

UMA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) PARA MEDIR A EFICIÊNCIA OPERACIONAL DOS TERMINAIS DE PRODUTOS SIDERURGICOS¹

*Fernando Munis Barretto Mac Dowell da Costa*²

*Marco Almeida*³

*Braz Rafael da Costa Lamarca*⁴

Resumo

Este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de uma metodologia para avaliar a eficiência dos principais terminais de produtos siderúrgicos do Brasil, utilizando o método quantitativo de Análise por Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA), cujo resultado implica em uma classificação dos terminais de maior eficiência operacional, isto é, os terminais mais atrativos operacionalmente, considerando-se a operação do navio, da carga e do retroporto. Para que se possa classifica-los foram utilizados dados reais dos terminais de produto siderúrgicos, proposto neste estudo, sendo que eficiências são determinadas por meio de restrições aos pesos das variáveis. Portanto, esta ferramenta será capaz de demonstrar àquele que tem a responsabilidade de decidir a eficiência das unidades produtivas, denominadas de Unidades Tomadora de Decisão – (Decision Making Units – DMU).

Palavras-chave: Produtos siderúrgicos; Terminal portuário; Análise por Envoltória de Dados (DEA).

AN APPLICATION OF THE METHOD OF DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) TO MEASURE THE OPERATIONAL EFFICIENCY TERMINAL OF METALLURGICAL PRODUCTS

Abstract

This work has for objective the development of a methodology to evaluate the efficiency of the main terminals of metallurgical products of Brazil and International, using the method quantitative Data Envelopment Analysis - DEA, where they will be ranking the terminals of larger operational efficiency, that is, the terminals most attractive in our operation, being taken in consideration the operation of the ship and of the load and the landside. So that it cannot him rank given real data of the terminals of containers were used, proposed in this study. The efficiencies are certain by means of restrictions to the weights of the variables. Therefore, this tool give to the base for the decision maker to verify the efficiency of the productive units, denominated of Decision Making Units - DMU.

Key words: Metallurgical products; Port terminal; Data Envelopment Analysis – DEA.

¹ *Contribuição técnica ao XXVI Seminário de Logística da ABM, Vitória – Espírito Santo 19 à 21 de junho de 2007.*

² *Engenheiro Civil e mestre em ciências em Engenharia de Transportes pelo Instituto Militar de Engenharia – IME e doutorando da COPPE/PEEnO/UFRJ na área de Logística e de Transporte marítimo. E-mail: macdowell@peno.coppe.ufrj.br*

³ *Prof da Universidade Gama Filho e mestre em Engenharia Mecânica pela COPPE/UFRJ e doutorando da COPPE/PEEnO/UFRJ na área de Logística e de Transporte marítimo. E-mail: marcoalmeida@peno.coppe.ufrj.br*

⁴ *Oficial da Marinha do Brasil e mestrando em Engenharia de Produção pela COPPE/PEP/UFRJ. E-mail: brlamarca@uol.com.br.*

1 INTRODUÇÃO

A projeção no cenário internacional comercial, fator de suma importância para a sobrevivência de qualquer país, a eficiência se torna um item preponderante para a competitividade na globalização dos mercados internacionais. Segundo, Mac Dowell,⁽¹⁾ para se sustentar no mercado internacional, de plano, as fronteiras comerciais devem ser amplas, bem definidas e também, a rede logística, tanto interna quanto externa, deve ser, estar e manter-se integrada de formas eficiente e eficaz para que as empresas possam garantir que o produto chegue ao cliente a um custo acessível para ambas as partes.

Segundo Yun et al.,⁽²⁾ o modal marítimo é responsável por 90% da movimentação das cargas entre fronteiras, tornando-se o principal modal utilizado no comércio internacional.

Em função disso, empresas que importam e exportam necessitam de um aumento na eficiência dos portos para maximizar suas receitas e, por sua vez, os portos precisam encontrar maneiras de diminuir o tempo de operação do navio a fim de atender o maior número possível de navios. Desta forma, Wang et al.,⁽³⁾ entendem que os conceitos de eficiência e desempenho são fundamentais para lidar com as pressões internas e externas, principalmente na área portuária, negócio considerado complexo e com diferentes *inputs* e *outputs*.

Portanto, este estudo tem como objetivo analisar a eficiência de sete terminais de produtos siderúrgicos do Brasil, utilizando a técnica *Data Envelopment Analysis - DEA*.

2 METODOLOGIA DE ANÁLISE – ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DATA ENVELOPMENT ANALYSIS – DEA)

Trata-se de uma técnica bastante robusta desenvolvida por Charnes et al.⁽⁴⁾ para avaliar o grau de eficiência relativa do uso dos recursos de empresas pertencentes a um mesmo setor ou ramo de atividade.

Estes modelos têm origem no trabalho pioneiro de Farrell,^[5] em 1957, onde foi proposto um índice de eficiência para o caso de múltiplos *inputs* e *outputs*, conforme a equação 1, onde:

Y_{jk} representa a saída j da unidade k ;

X_{ik} é a entrada i da unidade k ;

v_i e u_j representam, respectivamente, os pesos de cada saída j e cada entrada i . Estes pesos, geralmente, são arbitrados, sendo objeto de considerável atenção na literatura internacional mais recente, sob o nome de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*).

$$Eficiência_k = \frac{\sum_j U_j Y_{jk}}{\sum_i V_i X_{ik}} \quad (1)$$

A DEA consiste em modelos e técnicas de construção de fronteiras de produção e medidas de eficiência relativa conhecidas como análise por envoltória de dados. É classificada como não-paramétrica, pois não utiliza uma função de produção pré-definida idêntica para todas as organizações na análise do relacionamento insumo - produto - eficiência.

A técnica toma por base um conjunto de dados observados em diversas organizações, denominadas *Decision Making Units* - DMU. Conforme Saha *et al.* ⁽⁶⁾, avalia-se a eficiência de cada DMU, comparando-a com um grupo de referência constituído por outras DMU com o mesmo conjunto de *input* e *output*

Vale salientar ainda, que a Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma técnica de Pesquisa Operacional, cuja base é a Programação Linear e tem por objetivo a análise comparativa das unidades independentes (empresas, organizações, departamentos etc.) no que tange ao seu desempenho operacional, sendo capaz de incorporar diversos insumos e produtos para o cálculo da eficiência.

Por se tratar de uma ferramenta não-paramétrica, a DEA distingue-se das aproximações paramétricas que otimizam um plano de regressão a partir das observações, portanto, a DEA otimiza cada observação individual com o objetivo de calcular uma fronteira de eficiências, determinada pelas unidades que são Pareto eficientes, isto é, uma unidade é Pareto eficiente se, e somente se, ela não consegue melhorar alguma de suas características sem piorar as demais.

Esta técnica já foi aplicada em diversos estudos referentes aos mais variados setores na área de análise de sistemas de transportes, pode-se citar alguns estudos relacionados com a DEA: Novaes, ^(7,8) Chu e Friefding ⁽⁹⁾ e Odeck Jr. e Halmarsson. ⁽¹⁰⁾ Já no setor portuário, estudos desenvolvidos por Bendall e Stent, ⁽¹¹⁾ Tabernacle, ⁽¹²⁾ Ashar ⁽¹³⁾ e De Monie. ⁽¹⁴⁾ De acordo com Cullinane *et al.*, ⁽¹⁵⁾ a DEA é uma das mais importantes técnicas para mensurar a eficiência. O autor ainda reforça que existam diversas aplicações de DEA clássica na indústria portuária marítima e.g. Tongzon, ⁽¹⁶⁾ Valentine e Gray ⁽¹⁷⁾ e Martinez *et al.*, ⁽¹⁸⁾ conforme Figura 1.

Ainda em 2002, Itoh, ⁽¹⁹⁾ analisou a eficiência operacional dos oito maiores terminais de contêineres do Japão, utilizando como *outputs* o número de TEUs movimentados por ano, sendo os *inputs* divididos em 3 categorias: infra-estrutura (área do terminal e número de berços), superestrutura (número de guindastes) e número de trabalhadores. Turner *et al.*, ⁽²⁰⁾ mediram a eficiência de 26 terminais de contêineres dos Estados Unidos e Canadá entre 1984 a 1997. Os *inputs* escolhidos foram: área do terminal, número de guindastes e tamanho do berço. O *output* considerado foi o número de TEUs movimentados.

Autores	Objetivos	Amostra	Modelo DEA	Inputs	Outputs
ROLL & HAYUTH (1993)	Estimar a eficiência dos portos.	20 portos	CCR	- Capital; - Funcionários; - Tipo de carga.	- Nível de serviço; - Movimento de carga; - Satisfação dos usuários; - Nº de atracações.
MARTINEZ – BUDRIA et al (1999)	Examinar a eficiência relativa dos portos e a evolução de um determinado porto.	26 portos da Espanha	BCC	- Despesas com pessoal; - Taxas de depreciação; - Outros gastos.	- Total de carga movimentada; - Receita obtida no aluguel de facilidades portuárias.
TONGZON (2001)	Especificar e testar os fatores que influenciam a performance e a eficiência de um porto.	4 australianos e outros 12 terminais de <i>containers</i> internacionais	CCR Additive	- Número de guindaste, berços, rebocadores e funcionários; - Área do terminal; - Delay time.	- TEU'S; - Movimentação Hora/Navio.
VALENTINE & GRAY (2001)	Determinar se um tipo particular de proprietário e estrutura organizacional.	31 portos de <i>containers</i>	CCR	- Tamanho do berço; - Tamanho de berço para <i>containers</i> .	- N de <i>containers</i> ; - Total de toneladas movimentadas.

Fonte: Wang *et al* (2002) ⁽³⁾

Figura 1 - Alguns estudos de DEA em Portos.

A técnica DEA clássica permite dois ângulos de análise para a superfície envoltória, o modelo CCR que determina uma fronteira CRS (*Constant Returns to Scale*) que

indica que crescimentos proporcionais dos *inputs* produzirão crescimentos proporcionais dos *outputs*. O modelo VRS (*Variable Returns to Scale*) diferencia-se do modelo CRS por considerar a possibilidade de rendimentos crescentes ou decrescentes de escala na fronteira eficiente.

Para esclarecer a diferença entre estas duas metodologias, é necessário reportar aos distintos conceitos de eficiência abordados pela Análise por Envoltória de Dados. Esses conceitos são assim apresentados por Belloni:⁽²¹⁾

“A diferença entre esses dois métodos é advinda basicamente dos retornos a mudanças na escala de produção. As propriedades de retornos à escala referem-se à forma como a produção varia à medida que varia o consumo, ou seja, o que acontece com a produção quando mudamos a quantidade de insumos. Estes dois tipos de modelos clássicos podem ainda ser orientados a *input* indicam que se deseja minimizar a utilização de recursos tal que o nível dos *outputs* não se reduza. Modelos com orientação ao *output* indicam que o objetivo é maximizar os produtos obtidos sem alterar o nível atual dos *inputs*.”
(p.18)

Segundo Badin,⁽²²⁾ os modelos orientados, apresentados a seguir, são voltados à produção, ou seja, a partir do vetor de insumos dado, busca-se medir a eficiência através da projeção da produção na fronteira eficiente. É assumida a existência de n unidades de tomada de decisão (*DMUs*) a serem avaliadas. Cada *DMU* consome montantes variados de m diferente insumos para produzir s diferentes produtos.

Especificamente, DMU_j ($j = 1, \dots, n$) consome um montante $X_j = (x_{ij})$ de insumos ($i = 1, \dots, m$) e produz um montante $Y_j = (y_{rj})$ de produtos ($r = 1, \dots, s$). Assume-se que $x_{ij} > 0$ e $y_{rj} > 0$. A matriz de produtos $s \times n$ é denotada por Y e a matriz de insumos $m \times n$ é denotada por X .

Vale salientar que o modelo CCR orientado a *inputs*, ou seja, orientado a produção é o primal e o dual do CCR orientado a *input* é o CCR orientado a *output*, conforme Figura 2.

CCR - Orientado à produção - Primal (CCR _p - O)	CCR - Orientado à produção - Dual (CCR _d - O)
$\begin{aligned} \text{Max } Z_1 &= \phi + \varepsilon 1s + \varepsilon 1e \\ \phi, \lambda, s, e & \\ \text{s.a. } \phi Y_1 - Y\lambda + s &= 0 \\ X\lambda + e &= X_1 \\ \lambda, s, e &\geq 0, \phi \text{ livre} \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{Min } Q_1 &= v^T X_1 \\ u, v & \\ \text{s.a. } u^T Y_1 &= 1 \\ -u^T Y + v^T X &\geq 0 \\ u^T &\geq \varepsilon 1 \\ v^T &\geq \varepsilon 1 \end{aligned}$

Fonte: Badin⁽²²⁾

Figura 2 - Primal e Dual do Modelo CCR.

O valor “ Φ ” indica o grau de expansão radial possível em todos os produtos, dado o nível observado de insumos. O vetor l identifica *DMUs* referenciadas que compõem a faceta de projeção. As folgas s nos produtos e os excessos e nos insumos são variáveis de decisão no modelo e têm por objetivo garantir uma medida de eficiência que assegure as condições de Koopmans-Pareto. A infinitesimal não-archimediana é introduzida com o objetivo de tornar o modelo invariante em relação às unidades de medida das variáveis e garantir a precedência da maximização de f na função objetivo.^(23,24)

Deste modo, garante-se que uma *DMU* não seja classificada como eficiente se existirem folgas nos vetores produto e insumo, mesmo que uma expansão equi-proporcional nos produtos não seja possível ($\Phi = 1$).

Os valores ótimos $Z^* (= Q^*)$ produzem uma medida de eficiência que expressa a distância da DMU_i em relação à fronteira eficiente. Uma DMU é considerada eficiente no sentido Koopmans-Pareto⁽²⁴⁾ se duas condições forem satisfeitas:

1ª) $\Phi = 1$ e

2ª) As variáveis de folga e excesso forem todas = 0.

Um ponto de comparação (X^*, Y^*) , sobre a fronteira, está associado a cada DMUj ineficiente (X_j, Y_j) , expresso como uma combinação linear de DMUs. O valor f mede a distância de (X_j, Y_j) ao ponto projetado (X^*, Y^*) sobre a fronteira e expressa a taxa de expansão necessária em todos os produtos para tornar a unidade eficiente.

Ali e Seiford,⁽²⁵⁾ mostram que a mensuração da eficiência pode ser obtida em dois estágios:

- No primeiro, obtêm-se o valor Φ otimizando a expansão equi-proporcional nos produtos e
- No segundo, busca-se uma movimentação sobre a fronteira, identificando-se as folgas nos produtos e os excessos nos insumos, não sendo necessário, neste caso, a imposição dele como limite aos multiplicadores.

A formulação dual (multiplicadores) caracteriza a medida CCR em forma de razão e resolve o problema de programação fracional proposto inicialmente por *Charnes et al.*,⁽⁴⁾ onde os múltiplos produtos e insumos são transformados, por intermédio dos pesos u e v , em medidas únicas, chamadas de produto virtual e insumo virtual.

A tecnologia com retorno variável de escala, modelo BCC, assume o postulado de que todo plano de produção não observado é uma combinação convexa dos planos de produção induzidos, excluindo a origem, e também pertencem ao conjunto de possibilidades de produção. Para sua formulação, basta incluir a restrição de convexidade na combinação de DMUs referência ($\sum \lambda = 1$), conforme a Figura 3.

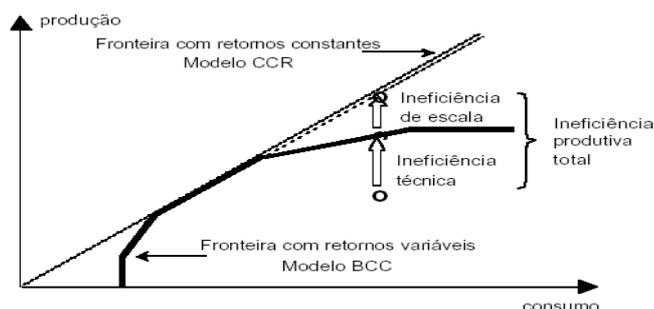
BCC - Orientado à produção - Primal (BCCp - O)	BCC - Orientado à produção - Dual (BCCd - O)
$\begin{aligned} \text{Max } Z_1 &= \phi + \epsilon \cdot 1s + \epsilon \cdot 1e \\ \phi, \lambda, s, e & \\ \text{s.a. } & \phi Y_1 - Y\lambda + s = 0 \\ & X\lambda + e = X_1 \\ & \vec{1} \cdot \lambda = 1 \\ & \lambda, s, e \geq 0, \phi \text{ livre} \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{Min } Q_1 &= v^T X_1 + w_1 \\ u, v & \\ \text{s.a. } & u^T Y_1 = 1 \\ & -u^T Y + v^T X + w_1 \vec{1} \geq 0 \\ & u^T \geq \epsilon \vec{1} \\ & v^T \geq \epsilon \vec{1}, w_1 \text{ livre} \end{aligned}$

Fonte: *Badin*⁽²³⁾

Figura 3 - Primal e Dual do Modelo BCC.

A restrição de convexidade admite retornos variáveis de escala, já que os hiperplanos não estão restritos a passar pela origem como no modelo CCR. Note-se que os valores ótimos das funções objetivos implicam sempre $BCC \subseteq CCR$ e, portanto, eficiência em $CCR \leq$ eficiência em BCC. Estes dois modelos podem ser resumidos graficamente conforme a Figura 4.

O modelo utilizado neste estudo é o CCR orientado a *inputs*. Na aplicação deste modelo, pode-se optar pela orientação a *input*, pois a eficiência dos recursos disponíveis para realização das operações no terminal é observada a partir de *input* “recursos” – se de como esse fator auxilia na transformação de *output*.



Fonte: Bellonj⁽²²⁾

Figura 4 - Fronteiras de produção para os modelos BCC e CCR.

3 MODELAGEM DO CCR ORIENTADO A OUTPUTS

A DEA fornece uma medida para avaliar a eficiência relativa de unidades de tomada de decisão (DMUs - *Decision Making Units*). Cada DMU é representada por um conjunto de *S outputs* e um conjunto de *E inputs*, conforme escrito anteriormente. Portanto, a abordagem DEA tem como objetivo: a identificação das causas e as dimensões da ineficiência relativa de cada uma das unidades comparadas; o fornecimento de um índice de eficiência e o estabelecimento de metas de produção que maximizem a produtividade das unidades avaliadas.

Todavia, na aplicação da metodologia, segundo Badin,⁽²²⁾ devem-se considerar três fases no estudo de medida de eficiência, usando a abordagem DEA, a saber:

1. A definição e seleção das DMUs para análise;
2. A determinação dos *inputs* e dos *outputs* relevantes e apropriados para avaliar a eficiência relativa das DMUs selecionadas e
3. Aplicação dos modelos DEA e análise dos resultados.

Neste trabalho, as DMUs analisadas representam uma amostra intencional composta por sete terminais de produtos siderúrgicos do Brasil que obtiveram uma movimentação considerável em 2006

Os sete terminais de produtos siderúrgicos no Brasil estão delineados na Figura 5.

Terminais	Numero de Berços	Comprimento (m)	Área total (m ²)	Movimentação de Produtos Siderúrgicos	Ano Base das Informações
TPS - RIO	2	450	67488	2,049,603.00	2005
TPPM - Praia Mole	3	638	395025	6,505,000.00	2005
TMPC - Cubatão	3	742	45000	667,323.00	2005
Tecon - Sepetiba	3	810	400000	975,613.00	2005
Porto de Angra dos Reis	2	400	155475	341,734.00	2005
Portocel - Barra do Riacho	2	430	28000	420,218.00	2005
Cais Público porto do Rio de Janeiro	5	1140	96667	609,340.00	2005

Fonte: Autores.

Figura 5 - Terminais de Produtos Siderúrgicos utilizados

O modelo de produção utilizado neste estudo é o validado por Cullinane *et al.*,⁽¹⁵⁾ composto por 3 *inputs* e 1 *output*, os *inputs* que foram tratados são:

Inputs:

1. O comprimento do berço em metros,
2. A área o terminal em (M²),
3. O número de equipamentos nos berços (unidades),

Output:

1. Movimentação de produtos siderúrgicos (ton).

O modelo deste estudo é composto de três *inputs* e um *output*, visando atender os requisitos propostos por *Banker et al.*,⁽²⁵⁾ que relaciona o número de *inputs* e *outputs* com o número de DMU's.

Como foi escrita anteriormente, a metodologia DEA inclui uma família de modelos. Nesse estudo é aplicado o modelo CCR-I abaixo, conforme *Charnes et al.*⁽⁴⁾

$$Max \phi = \sum_{r=1}^r U_r Y_{r(E)} \quad (2)$$

Sujeito a

$$\sum_{i=1}^m V_i X_{i(E)} \leq 1 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^s U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m V_i X_{ij} \leq 0 \quad (4)$$

$$\begin{aligned} U_r &\geq E & r &= 1, 2, \dots, s \\ V_i &\geq E & i &= 1, 2, \dots, m \end{aligned} \quad (5)$$

onde:

Φ = eficiência do terminal,

E = taxa de eficiência relativa da DMU_E,

y_{rj} = quantidade de output da unidade j

x_{mj} = quantidade de input observado m da unidade j;

u_s = variável de decisão que representa o peso dado ao output s;

v_m = variável de decisão que representa o peso dado ao input m;

n = número de unidades;

s = número de outputs;

m = número de inputs;

Sendo x_{ij} e y_{ij} respectivamente os valores do input e do output j, para terminal j, sendo n o número total de terminais de contêineres considerados na análise.

Os dados de entrada para aplicar a DEA – CCR orientada a *output* são mostrados na Figura 6, cujas fontes foram os próprios terminais.

DMUs	Inputs			Outputs	Ano Base das Informações
	Terminais	Numero de Berços	Comprimento (m)	Área total (m2)	
TPS - RIO	2	450	67488	2,049,603.00	2005
TPPM - Praia Mole	3	638	395025	6,505,000.00	2005
TMPC - Cubatão	3	742	45000	667,323.00	2005
Tecon - Sepetiba	3	810	400000	975,613.00	2005
Porto de Angra dos Reis	2	400	155475	341,734.00	2005
Portocel - Barra do Riacho	2	430	28000	420,218.00	2005
Cais Público porto do Rio de Janeiro	5	1140	96667	609,340.00	2005

Fonte: Autores.

Figura 6. Dados do Modelo.

Nestes casos, o input e output de um porto são definidos pela agregação de *inputs* e *outputs* individualmente dos terminais dos portos. É importante reconhecer, porém, que esta agregação pode ser problemática, refletindo a verdadeira eficiência de produção dos terminais individuais dentro do mesmo porto, particularmente quando estes terminais operam como unidades independentes. Não obstante, para uma amostra compor o nível do porto, os dados usados no estudo são os mais fidedignos que estão disponíveis.

Um resumo das características principais das variáveis com a finalidade de selecionar *inputs* e *outputs* é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Principais Variáveis

DMUs	Inputs			Outputs
Terminais	Numero de Berços	Comprimento (m)	Área total (m2)	Movimentação de Produtos Siderúrgicos
Máximo	5	1,140.00	400,000.00	6,505,000.00
Mínimo	2	400.00	28,000.00	341,734.00
Média	3	658.57	169,665.00	1,652,690.14
Desvio Padrão	1.069044968	266.05	160,946.10	2,215,776.98

Fonte: Autores

4 RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir foram obtidos utilizando o software Frontier Analyst®, versão 2.2 da empresa Banxia Software, especificamente o modelo CCR-OI, com o objetivo de medir a eficiência dos terminais de produtos siderúrgicos proposto neste artigo, conforme Tabela 2.

O resumo dos indicadores de eficiência, calculados por meio do método DEA para o ano de 2005 utilizando o modelo CCR-OI, pode ser observado na figura 6. É importante ressaltar que o método DEA trabalha com eficiência relativa e o *ranking* por ele fornecido depende da medida de desempenho adotada, que, por sua vez, está atrelada aos fatores escolhidos para análise.

Tabela 2 - Escore de eficiência para o ano de 2005 – Modelo CCR

Terminais	Eficiência
TPS – RIO	100%
TPPM - Praia Mole	100%
Portocel - Barra do Riacho	49,42%
TMPC – Cubatão	48,83%
Cais Público porto do Rio de Janeiro	20,76%
Tecon – Sepetiba	15,00%
Porto de Angra dos Reis	11,51%

Fonte: Autores.

Por meio da análise da Tabela 2, dois terminais obtiveram 100 % de eficiência, ou seja, atingiram a eficiência produtiva total. Esses terminais são eficientes tanto do ponto de vista técnico quanto de escala e os demais terminais apresentaram algum tipo de ineficiência de escala ou técnica, conforme tabelas abaixo.

O primeiro terminal a ser analisado é o terminal de Portocel, cujos resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise Terminal Portocel.

DMU	Portocel		
Fatores	Atual	Target	Potencial de Melhoria
Nº de berços:	2	0,8298	58,51%
Comprimento:	430	186,706	56,58%
Área total	28000	28000	0,00%
Movimentação	420218	850356,9	102,36%
DMU para Benchmark	TPS – RJ		

Fonte: Autores.

Observa-se que a melhoria na movimentação deve ser de 102,36%. Para chegar a este valor, o gestor terá que atuar na gestão do porto, maximizando os recursos disponíveis para movimentação; ou, então, mudar a tecnologia; ou, ainda, qualificar os recursos humanos; dentre outras medidas. Vale ressaltar, que os valores obtidos na coluna “Potencial de Melhoria” estão em função da DMU utilizada no Benchmark, TPS-RJ.

O segundo terminal a ser analisado é o terminal de Cubatão - TMPC, cujos resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Análise Terminal de Cubatão – TMPC.

DMU	TMPC - Cubatão		Potencial de Melhoria
	Atual	Target	
Fatores			
Nº de berços:	3	1,3335	55,55%
Comprimento:	742	300,05	59,56%
Área total	45000	45000	0,00%
Movimentação	667323	1366645	104,80%

DMU para Benchmark	TPS - RJ
--------------------	----------

Fonte: Autores.

Observa-se que a melhoria na movimentação deve ser de 104,80%, cuja proposta de melhorias a serem aplicadas seguem a mesma linha de sugestão do Terminal de Portocel.

O terceiro terminal a ser analisado é o Caís Público do Rio de Janeiro, onde pode-se notar que a DMU de maior relevância é a “Movimentação”, justo, pois o terminal possui uma grande estrutura de berços, mas uma área de retroporto mais do que suficiente para atender a demanda atual do terminal. Como se busca, um aumento de movimentação no porto, estas potenciais melhorias deverão ocorrer, isto é, um aumento na área de retroporto para atender o aumento da demanda.

Tabela 5 - Análise Caís Público Rio de Janeiro.

DMU	Caís Público - RJ		Potencial de Melhoria
	Atual	Target	
Fatores			
Nº de berços:	5	2,8646	42,71%
Comprimento:	1140	644,56	43,46%
Área total	96667	96667	0,00%
Movimentação	609340	2935766	381,79%

DMU para Benchmark	TPS – RJ
--------------------	----------

Fonte: Autores.

O quarto terminal a ser analisado é o terminal do TECON no porto de Itaguaí (Sepetiba). Como pode-se notar, o terminal precisa aumentar em muito a movimentação de produtos siderúrgicos em função da infra-estrutura existente (número de berços e área de retroporto) para se tornar mais eficiente.

Tabela 6 - Análise TECON Sepetiba.

DMU	TECON - Sepetiba		Potencial de Melhoria
	Atual	Target	
Fatores	3		
Nº de berços:		3	0,00%
Comprimento:	810	638	21,23%
Área total	400000	395025	1,24%
Movimentação	975613	6505000	566,76%

DMU para Benchmark	TPPM - Praia Mole
--------------------	-------------------

Fonte: Autores.

O quinto terminal em análise é o Terminal de Carga Geral do Porto de Angra dos Reis, que está superdimensionado em infra-estrutura portuária, da mesma forma que acontece com o TECON Sepetiba.

Tabela 6 - Análise Porto de Angra dos Reis..

DMU	Porto de Angra dos Reis		Potencial de Melhoria
	Atual	Target	
Fatores			
Nº de berços:	2	1,8302	8,49%
Comprimento:	400	400	0,00%
Área total	155475	155475	0,00%
Movimentação	341734	2969935	769,08%

DMU para Benchmark	TPPM - Praia Mole
	TPS - RJ

Fonte: Autores.

Por meio do Benchmark realizado, o modelo utilizou como parâmetro de comparação, por eficiência, os terminais TPS-Rio e TPPM – Praia Mole. O que fica bastante evidente é que estes terminais tiveram uma movimentação de produtos siderúrgicos de forma eficiente no ano de 2005 em função da infra-estrutura disponível.

Vale lembrar que um aumento na tonelada movimentada, não caracteriza que estes terminais continuem a ter 100% de eficiência, conforme tabela 7

Tabela 7 - Resultado da Aplicação.

Contribuição de cada DMU		
TPS - RIO	Fatores	Contribuição - %
	Nº de berços:	47,71
	Comprimento:	49,12
	Área total	18,95
	Movimentação	30,13
TPPM - Praia Mole	Fatores	Contribuição - %
	Nº de berços:	52,29
	Comprimento:	50,88
	Área total	81,05
	Movimentação	69,87

Fonte: Autores.

5 CONCLUSÕES

Segundo Gattoufi *et al.*⁽²⁶⁾ existem mais de 1800 artigos publicados em mais de 490 jornais de renome que citam a DEA. Já com relação à bibliografia referente a portos e terminais, no Brasil, existem apenas o trabalho de Rios e Maçada⁽²⁷⁾ e Rios *et al.*⁽²⁸⁾

Na análise dos resultados mostrado neste estudo, que dos 7 terminais de produtos siderúrgicos estudados, 5 obtiveram uma eficiência abaixo dos 100%, mostrando que a maioria deles possui uma infra-estrutura muito superior do que necessária para suportar o número de contêineres movimentados, pode observar que os terminais mais eficientes, ou seja, com a eficiência relativa de 100%, isso revela que estes terminais utilizam uma melhor combinação dos seus recursos, isto é, possuem a mínima quantidade de seus inputs, em contra partida do nível de toneladas que movimentaram em 2005.

A primeira constatação é que tendo em vista que a concentração dos terminais na região sudeste aumenta a competitividade entre os mesmo, ocasionando uma concentração de produtos siderúrgicos movimentados e conseqüentemente uma eficiência maior.

Visto esta constatação, devem ser considerados outros fatores que interagem diretamente no terminal portuário. Pode-se dizer que a operação dos terminais é de suma importância, mas que a análise tem de ser mais abrangente, pois existem outros fatores que interferem diretamente na competitividade dos terminais, bem como: as linhas de longo curso e cabotagem; desejo do armador; o nível de industrialização do país; a relação entre exportação x importação; dentre outros.

REFERÊNCIAS

- 1 MAC DOWELL, F. Uma aplicação do método de Data Envelopment Analysis - DEA para medir a eficiência operacional dos terminais de contêineres. IV Rio de Transportes. Rio de Janeiro, 2006.
- 2 YUN W. Y. & CHOI, Y. S. A (1999) Simulation model for container-terminal operation analysis using an object-oriented approach. *International Journal of Production Economics*, 1999, pp. 221-230.
- 3 WANG, T. F., SONG, D. W. & CULLINAME, K (2002). The applicability of DEA to efficiency measurement of container ports. <http://www.eclac.cl>.
- 4 CHARNES, A.; COOPER, W. W. LEWIN, A.Y; SEIFORD,L.M. (1994).*Data Envelopmentr Analysis: theory, methodology and application.*, Boston: Kluwer Academic Publisher.
- 5 FARRELL MJ (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*; 120(3): pp.253–90.
- 6 SAHA, A. & RAVISANKAR, T. S(200). Rating of Indian commercial banks: a DEA approach. *European Journal of Operational Research* , 124, p. 187-203.
- 7 NOVAES, A.G.N. (2001), “Rapid-transit efficiency analysis with the Assurance-Region DEA method”. *Pesquisa Operacional*, vol. 21(2), pp. 179-197.
- 8 NOVAES, A.G.N. (1997). Benchmarking Rapid-Transit Services with Data Envelopment Analysis. *Transactions, VIII Chilean Congress on Transportation Engineering*, Santiago, Chile, pp.175-187.
- 9 CHU XH, FIELDING GJ, LAMAR BW (1992). Measuring transit performance using data envelopment analysis. *transportation Research Part A-Policy and Practice*; 26(3): pp223–30.

- 10 ODECK J, HJALMARSSON L(1996). Performance of trucks—an evaluation using data envelopment analysis. *Transportation Planning and Technology* ;20(1): pp.49–66.
- 11 BENDALL, H. AND STENT, A. (1987) On Measuring Cargo Handling Productivity. *Maritime Policy and Management*, 14: pp.337-343.
- 12 TABERNACLE, J. B. (1995) A Study of the Changes in Performance of Quayside Container Cranes. *Maritime Policy and Management*, 22: pp.115-124.
- 13 ASHAR, A. (1997). Counting the Moves, *Port Development International*, 13: pp25-29.
- 14 DE MONIE, G. (1987) Measuring and Evaluating Port Performance and Productivity, UNCTAD Monographs on Port Management No. 6 on Port Management, Geneva: UNCTAD.
- 15 CULLINANE, K. SONG, D.W. JI, P. WANG, T.F.(2004). An Application of DEA Windows Analysis to Container Port Production Efficiency. *Review of Network Economics* Vol.3, Issue 2 –June.
- 16 TONGZON, J (2001). Efficiency Measurement of select Australian an International Port using Data Envelopment Analysis. *Transportation Research Part A* 35 , Elsevier, 2001, p. 113-128.
- 17 VALENTINE, V. F. AND GRAY, R.(2001) The Measurement of Port Efficiency Using Data Envelopment Analysis, *Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research*, Seoul, South Korea, 22-27 July.
- 18 MARTINEZ-B. E., DIAZ A. R., NAVARRO I.M. & RAVELOMESA, T (1999). A study of the Efficiency of Spanish port authorities using Data Envelopment Analysis, *International Journal of Transport Economics*, 1999, Vol. 26, N. 2, pp. 237-253.
- 19 ITOH, H. (2002) Efficiency changes at major container ports in Japan: A window application of DEA, *Rurds*, v. 14, n. 2.
- 20 TURNER, H.; R. WINDLE E M. DRESNER (2004) North American container port productivity. *Transportation Research*, North-Holland, part E, v. 40, p. 339-356.
- 21 BELLONI, J.Â. (2000). Uma Metodologia de avaliação da eficiência produtiva de Universidade Federais Brasileiras. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC.
- 22 BADIN, N.T(1997). Avaliação da produtividade de supermercados e seu benchmarking. Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.
- 23 CHARNES A, HAAG S, JASKA P, SEMPLE J.(1992) Sensitivity of efficiency classifications in the additive model of data envelopment analysis. *International Journal of Systems Sciences* ;23(5): pp.789–98.
- 24 ALI, A. I. AND SEIFORD, L. M. (1993) The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis, in H. Fried, C. A. K. Lovell and S. Schmidt (eds.), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*. Oxford: Oxford University Press.
- 25 BANKER, R. D., CHARNES, A. AND COOPER, W. W. (1984) Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 30: pp.1078-1092.

- 26 GATTOUFI, S., ORAL, M., REISMAN, A (2004). Data envelopment analysis literature: a bibliography update (1951–2001). *Socio-Economic Planning Sciences* 38, pp159–229.
- 27 RIOS, L. R. & MAÇADA, A. C. G.(2003) Modelo de decisão para o planejamento da capacidade nos terminais de containers. *Anais ENEGEP*. Ouro Preto.
- 28 RIOS, L.R., MAÇADA, A.C. & BECKER, J. L.(2004). Medindo a eficiência das operações dos terminais de containers brasileiros. In: II Concurso Gaúcho de Artigos sobre Comércio Exterior, São Leopoldo. *Anais II CGACE*.