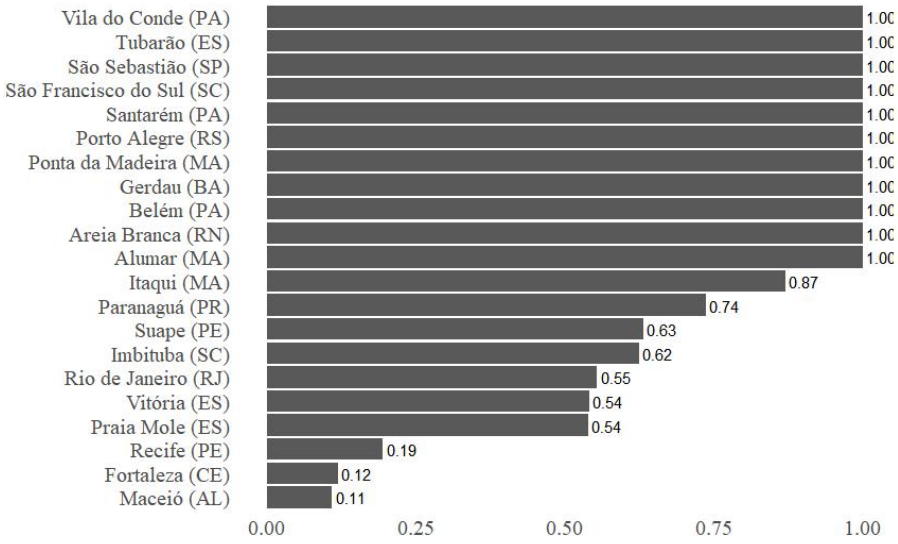
Conforme apresentado na seção anterior, as restrições encontradas nas informações de capacidade operacional, optou-se pelo uso da média dos calados autorizados em cada terminal e pelo uso da extensão do cais, em vez do número de berços. Para assegurar o resultado apresentado, também foram realizadas estimações considerando o número de berços, em substituição à extensão total do cais como insumo, e a maior calado verificado para cada um dos terminais portuários. De modo geral, os resultados obtidos por essas estimações complementares, apresentados nos apêndices A e B, não mostraram diferenças significativas no nível de eficiência estimado, nem no número de portos considerados eficientes.

Para a estimação da eficiência técnica dos terminais portuários foi utilizado o modelo BCC multiproduto, considerando a movimentação total de cargas (granéis sólidos e carga geral) nas modalidades cabotagem e longo curso como os respectivos produtos. A Figura 1 demonstra que 11 dos 21 portos da amostra atingiram a fronteira de eficiência. Estes terminais podem ser considerados especializados na movimentação longo curso de granéis sólidos, sendo verificada uma baixa movimentação de carga geral tanto em longo curso, quanto em cabotagem.

Os portos que apresentaram o menor nível de eficiência foram, respectivamente, os de Maceió (AL), Fortaleza (CE) e Recife (PE), com níveis de eficiência de, respectivamente, 0,11, 0,12 e 0,19. A eficiência média dos portos analisados corresponde a 0,76 da fronteira de eficiência estimada, com os terminais de Itaqui (SC) se situando acima do valor médio, atingindo 0,87 da fronteira, e o terminal de Paranaguá (PR) se situando próximo ao valor médio, atingindo 0,74 da fronteira estimada.

Ao se fazer um corte regional, as regiões Norte e Nordeste concentraram o maior número de portos eficientes. No Norte, todos os terminais eficientes estão situados no estado do Pará. Os terminais de Belém e Vila do Conde estão localizados no complexo portuário de mesmo nome, nos municípios de Belém e Barcarena, que possui características marítimas e fluviais. A maior parcela da movimentação registrada no terminal portuário de Belém é desembarques, correspondendo a 88% da movimentação total. Quanto ao tipo de navegação, a categoria cabotagem representa mais de 70% das movimentações totais registradas no terminal. No porto Vila do Conde as principais cargas movimentadas são bauxita e alumina, com a maior parcela correspondendo a desembarques.

Figura 1 - Eficiência dos Terminais Portuários Estimada pelo Modelo BCC



Fonte: Elaboração própria.

Ainda na região Norte, o terminal de Santarém, situado em complexo portuário e município homônimos, possuindo características fluviais, localizado no Rio Tapajós, próximo à confluência com o Rio Amazonas, também foi considerado eficiente. O terminal movimenta principalmente milho, soja e fertilizantes, nos sentidos de embarque e desembarque, nas modalidades de navegação interior e de longo curso.

Na região Nordeste, os terminais de uso privado Alumar e Ponta da Madeira, no Maranhão, Areia Branca, no Rio Grande do Norte, e Gerdau, na Bahia, foram os que alcançaram a fronteira de eficiência estimada. O terminal Alumar está inserido no Complexo Portuário de Itaqui, localizado em São Luís (MA). As principais cargas movimentadas são bauxita, alumina, carvão mineral e derivados de petróleo. O terminal Gerdau é um terminal de uso privado localizado na Baía de Todos os Santos em Salvador. É especializado na movimentação de manganês e coque, principalmente no sentido de desembarque. Atualmente, o terminal opera abaixo de sua capacidade total, devendo permanecer assim nas próximas décadas, segundo as projeções contidas no plano mestre do terminal.

Dois terminais localizados na região Sudeste alcançaram a fronteira de eficiência, sendo eles os portos de Tubarão (ES) e São Sebastião (SP). O terminal de uso privado de Tubarão está localizado no Complexo Portuário de Vitória e Barra do Riacho. A movimentação de cargas é composta principalmente por minério de ferro e granéis vegetais, especialmente farelo de soja e grãos de soja e por fertilizantes minerais. O porto de São Sebastião está localizado no complexo portuário homônimo, no município de Ilhabela, litoral norte do estado de São Paulo. O complexo, como um todo, pode ser considerado especializado na movimentação de granéis líquido, devido à existência de um terminal de uso privado pertencente à Transpetro. Porém, o porto de São Sebastião movimenta majoritariamente veículos, carga geral, granéis sólidos minerais, gado vivo, malte e cevada.

Os portos de Porto Alegre (RS) e São Francisco do Sul (SC) foram os que obtiveram o maior o nível de eficiência, dentre àqueles localizados na região Sul. O Porto Organizado de Porto Alegre possui atualmente um único trecho dedicado às operações portuárias, sendo este dividido em seis berços que realizam a movimentação de produtos siderúrgicos e granéis sólidos vegetais, incluindo malte, cevada, trigo e sal. Já o porto de São Francisco do Sul está localizado na Baía da Babitonga, litoral norte do estado de Santa Catarina. As cargas movimentadas são compostas majoritariamente por granéis sólidos, incluindo produtos químicos e siderúrgicos, fertilizantes, soja e milho.

Na comparação com os resultados obtidos por Acosta et al (2011), apesar da existência de diferenças nas amostras e abordagens utilizadas, observou-se que os terminais de Areia Branca (RN) e São Francisco do Sul (SC) foram os que permaneceram com o nível de eficiência máxima. O terminal de São Francisco do Sul também foi apontado como eficiente no estudo conduzido por Vieira et al (2014). Já o terminal de Vila do Conde (PA) foi apontado como eficiente anteriormente por Menegazzo (2014).

De modo geral, os terminais apontados como eficientes realizam, majoritariamente, movimentação de granéis sólidos e dispõem de uma grandes áreas de armazenagem. Quanto ao porte, foi verificado que a existência de terminais de pequeno, médio e grande porte no grupo de portos eficientes, com a predominância dos terminais de grande porte. Não foi verificado um padrão lógico quanto aos insumos extensão do cais e calado médio.

Conforme indicado anteriormente, uma das vantagens do uso do modelo BCC orientado ao produto é possibilidade de identificar a quantidade de produto, mantendo constantes os insumos, que tornaria a unidade produtiva eficiente. Neste caso, é possível identificar a capacidade ociosa, em termos de volume de cargas movimentadas nas modalidades cabotagem e longo curso, que permitiriam aos terminais portuários anteriormente listados como ineficientes atingir a fronteira de eficiência.

A necessidade de aumento nos produtos, para que seja possível alcançar a fronteira de eficiência depende da distância de cada unidade produtiva em relação à mesma. Assim, quanto maior for o grau de ineficiência de um terminal portuário, maior será o volume de cargas adicional necessário, além da carga efetivamente movimentada em 2019 para que terminal atinja a fronteira de eficiência estimada. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Capacidade Ociosa em relação a Fronteira de Eficiência Estimada por Terminal Portuário.

Terminal	**UF**	**Cabotagem**	**Longo curso**
Fortaleza	CE	119.174,64	5.757.472,00
Imbituba	SC	222,34	2.935.909,00
Maceió	AL	61.089,98	9.356.642,00
Paranaguá	PR	67.101,09	12.697.117,00
Itaqui	MA	4.502,44	2.525.087,00
Recife	PE	904.383,55	4.919.065,00
Rio de Janeiro	RJ	43.409,79	1.589.219,00
Suape	PE	62.174,31	450.082,00
Praia Mole	ES	1.961.471,72	8.649.055,00
Vitória	ES	97.547,56	2.852.137,00

Fonte: Elaboração própria.

Em termos percentuais, os portos ineficientes atingiriam a fronteira de produção estimada se a movimentação de cargas, nas modalidades e perfis de carga analisados, fosse, em média, 239,88% maior, com mediana de 85,81%. Os três terminais que apresentaram

maior ineficiência, sendo eles os terminais de Maceió (AL), Fortaleza (CE) e Recife (PE), alcançariam a fronteira de eficiência caso a movimentação de cargas fosse, respectivamente, 818,00%, 746,18% e 414,04% maior que a registrada ao longo do ano de 2019. Analogamente, os terminais de Itaqui (SC), Paranaguá (PR) e Suape (PE), mais próximos à fronteira, necessitariam de aumento na movimentação, respectivamente, de 14,93%, 35,76% e 58,38%.

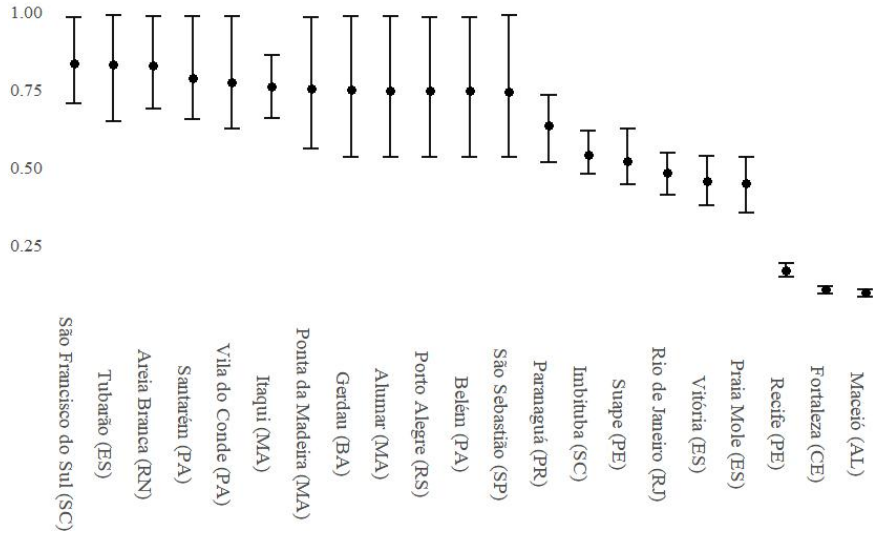
4.3 EFICIÊNCIA E INTERVALO DE CONFIANÇA UTILIZANDO BOOTSTRAP

Por se tratar de um método determinístico, que não permite os testes de hipóteses clássicos, Bogetof e Otto (2010) apresentam três abordagens possíveis para a análise estatística de modelos DEA. A primeira abordagem possível é pelo uso de testes não-paramétricos, como os testes Kolmogrov-Smirnov e Kruskal-Wallis, utilizados quando a distribuição de probabilidades é desconhecida. A segunda diz respeito ao uso de testes paramétricos, considerando algumas suposições sobre a distribuição da ineficiência e ruído dos dados, que permite a validade das propriedades teóricas em amostras com mais de 50 observações.

Outra abordagem, que é a utilizada neste trabalho, é uso do método bootstrap. Em linhas gerais, este método consiste em um método computacional de cálculo da precisão da estatística estimada. A ideia básica é reamostrar com reposição, a partir de observações do conjunto de dados utilizado, criando amostras do mesmo tamanho que o conjunto original (BOGETOF; OTTO, 2010). A partir da reamostragem, pode se encontrar os desvios padrões e o intervalo de confiança, mesmo quando a distribuição de probabilidades é desconhecida, situação em que a forma não-paramétrica do bootstrap é mais usada (RIZZO; CYMROT, 2006).

Barros et al (2010) destacam que o uso do bootstrap permite analisar a sensibilidade das medidas de eficiência, corrigindo o viés inerente ao DEA, com a estimação de um intervalo de confiança para eficiência estimada, com alta probabilidade de que o intervalo estimado seja o verdadeiro. A abordagem bootstrap para a obtenção do intervalo de confiança porque não se baseia na suposição de que a distribuição é simétrica e que pode ser aproximada de uma distribuição normal (BOGETOF; OTTO, 2010). A Figura 2 ilustra graficamente os valores estimados pelo método bootstrap para a eficiência, bem como seu intervalo de confiança, dos terminais portuários analisados.

Figura 2 - Eficiência e Intervalo de Confiança Estimado pelo Método Bootstrap.



Fonte: Elaboração própria.
Nota: Nível de confiança de 95% para o intervalo Bootstrap estimado com 3.000 replicações.

Segundo Efron e Tibshirani (1993, apud CUNHA; COLOSIMO, 2003), são necessárias pelo menos 500 replicações para obter uma boa estimativa dos intervalos de confiança. Neste trabalho, a eficiência, bem como o intervalo de confiança, estimados pelo método bootstrap foi obtida com 2.000 replicações feitas a partir da amostra original.

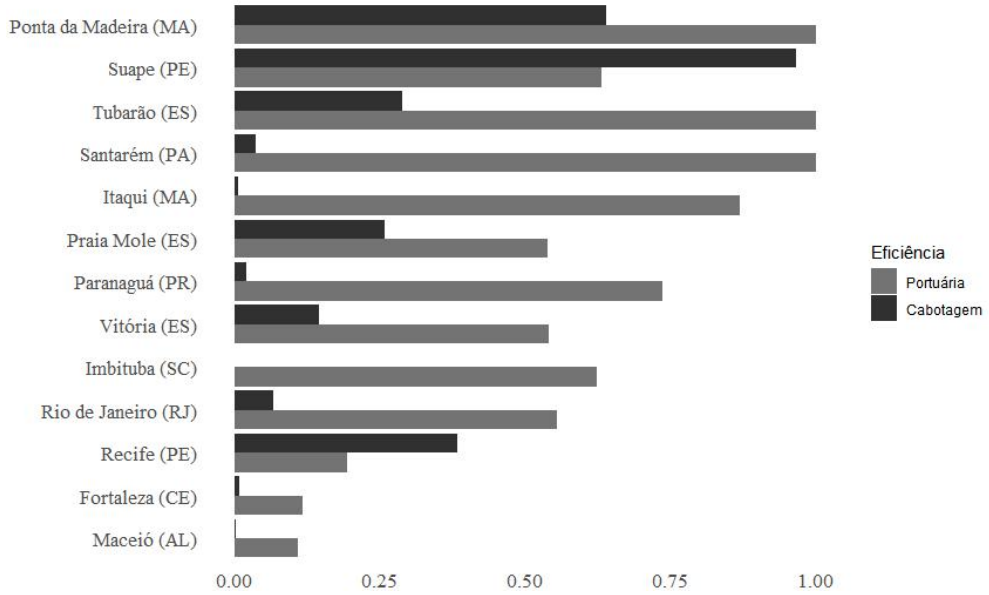
A eficiência estimada pelo método bootstrap foi menor para todos os portos da amostra, pela presença de um viés positivo. Barros et al (2010) apontam que tal fato pode ser um indicativo de uma superestimação dos níveis de eficiência pelo modelo DEA convencional. Os autores também destacam que as diferenças verificadas na amplitude dos intervalos de confiança são resultado das diferenças nas variâncias, o que influencia na construção da fronteira de produção e dos intervalos de confiança bootstrap. A Figura 2 ilustra graficamente os valores estimados pelo método bootstrap para a eficiência, bem como seu intervalo de confiança, dos terminais portuários analisados.

De modo geral, a eficiência bootstrap dos terminais que alcançaram a fronteira de eficiência ficou próxima a 0,75, com intervalo de confiança estabelecido entre 0,52 e 0,98. Os terminais de Areia Branca (RN), Tubarão (ES) e São Francisco do Sul (SC), integrantes do grupo de portos eficientes, apresentaram uma eficiência pelo método bootstrap de 0,82, com intervalo de confiança de 0,68 a 0,98 para o primeiro, de 0,64 a 0,98 para o segundo e de 0,70 a 0,97 para o terceiro. Entre os terminais que não atingiram a fronteira, a maior eficiência estimada pelo bootstrap foi verificada para o terminal de Itaqui (SC), que atingiu 0,76, com intervalo de confiança entre 0,66 e 0,86.

4.4 EFICIÊNCIA PORTUÁRIA NO TRANSPORTE POR CABOTAGEM

Também é possível investigar se o resultado obtido na estimação do nível de eficiência técnica dos terminais portuários é consistente quando considerada apenas a movimentação de cargas na modalidade cabotagem. Para tanto, o modelo BCC orientado ao produto foi estimado considerando apenas a movimentação de carga geral e de granéis sólidos no transporte por cabotagem. As estimações da eficiência dos terminais portuários na cabotagem, com a comparação com o nível de eficiência portuária estimado na subseção anterior, são apresentados na Figura 3.

Figura 3 - Modelo BCC: Eficiência Portuária e do Transporte por Cabotagem



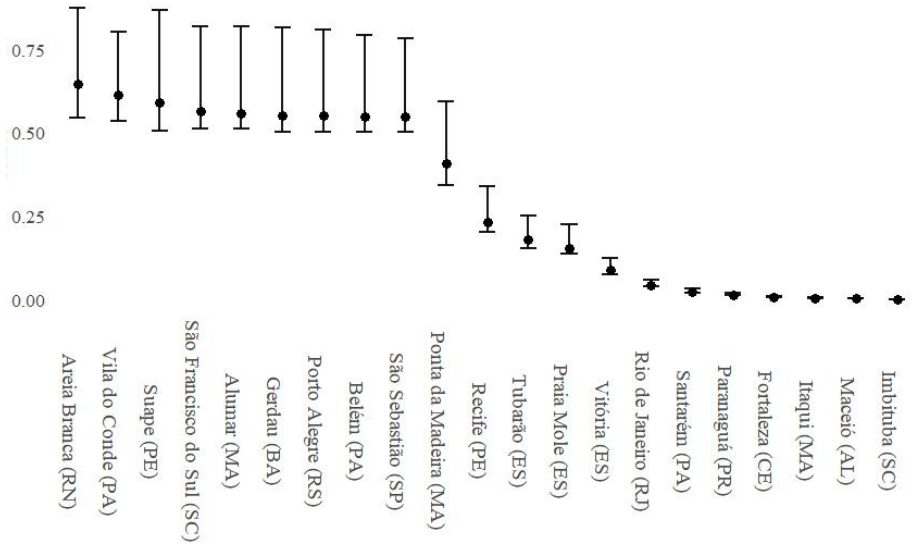
Fonte: Elaboração própria.

De acordo com os resultados obtidos, 8 dos 11 terminais considerados eficientes permaneceram na fronteira de eficiência estimada para o transporte de cabotagem, sendo eles os seguintes terminais: Alumar (MA), Areia Branca (RN), Belém (PA), Vila do Conde (PA), Gerdau (BA), Porto Alegre (RS), São Sebastião (SP) e São Francisco do Sul (SC). Apenas os terminais portuários de Recife e Suape, ambos localizados no estado de Pernambuco, aumentaram suas eficiências neste cenário. A eficiência do primeiro passou de 0,19 para 0,38, enquanto que a do segundo passou de 0,63 para 0,96. Os demais terminais apresentaram redução de seu nível de eficiência.

A eficiência bootstrap dos terminais portuários no transporte por cabotagem apresentou comportamento similar àquele verificado na subseção 4.3. No entanto, a eficiência

bootstrap dos terminais que atingiram a fronteira no transporte por cabotagem foi menor, se situando em torno de 0,56, com intervalo de confiança entre 0,50 a 0,87. Os terminais de Areia Branca, Vila do Conde (PA) e Suape (PE) foram os que alcançaram as maiores eficiências obtidas pelo método bootstrap, chegando a, respectivamente, 0,64, 0,61 e 0,59 da fronteira de produção estimada. A Figura 4 apresenta a eficiência portuária no transporte por cabotagem pelo método bootstrap.

Figura 4 - Eficiência Portuária e Intervalo de Confiança no Transporte por Cabotagem pelo Método Bootstrap



Fonte: Elaboração própria.
Nota: Nível de confiança de 95% para o intervalo Bootstrap estimado com 3.000 replicações.

O resultado para o porto de Suape foi surpreendentemente maior que as dos demais terminais apontados como eficientes pelo modelo BCC, sendo este um indício de que o modelo convencional pode estar subestimando o nível de eficiência para este terminal. Em geral, a eficiência bootstrap foi menor do que a estimada pelo modelo DEA convencional, fica, novamente, evidenciada a existência de um viés positivo que superestima os níveis de eficiência. Outra observação importante é que a amplitude dos intervalos de confiança estimados para os portos mais ineficientes foi significativamente menor que os intervalos verificados nos casos dos portos mais próximos à fronteira de eficiência.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo utilizado para estimação da eficiência permitiu verificar que o nível de eficiência obtido para o transporte por cabotagem é bastante similar ao nível geral de

eficiência portuária. Este resultado aponta para a possibilidade de aumentar a participação da cabotagem na matriz transporte brasileira nos próximos anos, sendo possível aumentar a movimentação de cargas nos principais terminais portuários do país, tanto na modalidade cabotagem, quanto longo curso, mesmo que a atual infraestrutura portuária seja mantida.

O principal desafio para a realização de um estudo como esse está na forma como dados essenciais estão dispostos. Apesar de disponibilizar informações sobre a movimentação portuária, perfil da frota e algumas tarifas, informações sobre a capacidade operacional dos terminais portuários não são disponibilizados pela ANTAQ ou de forma simples pelo Ministério da Infraestrutura. A forma de obtenção dessas variáveis, por meio dos Planos Mestres, gera a possibilidade de uso de dados defasados, visto que existe uma distância temporal significativa, superior a dois anos, em alguns casos, entre os planos.

Além da abordagem técnica, seria possível verificar a eficiência gerencial, considerando informações financeiras, caso fossem disponibilizados dados sobre as despesas com pessoal e com serviços de utilidade pública, por exemplo, o que permitiria a comparação de desempenho entre diferentes companhias docas ou ainda comparações com os terminais uso privado. Também seria possível melhorar os indicadores de eficiência caso fosse possível obter dados mais detalhados sobre as instalações portuárias, permitindo a identificação da proporção de uso dos insumos em cada modalidade de transporte, para cada terminal portuário.

Outra possibilidade seria a adoção de um modelo em painel que permitisse a estimação da eficiência, desconsiderando, assim, eventuais efeitos que o comércio exterior pode exercer sobre a movimentação portuária, bem pela possibilidade de incorporar no indicador de eficiência as melhorias e expansões recebidas pelos terminais portuários ano a ano.

Por fim, para além da eficiência dos terminais portuários e apesar de ter sido verificado um crescimento no setor de cabotagem nos últimos anos, é possível aumentar a participação desta modalidade por mudanças regulatórias e por uma eventual revisão do AFRMM. Neste sentido, algum progresso tem sido verificado, com o envio para apreciação do Congresso Nacional do Projeto de Lei 4.199/2020, que institui um novo marco legal para o transporte por cabotagem, buscando a modernização do setor.

REFERÊNCIAS

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

ANTAQ - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Anuário Estatístico de Transportes Aquaviários 2009**. Brasília, 2010.

ANTAQ - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Anuário Estatístico de Transportes Aquaviários 2010-2017**. Brasília, 2018.

ANTAQ - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Anuário Estatístico de Transportes Aquaviários 2019**. Brasília, 2020.

BARROS, E de S.; TENÓRIO JÚNIOR, A. J. de A.; OLIVEIRA, S. A. de; SILVA JÚNIOR, L. H. Aplicação do Método Bootstrap na Estimação de Fronteiras Não-paramétricas: o caso dos fruticultores do Vale do São Francisco. **Anais do 48º Congresso SOBER**, 2010.

BENICIO, J.; MELLO, J. C. S. Different Types of Return to Scale in DEA. **Pesquisa Operacional**, v. 39, n. 2, p. 245-260, 2019.

BOGETOFT, P.; OTTO, L.. **Benchmarking with DEA, SFA, and R**. New York: Springer Science & Business Media, 2010.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil:** Texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais nº 1/92 a 67/2010 e pelas Emendas Constitucionais de Revisão nº 1 a 6/94. Brasília, DF. Senado Federal: Subsecretaria de Edições Técnicas, 2011.

BRASIL. Constituição (1988). Emenda Constitucional nº 7, de 15 de agosto de 1995. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 16 ago. de 1995. Ano CXXXIII, seção 1, p. 2.

BRASIL. Lei nº 9.432, de 08 de janeiro de 1997. Dispõe sobre a ordenação do transporte aquaviário e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 09 jan. de 1997.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Sistema Portuário Nacional.** Disponível em: <https://www.infraestrutura.gov.br/sistema-portuario.html>. Acesso em: 03 de fev. de 2020.

CASADO, F. L. Análise envoltória de dados: conceitos, metodologia e estado da arte na educação superior. **Revista Sociais e Humanas**, v. 20, n. 1, p. 59-71, 2007.

CUNHA, W. J.; COLOSIMO, E. A. Intervalos de confiança bootstrap para modelos de regressão com erros de medida. **Revista de Matemática e Estatística**, v. 21, n. 2, p. 25-41, 2003.

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

GOIS, T. C.; PIRES, J. S.; AVENI, A.; ALMEIDA, P. R. V.; DEL FIACO, R. M. Análise de eficiência de terminais portuários que operam com carga conteinerizada via cabotagem. **XIX CONGRESSO PANAM**, Cidade do México, 2016.

GREENE, Willian H. **Econometric Analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 2002.

LACERDA, S. M. Navegação de Cabotagem: Regulação ou Política Industrial? **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 19, p. 49-66, mar. 2004.

LI, F.; EMROUZNEJAD, A.; YANG, G.; LI, Y.. Carbon emission abatement quota allocation in Chinese manufacturing industries: An integrated cooperative game data envelopment analysis approach. **Journal of the Operational Research Society**, v. 71, n. 8, p. 1259-1288, 2020.

MAEGIMA, F. H.; INCIRILO, L. S.; NASCIMENTO, M. V. O Estudo da Efciência do Transporte por Cabotagem no Brasil. **Anais do VI CIMATech**, São José dos Campos (SP), 2019.

MARCONDES, L. R. O mercado brasileiro do século XIX: uma visão por meio do comércio de cabotagem. **Revista de Economia Política**. Niterói, v. 32, n. 1, p. 142-166, 2012.

MENEGAZZO, L. R.; FACHINELLO, A. L. Análise de Nível de Eficiência de Portos Brasileiros. **Revista de Economia UFPR**, Curitiba, v. 40, n. 3, p. 173-197, set/dez. 2014.

MOREIRA, Ajax RB; FONSECA, Thais CR. **Comparando medidas de produtividade: DEA, fronteira de produção estocástica.** Brasília: Ipea, 2005. (Texto para Discussão, n. 1.069).

NOVAES, A. G.; GONÇALVES, B. S.; COSTA, M. B.; SANTOS, S. Rodoviário, ferroviário ou marítimo de cabotagem? O uso da técnica de preferência declarada para avaliar a intermodalidade no Brasil. **Transportes**, v. 14, n. 2, 2006.

RIZZO, A. L. T.; CYMROT, R. Estudo e aplicações da técnica bootstrap. **II Jornada de iniciação científica. Universidade Presbiteriana Mackenzie**, São Paulo, 2006.

SAMPAIO, B. R.; LIMA NETO, O.; SAMPAIO, Y. Eficiência na gestão do transporte público: lições para o planejamento institucional. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 29, 2006.

SANTOS, R. A. C.; HADDAD, E. A. Eficiência Relativa Dos Portos Brasileiros Uma Análise Regionalizada. Eficiência relativa dos portos brasileiros: uma análise regionalizada. **Encontro Nacional de Economia**, v. 35, 2007.

SANTOS GUERREIRO, A. **Análise da Eficiência de Empresas de Comércio Eletrônico usando Técnicas da Análise Envoltória de Dados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2006.

SEIFORD, Lawrence M.; ZHU, Joe. An investigation of returns to scale in data envelopment analysis. **Omega**, v. 27, n. 1, p. 1-11, 1999.

SOUZA JÚNIOR, J. N. C.; NOBRE JÚNIOR, E. F.; PRATA, B. A.; MELLO, J. C. C. B. S. 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, 2013.

TUPY, O.; YAMAGUCHI, L. C. T.. Eficiência e produtividade: conceitos e medição. **Agricultura em São Paulo**, v. 45, p. 39-51, 1998.

VINCOVA, K. Using DEA models to measure efficiency. **Biatec**, v. 13, n. 8, p. 24-28, 2005.

VIEIRA, G. B. B.; GONÇALVES, R. B.; MILAN, G. S.; ROSA, A. Q. Avaliação da eficiência portuária Um estudo dos portos da região sul do Brasil. **Revista de Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 10, n. 4, p. 793-809, 2014.

APÊNDICE A - NÚMERO DE BERÇOS

Tabela 3 - Modelo BCC e Eficiência e Intervalo de Confiança Estimado pelo Método Bootstrap Considerando o Número de Berços como Insumo

Terminal	**Eficiência**	**Bootstrap**	**Inf. (97,5%)**	**Sup. (2,5%)**
Areia Branca (RN)	1,00	0,78	0,63	0,98
Alumar (MA)	1,00	0,74	0,53	0,98
Belém (PA)	1,00	0,74	0,53	0,99
Vila do Conde (PA)	1,00	0,77	0,62	0,98
Fortaleza (CE)	0,10	0,09	0,08	0,10
Gerdau (BA)	1,00	0,74	0,53	0,99
Imbituba (SC)	0,82	0,72	0,63	0,80
Ponta da Madeira (MA)	1,00	0,75	0,55	0,98
Maceió (AL)	0,11	0,10	0,08	0,11
Paranaguá (PR)	0,74	0,63	0,51	0,73
Porto Alegre (RS)	1,00	0,74	0,53	0,98
Itaqui (MA)	0,89	0,77	0,67	0,88
Recife (PE)	0,19	0,16	0,14	0,19
Rio de Janeiro (RJ)	0,55	0,48	0,41	0,54
São Sebastião (SP)	0,43	0,36	0,30	0,43
S. Francisco do Sul (SC)	1,00	0,82	0,70	0,98
Santarém (PA)	1,00	0,79	0,66	0,98
Suape (PE)	1,00	0,74	0,53	0,98
Praia Mole (ES)	0,57	0,46	0,35	0,56
Tubarão (ES)	1,00	0,82	0,63	0,98
Vitória (ES)	0,54	0,45	0,38	0,53

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE B - MAIOR CALADO

Tabela 4 - Modelo BCC e Eficiência e Intervalo de Confiança Estimado pelo Método Bootstrap Considerando o Maior Calado como Insumo

Terminal	**Eficiência**	**Bootstrap**	**Inf. (97,5%)**	**Sup. (2,5%)**
Areia Branca (RN)	1,00	0,83	0,69	0,99
Alumar (MA)	1,00	0,75	0,53	0,99
Belém (PA)	1,00	0,74	0,53	0,98
Vila do Conde (PA)	1,00	0,77	0,62	0,98
Fortaleza (CE)	0,11	0,10	0,09	0,11
Gerdau (BA)	1,00	0,74	0,53	0,99
Imbituba (SC)	0,63	0,55	0,48	0,62
Ponta da Madeira (MA)	1,00	0,76	0,55	0,99
Maceió (AL)	0,12	0,10	0,09	0,12
Paranaguá (PR)	0,74	0,62	0,49	0,74
Porto Alegre (RS)	1,00	0,75	0,53	0,98
Itaqui (MA)	0,86	0,75	0,65	0,85
Recife (PE)	0,15	0,13	0,11	0,15
Rio de Janeiro (RJ)	0,42	0,35	0,29	0,41
São Sebastião (SP)	1,00	0,75	0,53	0,98
S. Francisco do Sul (SC)	0,96	0,82	0,68	0,95
Santarém (PA)	1,00	0,78	0,65	0,98
Suape (PE)	0,63	0,52	0,45	0,62
Praia Mole (ES)	0,54	0,45	0,33	0,53
Tubarão (ES)	1,00	0,84	0,64	0,99
Vitória (ES)	0,60	0,51	0,44	0,59

Fonte: Elaboração própria.

LUIZ FERNANDO OLIVEIRA DO NASCIMENTO

EFICIÊNCIA TÉCNICA DE TERMINAIS PORTUÁRIOS DE CABOTAGEM DO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Econômicas do Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CCSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovado em: 11 de dezembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Jorge Henrique Norões Viana (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba

_____

Prof. Dr. Antonio Vinícius Barros Barbosa (Examinador)
Universidade Federal da Paraíba

_____

Prof. Dr. Ignácio Tavares de Araújo Júnior (Examinador)
Universidade Federal da Paraíba

Emitido em 14/12/2020

FOLHA Nº 1/2020 - CCSA - DE (11.01.13.02)
(Nº do Documento: 1)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 14/12/2020 13:34)
IGNACIO TAVARES DE ARAUJO JUNIOR
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
1487310

(Assinado digitalmente em 14/12/2020 13:07)
JORGE HENRIQUE NOROES VIANA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
1114927

(Assinado digitalmente em 14/12/2020 13:41)
ANTONIO VINICIUS BARROS BARBOSA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
3007591

Para verificar a autenticidade deste documento entre em https://sipac.ufpb.br/documentos/ informando seu número: **1**, ano: **2020**, documento (espécie): **FOLHA**, data de emissão: **14/12/2020** e o código de verificação: **5a3076ad38**