

COMÉRCIO MARÍTIMO BRASILEIRO: BUSCA DE PAÍSES REFERÊNCIA PARA DESENVOLVER A NAVEGAÇÃO DE CABOTAGEM

BRAZILIAN MARITIME TRADE: SEARCH FOR REFERENCE COUNTRIES TO DEVELOP CABOTAGE NAVIGATION

COMERCIO MARÍTIMO BRASILEÑO: BÚSQUEDA DE PAÍSES DE REFERENCIA PARA DESARROLLAR LA NAVEGACIÓN POR CABOTAJE

Emerson Gaio Roberto

Mestre em Ciências Navais pela Escola de Guerra Naval (EGN)
Estagiário do Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia (CAEPE-ESG)
Endereço: SQS 202, Asa Sul, CEP: 70232-050. Brasília, DF, Brasil
Telefone: (61) 3429-1220
E-mail: gaioroberto@hotmail.com

Francisco José de Matos

Doutor em Ciências Navais pela Escola de Guerra Naval (EGN)
Assessor no Instituto de Doutrina de Operações Conjuntas da Escola Superior de Guerra (ESG)
Endereço: Av. João Luiz Alves, s/n, Urca, CEP: 22291-090. Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Telefone: (21) 3545-9889
E-mail: frajomatos@gmail.com

Luiz Octávio Gavião

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (UFF)
Professor Adjunto na Escola Superior de Guerra (ESG)
Endereço: Av. João Luiz Alves, s/n, Urca, CEP: 22291-090. Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Telefone: (21) 3545-9889
E-mail: luiz.gaviao67@gmail.com

Sergio Kostin

Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Professor Adjunto na Escola Superior de Guerra (ESG)
Endereço: Av. João Luiz Alves, s/n, Urca, CEP: 22291-090. Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Telefone: (21) 3545-9889
E-mail: sfkostin@gmail.com

Artigo recebido em 07/04/2020. Revisado por pares em 13/06/2020. Reformulado em 15/06/2020. Recomendado para publicação em 01/10/2020. Publicado em 31/08/2020. Avaliado pelo Sistema *double blind review*.

RESUMO

O objetivo do artigo é selecionar países referência para análise e desenvolvimento da navegação comercial brasileira. O País é vocacionado para explorar esse modal, dado o extenso litoral e potencial ribeirinho à navegação. Entretanto, somente 11% da carga transita por mar, embora mais barato, menos poluente e com maior capacidade que outros modais. A Análise Envoltória de Dados (DEA) foi a metodologia de pesquisa. Os resultados indicaram a ineficiência do País e a necessidade de aumentar consideravelmente seu volume de carga. A Holanda e a Turquia são as referências ao País, cujas políticas e boas práticas de gestão podem ser adaptadas.

Palavras-chave: Comércio Marítimo; Navegação de Cabotagem; Eficiência; Desenvolvimento de navegação; Análise Envoltória de Dados.

ABSTRACT

The purpose of the article is to select reference countries for the analysis and development of Brazilian commercial shipping. The country is dedicated to exploring this modal, given the extensive coastline and riverside potential for navigation. However, only 11% of the cargo transits by sea, although cheaper, less polluting and with greater capacity than other modes. Data Envelopment Analysis (DEA) was the research methodology. The results indicated the country's inefficiency and the need to considerably increase its cargo volume. The Netherlands and Turkey are references to the country whose policies and good management practices can be adapted.

Keywords: Maritime Trade; Cabotage Navigation; Efficiency; Navigation development; Data Envelopment Analysis

RESUMEN

El objetivo del artículo es seleccionar países de referencia para el análisis y desarrollo de la navegación comercial brasileña. El país se dedica a explorar este modal, dado el extenso potencial costero y ribereño para la navegación. Sin embargo, solo el 11% de la carga transita por mar, aunque es más barata, menos contaminante y con mayor capacidad que otros modos. El Análisis Envoltorio de Datos (DEA) fue la metodología de investigación. Los resultados indicaron la ineficiencia del país y la necesidad de aumentar considerablemente su volumen de carga. Los Países Bajos y Turquía son referencias al país, cuyas políticas y buenas prácticas de gestión pueden adaptarse.

Palabras clave: Comercio Marítimo; Navegación de cabotaje; Eficiencia; Referencias Análisis Envoltorio de Datos.

1 INTRODUÇÃO

A navegação de cabotagem foi o modal de transporte preponderante no Brasil até meados do século XX, sendo primordial para a logística de cargas e pessoas entre os vários pontos de seu extenso litoral. No entanto, essa importância decresceu nas últimas décadas, em decorrência dos incentivos ao transporte rodoviário e ao desenvolvimento tecnológico da indústria automobilística. Atualmente, as rodovias respondem por aproximadamente 65% do transporte de cargas, as ferrovias por 15%, a cabotagem por 11%, as hidrovias por 5%, e o modal dutoviário, por 4% (BRASIL, 2018).

O potencial de expansão do modal aquaviário no Brasil é considerável. O País possui um litoral de quase 7.500 quilômetros de extensão e cerca de 63 mil quilômetros de rios, dos quais 63,5% com potencial de navegação (BRASIL, 2013). Esses recursos, porém, são subempregados no transporte de cargas. A navegação de cabotagem, por seu diferencial competitivo de baixo custo para a condução de grandes cargas a longas distâncias, é o modal de transporte que melhor pode usufruir dessas características naturais e contribuir para o aumento da eficiência da matriz de transporte de cargas.

A navegação de cabotagem é mais vantajosa que os modais de transporte ferroviário e rodoviário, conforme evidenciado na Tabela 1. O modal gera ganhos de escala resultantes do elevado carregamento por veículo, o que resulta em vantagens econômicas pelo menor consumo de combustível por tonelada transportada, menor custo por tonelada-transportada e reduzido número de acidentes, com conseqüente redução de custos de seguro. Quanto à sustentabilidade, é o modal com menor impacto ambiental por ser o de menor emissão de poluentes (TEIXEIRA et al., 2018, p. 423-4).

Tabela 1 - Comparação entre os modais

Indicador	Cabotagem	Ferrovário	Rodoviário
Unidades equivalentes	Embarcação de 6 mil ton.	2,9 comboios Hopper, 86 vagões de 70 t	172 carretas de 35 t
Consumo médio de combustível para transportar 1 ton./mil km	4,1 litros	5,7 litros	15,4 litros
Emissão de gases (gCO ₂ /TKU)	20,0	23,3	101,2
Custo médio de transporte, carga geral por 1.000 km (R\$/t)	R\$ 55,64	R\$ 74,02	R\$ 201,99

Fontes: (EPL, 2018; TEIXEIRA et al., 2018).

A correção do desequilíbrio estrutural da matriz de transporte brasileira demanda a alteração das participações dos modais existentes. Nesse sentido, deve-se assumir que o País apresenta potencial para ampliar a sua capacidade de transporte do modal aquaviário. Outros países com extensão litorânea comparável à do Brasil têm explorado esse modal de maneira mais produtiva, ao transportarem quantidades mais significativas de produtos. Entretanto, o quanto é possível crescer a navegação de cabotagem, a fim de tornar o País mais eficiente no transporte aquaviário, tomando por base um conjunto de países considerados referências nesse setor?

Nesse contexto, o objetivo desse artigo é selecionar países referência para análise e desenvolvimento da navegação comercial brasileira. Inicialmente foram selecionados diversos países que exploram a navegação comercial, a serem submetidos à Análise Envoltória de Dados (DEA). A pesquisa incluiu os países situados entre as vinte maiores economias mundiais, com base no Produto Interno Bruto (PIB). Dessa forma, a amostra de países utilizada na modelagem manteve a característica de homogeneidade, em função da correspondência entre suas expressões econômicas e as características do Brasil.

O artigo é composto de seis seções. Após a seção 1, que traz a introdução, apresenta-se a seção 2, na qual se expõe a revisão da literatura sobre a navegação de cabotagem e o modelo quantitativo utilizado para a análise de eficiência; a seção 3, em que foi detalhada a metodologia

Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.13, n. 2, mai./ago. 2020.

empregada; a seção 4, em que se aplicou o modelo DEA ao problema em pauta; a seção 5, na qual foram analisados os países indicados como referências e suas boas práticas e, por fim, a seção 6, que apresenta a conclusão do artigo, ressaltando os principais aspectos e as sugestões de aprimoramento da pesquisa.

2 A NAVEGAÇÃO DE CABOTAGEM NO BRASIL

A legislação brasileira define que navegação de cabotagem é “realizada entre portos ou pontos do território brasileiro, utilizando a via marítima ou esta e as vias navegáveis interiores” (BRASIL, 1997). O Brasil possui extenso litoral e expressiva quantidade de cursos d’água navegáveis que desaguam no oceano Atlântico. Além disso, na faixa litorânea vive uma significativa parcela de sua população e é onde sua economia se concentra. Considerando esses pontos, a navegação de cabotagem deveria preponderar na matriz nacional de transportes de cargas.

No Caderno de Estratégias Governamentais para o Modo Aquaviário, a Política Nacional de Transportes (PNT) descreve a estratégia de “reduzir os custos operacionais do transporte por cabotagem, a fim de incentivar maior participação deste modo de transporte na movimentação de bens e insumos” (BRASIL, 2018, p. 67). No entanto, a PNT não quantifica esse incremento de participação nem tampouco orienta como estabelecer metas objetivas a atingir.

Adicionalmente, cabe destacar que a Estratégia Nacional de Defesa (END), ao definir a Capacidade de Mobilidade Estratégica, estabelece que se deve dispor de infraestrutura logística de transporte com capacidade multimodal que permita às Forças Armadas deslocarem-se, rapidamente, para a área de emprego, quando assim impuser a defesa dos interesses nacionais (BRASIL, 2016). Assim, verifica-se que o incremento da participação da navegação de cabotagem também poderá contribuir para o atendimento ao disposto na END.

Nas principais bases de pesquisa consultadas, encontrou-se uma considerável quantidade de publicações sobre a navegação de cabotagem, o que evidencia a sua importância na academia. No que se refere à taxonomia do tema, Papadimitriou et al. (2018) descreveu que não há uma definição formal e universalmente aceita para “navegação de cabotagem”, sendo traduzida como

Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.13, n. 2, mai./ago. 2020.

Short Sea Shipping (SSS). Para os autores, o SSS diz respeito ao transporte de cargas e passageiros por meio aquaviário, em distância limitada, sem travessia oceânica. O termo ‘cabotage’ também é utilizado (UNCTAD, 2017).

Entre autores nacionais, cabe destacar a pesquisa de Casaca et al. (2017), que ressaltam a importância do comércio marítimo de commodities para a economia brasileira. Os autores pontuam um crescimento no volume de transporte de contêineres, em média, de 11,3% ao ano, entre 2001 e 2014. Alertaram também que várias pesquisas realizadas focaram na baixa participação da cabotagem na matriz de transporte, porém, somente recentemente, foram realizados estudos mais detalhados sobre critérios que possam influenciar escolhas pelo modal aquaviário. Para simplificar a terminologia e evitar a duplicidade de conceitos neste artigo, optou-se por generalizar a abordagem do tema com o termo “navegação de cabotagem”.

A hidrovia Brasil-Uruguaí foi estudada por Pinto, Lima e Bastos (2017), por representar importante eixo de transporte que liga o interior do Uruguaí ao Brasil através do território gaúcho. Onze localidades com potencial para receberem terminais de transporte de carga ao longo da futura hidrovia foram levantados e confirmados por meio de metodologia de apoio à decisão multicritério. Bender e Michel (2018) analisaram o transporte hidroviário de cargas, propondo um modelo de estimativa de custos de linha na navegação interior brasileira. Luz et al. (2018) levantaram estratégias para o desenvolvimento do porto fluvial de Manaus-AM e sua interação com o entorno da cidade. O porto se distingue de outros nacionais pela prevalência da movimentação de passageiros em detrimento da movimentação de cargas.

Estudos mais recentes analisaram a eficiência da navegação de cabotagem no Brasil com modelo DEA, identificando a ineficiência do País nesse modal (MAEGIMA; INCIRILO; NASCIMENTO, 2019). No estudo foi analisada a eficiência com o modelo DEA, utilizando dados da movimentação de cargas por cabotagem dos anos de 2008 a 2017, quantidade de portos e extensão da área costeira entre os países da União Europeia e Brasil, com base nos portais da Eurostat e ANTAQ. Para o conjunto de dados explorados, o resultado indicou que o Brasil deveria movimentar cerca de 300 mil toneladas ao ano para tornar-se eficiente na movimentação por cabotagem, em comparação aos países da UE. Outras pesquisas nessa área estabeleceram foco

Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.13, n. 2, mai./ago. 2020.

em análise de eficiência e investimentos (GAVIÃO et al., 2019; GIACOMIN, 2019; VITOI, 2019) ou mesmo na área de gestão ambiental para a avaliação dos impactos das operações portuárias (GOBBI et al., 2019; PAIVA et al., 2019; SILVA; FERREIRA, 2020).

Em 2018, 74,9% da carga transportada foi de granel líquido e gasoso, ou seja, prioritariamente o transporte de petróleo entre as plataformas marítimas e o continente, seguido do transporte de granel sólido, principalmente bauxita, com 12,5%, carga em contêineres, com 8,3%, e carga geral, com 4,2% (ANTAQ, 2019). Em estudo realizado pelo Banco Nacional do Desenvolvimento Social (BNDES), Teixeira et al. (2018, p. 427) lista os principais problemas que dificultam a maior participação da navegação de cabotagem na matriz de transporte brasileira:

- a) a pequena quantidade de rotas regulares, com baixa frequência das existentes;
- b) gargalos relacionados à infraestrutura e à superestrutura dos portos, com muita burocracia no processo de transbordo;
- c) elevado tempo de espera para atracação de navios, e alguns portos dão preferência à atracação de navios de longo curso;
- d) regime tributário complexo;
- e) poucos estaleiros competitivos e atraso tecnológico; e
- f) concorrência entre os modais, não aproveitando a utilização de cada um de acordo com suas vantagens intrínsecas.

3 METODOLOGIA

O modelo DEA é amplamente utilizado em Pesquisa Operacional. Inicialmente foi proposto por Charnes; Cooper; Rhodes (1978), com o objetivo de avaliar a eficiência relativa de uma amostra de organizações produtivas, em termos comparativos aos melhores padrões de excelência da amostra. Desde então, o modelo DEA tem sido amplamente utilizado em Pesquisa Operacional para a análise de eficiência, nas mais diversas aplicações (EMROUZNEJAD et al., 2017; LIU; LU; LU, 2016). O modelo matemático em DEA utiliza a Programação Linear e permite o

Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.13, n. 2, mai./ago. 2020.

estabelecimento das fronteiras de eficiência das organizações comparadas, indicando assim referências, ou benchmarks, para as organizações que estão aquém da fronteira. Em DEA, não é necessário estabelecer uma relação funcional entre insumos e produtos (FERREIRA; GOMES, 2009).

Neste estudo, o modelo DEA foi explorado para calcular a eficiência da navegação de cabotagem brasileira no transporte de cargas, comparando com os desempenhos deste modal em outros países. Adicionalmente, essa metodologia permite indicar os países que podem ser utilizados como referências aos países ineficientes, para que suas boas práticas possam ser analisadas e adotadas na busca por eficiência (SOARES DE MELLO et al., 2005).

Uma busca nas principais bases de publicações científicas sobre a aplicação do modelo DEA no transporte aquaviário no Brasil permitiu identificar trabalhos sobre eficiência portuária, de interesse para esta pesquisa. Fontes e Soares de Mello (2006) avaliaram a eficiência de 31 portos brasileiros em 2002, 2003 e 2004, tendo usado como input a extensão total de cais aportável (m) e como outputs a movimentação total de embarcações no período estudado e a movimentação total da carga transportada em toneladas dentro e fora do cais. Sousa Júnior, Nobre Júnior e Prata (2009) mediram a eficiência de 22 portos da região nordeste brasileira considerando dois inputs (comprimento dos berços e calado admissível) e um output (movimentação, em toneladas ou em número de contêineres). Macedo e Manhães (2009) analisaram a eficiência de dez terminais de contêineres no Brasil, utilizando como inputs a área total das instalações, a extensão média dos berços e o calado dos berços de atracação, e como outputs a movimentação de contêineres e a produtividade na movimentação de contêineres. Falcão e Correia (2012) levantaram evidências do desempenho das técnicas existentes para avaliação da eficiência portuária, propondo um modelo híbrido DEA e Stochastic Frontier Analysis (SFA). Pires (2017) e Pires e Silva (2017) analisaram seis terminais de contêineres da região Sul utilizando como parâmetros o calado, número de equipamentos, quantidade de berços, área total, extensão do cais e carga movimentada. Cabral e Ramos (2018) avaliaram a eficiência técnica de 44 portos brasileiros que operaram contêineres em 2016, utilizando como inputs: a profundidade do cais, o comprimento e o número de berços de atracação; e como outputs: o

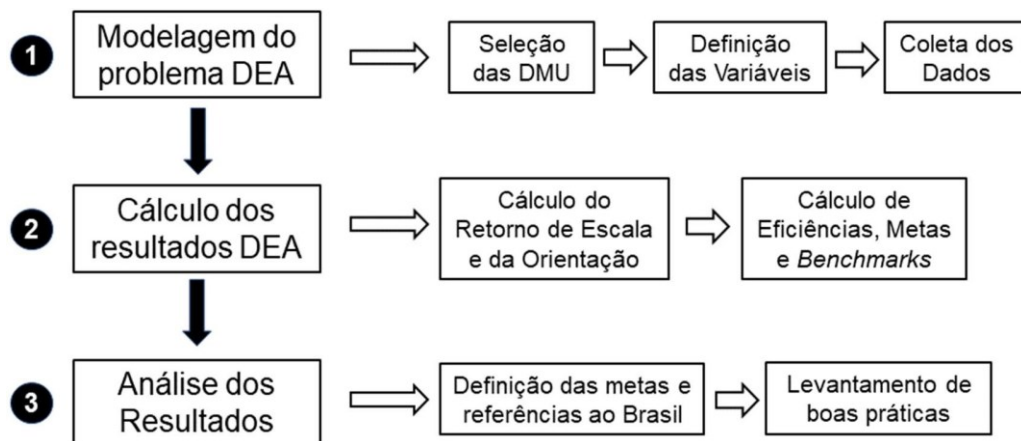
número de contêineres operados, número médio de contêineres operados por hora e o número médio de contêineres carregados por navio. Nessa busca à literatura não foi encontrada publicação sobre a eficiência da navegação de cabotagem do Brasil em relação a outros países.

As variantes do método DEA têm sido exploradas na área de transportes, portos e comércio marítimo. Nze e Ejem (2020) analisaram a eficiência técnica e de escala em portos da Nigéria, com foco em análise de sensibilidade. Lepchak e Voese (2020) propuseram um modelo de análise multimodal, avaliaram os benchmarkings para as atividades de menor escore de eficiência e apresentaram melhorias necessárias aos modais logísticos, transporte e movimentação de cargas no Brasil. Na indústria portuária, a produtividade é um dos fatores vitais para os portos atingirem competitividade e potencial de mercado. Nesse contexto, Kuo, Lu e Le (2020) analisaram 53 portos vietnamitas para projetar o desenvolvimento de sua indústria portuária. Park et al. (2019) aplicaram o Mapa de Auto-Organização de Kohonen (KSOM) e DEA Recursivo (RDEA) para a melhoria do desempenho ambiental de portos, com base em uma amostra de 20 portos de contêineres nos EUA. Dong et al. (2019) exploraram um Modelo Baseado em Folgas (SBM) para o estudo de portos de contêineres ao longo da Maritime Silk Road (MSR), que se caracterizaram pelo rápido desenvolvimento e elevada poluição ambiental. Julien, Cowie e Monios (2018) aplicaram DEA com método dos mínimos quadrados e Índice de Produtividade de Malmquist para levantar a eficiência técnica evolucionária e a produtividade de portos em Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento (SIDS), com foco na comparação entre portos caribenhos e portos dos oceanos Pacífico e Índico.

3.1 DESENHO DA PESQUISA

A pesquisa foi conduzida em três etapas, conforme a Figura 1. A 1ª Etapa estrutura o problema DEA, por meio da seleção das DMU, da definição das variáveis e da coleta dos dados para a modelagem. A 2ª Etapa efetua os cálculos do retorno de escala, seleciona a orientação do modelo e calcula as eficiências, metas e referências do (Benchmark) modelo. A 3ª Etapa analisa os resultados, por meio da definição das metas e referências para o Brasil e apresenta sugestões de boas práticas para que o País possa atingir as metas e tornar-se eficiente.

Figura 1 – Etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Na primeira etapa, o problema é estruturado. Inicialmente são selecionadas as unidades a serem analisadas, que recebem a designação em DEA de Unidades Tomadoras de Decisão (Decision Making Units - DMU) (SOARES DE MELLO et al., 2005). Dois aspectos são relevantes nessa fase. O primeiro aspecto se refere ao espaço amostral de países a serem analisados e o(s) critério(s) para essa escolha. A navegação de cabotagem é uma atividade intimamente ligada à economia nacional, que estimula o comércio de produtos em larga escala. Isto orientou a busca de países com base no perfil econômico e similaridade com a atividade comercial brasileira, independentemente de sua localização geográfica, ou mesmo a partir de outros critérios de agrupamento de países (i.e. IDH, blocos econômicos, outros).

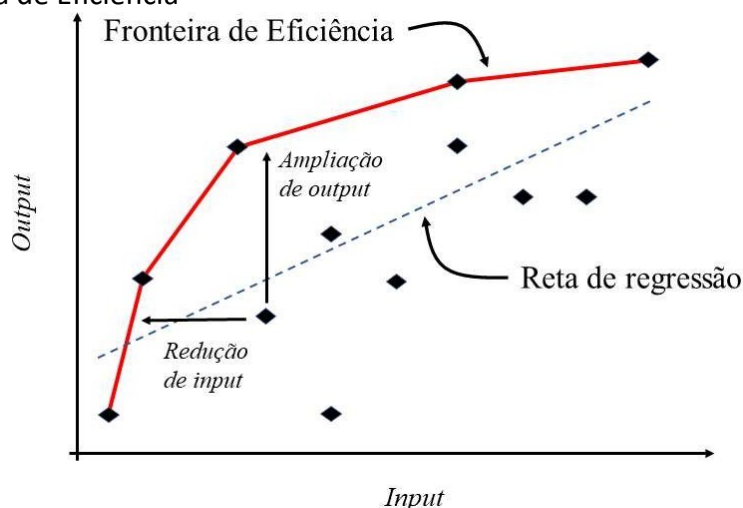
Outro aspecto importante à seleção das DMU se refere à quantidade de países selecionados ao estudo. A modelagem em DEA permite discriminar os resultados em melhores condições à medida que a quantidade de DMU excede a quantidade de variáveis (i.e. inputs e outputs) do problema. Existem autores que sugerem uma relação mínima de duas, três ou mais vezes a quantidade de DMU em relação às variáveis (DYSON et al., 2001; SOARES DE MELLO et al., 2005).

No que concerne à escolha das variáveis, buscaram-se inputs com influência direta sobre a atividade de cabotagem e, como outputs, as variáveis que quantificassem a navegação de cabotagem realizada.

A coleta dos dados de cada país privilegiou as informações estatísticas oficiais, disponíveis em portais eletrônicos. Diversos países não puderam ser incluídos no estudo, em função da inexistência de dados oficiais, por possuírem navegação de cabotagem incipiente ou mesmo por não contabilizarem seus dados de forma específica e sistemática para este modal de transporte.

Na segunda etapa, utilizou-se o software R para efetuar os cálculos do problema sob o modelo DEA (R-CORE-TEAM, 2020). Essa etapa foi dividida em duas fases: primeiro o cálculo do retorno de escala e da orientação; por fim, o cálculo de eficiências, metas e referências, também designados de benchmarks. As eficiências variam entre 0% e 100%. As DMU eficientes atingem os resultados de 100% e, assim, conformam a fronteira de eficiência, conforme a Fig. 2. As metas são os valores de inputs ou outputs que podem ser reduzidos ou ampliados, respectivamente, para que a DMU ineficiente possa atingir a fronteira de eficiência. Em termos gerenciais, as metas são medidas importantes ao planejamento, pois permitem quantificar os recursos que devem ser reduzidos (inputs) ou ampliados (outputs) na caminhada à fronteira de eficiência. As referências são as DMU eficientes mais próximas de cada DMU ineficiente, que podem ser utilizadas como referências de boas práticas gerenciais.

Figura 2 – Fronteira de Eficiência



Fonte: Adaptado de Soares de Mello et al. (2005).

Em relação aos tipos de retornos de escala, os modelos clássicos podem ser classificados em constante e variável. O modelo de retornos constantes de escala foi proposto originalmente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), também denominado CCR, sigla decorrente das iniciais dos

autores que o propuseram. O modelo CCR considera que qualquer alteração nas variáveis de entrada (inputs) produz variação proporcional nas saídas (outputs). O modelo BCC, desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984), considera retornos variáveis de escala (VRS), isto é, substitui o axioma da proporcionalidade entre inputs e outputs pelo axioma da convexidade. Nesse caso, a fronteira de eficiência deixa de ser linear e passa a ser convexa, permitindo que DMU que operam com baixos valores de inputs tenham retornos crescentes de escala e as que operam com altos valores tenham retornos decrescentes de escala (SOARES DE MELLO et al., 2005).

O modelo DEA clássico (i.e. CCR ou BCC) requer a escolha da orientação dos resultados. O mesmo problema em DEA pode ser orientado a inputs ou a outputs. Quando orientado a inputs, a modelagem indicará o quanto os insumos devem ser reduzidos para que as DMU ineficientes sejam deslocadas à fronteira de eficiência. De maneira similar, o modelo DEA orientado a output indicará o quanto os resultados das DMU ineficientes podem ser ampliados para tornar as DMU eficientes. Os resultados dessas modelagens envolvem informações quantitativas que devem ser analisadas sob o ponto de vista de boas práticas gerenciais, que permitam reduzir insumos e/ou ampliar os resultados indicados numericamente (SOARES DE MELLO et al., 2005).

Na segunda fase da 2ª Etapa foi empregado o aplicativo “Benchmarking” para o cálculo de eficiências, metas e referências (benchmarks) para a gestão dos países ineficientes (BOGETOFT; OTTO, 2019). As DMU eficientes representam as unidades que melhor empregaram os seus inputs para a produção dos outputs. Para as DMU ineficientes, são indicadas as quantidades a serem reduzidas nos inputs ou ampliadas nos outputs para atingirem a fronteira de eficiência. O modelo DEA ainda indica as DMU que devem ser consideradas referências para as ineficientes. Isto simplifica e orienta a busca por procedimentos gerenciais capazes de mudar o status de ineficiente para eficiente.

Diversas equações de cálculo permitem resolver um problema com um modelo DEA. Por se tratar de um modelo de programação linear, as variantes primal e dual podem ser descritas por diferentes equações para obter os mesmos resultados (SOARES DE MELLO *et al.*, 2005). Por outro lado, cada variante do modelo também requer equações diferentes. Em decorrência disso e do modelo selecionado para o cálculo na subseção 4.2, foram apresentadas somente as

Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.13, n. 2, mai./ago. 2020.

equações do modelo DEA CCR (orientado a outputs), referente à estrutura de cálculo aplicado à pesquisa. Esse modelo maximiza as saídas, mantendo inalteradas as entradas. Neste modelo, apresentado em (1), as variáveis de decisão são as mesmas do modelo orientado a inputs. Entretanto, h_0 representa o valor por quanto todos os produtos devem ser multiplicados, mantendo-se constantes os recursos, para a DMU₀ atingir a fronteira eficiente. variável “ h ” é um número maior que a unidade e, assim, provoca incremento no valor dos outputs, dado que a eficiência é igual a $1/h_0$. No caso do modelo CCR, as duas orientações fornecem o mesmo valor de eficiência, no entanto, com coeficientes “ λ ” diferentes. Em (1), “ x ” e “ y ” são os inputs e outputs, respectivamente, com os índices “ i ” e “ j ”. A variável “ λ_k ” representa a contribuição da DMU_k na formação da referência da DMU₀ (SOARES DE MELLO *et al.*, 2005).

$$\begin{aligned} & \text{Max } h_0 \\ & \text{sujeito a} \\ & x_{j0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \\ & -h_0 y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\ & \lambda_k \geq 0, \forall k \end{aligned}$$

Na 3ª Etapa, os resultados foram analisados, com vistas à definição das metas que os países ineficientes devem incrementar em suas variáveis de saída e na identificação das boas práticas dos países que foram apontados como referência pelo método DEA e que possam ser utilizadas pelo Brasil para a melhora de sua eficiência. Esse levantamento das boas práticas é essencialmente de natureza qualitativa, sendo assim conduzido por meio de pesquisa bibliográfica.

4 APLICAÇÃO

4.1 AMOSTRA DE PAÍSES E VARIÁVEIS

A navegação de cabotagem é dependente da existência de portos, de canais de navegação, de acessos rodoviários e/ou ferroviários, de infraestrutura material e humana e de navios de diferentes categorias, o que encarece essa atividade. Assim, optou-se por comparar o
Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.13, n. 2, mai./ago. 2020.

Brasil com países que possuam expressão econômica similar e que sejam capazes de realizar os investimentos de vulto nessa área. O PIB foi o parâmetro utilizado para selecionar o espaço amostral de países na modelagem.

De acordo com dados divulgados pelo Fundo Monetário Internacional (FMI), o Brasil obteve o nono maior PIB mundial em 2018 (FMI, 2019). Foram escolhidos, inicialmente, os vinte países com o maior PIB como espaço amostral. Na modelagem em DEA, é recomendável que a quantidade de DMU seja superior à quantidade de variáveis, em proporção que pode variar de duas a três vezes, no mínimo (COOK; TONE; ZHU, 2014; SOARES DE MELLO et al., 2002). Outros autores sugerem uma quantidade mínima de DMU equivalente a duas vezes o produto do número de inputs e outputs, para permitir uma discriminação aceitável das eficiências (DYSON et al., 2001). Na Tabela 2 apresenta-se a lista dos países utilizados no problema.

Para a modelagem, foram selecionados dois inputs (PIB e extensão litorânea) e um output (total de cargas movimentadas). O PIB é a soma de todos os bens e serviços finais produzidos por um país, estado ou cidade, geralmente em um ano, sendo um dos principais indicadores macroeconômicos. Um país com um PIB expressivo possui uma atividade econômica elevada, cujo volume de trocas comerciais exerce impacto positivo em sua matriz de transportes. Isso justifica uma relação direta entre a expressão do PIB e a expectativa de volume de transporte de cargas pela navegação de cabotagem.

A segunda variável de entrada na modelagem foi a extensão do litoral marítimo. A navegação de cabotagem, por ser uma atividade essencialmente ligada ao espaço costeiro e aos cursos d'água navegáveis que se comunicam com o mar, tende a ser mais relevante em países com extenso litoral. Isso cria oportunidades de ampliação da infraestrutura para a navegação de cabotagem, contribuindo para a eficiência da matriz de transporte de cargas (CFA, 2013). Assim, assume-se na modelagem uma relação direta entre extensão disponível de litoral e o volume de cargas transportadas pela navegação de cabotagem, conforme exposto na Tabela 2.

Tabela 2 – Levantamento inicial dos dados

	DMU	Input 1 - PIB (bilhões de US\$)	Input 2 – litoral (km)	Output – Cargas (milhões de ton.)
1	EUA	20.513,00	19.924	544
2	China	13.457,27	14.500	---
3	Japão	5.070,63	29.751	365,5
4	Alemanha	4.029,14	2.389	177,6
5	Reino Unido	2.808,9	12.429	315,5
6	França	2.794,7	4.853	165,3
7	Índia	2.689,99	7.000	---
8	Itália	2.086,91	7.600	283,3
9	Brasil	1.909,39	7.491	213,7
10	Canadá	1.733,71	202.080	63,1
11	Coreia do Sul	1.655,61	2.413	119,02
12	Rússia	1.576,49	37.653	25
13	Espanha	1.437,05	4.964	199,1
14	Austrália	1.427,77	25.760	103,5
15	México	1.199,26	9.330	63,1
16	Indonésia	1.005,27	54.716	424,9
17	Holanda	909,89	451	286,1
18	Arábia Saudita	769,88	2.640	---
19	Turquia	713,51	7.200	274
20	Suíça	709,12	0	---

Fonte: (ANTAQ, 2019; AUSTRALIA, 2018; CANADA, 2011; CIA, 2019; EUROSTAT, 2019; FMI, 2019; INDONESIA, 2013; LEE; YOO, 2016; MEXICO, 2017; PAPADIMITRIOU et al., 2018; RUSSIA, 2017; JAPAN..., 2019; USDOT, 2019).

Observando a Tabela 2, verifica-se que a Suíça é um país sem litoral marítimo e, por conseguinte, não possui navegação de cabotagem, sendo excluída como DMU na modelagem.

A terceira variável escolhida para o método DEA, como output, foi a quantidade total de cargas movimentadas pela navegação de cabotagem em um determinado ano. Os países que mais exploram a navegação de cabotagem tendem a apresentar elevado volume de cargas transportadas. Assim, esse indicador é o mais usual na literatura para mensurar essa atividade.

Os dados do total de cargas movimentadas referentes à China, Índia e Arábia Saudita não são disponibilizados em fontes abertas, sendo então necessário excluir esses países da modelagem. Em relação à China, foi possível verificar que a cabotagem respondeu, em 2013, por Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.13, n. 2, mai./ago. 2020.

13,7% da matriz de transporte do país, enquanto o modal rodoviário respondeu por 75,1% (PAPADIMITRIOU et al., 2018). Em relação à Índia, a parcela de participação da cabotagem em sua matriz de transporte é de aproximadamente 7%, apesar de possuir a 16ª maior frota mercante mundial em tonelagem bruta e uma expressiva extensão de litoral (INDIA, 2014). A expressão da navegação de cabotagem na matriz de transporte de ambos os países não difere em muito da situação brasileira.

Outra limitação verificada durante a coleta de dados foi a dificuldade em atualizar e padronizar os anos de referência. Foram utilizados os dados disponíveis mais atuais na literatura. A maioria dos países apresenta dados de 2016, enquanto a Indonésia e Coreia do Sul apresentam dados que se referem somente aos anos de 2009 e 2010, respectivamente. Essas discrepâncias não impactam a modelagem matemática. Em termos qualitativos, entretanto, essas diferenças devem ser consideradas na análise dos resultados, principalmente se representarem algum benchmark para o Brasil.

4.2 CÁLCULOS E RESULTADOS

Os cálculos para verificar o tipo de retorno de escala foram efetuados com o aplicativo “rDEA” do software R (SIMM; BESSTREMYANNAYA; SIMM, 2016). A função “rts” desse aplicativo efetua um teste de hipótese para indicar o modelo DEA com retorno constante ou variável de escala. No teste, a hipótese nula de retornos constantes de escala não foi rejeitada, tendo em vista que o valor-p foi superior a 0,05, considerando o intervalo de confiança de 95%. Dessa forma, o problema foi estruturado com o modelo DEA CCR. O modelo DEA CCR foi orientado a output. Isto se deve ao contexto do problema e à lógica gerencial no tratamento aos inputs e outputs para atingir a fronteira de eficiência; faz sentido que o país busque as melhores práticas para ampliar o volume de cargas (output), porém a redução do PIB (input 1) ou da extensão litorânea são indesejáveis, embora matematicamente possível. Os resultados das eficiências, metas e referências foram obtidos por meio do aplicativo “Benchmarking” do software R, sendo apresentados na Tabela 3 (BOGETOFT; OTTO, 2019).

Tabela 3 – Resultados da modelagem DEA CCR (orientado a output)

DMU	Input 1 PIB	Input 2 Litoral	Output Cargas	Eficiência (0%-100%)	País Ref. 1	País Ref. 2	Metas Output
1 EUA	20513	19924	544	8,3%	Holanda	Turquia	6520,7
2 Japão	5070,63	29751	365,5	20,4%	Holanda	Turquia	1791,9
3 Alemanha	4029,14	2389	177,6	14%	Holanda	Turquia	1269,7
4 Reino Unido	2808,9	12429	315,5	32,8%	Holanda	Turquia	963,2
5 França	2794,7	4853	165,3	18,3%	Holanda	Turquia	903,9
6 Itália	2086,91	7600	283,3	40,25%	Holanda	Turquia	703,8
7 Brasil	1909,39	7491	213,7	33%	Holanda	Turquia	647,8
8 Canadá	1733,71	202080	63,1	8,6%	Indonésia	xxx	732,8
9 Coreia do Sul	1655,61	2413	119,02	22,4%	Holanda	Turquia	532,1
10 Rússia	1576,49	37653	25	4%	Indonésia	Turquia	624,4
11 Espanha	1437,05	4964	199,1	41,3%	Holanda	Turquia	482,7
12 Austrália	1427,77	25760	103,5	18,5%	Indonésia	Turquia	558,2
13 México	1199,26	9330	63,1	14,33%	Holanda	Turquia	440,4
14 Indonésia	1005,27	54716	424,9	100%	Indonésia	xxx	424,9
15 Holanda	909,89	451	286,1	100%	Holanda	xxx	286,1
16 Turquia	713,51	7200	274	100%	Turquia	xxx	274

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os resultados apresentados pela aplicação do método DEA com as variáveis selecionadas (PIB, extensão do litoral e volume de cargas transportadas) indicaram que a ineficiência brasileira é significativa. O Brasil está distante da fronteira de eficiência, ao apresentar aproximados 33% em sua produtividade relativa aos demais países. Para se deslocar à fronteira de eficiência, o país precisaria aumentar de 213,7 para 647,8 milhões de toneladas em volume de transporte de carga. Isto indica a necessidade de triplicar esse volume através da navegação de cabotagem.

Os resultados também indicam que os países eficientes mais próximos do Brasil são a Holanda, em primeiro lugar, e a Turquia, em segundo lugar. Assim, esses países referência devem ser investigados sob o ponto de vista qualitativo, para que as suas boas práticas de gestão possam ser adaptadas ao Brasil, em busca de aumentar a sua eficiência nessa área.

Holanda e Turquia se destacam no cenário da navegação de cabotagem na Europa. Os resultados aqui obtidos encontram similaridade à pesquisa de Bos e Wiegmans (2018), na qual

Holanda e Turquia foram, juntamente com Suécia e Bélgica, os países com o melhor nível de eficiência na navegação de cabotagem, em uma análise DEA restrita a países europeus.

5 ANÁLISE DOS PAÍSES REFERÊNCIA

5.1 HOLANDA

Apesar de possuir o menor litoral e o 15º PIB, a Holanda possui a quinta maior quantidade de cargas movimentadas por cabotagem entre as 16 DMU analisadas, o que justifica a sua posição na fronteira da eficiência. Segundo Bos e Wiegmans (2018), a Holanda se beneficia de sua localização no coração econômico da Europa, com muitas ligações com o interior fluvial europeu. Os autores também acrescentam que um litoral mais extenso não implica necessariamente em maior volume do transporte de cabotagem; este depende também da renda per capita, da quantidade e da capacidade dos portos. No caso europeu, a ampla malha ferroviária também exerce influência sobre o volume de utilização de navegação de cabotagem. Nesse aspecto, a baixa quilometragem de malha ferroviária brasileira seria um incentivo a mais para a navegação de cabotagem, principalmente no Norte e Nordeste, já que o Sul e Sudeste possuem maior infraestrutura intermodal.

O Serviço de Estatística da União Europeia (Eurostat) atesta que, em 2017, a Holanda foi o país com maior volume de cargas transportadas entre os países europeus, sendo Roterdã o primeiro porto no continente, com 9% do volume de carga da União Europeia (UE) e Amsterdã o quarto maior. O total de cargas movimentadas naquele ano, tanto para longo curso quanto para a cabotagem, foi de 596 milhões de toneladas, o que representou 15% da carga movimentada na UE (EUROSTAT, 2019).

Analisando-se o tipo de carga transportada nos portos da UE, tem-se que, em 2017, 37,4% foi de granel líquido, 22,6% de granel sólido e 22% de cargas em contêineres. A Holanda foi o país com maior volume de granel líquido e de granel sólido na UE, com 273 e 140 milhões de toneladas, respectivamente. Para as cargas em contêineres, a Holanda ocupou a terceira posição, com 103 milhões de toneladas. No entanto, para este tipo de carga, Roterdã foi o porto de maior movimento, com 12,9 milhões de TEU (Twenty Foot Equivalent Unit) (EUROSTAT, 2019).

Em relação à navegação de cabotagem propriamente dita, o total de cargas transportadas na UE, em 2017, foi de 1,9 bilhão de toneladas, com incremento de 0,5% sobre 2016. Isto consolida o crescimento gradual da cabotagem desde a crise econômica de 2009. No entanto, os níveis atuais de cabotagem ainda são menores que os existentes antes da referida crise (EUROSTAT, 2019).

A região do entorno do porto de Roterdã apresenta uma robusta infraestrutura composta de ferrovias, estradas e hidrovias que asseguram que as cargas serão facilmente transportadas entre as várias regiões da Europa, sendo que os principais centros industriais e econômicos podem ser atendidos eficientemente. A intermodalidade do porto de Roterdã se verifica nos 250 serviços ferroviários semanais, incluindo uma ferrovia exclusiva para o transporte de cargas, de 160 quilômetros, que une o porto à malha ferroviária alemã (PORT OF ROTTERDAM, 2020).

Outra conexão com as regiões afastadas do porto é realizada por hidrovias que atendem centros econômicos na Holanda, Alemanha, Bélgica, França, Suíça e Áustria. Em quatro dias de navegação é possível atender à cidade de Basileia, na Suíça. Por fim, o porto se conecta com a Holanda principalmente pelo modal rodoviário, sendo que somente 10% das cargas desembarcadas em Roterdã cruzam a fronteira da Holanda com os países vizinhos por este modal. Além de ser um hub continental, Roterdã possui como visão de futuro tornar-se um global hub e, para tal, faz parte da iniciativa chinesa One Belt, One Road, através da ferrovia Chengdu-Tilburg-Rotterdam-Express, que une a China à Holanda (PORT OF ROTTERDAM, 2020).

Historicamente, a Holanda é uma referência no comércio marítimo mundial, aspecto corroborado na modelagem e na análise de suas boas práticas de gestão nessa área. No entanto, o expressivo volume de cargas movimentadas por cabotagem resulta de bem-sucedidas políticas públicas estabelecidas para a UE, conforme detalhado na subseção 5.3. Compreender os esforços da UE em prol da navegação de cabotagem é de suma importância para analisar o problema brasileiro.

5.1 TURQUIA

Os resultados da modelagem indicaram a Turquia como o segundo benchmark para o Brasil. Com litoral de dimensões similares e um PIB 2,5 vezes menor que o brasileiro, a Turquia transportou pela cabotagem, em 2016, 60 milhões de toneladas a mais que o Brasil. Seus dados compõem as estatísticas produzidas pela Eurostat, que apontou um expressivo crescimento de 10,4% no volume de cabotagem naquele país, entre os anos de 2016 e 2017 (EUROSTAT, 2019).

Geograficamente, a Turquia ocupa uma posição privilegiada entre o Mar Mediterrâneo, o Mar Negro, o Mar Egeu e o Mar de Mármara, sendo uma rota natural entre a Europa, Ásia e Meio-Oriente. Uma expressiva quantidade de tráfego marítimo internacional navega pelos estreitos turcos entre o Mar Mediterrâneo e o Mar Negro e torna a região de grande importância estratégica e econômica (EUNETMAR, 2014).

A frota mercante turca cresceu 244% entre 2004 e 2013 e foram realizados diversos investimentos em seus portos que permitiram aproveitar a posição estratégica do país, que é capaz de atrair cargas para transbordo (transshipment) e trânsito (transit). Os portos no Mar Mediterrâneo e no Mar Egeu são muito bem localizados e movimentam cargas das principais linhas que operam entre a Ásia e Europa. Já os portos no Mar Negro têm aumentado em importância, por serem os pontos mais propícios para a movimentação de cargas entre os países sem litoral da Ásia central (landlocked) e os mercados europeus (EUNETMAR, 2014).

A Turquia vale-se da posição de país candidato à UE e realiza a movimentação de suas cargas pelas regras do bloco econômico, o que impacta o incremento do volume movimentado por este modal. Além disso, Çetin, Akgül e Koçak (2018) citam diversas vantagens comparativas para a Turquia. Não há restrições em relação à propriedade dos operadores de navegação de cabotagem em águas turcas, podendo ser operadores estrangeiros, bem como as embarcações. No Brasil, por exemplo, a legislação é mais restritiva em relação às exigências ao afretamento de embarcações estrangeiras. Os autores também destacam a expertise dos armadores turcos, bem como o baixo custo da mão de obra, quando comparado aos dos países europeus desenvolvidos.

Além disso, uma significativa parcela dos operadores turcos são de pequeno porte, o que aumenta a competição no setor e reduz os preços aos usuários do serviço.

5.3 POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO NA EUROPA

Nas últimas duas décadas, a UE tem promovido a navegação de cabotagem como uma alternativa ao transporte rodoviário, com o propósito de obter um melhor equilíbrio entre os modais de transporte, reduzindo congestionamentos e o impacto ambiental do modal rodoviário. A experiência europeia em incentivos a este modal tem motivado alguns países a seguirem caminhos similares na formulação de suas políticas (SUÁREZ-ALEMÁN, 2016, p. 331).

A primeira iniciativa europeia por uma política comum para transportes data de 1957, quando foi adotada a Common Transport Policy (CTP) para facilitar a mobilidade de pessoas e cargas entre os Estados Membros. Desde então, outras políticas foram formuladas e, particularmente para o setor marítimo, ressalta-se a Política Europeia de Transporte Marítimo (European Maritime Transport Policy - EMTP), que é baseada em duas ferramentas principais: o Trans-European transport network (TEN-T), que é um fundo para fomento da infraestrutura de transportes; e o programa Pilot Action for Combined Transport (PACT), para melhorias operacionais, subdividindo-se nos programas Marco Polo I e II (SUÁREZ-ALEMÁN, 2016, p. 341).

O TEN-T tem por objetivo remover os gargalos da infraestrutura de transporte, assim como garantir sua sustentabilidade, considerando a eficiência energética e os impactos ambientais (SUÁREZ-ALEMÁN, 2016, p. 342). A UE estima que serão necessários €500 bilhões para implementar os projetos do TEN-T até 2020 e cerca de €750 bilhões até 2030.

Inicialmente o TEN-T estabeleceu trinta projetos prioritários, sendo cerca de 60% deles relacionados ao modal ferroviário. Para o transporte marítimo, dois projetos se destacam: o Galileo e as Autoestradas Marítimas (Motorways of the Sea - MoS). O projeto Galileo, de responsabilidade da Agência Espacial Europeia (ESA), busca implementar um sistema de navegação por satélite que proporcione precisão e alta disponibilidade para uma navegação segura e eficiente (SUÁREZ-ALEMÁN, 2016, p. 343). Já o projeto MoS é um dos eixos mais ambiciosos do TEN-T, que busca introduzir novas cadeias logísticas intermodais com base

marítima na Europa, devendo melhorar a organização de transportes nos próximos anos. O conceito do projeto prevê que o MoS deve concentrar o fluxo de transporte de cargas em rotas logísticas marítimas, aumentar a coesão e reduzir o congestionamento das estradas por meio de mudança de modal. Quatro corredores foram estabelecidos pelo projeto:

- a) MoS do Mar Báltico – unindo os Estados Membros do Mar Báltico com os Estados Membros da Europa Central e Ocidental, incluindo a rota através do Mar do Norte/canal do Mar Báltico;
- b) MoS do Mar da Europa ocidental – desde Portugal e Espanha por meio do arco Atlântico até o Mar do Norte e o Mar da Irlanda;
- c) MoS do Mar do sudeste da Europa – conectando o Mar Adriático com o Mar Jônico e o Mediterrâneo oriental, incluindo Chipre; e
- d) MoS do Mar do sudoeste da Europa – Mediterrâneo Oriental, conectando Espanha, França e Itália, incluindo Malta e conexões com a MoS do Mar do sudeste da Europa e Mar Negro.

Lançado em 1992, o PACT foi o primeiro programa para incentivar a intermodalidade no âmbito da UE. Seu objetivo principal era intensificar a intermodalidade, sempre que economicamente viável no longo prazo, como uma alternativa ao modal rodoviário exclusivo. A medida central era subsidiar esquemas pilotos de transporte combinado em rotas já existentes ou a serem implantadas, incentivando a organização, a operação e a integração de operadores da cadeia logística. Entre 1992 e 2001, 167 projetos foram financiados ao custo de 53 milhões de Euros (SUÁREZ-ALEMÁN, 2016, p. 345).

Com o propósito de ampliar o escopo do PACT, seu objetivo também visava transferir o crescimento do fluxo de cargas do modal rodoviário para outros modais, não somente buscando a intermodalidade. A primeira versão do programa, o Marco Polo I (2003 a 2007), subsidiou 125 projetos com o valor total de 102 milhões de Euros. A segunda versão, Marco Polo II, foi

implementada entre 2007 e 2013 e incluiu a Rússia, Bielorrússia, Ucrânia, países bálticos e países mediterrâneos, com um orçamento de €740 milhões (SUÁREZ-ALEMÁN, 2016, p. 346).

Os programas Marco Polo buscaram reduzir o congestionamento das rodovias e a consequente poluição por meio da substituição por outros modais. Para tal, companhias que possuíssem projetos viáveis de substituição do modal rodoviário por outros modais mais sustentáveis poderiam obter apoio financeiro não reembolsável.

6 CONCLUSÃO

A matriz nacional de transporte de cargas é marcada por uma preponderância do modal rodoviário, responsável por 65% do esforço total de transporte em 2015. A navegação de cabotagem, a despeito dos abundantes atributos naturais disponíveis no país, como extensa costa e rios navegáveis conectados ao mar, e de seu menor custo e impacto ambiental, foi responsável por apenas 11% do transporte de cargas naquele mesmo ano. Um reequilíbrio na matriz de transporte de cargas se faz necessário, reduzindo a parcela do modal rodoviário em prol de outros modais, entre eles possivelmente a cabotagem. Nesse contexto, o problema de pesquisa que se buscou endereçar foi o questionamento sobre a necessidade de aumentar a participação da navegação de cabotagem na matriz de transporte de cargas brasileira e, caso a resposta fosse positiva, identificar países e boas práticas que possam ser utilizados como referências ao Brasil para este propósito.

A relevância deste estudo reside na busca pela maior eficiência da matriz de transporte de cargas brasileiras por meio da redução da participação do modal rodoviário, o que deverá reduzir o custo logístico do transporte de cargas no Brasil e, por conseguinte, tornar os produtos brasileiros mais competitivos, gerando desenvolvimento econômico e social. Um reequilíbrio na matriz de transporte também poderá contribuir para a redução dos efeitos nocivos da dependência excessiva do modal rodoviário, conforme ficou demonstrado na greve dos caminhoneiros ocorrida em maio de 2018.

A pesquisa foi iniciada com a revisão do referencial teórico existente sobre a navegação de cabotagem e sobre a utilidade do modelo DEA para avaliar a eficiência da navegação de

Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.13, n. 2, mai./ago. 2020.

cabotagem brasileira em comparação a outros quinze países. Em seguida, foi pormenorizada a metodologia da pesquisa realizada, tendo sido descritas as três etapas em que foram conduzidos os trabalhos. Os resultados indicaram a Holanda e a Turquia como países referência para o Brasil, em relação à navegação de cabotagem. Com esta informação, foi iniciada a terceira etapa da pesquisa, que constou da identificação das boas práticas desses países que possam ser avaliadas ao caso brasileiro.

A pesquisa realizada confirmou a ineficiência da navegação de cabotagem brasileira, se comparada ao conjunto de quinze países de similar expressão econômica. Para tornar-se eficiente, considerando as variáveis aqui levantadas, será necessário triplicar o volume de cargas transportado no Brasil por este modal. Nesse contexto, o País precisará evoluir de 213,7 milhões de toneladas de carga para 647,8 milhões de toneladas. Esse aumento significativo requer políticas de incentivo à navegação de cabotagem e uma matriz de transporte intermodal mais equilibrada, que podem orientar futuros projetos de infraestrutura essenciais para o crescimento do país. A UE já implementa melhorias em sua infraestrutura há pelo menos duas décadas e a parcela da navegação de cabotagem é praticamente três vezes superior à brasileira. Ainda assim, a UE busca aumentar a participação da cabotagem em função de sua maior sustentabilidade e de menor custo inerentes a este modal.

No curso da pesquisa realizada foram encontradas dificuldades para a obtenção de dados confiáveis sobre a navegação de cabotagem da China, Índia e Arábia Saudita. Tampouco foi possível padronizar os dados de volume transportado num mesmo ano para todos os países. Entretanto, os dados disponíveis foram suficientes para indicar resultados consistentes.

Alguns aperfeiçoamentos na pesquisa são aqui visualizados. A atualização dos dados pode ampliar a acurácia do modelo. A ampliação da quantidade de países pode indicar outros países como referência ao Brasil. Novas variáveis também podem ser adicionadas ao problema: o número de portos que movimentam cargas de cabotagem, como input, e o esforço da cabotagem, em unidades TKU, obtidas pela multiplicação do peso da carga em toneladas pela distância percorrida em quilômetros, como output, por exemplo.

O Brasil demanda investimentos em infraestrutura para seu desenvolvimento. Conhecer quais são as experiências exitosas e que podem auxiliar na definição de prioridades é de grande importância no atual momento de limitações orçamentárias. Os resultados obtidos com a modelagem DEA indicaram metas e países com as melhores práticas para o desenvolvimento da navegação de cabotagem no País.

REFERÊNCIAS

ANTAQ. **Estatístico Aquaviário**. Brasília, DF: ANTAG, 2019. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/Anuario/>. Acesso em: 10 jan. 2020.

AUSTRALIA. Department of Infrastructure, Regional Development and Cities. **Statistical report Australian Sea Freight 2015–16**. Canberra: Department of Infrastructure, Regional Development and Citie, 2018. Disponível em: bitre.gov.au/sites/default/files/asf_2015_16.pdf. Acesso em: 12 nov. 2019.

BANKER, Rajiv D.; CHARNES, Abraham; COOPER, William Wager. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, Catonsville, v. 30, n. 9, p. 1078–1092, 1984.

BENDER, Luís Eduardo; MICHEL, Fernando Dutra. Transporte hidroviário de cargas: proposta de modelo de estimativa de custos de linha na navegação interior brasileira. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, Florianópolis, v. 11, n. 01, p. 155–176, 2018.

BOGETOFT, Peter; OTTO, Lars. **Package “Benchmarking”**: Benchmark and Frontier Analysis Using DEA and SFA. Vienna - AustriaR Core Team, 2019. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/Benchmarking/index.html>. Acesso em: 12 nov. 2019.

BOS, Gertjan Van den; WIEGMANS, Bart. Short sea shipping: a statistical analysis of influencing factors on SSS in European countries. **Journal of Shipping and Trade**, [Switzerland], v. 3, n. 1, p. 6, 2018.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia nacional de defesa**: versão sob apreciação do Congresso Nacional (Lei Complementar 97/1999, art. 9o, § 3o). Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2016. Disponível em: http://www.defesa.gov.br/arquivos/2017/mes03/pnd_end.pdf. Acesso em: 15 nov. 2019.

BRASIL. **Lei no 9.432, de 8 de janeiro de 1997**. Dispõe sobre a ordenação do transporte aquaviário e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1997.

BRASIL. **Plano Brasil de Infraestrutura Logística**: uma abordagem sistêmica. Brasília, DF: Conselho Federal de Administração, 2013.

BRASIL. **Política Nacional de Transportes**: caderno das estratégias governamentais. Brasília, DF: Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, 2018. Disponível em: http://www.transportes.gov.br/images/2018/documentos/caderno_das_estrategias_governamentais_1.0.pdf. Acesso em: 15 nov. 2019.

CABRAL, Alexandra Maria Rios; RAMOS, Francisco S. Efficiency container ports in Brazil: A DEA and FDH approach. **The Central European Review of Economics and Management**, Wrocław, v. 2, n. 1, p. 43–64, 2018.

CANADA. **Transportation in Canada**. Toronto: Government of Canada, 2011. Disponível em: <https://www.tc.gc.ca/eng/policy/anre-menu-3045.htm>. Acesso em: 19 jun. 2019.

CASACA, Ana Cristina Paixão *et al.* Domestic short sea shipping services in Brazil: Competition by enhancing logistics integration. **International Journal of Shipping and Transport Logistics**, [United Kingdom], v.9, n. 3, p. 280–303, 2017.

ÇETIN, İ. B.; AKGÜL, E. F.; KOÇAK, E. Competitiveness of Turkish Coaster Merchant Fleet: A Qualitative Analysis By Short Sea Shipping Perspective. **TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation**, Gdynia, v. 12, n. 2, p. 389–396, 2018.

CFA. **Plano Brasil de Infraestrutura Logística**: uma abordagem sistêmica. Brasília, DF: CFA. 2013. Disponível em: http://www.cramt.org.br/planobrasil_web1.pdf. Acesso em: 09 nov. 2019.

CHARNES, Abraham; COOPER, William W.; RHODES, Edwardo. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, [Netherlands], v. 2, n. 6, p. 429–444, 1978.

CIA. **World Factbook - field listing**: Coastline. Washington, DC: CIA, 2019. Disponível em: <https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-world-factbook/fields/282.html#BR>. Acesso em: 20 jan. 2020.

COOK, Wade D.; TONE, Kaoru; ZHU, Joe. Data envelopment analysis: Prior to choosing a model. **Omega**, Oxford, v. 44, p. 1–4, 2014.

DONG, Gang *et al.* Evaluating the Environmental Performance and Operational Efficiency of Container Ports: An Application to the Maritime Silk Road. **International journal of environmental research and public health**, Basel, v. 16, n. 12, p. 2226, 2019.

DYSON, Robert G. *et al.* Pitfalls and protocols in DEA. **European Journal of Operational Research**, [Netherlands], v. 132, n. 2, p. 245–259, 2001.

EMROUZNEJAD, A *et al.* **Recent Applications of Data Envelopment Analysis**. Prague: University of Economics, 2017.

EPL. **Simulador de Custo de Transporte**. Brasília, DF: EPL, 2018. Disponível em: <https://www.epl.gov.br/index.php>. Acesso em: 2 jun. 2019.

Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.13, n. 2, mai./ago. 2020.

EUNETMAR. **Analysis to support the elaboration of the Adriatic and Ionian maritime Action Plan**. Brussels: European Commission, 2014. Disponível em: [https://webgate.ec.europa.eu/maritimeforum/system/files/Exec sum Adr-Ion_31-3-2013.pdf](https://webgate.ec.europa.eu/maritimeforum/system/files/Exec_sum_Adr-Ion_31-3-2013.pdf). Acesso em: 10 dez. 2019.

EUROSTAT. **Maritime ports freight and passenger statistics**. EUROSTAT, 2019. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Maritime_ports_freight_and_passenger_statistics#Increase_in_seaborne_goods_and_passengers_in_EU_ports. Acesso em: 19 ago. 2019.

FALCÃO, Viviane Adriano; CORREIA, Anderson Ribeiro. Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. **Journal of Transport Literature**, São José dos Campos, v. 6, n. 4, p. 133–146, 2012.

FERREIRA, Carlos Mauricio de Carvalho; GOMES, Adriano Provzano. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009.

FMI. **World Economic Outlook Database**. Washington, DC: FMI, 2019. Disponível em: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2019/01/weodata/index.aspx>. Acesso em: 29 jun. 2019.

FONTES, Otavio Henrique Paiva Martins; SOARES DE MELLO, João Carlos Correia Baptista. Avaliação da eficiência portuária através de uma modelagem DEA. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 5., 2006, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: SPOLM, 2006. p. 1–12.

GAVIÃO, Luiz Octávio *et al.* Avaliação de investimentos em modernização dos portos por Análise Envoltória de Dados. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA – SPOLM, 2019, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: CASNAV, 2019. p. 1–16.

GIACOMIN, Jully. **Análise da Eficiência de Terminais de Granéis Sólidos Utilizando o Método Análise Envoltória de Dados (DEA)**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Naval) – Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2019. Disponível em: [https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/197554/TCC Jully Giacomini.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/197554/TCC_Jully_Giacomin.pdf?sequence=1). Acesso em: 10 jan. 2020.

GOBBI, Clarice Neffa *et al.* Efficiency in the environmental management of plastic wastes at Brazilian ports based on data envelopment analysis. **Marine pollution bulletin**, [United Kingdom], v. 142, p. 377– 383, 2019.

INDIA. **India transport report: moving India to 2032**. New Delhi: National Knowledge Commission Government of India, 2014. Disponível em: <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/content/388897/india-transport-report-moving-india-to-2032/>. Acesso em: 12 nov. 2019.

INDONESIA. Brief Perspective on National and International Shipping Network in Indonesia.

Jakarta: United Nations ESCAP, 2013. Disponível em:

<https://www.unescap.org/sites/default/files/0.Indonesia.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2019.

JAPAN statistical yearbook 2018. *In*: TRANSPORT and Tourism. Tokyo: Statistics Bureau of Japan, 2019. Disponível em: <http://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/67nenkan/1431-13.html>.

Acesso em: 28 maio. 2019.

JULIEN, Shelly-Ann; COWIE, Jonathan; MONIOS, Jason. Efficiency, productivity and returns to scale in ports: a comparison of data envelopment analysis and econometric estimation with application to Caribbean Small Island Developing States. **Maritime Economics & Logistics**, [United Kingdom], p. 1–26, 2018.

KUO, Kuo-Cheng; LU, Wen-Min; LE, Minh-Hieu. Exploring the performance and competitiveness of Vietnam port industry using DEA. **The Asian Journal of Shipping and Logistics**, [Korea], v. 36, n. 3, p. 136-144, Sept. 2020.

LEE, Min-Kyu; YOO, Seung-Hoon. The role of transportation sectors in the Korean national economy: An input-output analysis. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [United States], v. 93, p. 13–22, 2016.

LEPCHAK, Alessandro; VOESE, Simone Bernardes. Evaluation of the efficiency of logistics activities using Data Envelopment Analysis (DEA). **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 27, n. 1, 2020.

LIU, John S.; LU, Louis Y. Y.; LU, Wen-Min. Research fronts in data envelopment analysis. **Omega**, Oxford, v. 58, p. 33–45, 2016.

LUZ, Cristhyano Cavali da *et al.* Porto de Manaus: estratégias para diagnóstico da interação porto-cidade. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, Florianópolis, v. 11, n. esp. 2, p. 177–199, 2018.

MACEDO, Marcelo Alvaro da Silva; MANHÃES, João Victor da Paschoa. 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.

MAEGIMA, Felipe Hissao; INCIRILO, Lorena Balduino; NASCIMENTO, Marcus Vinícius Do. O estudo da eficiência do transporte por cabotagem no Brasil. *In*: CONGRESS OF INDUSTRIAL MANAGEMENT AND AERONATICAL TECHNOLOGY, 6., 2019, São José dos Campos. **Anais [...]** São José dos Campos: FATEC, 2019. p. 315–325.

MEXICO. Coordinación General de Puertos y Marina Mercante. **Informe Estadístico Mensual Movimiento de Carga, Buques y Pasajeros**. Mexico: Ciudad de México, 2017. Disponível em: http://www.sct.gob.mx/fileadmin/CGPMM/U_DGP/estadisticas/2017/Mensuales/12_diciembre_2017.pdf. Acesso em: 10 nov. 2019.

NZE, Obiageli N.; EJEM, Ejem Agwu. Sensitivity analysis of performance of Nigerian ports using data envelopment analysis. **Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics**, Szczecin, v. 5, n. 1, p. 37–47, 2020.

PAIVA, Daniele Moraes Electo de *et al.* Avaliação da eficiência da gestão ambiental e eficiência operacional de portos públicos brasileiros que exportam soja. **Revista de Administração Pública**, São Paulo, v. 53, n. 2, p. 492–504, 2019.

PAPADIMITRIOU, Stratos *et al.* **The Dynamics of Short Sea Shipping: new practices and trends**. 1. ed. London: Palgrave Macmillan, 2018.

PARK, Yong Shin *et al.* Benchmarking environmental efficiency of ports using data mining and RDEA: the case of a US container ports. **International Journal of Logistics Research and Applications**, [United Kingdom], v. 22, n. 2, p. 172–187, 2019.

PINTO, Aline Samá; LIMA, Milton Luiz Paiva de; BASTOS, Vagner Euzébio. Análise locacional de terminais hidroviários utilizando o método SMARTER: o caso da hidrovía Brasil- Uruguai. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, Florianópolis, v. 10, p. 156–185, 2017.

PIRES, Gabriel Campos. Análise da Eficiência Portuária usando a Metodologia da Análise Envoltória de Dados (DEA). **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, Florianópolis, v. 10, p. 55–79, 2017.

PIRES, Gabriel Campos; SILVA, V. M. D. Análise da Eficiência Portuária usando a Metodologia da Análise Envoltória de Dados (DEA). *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESEMPENHO PORTUÁRIO, 3., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: CIDESPORT, 2017. p. 12.

PORT OF ROTTERDAM. Rotterdam: Port of Rotterdam, 2020. Disponível em: <https://www.portofrotterdam.com/en/>. Acesso em: 15 jan. 2020.

R-CORE-TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, 2020. Disponível em: <http://www.r-project.org/index.html>. Acesso em: 15 fev. 2020.

RUSSIA. **Russia in figures 2017: statistical handbook**. Moscow: Federal State Statistics Service, 2017. Disponível em: https://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/rusfig/rus17e.pdf. Acesso em: 12 nov. 2019.

SILVA, Letícia Caroline Soares da; FERREIRA, Denise Helena Lombardo. Índice de desempenho ambiental (IDA): avaliação do desempenho ambiental dos portos brasileiros. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, Itapetininga, v. 7, n. 3, p. 80–94, 2020.

SIMM, Jaak; BESSTREMYANNAYA, Galina; SIMM, Maintainer Jaak. **Package “rDEA”** Vienna - Austria R Core Team, 2016. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/rDEA/index.html>. Acesso em: 15 nov. 2019.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B *et al.* Método multicritério para seleção de variáveis em modelos DEA. **Pesquisa Naval**, Brasília, DF, v. 15, p. 55–66, 2002.

SOARES DE MELLO, João Carlos Correia Baptista *et al.* Curso de Análise de Envoltória de Dados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 37., 2005, Gramado. **Anais** [...]. Gramado: SOBRAPO, 2005. p. 2520–2547.

SOUSA JÚNIOR, José Nauri Cazuzza de; NOBRE JÚNIOR, Ernesto Ferreira; PRATA, Bruno de Athayde. Análise da eficiência dos portos da região Nordeste do Brasil baseada em Análise Envoltória de Dados. **Sistemas & Gestão**, Niterói, v. 3, n. 2, p. 74–91, 2009.

SUÁREZ-ALEMÁN, Ancor. Short sea shipping in today's Europe: A critical review of maritime transport policy. **Maritime Economics & Logistics**, Rotterdam, v. 18, n. 3, p. 331–351, 2016.

TEIXEIRA, Cássio Adriano Nunes *et al.* Navegação de cabotagem brasileira. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 1, p. 391–436, 2018. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/15385/1/BS47_Cabotagem_FECHADO.pdf. Acesso em: 10 nov. 2019.

UNCTAD. **Transport and Trade Facilitation: Rethinking maritime cabotage for improved connectivity**. New York: UNCTAD, 2017. Disponível em: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/dtltlb2017d1_en.pdf.

USDOT. **Bureau of Transportation Statistics**. Washington, DC: USDOT, 2019. Disponível em: <https://www.bts.gov/>. Acesso em: 29 jun. 2019.

VITOI, Carlos Alberto Ayupe. **Análise envoltória de dados como instrumento para avaliar a capacidade da infraestrutura portuária brasileira de atender à demanda futura de exportação de grãos vegetais**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/35005/1/2019_CarlosAlbertoAyupeVitoi.pdf. Acesso em: 20 jan. 2020.