

APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA EM TERMINAIS DE CONTÊINERES

MAIQUIEL SCHMIDT DE OLIVEIRA¹, ANA MARIA VOLKMER AZAMBUJA², MILTON LUIZ
PAIVA DE LIMA³

RESUMO

A produção de um país depende, além da boa relação com outras nações, da sua eficiência logística. Para o crescimento econômico que se desenha para o Brasil é necessária uma logística adequada para escoar os produtos e, dessa forma, aumentar a competitividade com o exterior e a produtividade do país. Considerando que atualmente em torno de 70% das cargas transportadas utilizam contêineres, é de interesse verificar a eficiência das operações em terminais de contêineres como forma de torná-los mais competitivos a nível mundial. Para tal, aplicou-se a técnica conhecida como Análise Envoltória de Dados (DEA). Utilizou-se o modelo BCC orientado para produto para construir um escore de eficiência a partir dos insumos e produtos relevantes no processo de movimentação das cargas, focando a questão da acessibilidade aos terminais de contêineres. De posse desse índice foi analisada a eficiência nos terminais de contêineres no ano de 2011. Com a aplicação desse modelo e, após a imposição de restrições aos pesos das variáveis, os terminais Tecon Santos (SP) e Multi Rio (RJ) apresentaram eficiência nas suas operações. A eficiência do Tecon Santos (SP) pode ser atribuída ao fato desse terminal ser o maior do país em movimentação. Em 2011, esse terminal chegou a realizar 80 mph (movimentos por hora) estabelecendo um novo padrão de produtividade na América do Sul, o que o coloca em patamar semelhante aos melhores terminais europeus.

PALAVRAS-CHAVE: Análise envoltória de dados. Eficiência. Terminais de contêineres brasileiros.

ABSTRACT

The production of a country depends on a logistic efficiency and a good relationship with other nations. It is required an adequate logistics to transport the product for the economic growth that is designed to Brazil. For this, it increases the competitiveness and productivity with the foreign countries. Whereas currently around 70% of transported shipment using containers. It is interest to examine the efficiency of operations in container terminals as to make them more globally competitive. Due to, it applied the technique of Data Envelopment Analysis (DEA). It used the product-oriented BCC model to construct an efficiency score from the relevant inputs and outputs in the process of moving shipment that it is focused on the issue of accessibility to container terminals. According to this rate, it was analyzed the efficiency in container terminals in 2011. With the application of this model and, after the imposition of restrictions on the weights of the variables, terminals Tecon Santos (SP) and Multi River (RJ) showed efficiency in their operations. The efficiency of Tecon Santos (SP) can be attributed to the fact that terminal is the largest movement in the country. In 2011, this

¹ Mestrando em Engenharia Oceânica na Universidade Federal do Rio Grande – FURG. E-mail: maiquiel1988@gmail.com.

² Professora na Universidade Federal do Rio Grande – FURG. E-mail: anamariaazambuja@hotmail.com.

³ Professor na Universidade Federal do Rio Grande – FURG. E-mail: mlplfurg@gmail.com.

terminal has a perform 80 mph (movements per hour) setting a new standard for productivity in South America which places a level similar to top European terminals.

KEYWORDS: Data envelopment analysis. Efficiency. Brazilian container terminals.

1. INTRODUÇÃO

O transporte de cargas por contêineres é uma tendência mundial e segue numa crescente no Brasil. Aproximadamente 95% do comércio exterior brasileiro é realizado por via marítima, principalmente por contêineres [1].

Os portos brasileiros são considerados a principal porta de entrada e saída de produtos. Um porto é uma área abrigada das ondas e correntes localizado a beira de um oceano, mar, lago ou rio, destinado ao atracamento de barcos e navios, e com o pessoal, serviços e instalações necessários à carga, descarga e estoque temporário de mercadorias e, em alguns casos, pode conter terminais especialmente designados para determinadas cargas [2].

Um terminal de contêiner pode ser denominado como um local especializado no armazenamento e movimentação de contêineres, ou ainda, como o local onde os contentores de carga são transbordados entre os veículos de transporte. O transbordo é feito entre navios e veículos terrestres, dentre os quais se tem caminhões e trens.

Nos últimos anos, principalmente após a promulgação da Lei 8.630/93 - *Lei de Modernização dos Portos*, os portos brasileiros vêm sofrendo profundas alterações, tanto em infraestrutura como na regulamentação. A partir dessa Lei os portos passaram a trabalhar na redução de custos e no tempo de atracação, como forma de se tornarem competitivos num cenário internacional.

No que se refere à infraestrutura, fatores como extensão de cais, profundidade do canal, área de armazenagem, acessos, entre outros, são importantes na análise da eficiência de portos. Essas avaliações auxiliam nas tomadas de decisão sobre possíveis investimentos que se mostrem necessários para melhoria na qualidade dos serviços portuários.

Nessa perspectiva este trabalho tem como objetivo analisar a eficiência de 13 terminais de contêineres brasileiros aplicando a metodologia denominada Análise Envolvória de Dados (DEA) com informações referentes ao ano de 2011.

2. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

As origens da técnica Análise Envoltória de Dados (DEA) (ou *Data Envelopment Analysis*), remontam aos estudos de Farrell [3] publicados em um artigo clássico sobre mensuração da eficiência de unidades produtivas que utilizam os mesmos recursos (*inputs*) e produtos (*outputs*) para realizarem tarefas semelhantes. Em 1978, CHARNES, COOPER & RHODES desenvolveram a técnica DEA no sentido de aproximá-la de problemas práticos por meio de premissas mais realistas.

Segundo Rios [4] a técnica DEA tem recebido muita atenção pela academia como uma ferramenta de avaliação do desempenho de unidades de negócio, a qual também pode ser utilizada para fins de apoio à tomada de decisão.

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*) ou Teoria da Fronteira (*Frontier Analysis*) baseia-se em modelos matemáticos não paramétricos, isto é, não utiliza inferências estatísticas, testes de coeficientes ou formalizações de análises de regressão [5]. Assim, o método DEA não exige a determinação de relações funcionais entre os insumos e o produto, nem se restringe a medidas únicas, singulares dos insumos e produtos e permite utilizar variáveis discricionárias, instrumentais ou de decisão, variáveis não discricionárias ou exógenas (fixas), e categóricas (tipo *dummies*) em suas aplicações. A única condição que deve ser atendida é que as UTDs (Unidades de Tomada de Decisão) fiquem sobre a fronteira de eficiência ou abaixo dela.

Estellita Lins & Angulo-Meza [6] destacam várias características do método DEA, dentre as quais, podem-se citar:

- i. Não necessita converter todos os dados em unidades monetárias;
- ii. É um método não-paramétrico;
- iii. Os índices de eficiência são baseados em dados reais e não em valores médios;
- iv. Ao contrário das abordagens tradicionais, a técnica otimiza cada observação individual com o objetivo de determinar a fronteira linear por partes que representa o máximo que cada unidade pode atingir;
- v. é um método de apoio à decisão de natureza multicritério e, portanto capaz de modelar a complexidade do mundo real.
- vi. Os pesos são tratados como desconhecidos e são escolhidos pelas unidades de forma a maximizar sua eficiência.

A técnica DEA mede a eficiência de cada UTD separadamente, realizando comparações em relação ao conjunto de UTDs que está sendo avaliado através dos dados observados em cada unidade. Sendo assim, são criadas fronteiras de produção que servem de parâmetro para definir as escalas de eficiência.

No modelo mais simples, considerando uma unidade trabalhando com um único insumo e um único produto, a eficiência é definida como:

$$Eficiência = \frac{\text{output}(\text{produto})}{\text{input}(\text{insumo})} \quad (1)$$

No caso de múltiplos insumos e produtos como, no caso de terminais de contêineres, extensão de cais, número de acessos, tipo de carga movimentada, entre outros, o índice de eficiência pode ser representado da seguinte forma:

$$Eficiência = \frac{\text{soma ponderada dos produtos}}{\text{soma ponderada dos insumos}} \quad (2)$$

A principal característica dos modelos DEA é que os pesos são tratados como desconhecidos. Eles serão escolhidos de forma a maximizar a eficiência da unidade observada. A eficiência desta unidade será igual a 1 caso a mesma seja eficiente em relação às outras unidades, ou será menor que 1 caso seja ineficiente. Para uma unidade ineficiente, a solução identifica as unidades eficientes que servirão de referência para a mesma. Os valores dos pesos geralmente diferem de unidade para unidade, e esta flexibilidade na escolha de pesos pode ser considerada tanto frágil como forte. Ela será frágil se existir maior interesse em fazer a escolha de pesos do que em verificar alguma ineficiência. Esta flexibilidade será forte, contudo, quando uma unidade se mostra ineficiente ainda que os pesos que lhe são mais favoráveis tenham sido utilizados na sua avaliação [7].

Macedo & Souza [8] lembra que a técnica também permite destacar, em cada unidade ineficiente, quais os níveis de consumo e de produção que as tornariam eficientes.

2.1 Aplicações da técnica DEA (no mundo)

Alguns estudos realizados em outros países no setor portuário, aplicando DEA, são citados na TABELA 1.

Tabela 1 – Estudos realizados no setor portuário no mundo aplicando DEA

Autores	Objetivos	Amostra	Inputs	Outputs
ROLL; HAYUTH (1993)	Estimar a eficiência relativa de portos.	20 portos internacionais	- capital; - funcionários; e - tipo de carga.	- nível de serviço; - movimento de carga; - satisfação dos usuários; e - número de atracações.
MARTINEZ et. al. (1999)	Estimar a eficiência relativa de portos.	26 portos da Espanha	- despesas com pessoal; - taxas de depreciação; e - outros gastos.	- total de carga movimentada; e - receita obtida no aluguel de facilidades.
TONGZON (2001)	Determinar os fatores que influenciam o desempenho e a eficiência de um porto.	16 terminais de contêineres, sendo 4 australianos	- número de guindastes, berços, rebocadores e funcionários; - área do terminal; e - tempo de atraso.	- TEU; e - movimentação hora/navio.
VALENTINE; GRAY (2001)	Comparar a eficiência de portos públicos e privados.	31 portos de contêineres de vários países	- tamanho do berço; e - investimentos (U\$\$)	- TEU; e - movimentação hora/navio.
ITOH (2002)	Analisar a	8 portos do	- área do	- TEU

	eficiência dos portos japoneses.	Japão	terminal; e - número de berços, guindastes e trabalhadores.	
CULLINANE et. al. (2005)	Analisar a relação entre a privatização e a eficiência relativa dos portos.	31 portos de contêineres internacionais	- comprimento do terminal; - área do terminal; - número de docas; e - número de guindastes.	- TEU

Fonte: Wang [9]

2.2 Aplicações da técnica DEA (no Brasil)

Alguns estudos aplicando DEA para análise de eficiência realizados no Brasil são citados a seguir.

Rios [4] realizou uma análise de eficiência em terminais de contêineres brasileiros utilizando quatro insumos (número de guindastes, número de berços, número de funcionários e área do terminal) e um produto (quantidade de TEU's movimentada), com dados referentes ao ano de 1998. Rios verificou que somente 3 dos 13 terminais analisados apresentaram eficiência técnica relativa. Esses terminais foram: Paranaguá, São Francisco e Manaus. Os demais portos não apresentaram eficiência devido a possuírem uma infraestrutura muito superior à necessária para suportar o número de contêineres movimentados.

Acosta [10] criou um índice para analisar a eficiência de portos brasileiros, considerando como produto a movimentação geral de cargas (soma de granéis líquido, sólidos, carga geral e contêineres) e, como insumos, "extensão de cais", "profundidade de canal" e "área de armazenagem". Dos 27 portos analisados nesse estudo, 5 se mostraram eficientes e serviram de referência para os demais.

Sousa, [11] realizou uma análise de eficiência em 16 portos da região Nordeste do Brasil. Essa análise utilizou tanto as cargas de contêiner quanto as cargas de granel sólido sendo que as variáveis utilizadas se referiam às instalações e as operações de contêineres e granéis sólidos no ano de 2006. Verificou-se que desses 16 portos, 14 possuíam instalações precárias, com exceção do porto de Salvador, na movimentação de contêineres, e do terminal de “São Luís 1”, na movimentação de granéis sólidos. As variáveis que se destacaram foram “nº de berços” e “calado”, ou seja, a eficiência esteve fortemente relacionada com essas variáveis.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a análise de eficiência técnica em terminais de contêineres brasileiros foi construído um índice de eficiência utilizando o método denominado Análise Envoltória de Dados. O modelo utilizado foi o BCC orientado para produto.

Para a definição do escore foram estudadas as seguintes variáveis:

- a) Insumos: área total do terminal (m²), profundidade do canal de acesso (m), profundidade do cais de atracação (m), número de berços, número de acessos e extensão dos berços (m);
- b) Produto: movimentação de contêineres em TEU's (*Twenty Feet Equivalent Unit*).

Para a obtenção das variáveis apresentadas acima foram realizadas pesquisas em diferentes fontes, dentre as quais pode-se citar: ABRATEC (Associação Brasileira dos Terminais de Contêineres de uso público), “Anuário da Revista Portos e Navios – 2005/2006”, ANTAQ (Agência Nacional de Transporte Aquaviário) e os sites dos Terminais de Contêineres analisados.

Os dados utilizados para a construção do escore de eficiência se referem ao ano de 2011.

Na análise foram considerados 13 terminais de contêineres: Tecon Rio Grande (RS), Tecon Salvador (BA), Multi-Rio (RJ), Libra Terminais Rio (RJ), Tecon Sepetiba (RJ), Tecon Santos (SP), Libra Terminais Santos (SP), Terminal de Contêineres de Vila do Conde (PA), Terminal para Contêineres da Margem Direita (SP), Terminal de Vila Velha (ES), Terminal de Contêineres de Paranaguá (PR), Tecon Suape (PE), Terminal de Contêineres de Itajaí (SC). Não foram encontrados dados referentes a movimentação da

TESC (Terminal de Contêineres de Santa Catarina) e, por isso, esse não foi incluído na análise.

Para melhorar a interpretação dos resultados, os valores de todas as variáveis estão na forma percentual.

Existem diferentes ferramentas para a seleção das variáveis que compõem o escore de eficiência. Neste trabalho utilizou-se a análise de correlação, que é o método sugerido por Norman & Stoker [12]. Este método verifica a correlação entre todas as variáveis. A seguir, escolhem-se duas variáveis com correlação alta e significativa, cada uma representando, respectivamente, um produto e um insumo. A partir da relação entre o produto e o insumo selecionados, encontra-se o primeiro escore de eficiência. Novamente se realiza uma análise de correlação entre o primeiro escore de eficiência e as demais variáveis, incluindo no escore aquele insumo ou produto que possui correlação maior e significativa. O processo segue até que não se encontre correlações altas e significativas entre o escore de eficiência e as demais variáveis ainda não incluídas no modelo. No caso desse trabalho calculou-se a correlação entre os insumos com o produto (movimentação de contêineres).

A partir da análise de correlações e da análise envoltória de dados o modelo que apresentou maior eficiência média foi:

$$\text{Índice de Eficiência} = \frac{\text{movimentação de contêineres}}{\text{número de berços} + \text{número de acessos}} \quad (3)$$

Na TABELA 2 são apresentadas as estatísticas das variáveis incluídas no Índice de Eficiência desse modelo:

Tabela 2- Estatísticas das Variáveis incluídas no Índice de Eficiência

Estatísticas	Nº de berços (%)	Nº de Acessos (%)	Movimentação de contêineres (%)
Máximo	100	100	100
Mínimo	20,00	16,67	2,25
Média	52,31	46,15	32,67
Desvio-padrão	21,54	22,79	23,75

CV	41,18	49,38	72,70
----	-------	-------	-------

Pelo Coeficiente de Variação (CV) pode-se perceber uma grande variação nas quantidades de insumos e produtos trabalhadas em cada terminal. A tabela abaixo apresenta os escores de eficiência atribuídos a cada terminal.

Tabela 3 - Escore de eficiência para os 13 terminais de contêineres avaliados no ano de 2011

Nº	DMU	Score	Rank
1	Tecon Salvador - BA	0,5433	8
2	Multi-Rio - RJ	1,0000	1
3	Libra Santos - SP	0,6731	6
4	Tecon Santos - SP	1,0000	1
5	Tecon Rio Grande - RS	0,5287	9
6	Libra Rio - RJ	0,9849	4
7	TCP - PR	0,5042	11
8	TVV - ES	0,3893	12
9	Tecon Suape - PE	0,9013	5
10	TECONDI - SP	0,3676	13
11	Tecon Sepetiba - RJ	0,6692	7
12	CONVICON - PA	0,9989	3
13	TECONVI - SC	0,5070	10

Como pode se perceber na TABELA 3, somente dois terminais se mostraram eficientes, que são: o Multi-Rio (RJ) e o Tecon Santos (SP). Os demais terminais foram considerados ineficientes. Porém, os terminais Libra Rio (RJ) e CONVICON (PA) se encontram muito próximos da fronteira de eficiência.

É possível ainda verificar se os terminais analisados estão trabalhando em regiões de retornos à escala constantes, crescentes ou decrescentes. Com essa análise é possível verificar se os mesmos devem manter, aumentar ou reduzir seu porte.

De acordo com a TABELA 3, o TECON Santos (SP) se encontra em região de retornos constantes à escala, indicando que deve manter seu porte para continuar na fronteira de eficiência. Os demais terminais se encontram em regiões de retornos crescentes à escala o que representa que um aumento no(s) insumo(s) (números de acessos e/ou número de berços) aumenta mais que proporcionalmente a quantidade de produto (movimentação em de contêineres). Assim, esses terminais devem aumentar de porte como forma de atingirem a fronteira de eficiência.

Tabela 4 - Retornos de Escala para os terminais de contêineres analisados

Terminal	Retornos de Escala
Tecon Salvador – BA	Crescente
Multi-Rio – RJ	Crescente
Libra Santos – SP	Crescente
Tecon Santos – SP	Constante
Tecon Rio Grande – RS	Crescente
Libra Rio – RJ	Crescente
TCP – PR	Crescente
TVV – ES	Crescente
Tecon Suape – PE	Crescente
TECONDI – SP	Crescente
Tecon Sepetiba – RJ	Crescente
CONVICON – PA	Crescente
TECONVI – SC	Crescente

4. CONCLUSÃO

Este estudo mensurou e analisou a eficiência de 13 terminais de contêineres brasileiros. Para realizar a análise foi construído um escore para medir eficiência utilizando

o método conhecido como Análise Envolvória de Dados onde foram incluídos dois insumos – “*números de berços*” e “*número de acessos*” - e um produto – “*Movimentação de contêineres*”.

Quanto à movimentação de contêineres, todos os terminais, com exceção dos terminais Multi – Rio (RJ) e TECON Santos (SP) devem aumentar sua produção (maior movimentação de contêineres) para alcançarem a fronteira de eficiência. Em torno de 60% dos terminais possuem folga no nº de acessos podendo utilizá-los de forma a aumentar a movimentação de carga. Já para o insumo nº de berços, 60% dos terminais não possuem folga, indicando-se o aumento nesse número como forma de aumentar sua movimentação.

Algumas considerações poderiam ser destacadas com relação ao ranking encontrado nessa análise.

O terminal TECONDI (SP) se encontra na última posição no ranking possivelmente porque é um terminal que se utiliza pouco da infraestrutura que possui por estar localizado no complexo portuário de Santos (SP).

Por outro lado, a eficiência do Tecon Santos (SP) pode ser explicada por esse ser o terminal que apresenta maior movimentação de contêineres no país. Após investimentos, o mesmo chegou a atingir a marca de 80 mph (movimentos por hora) em 2011, estabelecendo um novo padrão de produtividade na América do Sul, o que o coloca em patamar semelhante aos melhores terminais europeus.

A movimentação de contêineres no Brasil vem crescendo nas últimas décadas. Assim, é de interesse que órgãos governamentais realizem estudos que auxiliem na tomada de decisão quanto aos investimentos que cada terminal deve fazer para atingir a fronteira de eficiência. Isso contribuirá para que o Brasil se torne um centro de excelência na movimentação de contêineres e, conseqüentemente, competitivo no comércio exterior.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] RIOS, L.R.; MAÇADA, A.C.; BECKER, J. L. Medindo a eficiência das operações dos terminais de containers brasileiros. In: **II Concurso Gaúcho de Artigos sobre Comércio Exterior**, 2004, São Leopoldo. Anais II CGACE. 2004.

[2] SOARES, M.F.M.; FERREIRA, V. W., **Grande Dicionário Enciclopédico** Volume XII. Alfragide: Clube Internacional do Livro, 2000.

- [3] FARRELL, J.M. The Measurement of Technical Efficiency, Journal of the Royal Statistics Society, SERIES A (GENERAL), PART III, p. 253-290, 1957.
- [4] RIOS, L.R.. **Medindo a eficiência relativa das operações dos terminais de contêineres do MERCOSUL**. Dissertação (Mestrado em Administração). UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- [5] FERREIRA, C.M.C.; GOMES, A.P. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. Belho Horizonte: Editora UFV, 2009.
- [6] ESTELLITA LINS, M.P.; ANGULO-MEZA, L. **Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão**. Rio de Janeiro, Brasil. Editora da COPPE/UFRJ, 2000.
- [7] AZAMBUJA, A.M.V. **Análise de Eficiência na Gestão do Transporte Urbano por Ônibus em Municípios Brasileiros**. 385 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2002.
- [8] MACEDO, M.A.S.; SOUZA, M.A.F. Avaliação de eficiência organizacional no setor de alimentos: uma contribuição a gestão agroindustrial. In: **SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 10, 2003, Bauru, SP. Anais do X Simpósio de Engenharia de Produção . Bauru: SIMPEP, 2003.
- [9] WANG, T.F. The applicability of DEA to efficiency measurement of container ports. (2002). <http://www.eclac.cl>
- [10] ACOSTA, C.M.M. **Uma proposta de metodologia para análise de eficiência em portos brasileiros: a técnica de análise envoltória de dados (DEA)**. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica), Rio Grande, 2008.
- [11] SOUSA, J.N.C. Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil. 89 fls. Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2010.
- [12] NORMAN, M.; STOKER, B. **Data Envelopment Analysis - The Assessment of Performance**. England: John Wiley & Sons Ltd., 1991. 256p.