

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

RODRIGO FERREIRA BERTOLOTO

EFICIÊNCIA DE PORTOS E TERMINAIS PRIVATIVOS BRASILEIROS COM  
CARACTERÍSTICAS DISTINTAS

Niterói  
2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

RODRIGO FERREIRA BERTOLOTO

EFICIÊNCIA DE PORTOS E TERMINAIS PRIVATIVOS BRASILEIROS COM  
CARACTERÍSTICAS DISTINTAS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de concentração: Sistemas, Apoio à Decisão e Logística.

Orientador: Prof. Dr. JOÃO CARLOS CORREA BAPTISTA SOARES DE MELLO

Niterói  
2010

RODRIGO FERREIRA BERTOLOTO

EFICIÊNCIA DE PORTOS E TERMINAIS PRIVATIVOS BRASILEIROS COM  
CARACTERÍSTICAS DISTINTAS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de concentração: Sistemas, Apoio à Decisão e Logística.

Aprovada em 08 de Outubro de 2010.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. João Carlos Correia Baptista Soares de Mello – Orientador  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Lidia Angulo Meza  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Marta Monteiro da Costa Cruz  
Universidade Federal do Espírito Santo

---

Prof. Dr. Luiz Biondi Neto  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Niterói

2010

Dedico esse trabalho aos meus pais Adelia e Roberto, ao meu irmão Juninho e a minha esposa Leila que sempre estiveram ao meu lado me incentivando a seguir em frente, não me deixando fraquejar nunca e comemorando comigo cada conquista.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela vida, pela saúde, pela coragem e por estar sempre ao meu lado em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador, Prof. João Carlos Baptista Soares de Mello, pelos ensinamentos, paciência e dedicação aos seus orientados.

A minha esposa Leila Pires Bertoloto, pelo amor, incentivo e por entender minha ausência em alguns momentos.

Aos meus pais, por terem me dado a base para que eu chegasse até aqui.

A todos os outros colegas de mestrado, que de alguma forma contribuíram para o meu aprendizado através do compartilhamento de experiências.

A todos os amigos que acabaram por entender o meu distanciamento e apoiaram-me em todos os momentos.

*“A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido. Não na vitória propriamente dita.”*

(Mahatma Gandhi)

## SUMÁRIO

### **1 INTRODUÇÃO, p. 14**

### **2 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA), p. 15**

#### 2.1 INTRODUÇÃO, p. 15

#### 2.2 MODELAGEM DEA, p. 18

#### 2.3 MODELOS DEA CLÁSSICOS, p. 20

##### 2.3.1 Modelo CCR, p. 20

##### 2.3.1 Modelo BCC, p. 25

#### 2.4 CARACTERÍSTICAS, VANTAGENS E LIMITAÇÕES DOS MODELOS DEA, p. 29

##### 2.4.1 Características, p. 29

##### 2.4.2 Vantagens, p. 29

##### 2.4.3 Limitações, p. 30

#### 2.5 DMUs NÃO HOMOGÊNEAS, p. 31

### **3 PORTOS MARÍTIMOS BRASILEIROS, p. 34**

#### 3.1 DESENVOLVIMENTO DOS PORTOS MARÍTIMOS BRASILEIROS, p. 34

#### 3.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA METODOLOGIA DEA APLICADA AO SETOR PORTUÁRIO, p. 36

### **4 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA PORTUÁRIA BRASILEIRA UTILIZANDO DEA, p. 39**

#### 4.1 DEFINIÇÃO DE TERMOS E CONCEITOS TÉCNICOS, p. 39

#### 4.2 DEFINIÇÃO E SELEÇÃO DE DMUs, p. 40

#### 4.3 DEFINIÇÃO E SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS, p. 41

#### 4.4 FORMAÇÃO DOS AGRUPAMENTOS DAS DMUs, p. 43

#### 4.5 DEFINIÇÃO E APLICAÇÃO DO MODELO DEA, p. 46

#### 4.6 RESULTADOS, p. 47

##### 4.6.1 Análise da Eficiência Pós Homogeneização, p. 55

##### 4.6.2 Análise dos *Benchmarks*, p. 59

### **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS, p. 62**

#### 5.1 CONCLUSÕES, p. 62

#### 5.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS, p. 63

### **6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, p. 65**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Curva de um Processo Genérico de Produção, p. 17

Figura 2.2 – Curva de um Processo de Produção, p. 17

Figura 2.3 – Fronteira de Eficiência DEA, p. 19

Figura 2.4 – Fronteira CCR – Orientação a *Input*, p. 23

Figura 2.5 – Fronteira CCR – Orientação a *Output*, p. 25

Figura 2.6 – Projeções das Orientações na Fronteira VRS, p. 26

Figura 2.7 – Representação das Fronteiras BCC e CCR, p. 28

Figura 4.1 – Etapas do desenvolvimento deste estudo, p. 47

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 4.1 – Dados utilizados no estudo, p.41
- Tabela 4.1 – Dados utilizados no estudo (Continuação), p.42
- Tabela 4.2 – *Cluster* Granel Sólido, p. 44
- Tabela 4.3 – *Cluster* Carga Geral, p. 45
- Tabela 4.4 – *Cluster* Misto, p. 45
- Tabela 4.5 – *Cluster* Granel Líquido, p. 46
- Tabela 4.6 – Eficiência das DMUs do *cluster* Carga Geral, p. 48
- Tabela 4.7 – Eficiência das DMUs do *cluster* Granel Sólido, p. 49
- Tabela 4.8 – Eficiência das DMUs do *cluster* Granel Líquido, p. 50
- Tabela 4.9 – Eficiência das DMUs do *cluster* Misto, p. 51
- Tabela 4.10 – Mediana das eficiências das DMUs dos quatro *clusters*, p. 52
- Tabela 4.11 – DMUs eficientes antes e depois da homogeneização, p. 54
- Tabela 4.12 – Quedas de eficiência do Terminal da Braskarne/SC, p. 56
- Tabela 4.13 – Quedas de eficiência do Porto de Itajaí/SC, p. 58
- Tabela 4.14 – Número de vezes que cada DMU eficiente foi *benchmark* para as ineficientes,  
p.60

## **LISTA DE GRÁFICOS**

- Gráfico 4.1 – Eficiências do Porto de Santos - SP no período de 2007 a 2009, p. 55
- Gráfico 4.2 - Eficiências do porto de Trombetas/PA no período de 2007 a 2009, p. 56
- Gráfico 4.3 – Eficiências de Terminais da VALE no período de 2007 a 2009, p. 57
- Gráfico 4.4 – Eficiências de terminais da Transpetro no período de 2007 a 2009, p. 57
- Gráfico 4.5 – Eficiência do terminal Portonave - SC no período de 2007 a 2009, p. 58

## RESUMO

O tipo de carga influencia diretamente nas características dos navios e na infraestrutura portuária necessária para movimentar esta carga. Nesse sentido, alguns portos buscam a especialização de suas atividades ou a diversificação, dependendo das cargas que são movimentadas em suas instalações. Este trabalho analisa, através de Análise Envoltória de Dados (DEA), a eficiência de portos públicos e terminais de uso privativo com características distintas, ou seja, DMUs (do inglês “*Decision Making Units*”, unidades tomadoras de decisão) não homogêneas, no período de 2007 a 2009. Os diferentes portos são classificados em quatro *clusters* distintos e posteriormente são homogeneizados pela técnica de ajuste ou compensação. Um novo modelo DEA é rodado com todos os portos para então obter as eficiências compensadas. São realizadas análises das eficiências dos portos e identificadas as possíveis causas para variações encontradas durante o período analisado. Além disso, são apresentados os alvos para as DMUs ineficientes.

**Palavras-Chave:** DEA. Eficiência Portuária. Portos Brasileiros.

## **ABSTRACT**

The cargo type influences directly the characteristics of ships and port infrastructure needed to move this load. Thus, some ports are seeking the expertise of its activities or diversification depending on the loads that are moved into their installations. This study analyzes, through Data Envelopment Analysis (DEA), efficiency of public ports and terminals for exclusive use with different characteristics, ie not homogeneous DMUs (Decision Making Units), in the period 2007 to 2009. Different ports are classified into four distinct clusters and after they are homogenized by the adjustment or compensation technique. A new DEA model is run with all ports and then the compensated efficiencies are obtained. The efficiency of the ports are analysed and the possible causes for variations are presented. Furthermore, the benchmarks for the inefficient DMUS are shown.

**Keywords:** DEA. Port Efficiency. Brazilian Ports.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Secretaria Especial de Portos da Presidência da República (SEP/PR), responsável pela formulação de políticas e pela execução de medidas, programas e projetos de apoio ao desenvolvimento da infra-estrutura dos portos marítimos, “com uma costa de 8,5 mil quilômetros navegáveis, o Brasil possui um setor portuário que movimenta anualmente cerca de 700 milhões de toneladas das mais diversas mercadorias e responde, sozinho, por mais de 90% das exportações.”

O setor portuário é extremamente importante para o desenvolvimento econômico de alguns países. Neste sentido, são várias as publicações que avaliam a eficiência dos portos e permitem uma visão geral do setor portuário dos países. Entretanto, a maioria dos trabalhos existentes apresenta uma análise da eficiência de terminais especializados em movimentação de contêineres.

Este estudo tem como objetivo incrementar as publicações em DEA no setor portuário e, sobretudo, permitir a avaliação de portos e terminais com características distintas, ou seja, não homogêneos.

Considerando a não homogeneidade dos diversos portos e terminais privados analisados, propõem-se primeiramente um critério de homogeneização e, então, aplica-se Análise Envoltória de Dados para avaliar não somente o desempenho de cada porto, como também sua evolução durante o período de 2007 a 2009, período em que o mundo vivenciou uma crise econômica, iniciada em setembro de 2008, causando forte retração no comércio internacional.

Para compensar a não homogeneidade das DMUs (do inglês “*Decision Making Units*”) é utilizada uma técnica de ajuste ou compensação, numa abordagem semelhante à de Gomes et al. (2007). A compensação é feita aumentando-se o valor do *output* de quem tem desvantagem.

O trabalho é composto por cinco capítulos e está assim organizado.

O capítulo dois apresenta a metodologia de Análise Envoltória de Dados utilizada no estudo. São apresentadas as etapas da modelagem DEA, os modelos clássicos já desenvolvidos, as principais características, vantagens e limitações desses modelos. Além disso, este capítulo discorre sobre DMUs não homogêneas.

O capítulo três traz um breve histórico do desenvolvimento dos portos marítimos brasileiros. Além disso, é realizada uma revisão bibliográfica da metodologia DEA aplicada ao setor portuário.

O capítulo quatro apresenta a modelagem do estudo, os dados utilizados e os resultados obtidos. E, finalmente no capítulo 5, encontram-se descritas as conclusões deste trabalho e as sugestões para estudos futuros.

## 2 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

### 2.1 INTRODUÇÃO

Foi em 1978 que, baseada no trabalho de Farrel (1957), surgiu a Análise Envoltória de Dados (DEA), com o modelo desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes. O modelo tem o objetivo de analisar a eficiência de um conjunto de unidades tomadoras de decisão, denominadas de DMUs, que consomem múltiplos *inputs* (recursos) para produzir múltiplos *outputs* (produtos).

As unidades podem ser qualquer tipo de organização (como indústrias, lojas, escolas, entre outros) e devem ser avaliadas segundo a mesma ótica. Assim, o conjunto de unidades adotado em uma análise DEA deve ter em comum a mesma utilização de *inputs* e *outputs*, ser homogêneo e ter autonomia na tomada de decisões (ESTELLITA LINS e ANGULO MEZA, 2000).

Segundo Coelli et al. (1998), a produtividade de uma empresa, unidade organizacional ou unidade tomadora de decisão, é a relação entre as saídas (*outputs*) produzidas e as entradas (*inputs*) necessárias para produzirem estas saídas.

No caso de desempenho de uma unidade organizacional é comum, para casos envolvendo apenas uma única entrada e uma única saída, definir a medida de produtividade (Coelli et al., 1998) como mostrado na equação 2.1:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Saída}}{\text{Entrada}} \quad 2.1$$

Em algumas situações, as DMUs utilizam múltiplas entradas e produzem múltiplas saídas. No caso geral onde existem várias entradas e saídas, um índice de produtividade é definido como a combinação linear das saídas dividido pela combinação linear das entradas de uma determinada DMU  $k$ .

Já a eficiência compara o que foi produzido dado os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos. A avaliação da eficiência é um problema difícil de resolver, especialmente quando são considerados múltiplos recursos (*inputs*) e múltiplos produtos (*outputs*) no processo de produção das organizações. Entre as propostas para abordar este problema, na literatura econômica encontram-se alguns trabalhos, entre eles FARREL (1957), porém, muitas propostas não conseguiram ser implementadas (ARAYA, 2003).

Farrel (1957), precursor do DEA, determina a eficiência, para o caso de múltiplas entradas e múltiplas saídas como mostrado na equação 2.2:

$$EF = \frac{\sum_j u_j Y_{jk}}{\sum_i v_i X_{ik}} \quad 2.2$$

onde os  $Y$  representam as saídas,  $X$  as entradas,  $u$  e  $v$  representam os pesos de cada saída e de cada entrada respectivamente. Esses pesos normalmente são arbitrados.

A Figura 2.1 (BIONDI, 2001) mostra um processo de produção para uma única entrada ( $X$ ) e uma única saída ( $Y$ ). A curva OS representa uma fronteira de produção ou fronteira de eficiência, isto é, relaciona a entrada  $X$  com a saída  $Y$ . Assim, para um certo nível de entrada a curva representa o máximo que a saída pode atingir. A região entre a fronteira de produção e o eixo dos  $X$  engloba todas as combinações viáveis entre saída e entrada, formando o conjunto viável ou de possibilidades de produção.

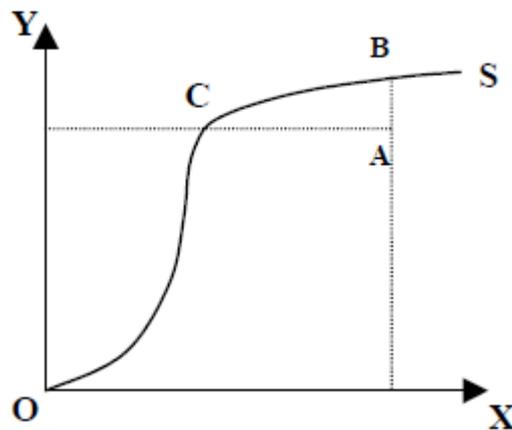


Figura 2.1 – Curva de um Processo Genérico de Produção

A empresa que operar sobre qualquer ponto da curva de produção é considerada tecnicamente *eficiente*, caso contrário *ineficiente*. Sendo assim, as empresas representadas pelos pontos B e C, sobre a fronteira de produção, são eficientes, enquanto a empresa A, que opera abaixo da fronteira de produção, é ineficiente.

Para determinar a produtividade de cada uma das três empresas representadas pelos pontos A, B e C traçam-se retas radiais que passam por esses pontos, conforme mostra a Figura 2.2 (SOARES DE MELLO et al., 2005).

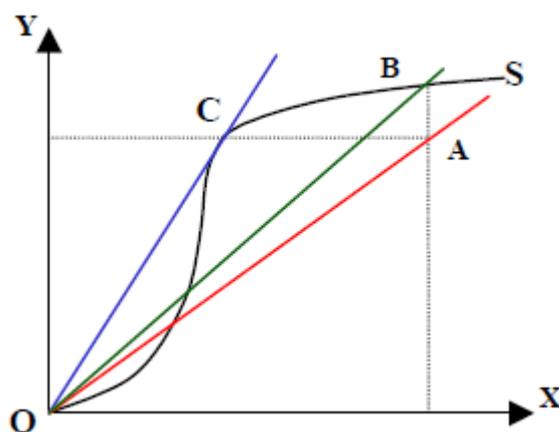


Figura 2.2 – Curva de um Processo de Produção

A inclinação dessas três retas, dada pela relação  $Y/X$  correspondente a cada DMU, mede a produtividade de cada ponto. Assim sendo, a empresa localizada no ponto C apresenta a maior produtividade dentre as três empresas.

Embora o ponto B seja tecnicamente eficiente, não é o ponto de maior produtividade. Nota-se que a reta radial que passa pelo ponto C é tangente à fronteira de produção e a que passa pelo ponto B é secante a essa fronteira. Assim, o ponto C, além de eficiente, é considerado de escala econômica ótima.

Pode-se assim concluir que uma empresa pode ser eficiente tecnicamente, ou seja, operar sobre a fronteira de produção e não ser a mais produtiva, podendo inclusive ter produtividade menor que empresas ineficientes. Diz-se então que a empresa ainda não alcançou o ponto de escala econômica ótima (COOPER et al., 2000).

## 2.2 MODELAGEM DEA

De acordo com Angulo Meza (1998), a modelagem em DEA compreende as seguintes etapas:

- Definição e seleção das DMUs: O conjunto de DMUs adotado deve ter a mesma utilização de entradas e saídas, variando apenas a intensidade. Deve ser homogêneo, isto é, realizar as mesmas tarefas, com os mesmos objetivos, trabalhar nas mesmas condições de mercado e ter autonomia na tomada de decisões. Além disto, é necessário determinar o número de DMUs a serem avaliadas de acordo com o número de variáveis do problema.
- Seleção de variáveis: As variáveis de entrada e saída devem ser escolhidas a partir de uma ampla lista de possibilidades de variáveis ligadas ao modelo e devem ser capazes de descrever com clareza o problema. Deve-se buscar um ponto de equilíbrio na quantidade de variáveis e de DMUs escolhidas, com o objetivo de melhorar o poder de discriminação das DMUs. A seleção de variáveis pode ser executada de diferentes formas, como baseada no conhecimento de um especialista, através de métodos estatísticos (ESTELLITA LINS e MOREIRA, 1999) ou por técnicas multicritério (SOARES DE MELLO et al., 2002 e 2004; SENRA et al., 2007; ABREU et al., 2008).
- Escolha do modelo e aplicação: Os modelos DEA mais conhecidos são o Modelo CCR, devido a Charnes, Cooper e Rhodes (CHARNES et al., 1978), que apresenta retornos constantes de escala e o modelo BCC, de Banker, Charnes e Cooper (BANKER et al., 1984), que apresenta retornos de escala variáveis. O modelo CCR é também conhecido por CRS (Constant Returns to Scale) e o BCC por VRS (Variable Returns to Scale).

Dessa forma, ao escolher um modelo DEA determina-se, entre outras características, as propriedades implícitas do retorno de escala, a geometria da superfície de envelopamento dos dados, que tem relação com as medidas de eficiência e as projeções de eficiência, ou seja, o “caminho” que as DMUs ineficientes tomam até atingir a eficiência.

DEA fornece uma medida onde uma DMU transforma seus *inputs* em *outputs*, sendo que estas medidas são obtidas em relação a uma fronteira de produção empírica, também chamada de fronteira eficiente. Esta fronteira eficiente é obtida sempre pelas melhores DMUs observadas. Neste caso, as DMUs que pertencem à fronteira eficiente são denominadas de DMUs eficientes. Todas as demais DMUs são denominadas de DMUs ineficientes, e têm sua eficiência calculada em função da distância que existe entre ela e a fronteira eficiente. Para estas DMUs ineficientes, a metodologia DEA permite ainda determinar onde se encontram estas ineficiências, estudar o processo de produção de outras DMUs similares para produzir alvos úteis e significativos para elas, e identificar exatamente quais elementos do processo de produção tornam as DMUs ineficientes. Assim sendo, a determinação de uma unidade como eficiente ou ineficiente dependerá apenas do seu desempenho em transformar os *inputs* em *outputs* quando é comparada com as outras unidades observadas.

DEA gera uma fronteira de eficiência segundo o conceito de Pareto-Koopmans, que caracteriza um vetor *input-output* eficiente se nenhum dos *outputs* pode ser aumentado sem que algum outro *output* seja reduzido ou algum *input* seja aumentado ou, nenhum *input* pode ser reduzido sem que algum outro *input* seja aumentado ou algum *output* reduzido. Esta fronteira esta representada pela linha RAD na Figura 2.3:

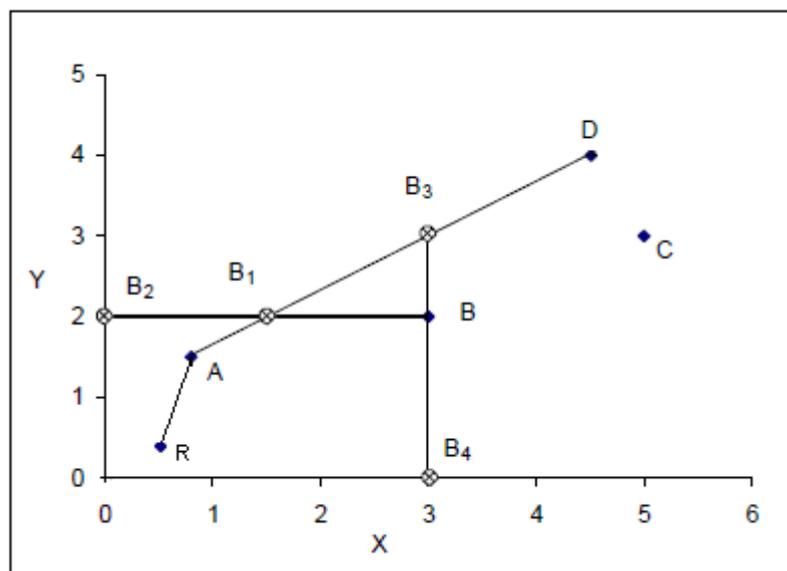


Figura 2.3 – Fronteira de Eficiência DEA

A fronteira DEA em questão não é teórica. Cada fronteira DEA é específica para um determinado universo de análise. As unidades da fronteira são classificadas como eficientes. O índice de eficiência é calculado em função da forma de projeção das ineficientes na fronteira.

A orientação do modelo indica como uma DMU irá atingir a fronteira de eficiência. É possível orientá-la de duas formas: orientação a *inputs* ou orientação a *outputs*. Se um modelo é orientado a *inputs*, significa que as DMUs tentarão atingir a fronteira realizando uma diminuição de seus recursos, sem que seus resultados sejam alterados. Se um modelo é orientado a *outputs*, as DMUs tentarão atingir a fronteira maximizando seus resultados, sem alterar os recursos disponíveis.

Assim, observando a Figura 2.3 tem-se, em relação à DMU B:

- a) Orientados aos *inputs*: o índice de eficiência será a razão entre  $\overline{B_2B_1}$  e  $\overline{B_2B}$ ;
- b) Orientados aos *outputs*: o índice de eficiência será a razão entre  $\overline{BB_4}$  e  $\overline{B_3B_4}$ .

Podem existir ainda modelos não orientados onde, para alcançar a fronteira eficiente, estes modelos permitem reduzir os *inputs* e aumentar os *outputs* simultaneamente.

Tão importante quanto os índices obtidos pelas unidades avaliadas, são as metas daquelas qualificadas como ineficientes, isto é, o estabelecimento de *benchmark*. Tais metas indicam seus pontos fortes e fracos e, mais precisamente, quanto precisam evoluir para atingir as “melhores práticas” do mercado.

## 2.3 MODELOS DEA CLÁSSICOS

### 2.3.1 Modelo CCR

O Modelo CCR, desenvolvido inicialmente com orientação a *input*, trabalha com retornos constantes de escala, isto é, qualquer variação nos insumos (*inputs*) resulta em uma variação proporcional nos produtos (*outputs*).

Esse modelo é uma generalização do trabalho de Farrell (1957) para múltiplos insumos e múltiplos produtos, no qual se determina a eficiência através da divisão entre a soma ponderada dos produtos (*outputs*) pela soma ponderada dos insumos (*inputs*), construindo

uma superfície linear por partes, não paramétrica, sobre os dados. No lugar de uma ponderação igual para todas as DMUs, o modelo permite a escolha de pesos para cada variável, da forma que lhe seja mais favorável, desde que esses pesos, quando aplicados às outras DMUs não gerem uma razão superior à unidade. A formulação dessas condições é apresentada pela equação 2.3 a seguir:

$$\text{Max } Eff_0 = \left( \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}} \right)$$

sujeito a

2.3

$$\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \leq 1, k = 1, \dots, n$$

$$u_j \text{ e } v_i \geq 0 \quad \forall j, i$$

onde:

$Eff_0$ : eficiência da DMU 0;

$r$ : número total de *inputs*;

$s$ : número total de *outputs*;

$n$ : número total de DMUs;

$x_{ik}$ ,  $y_{jk}$ : *input*  $i$  e *output*  $j$  da DMU  $k$ ,  $k = 1, \dots, n$

$x_{i0}$ ,  $y_{j0}$ : *input*  $i$  e *output*  $j$  da DMU 0;

$u_j$ ,  $v_i$ : peso do *output*  $j$  e *input*  $i$ , respectivamente.

Esse problema de programação fracionária pode ser transformado em um problema de programação linear (PPL), obrigando o denominador da função objetivo a ser igual a uma constante, normalmente igual à unidade. O modelo CCR passa então a ser apresentado como na equação 2.4:

$$\text{Max } \text{Eff}_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0}$$

sujeito a

2.4

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, k = 1, \dots, n$$

$$u_j \text{ e } v_i \geq 0 \quad \forall j, i$$

Essa formulação do modelo DEA CCR é chamada Modelo dos Multiplicadores orientado a *input*, sendo o conjunto de pesos denominados de multiplicadores. Resolvendo-se esse problema de programação linear para cada uma das DMUs, pode-se identificar aquelas cujos planos de produção, dados os pesos determinados para suas quantidades de insumos e produtos, não pode ser superado pelo plano de produção de nenhuma outra DMU. As DMUs para cuja eficiência (*Eff*) obtém-se valor 1, são ditas eficientes e servem como referência para as demais.

Com base no Modelo dos Multiplicadores (primal) é possível desenvolver o seu dual, conhecido como Modelo do Envelope que, pelo teorema da dualidade forte, apresentará o mesmo valor ótimo para a função objetivo, quando esse existir (BREGALDA e BORNSTEIN, 1981). O conjunto de equações 2.5 representa o modelo do Envelope:

$$\text{Min } h_0$$

sujeito a

$$h_0 x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad i = 1, \dots, r$$

$$-y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, s$$

$$\lambda_k \geq 0, \quad \forall k$$

2.5

onde:

$h_0$  - eficiência,

$\lambda_k$  -  $k$ -ésima coordenada da DMU 0 em uma base formada pelas DMUs de referência.

Neste modelo buscam-se os valores de  $\lambda_k$  que minimizem  $h_0$ , sendo  $\lambda_k$  a contribuição da DMU  $k$  na formação do alvo da DMU 0 (as DMUs com  $\lambda_k$  não nulo são os *benchmarks* da DMU 0).

A Figura 2.4 apresenta a fronteira eficiente (reta que passa pela origem) para um modelo com um *input* e um *output*. Pode-se observar a DMU D como eficiente e as projeções das DMUs ineficientes na fronteira. As setas indicam a direção de redução proporcional do *input*. A eficiência da DMU A é dada por  $\frac{MN}{MA}$ .

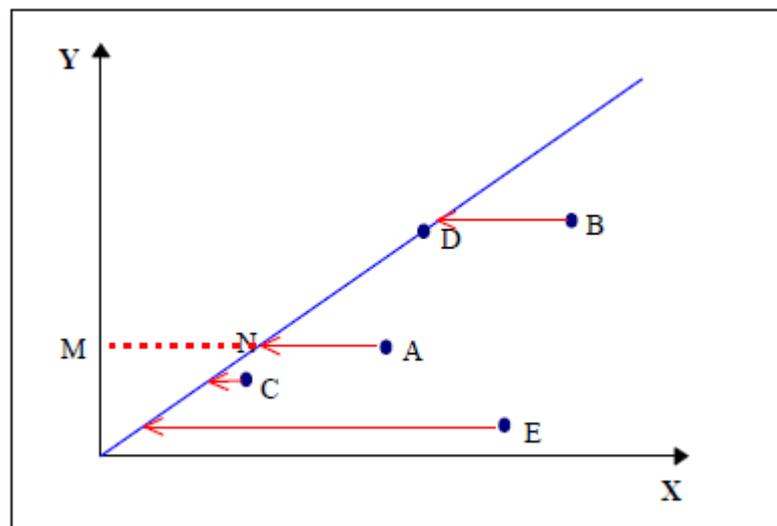


Figura 2.4 – Fronteira CCR – Orientação a *Input*

Alternativamente pode-se desenvolver um modelo para maximização das saídas mantendo-se inalteradas as entradas (orientação a *output*). As variáveis de decisão do modelo são as mesmas apresentadas no conjunto de equações 2.3. O modelo com orientação a *output* é apresentado pela equação 2.6. Com a orientação a *output*,  $h_0$  sempre assume valores superiores à unidade, por isso, a eficiência é agora definida como sendo o inverso de  $h_0$ , isto é,  $h_0 = \frac{1}{Eff_0}$ .

$$\text{Min } h_0 = \left( \frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}} \right)$$

sujeito a

$$\frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{ik}} \geq 1, k = 1, \dots, n$$

$$u_j \text{ e } v_i \geq 0 \quad \forall j, i$$

2.6

As equações 2.7 representam o modelo DEA CCR orientado a *outputs* depois de linearizado.

$$\text{Min } h_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0}$$

sujeito a

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{j0} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, k = 1, \dots, n$$

$$u_j \text{ e } v_i \geq 0 \quad \forall j, i$$

2.7

É possível deduzir o Modelo do Envelope – o dual equivalente a esse modelo de orientação a *output*. O conjunto de equações 2.8 apresenta esse modelo:

$$\text{Max } h_0$$

sujeito a

$$x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad i = 1, \dots, r$$

$$-h_0 y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, s$$

$$\lambda_k \geq 0, \forall k$$

2.8

A Figura 2.5 (ANGULO MEZA, 1998), mostra a fronteira eficiente para um modelo com um *input* e um *output* e orientação a *output*. Na figura, observa-se a projeção das DMUs

ineficientes na fronteira quando seus níveis de *outputs* são maximizados. As setas indicam a direção de aumento proporcional de *output*. A eficiência da DMU E é dada por  $\frac{ME}{MN}$ .

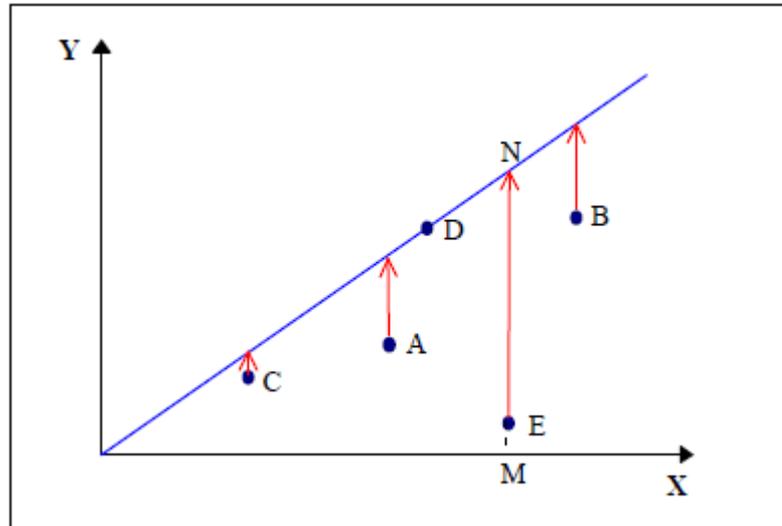


Figura 2.5 – Fronteira CCR – Orientação a *Output*

Os modelos CCR orientados a *input* e a *output* identificam o mesmo conjunto de DMUs eficientes e ineficientes (COELLI et al., 1998), estimando assim a mesma fronteira eficiente.

### 2.3.1 Modelo BCC

O modelo DEA BCC foi desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (BANKER et al., 1984) e pressupõe que as unidades avaliadas apresentem retornos variáveis de escala, ou seja, o axioma da proporcionalidade entre os *inputs* e os *outputs* é substituído pelo axioma da convexidade.

O modelo determina uma fronteira VRS (*Variable Return to Scale*) que considera retornos crescentes ou decrescentes de escala na fronteira eficiente. Permite assim que DMUs que operem com baixos valores de *inputs* tenham retornos crescentes de escala, enquanto as que operam com altos valores tenham retornos decrescentes de escalas.

A convexidade é introduzida no Modelo do Envelope de Charnes et al. (1978) através de uma restrição adicional que requer que o somatório dos  $\lambda$  seja igual a 1, ou seja, a contribuição das  $k$  DMUs na formação do alvo da DMU 0 é 1. Dessa forma, se obtém uma envoltória como a apresentada na Figura 2.6 (ANGULO MEZA, 1998):

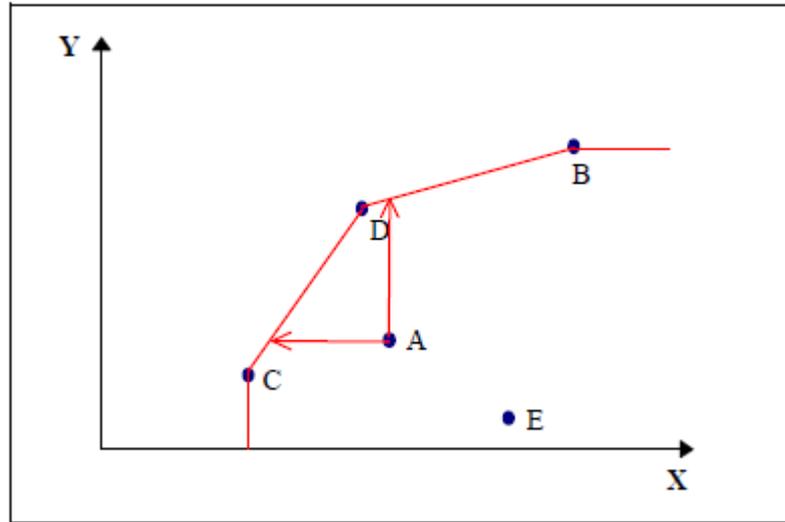


Figura 2.6 – Projeções das Orientações na Fronteira VRS

O Modelo do Envelope, com orientação a *input*, é apresentado pela equação 2.9:

$$\text{Min } h_0$$

sujeito a

$$h_0 x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad \forall i$$

$$-y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$$

$$\lambda_k \geq 0, \quad \forall k$$

2.9

E com orientação a *output* na equação 2.10:

$$\text{Max } h_0$$

sujeito a

$$x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad \forall i$$

$$-h_0 y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j$$

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$$

$$\lambda_k \geq 0, \forall k$$

2.10

Um aumento equiproporcional de *inputs* pode gerar um aumento de *outputs* proporcionalmente menor, nesse caso a DMU estaria em uma região de retornos decrescentes de escala. Caso o aumento dos *outputs* seja proporcionalmente maior ao aumento dos *inputs*, diz-se que a unidade avaliada está em região de retornos crescentes de escala. Os modelos dos multiplicadores do BCC, duais das equações 2.9 e 2.10, são apresentados pelas equações 2.11 e 2.12 respectivamente:

$$\text{Max } Eff_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} - u_*$$

sujeito a

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{i0} = 1$$

$$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - u_* \leq 0, \forall k$$

$$u_j \text{ e } v_i \geq 0, \forall j, i$$

$$u_* \in \mathcal{R}$$

2.11

$$\text{Min } Eff_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} - v_*$$

sujeito a

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{j0} = 1$$

$$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} + v_* \leq 0, \forall k$$

$$u_j \text{ e } v_i \geq 0, \forall j, i$$

$$v_* \in \mathcal{R}$$

2.12

Os modelos Multiplicadores BCC diferem dos Multiplicadores CCR pelas variáveis  $u_*$  e  $v_*$ , para orientações a *input* e a *output*, respectivamente. Essas variáveis são duais associadas à condição  $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$  do modelo do envelope e são interpretadas como fatores de escala: quando positivas, indicam retornos decrescentes de escala, quando negativas, indicam retornos crescentes de escala, caso sejam nulas, há retornos constantes de escala.

A Figura 2.7 mostra as fronteiras DEA BCC e CCR para uma fronteira bidimensional (1 *input* e 1 *output*). Nesta figura as DMUs B, C e D são BCC eficientes. Apenas a DMU D é CCR eficiente. As DMUs A e E são ineficientes nos dois modelos.

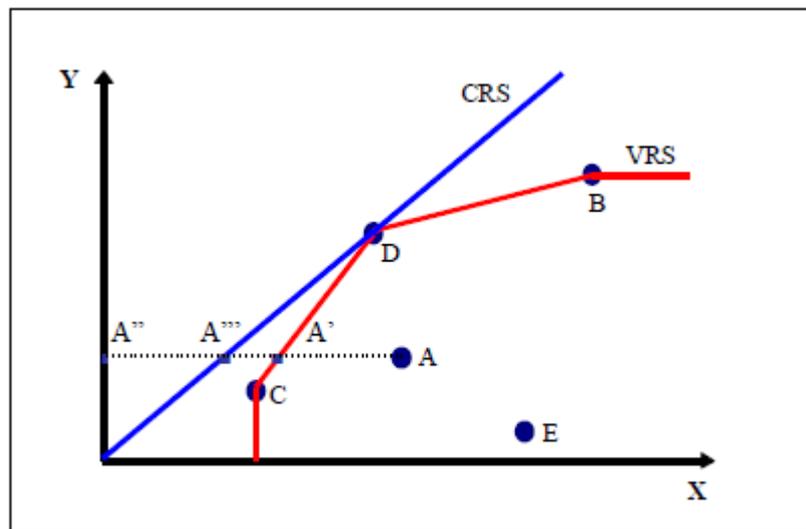


Figura 2.7 – Representação das Fronteiras BCC e CCR

Nesta figura, a eficiência da DMU A é dada por  $\frac{\overline{A''A'}}{\overline{A''A}}$  para o modelo BCC, e por  $\frac{\overline{A''A'''}}{\overline{A''A}}$  no modelo CCR, ambos para orientação a *inputs*.

## 2.4 CARACTERÍSTICAS, VANTAGENS E LIMITAÇÕES DOS MODELOS DEA

Os modelos DEA têm algumas características comuns. Outras são individuais, próprias de cada modelo. As principais características, vantagens e limitações da metodologia DEA encontradas na literatura estão apresentadas abaixo (SOARES DE MELLO et al., 2005):

### 2.4.1 Características

- ✓ Em qualquer modelo DEA, cada DMU escolhe seu próprio conjunto de pesos, de modo que apareça o melhor possível em relação às demais. Dessa forma, cada DMU pode ter um conjunto de pesos (multiplicadores) diferente;
- ✓ A maioria dos modelos é invariante com a escala de medida, isto é, usar como variável, por exemplo, a área plantada de uma determinada cultura em km<sup>2</sup>, m<sup>2</sup> ou hectares não afeta o resultado;
- ✓ Em qualquer modelo DEA, a DMU que apresentar a melhor relação (*output j*) / (*input i*) será sempre eficiente;
- ✓ O modelo CCR tem como propriedade principal a proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* na fronteira, ou seja, um aumento na quantidade dos *inputs* provocará uma redução proporcional no valor dos *outputs*;
- ✓ No modelo BCC, a DMU que tiver o menor valor de um determinado *input* ou o maior valor de um certo *output* será eficiente. A esta DMU chamamos de eficiente por *default* ou eficiente à partida;
- ✓ O modelo BCC é invariante a translações a *outputs* quando é orientado a *inputs* e vice-versa. Essa propriedade pode ser importante quando trabalhamos com casos em que há variáveis negativas, por exemplo.

### 2.4.2 Vantagens

- ✓ Os *inputs* e os *outputs* podem ser medidos em diferentes unidades, sem alterar o índice de eficiência, ou seja, os modelos DEA são invariantes de escala. Diferentemente dos métodos baseados em avaliação puramente econômica, que necessitam converter todos os *inputs* e os *outputs* em unidades monetárias (ESTELLITA LINS e ANGULO MEZA, 2000);

- ✓ Os modelos DEA identificam as unidades de referência (*benchmarks*) para as organizações que não têm um desempenho eficiente, possibilitando assim comparações com as unidades de referência com o intuito de melhorar suas performances;
- ✓ Não se faz necessário o conhecimento do processo de transformação dos *inputs* em *outputs*, uma vez que a fronteira eficiente é uma envolvente das DMUs observadas, não necessitando assumir hipóteses sobre a função de produção.

#### 2.4.3 Limitações

- ✓ DEA é sensível às DMUs que são referências só para si mesmas, denominadas na literatura DEA de falsos eficientes. De maneira tal que, para os falsos eficientes, os resultados fornecidos por DEA não são informativos. Além disto, os falsos eficientes podem influenciar os resultados;
- ✓ DEA é sensível ao número de *inputs* e *outputs*, assim como ao tamanho da amostra de DMUs observadas. Aumentar o tamanho da amostra tende a reduzir a média das pontuações de eficiência da amostra, porque um maior número de DMUs permite encontrar um maior número de DMUs de referência. Por outro lado, quando o número de DMUs é pequeno em relação à soma do número de *inputs* e *outputs*, a média de eficiência da amostra aumenta. Incrementar o número de *inputs* e *outputs* sem aumentar o tamanho da amostra também incrementará a eficiência média da amostra. Isto acontece devido ao aumento das dimensões do espaço de *inputs* e *outputs*, nas quais a DMU pode ser única (não tenha DMUs similares com as quais se comparar). Em outras palavras, aumenta a probabilidade de a DMU apresentar o mínimo nível para um dado *input*, ou o máximo nível de um dado *output*. Sobre este tema, é recomendado que o número de DMUs observadas da amostra seja pelo menos três vezes maior que a soma dos *inputs* e dos *outputs* (LETA et al., 2005);
- ✓ Os modelos básicos de DEA podem considerar uma DMU como eficiente, quando na verdade ela é ineficiente. Por exemplo, assumindo orientação aos *inputs*, ela poderia produzir a mesma quantidade de *outputs* consumindo menos *inputs*. Uma das soluções deste problema é com os denominados modelos não-arquimedianos, que incorporam as folgas na função objetivo (Modelo do Envelope) ou obrigam que os multiplicadores

não sejam menores que um número muito pequeno  $\epsilon$  (Modelo dos Multiplicadores) (GOMES JUNIOR e SOARES DE MELLO, 2007).

As vantagens e limitações dos modelos DEA apresentadas não são exaustivas. De fato, na aplicação dos modelos DEA podem ser encontrados outros tipos de problemas (ver, por exemplo, OLESEN, 1995, ALI e LERME, 1997, SMITH, 1997 e DYSON et al., 2001), porém as vantagens e limitações mencionadas anteriormente são as mais tratadas na literatura DEA.

Apesar das limitações, DEA fornece uma metodologia para organizar e analisar os dados, procurando obter a maior quantidade de informação a partir deles. Além disto, o usuário não precisa estabelecer *a priori* uma relação funcional entre *inputs* e *outputs*.

## 2.5 DMUs NÃO HOMOGÊNEAS

Conforme mencionado no item 2.2, o conjunto de DMUs deve ser homogêneo. A inexistência desta homogeneidade é uma das “armadilhas” referidas por Dyson et al.(2001).

Segundo esses autores, consideram-se homogêneas as DMUs que satisfazem às seguintes propriedades:

- Realizam atividades comparáveis e produzem produtos e/ou serviços similares, de modo que possa ser definido um conjunto comum de produtos; isto é equivalente ao dito usual de emprego da mesma tecnologia;
- Estar disponível para todas as unidades em avaliação um mesmo conjunto de recursos;
- As unidades operam em ambientes similares.

Dyson et al. (2001) propõem alternativas, uma para cada caso, para contornar a não homogeneidade das DMUs. No caso do uso de tecnologias diferentes, os autores propõem, por exemplo, o agrupamento das unidades em *clusters* homogêneos. Haas e Murphy (2003) argumentam que este reagrupamento só é útil quando há um número elevado de DMUs sob avaliação e propõem técnicas de ajustamento da não homogeneidade com uso de regressões.

Saen et al. (2005) estudaram o problema de unidades não homogêneas no sentido de não disporem de um mesmo conjunto de *inputs* e/ou produzirem um mesmo conjunto de *outputs*.

Xiao e Li (2007) propõem abordagem semelhante à de Saen et al. (2005) para contornar o problema das DMUs não homogêneas.

A questão do agrupamento em grupos homogêneos pode ser visto como um problema de variáveis categóricas em DEA. Estudos deste tipo podem ser vistos, por exemplo, em Banker e Morey (1986), Kamakura (1988), Rousseau e Semple (1993), Cook et al. (1998), Nanci et al. (2005) e Biondi Neto et al. (2006).

Considerando a não homogeneidade das DMUs avaliadas neste estudo, primeiramente propõem-se uma técnica de homogeneização e então as DMUs são analisadas.

Para compensar a não homogeneidade das DMUs é utilizada a técnica de ajuste ou compensação. A compensação é feita aumentando-se o valor do *output* de quem tem desvantagem, seguindo os passos abaixo:

1. Separar as DMUs nos quatro *clusters* homogêneos: Carga Geral, Granel Sólido, Granel Líquido e Misto;
2. Rodar um modelo DEA isolado para cada *cluster* e selecionar as DMUs 100% eficientes;
3. Rodar um modelo DEA somente com as unidades eficientes de cada *cluster*;
4. Calcular a mediana dos valores de eficiência, por grupo, das DMUs selecionadas no Passo 2;
5. Dividir os *outputs* de todas as DMUs de um *cluster* pela respectiva mediana das eficiências encontrada no Passo 4;
6. Rodar um modelo DEA com todas as DMUs de todos os *clusters*;
7. As medidas de eficiência compensadas são as do Passo 6.

No passo 1, as DMUs serão analisadas e alocadas em um dos quatro *clusters* homogêneos. O critério utilizado para o agrupamento das DMUs é explicado no item 4.4.

O passo 2 diz respeito à aplicação do modelo DEA para cada um dos quatro *clusters*. Nessa etapa será possível identificar as DMUs eficientes por grupo, antes da homogeneização. Depois de identificadas todas as DMUs eficientes, as mesmas formarão um quinto *cluster*, formado pelas unidades tomadoras de decisão 100% eficientes de cada um dos quatro *clusters*. É no passo 3 que um novo modelo DEA será rodado para esse quinto *cluster*.

Com as eficiências encontradas no passo 3 serão calculadas, no passo 4, a mediana dos valores de eficiência por grupo. Essas medianas serão utilizadas para homogeneizar as DMUs através da compensação daquelas com desvantagens competitivas, etapa realizada no passo 5.

Vale ressaltar que o pressuposto para a homogeneização feita no passo 5 é que as DMUs eficientes de cada *cluster* possuem igualmente boa gestão e somente não são eficientes quando comparadas com DMUs de outros *clusters* devido às diferenças dos recursos que utilizam em função das distintas características dos *clusters*.

A compensação ocorrerá através da divisão das saídas (*outputs*) de todas as DMUs de um *cluster* pela mediana correspondente encontrada no passo 4. Assim, para qualquer valor de mediana inferior a unidade, o valor do *output* será aumentado. Propõe-se, dessa forma, compensar as unidades pelo princípio de *handicap*, ou seja, dar vantagem à partida ao “competidor” em desvantagem e, conseqüentemente, poder conduzir uma comparação justa (GOMES et al., 2007).

No passo 6, um modelo DEA será rodado com todas as DMUs, já homogeneizadas pela técnica de compensação. E no último passo são analisadas as eficiências encontradas no passo anterior.

### **3 PORTOS MARÍTIMOS BRASILEIROS**

#### **3.1 DESENVOLVIMENTO DOS PORTOS MARÍTIMOS BRASILEIROS**

Foi com a abertura dos Portos do Brasil, por decreto de D. João VI, datado de 28 de janeiro de 1808, que surgiu no país a noção de controle da navegação marítima. Desde a antiguidade mais remota o homem vem utilizando-se da navegação marítima, fluvial e lacustre nos seus deslocamentos e de suas mercadorias. Por sua vez, as instalações portuárias facilitam a movimentação das cargas das embarcações para o meio terrestre.

Essas instalações, no Brasil, rudimentares logo após o descobrimento, foram se desenvolvendo fisicamente até abranger hoje sofisticadas edificações, equipamentos e sistemas. Essa evolução teve pontos de inflexão importantes em 1808, com a denominada abertura dos portos às nações amigas; com as principais concessões para exploração dos “portos organizados” e das ferrovias que os acessam; com a implantação de terminais especializados, necessários e compatíveis com a industrialização do pós-guerra; e como instrumento da prioridade exportadora dos Planos Nacionais de Desenvolvimento (PNDs), nos governos militares, destacando-se aí a atuação da Portobrás.

Em princípios do século XX, os serviços de expedição de mercadorias para o exterior, e para os Estados por via marítima e do recebimento das provindas de fora, por mar, eram efetuadas geralmente por meio de saveiros que atracavam em pontes quase todas de madeiras, “*piers*” ou cais de pequeno calado d’água; apenas algumas dessas construções acostavam vapores de pequena cabotagem.

Ao longo dos últimos vinte anos portos de praticamente todos os países vêm passando por profundas reformas, a fim de compatibilizá-los com a nova ordem econômica e política internacional da qual destaca-se o acelerado incremento do comércio internacional e a demanda por ganhos contínuos e exponenciais na eficiência produtiva. Apesar de um pouco mais tarde, também os portos brasileiros aderiram a esse processo de amplas e profundas reformas.

Um importante marco regulatório da área portuária foi a Lei de Modernização dos Portos, Lei 8.630, de 25 de fevereiro de 1993. Essa lei dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias.

Em meados de 2004 foram iniciadas atividades de pesquisa nos principais portos brasileiros para ações emergenciais de melhoria de desempenho. As visitas e pesquisas resultaram em um plano emergencial de investimentos, denominado Agenda Portos.

Lançado em janeiro de 2007, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), um programa do governo federal brasileiro que engloba um conjunto de políticas econômicas e que tem como objetivo acelerar o crescimento econômico do Brasil, prevê investimentos nos portos, principalmente em dragagens, que vão aprofundar os canais de acesso aos terminais, capacitando-os a receber navios de maior porte, aumentando a competitividade e a capacidade de movimentação das cargas.

Outro ponto que vale ressaltar é o processo de especialização de terminais que começou a ser implementado de forma marcante no início do século passado em todo o mundo.

Com o crescimento do comércio mundial e a necessidade de modelos cada vez mais automatizados, percebeu-se, desde a década de 30, uma maior especialização em berços para movimentação de cargas específicas. Tornava-se cada vez mais necessário, a elevação dos níveis de automação e especialização de cais e berços, para atender às novas gerações de navios.

Este fenômeno teve seus desdobramentos no Brasil nas décadas de 40-50, mais especificamente no Porto de Santos que passou, cada vez mais, a destinar berços específicos para cargas especiais, mais nobres, ou com maior valor agregado. Nos demais portos o processo de especialização de berços começou a ser intensificado somente a partir da década de 60 (PORTO PONTAL, 2006).

Nos dias atuais a necessidade de manter altos índices de produtividade exige cada vez mais berços específicos e especializados. A logística adotada na última década passou a exigir

uma estrutura portuária com o mesmo nível de serviço, atendimento e com o mesmo patamar de preços praticados no mercado internacional.

Em busca da especialização, os portos acabam desenvolvendo características distintas para atender de forma competitiva um mercado específico. Terminais especializados em movimentação de minérios, por exemplo, possuem equipamentos específicos como correia transportadora, empilhadeira de minério, recuperadora de minério e carregador de navio.

Enquanto alguns portos de minérios possuem grandes pátios a céu aberto para estocagem do produto, outros portos também de granel sólido possuem grandes silos para estocagem de produtos que não podem sofrer influências de intempéries. Os terminais especializados em granéis líquidos, por sua vez, possuem tanques de armazenamento e sistemas de bombeamento dos produtos do navio e para o navio.

Já um terminal de contêineres possui como características, guindastes e portêineres (equipamentos de alto desempenho na movimentação de contêineres) para o carregamento do navio, transtêineres (equipamentos utilizados na movimentação de contêineres no pátio) e empilhadeiras para a movimentação dos contêineres no pátio, tomadas elétricas para os contêineres frigoríficos, *gates* (portões com balança para passagem de caminhões) para receber caminhões, por exemplo.

Devido a essas distintas características não é conveniente analisar os portos conjuntamente, tornando-se necessário primeiro o seu agrupamento de acordo com suas características e a utilização de um critério de homogeneização anterior à análise.

### 3.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA METODOLOGIA DEA APLICADA AO SETOR PORTUÁRIO

Roll e Hayuth (1993) realizam um dos primeiros estudos aplicando DEA no setor de transporte marítimo. Utilizam dados hipotéticos para analisar a eficiência de 20 portos.

Martinez Budria et al. (1999) aplicam DEA para avaliar 26 portos espanhóis no período de 1993 a 1997. São considerados como *inputs*, neste estudo, as despesas com pessoal, taxas de depreciação e outros gastos. Já como *outputs*, o total de carga movimentada e a receita obtida no aluguel de facilidades portuárias.

Tongzon (2001) analisa a eficiência de 4 portos australianos e 12 outros portos europeus e utiliza DEA com seis *inputs* - número de empregados da autoridade portuária, número de berços, número de guindastes, número de rebocadores, área do terminal e tempo de

atraso (diferença entre o tempo atracado mais o tempo de espera para atracar pelo tempo de operação do navio) – e dois *outputs* – total de contêineres (unidade equivalente de 20 pés) embarcados e desembarcados e número de contêineres movimentados por hora trabalhada por navio (velocidade com que o navio é trabalhado).

Valentine e Gray (2001) utilizam DEA para analisar 31 portos de contêineres e consideram como *inputs* o comprimento total dos berços e o comprimento total dos berços de contêineres e como *outputs* o número de contêineres movimentados e o volume total (em toneladas) movimentado.

Itoh (2002) analisa a eficiência dos oito maiores terminais de contêineres do Japão para o período entre 1990 e 1999, utilizando como *inputs* a infraestrutura (área do terminal e número de berços), a superestrutura (número de guindastes) e o número de trabalhadores. Já como *output* foi utilizado o número de TEUs movimentados por ano.

Barros e Athanassiou (2004) aplicam DEA para analisar a eficiência de 2 portos da Grécia e 4 portos de Portugal. Neste estudo, apenas o porto grego Thessaloniki foi considerado ineficiente.

Também em 2004, Turner et al. 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.

Para avaliação de portos brasileiros, Fontes e Soares de Mello (2006) utilizam DEA para avaliar a eficiência de portos brasileiros no período entre 2002 e 2004. São considerados 31 portos e terminais e três modelos, físico, financeiro e físico-financeiro. Neste estudo, verificam que o terminal salineiro de Areia Branca foi o mais eficiente dentre os portos analisados e que os modelos utilizados não são os mais adequados para avaliar a eficiência do porto de Santos.

Costa (2007) aplica DEA para avaliar a eficiência dos principais terminais de contêineres do Brasil e internacionais. Neste estudo, são avaliados 8 terminais do Brasil, 2 de Singapura e 2 de Hong Kong. São considerados três *inputs* - comprimento dos berços, área total e número de equipamentos do berço e reporto – e um *output*, a movimentação de contêineres em TEUs (do inglês “*Twenty-foot Equivalent Units*”, unidade equivalente ao contêiner de vinte pés).

Pires et al. (2009) aplicam DEA para analisar a eficiência dos portos de carregamento de minério de ferro. Foram considerados como *inputs*, neste estudo, o calado máximo do

berço, o comprimento máximo do berço de atracação dos navios e a largura máxima do berço. Como *output*, foi selecionada a movimentação anula de carga no porto. Os autores consideraram os resultados obtidos consistentes e representativos, uma vez que os portos eficientes segundo o modelo estão localizados no Brasil e Austrália, os dois maiores países exportadores de minério de ferro do mundo.

## **4 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA PORTUÁRIA BRASILEIRA UTILIZANDO DEA**

### **4.1 DEFINIÇÃO DE TERMOS E CONCEITOS TÉCNICOS**

A Agência Nacional de Transporte Aquaviário (ANTAQ), vinculada ao Ministério dos Transportes e que tem entre outras finalidades a regulação, supervisão e fiscalização das atividades de prestação de serviços de transporte aquaviário e de exploração da infra-estrutura portuária e aquaviária exercidas por terceiros, define um porto organizado como aquele construído e aparelhado para atender as necessidades da navegação e da movimentação e armazenagem de mercadorias, concedido ou explorado pela União, cujo tráfego e operações portuárias estejam sob a jurisdição de autoridade portuária. Já Terminal de Uso Privativo é a instalação portuária explorada por pessoa jurídica de direito público ou privado, utilizada na movimentação de passageiros ou armazenagem de mercadorias, destinados ou provenientes de transporte aquaviário. Esses terminais podem ser de uso exclusivo - para movimentar carga própria, ou de uso misto, para movimentar carga própria e de terceiros, desde que fora da área do porto organizado, ou quando o interessado for titular do domínio útil do terreno, mesmo que dentro da área do porto organizado.

A extensão dos berços e o calado do porto organizado ou terminal de uso privativo determinam o tamanho e a quantidade de carga dos navios que poderão utilizar suas instalações. O berço é o local onde o navio atraca e o calado, por sua vez, é a distância vertical entre a superfície da água - linha de flutuação ou linha-d'água - e a parte mais baixa da embarcação - a quilha ou então algum ponto mais baixo. O calado de água é a profundidade mínima necessária para a embarcação flutuar sem perigo de encalhe e o calado máximo é a medida do calado da embarcação em condições de deslocamento a plena carga. O

calado máximo com o qual uma embarcação pode operar com segurança depende das condições de densidade da água e do clima da região onde navega.

Os tipos de carga que são movimentados nos portos recebem uma classificação quanto sua natureza, que significa como a mesma é constituída, considerando a forma em que se apresenta para sua movimentação e a dificuldade específica de seu manuseio. Divide-se em granel sólido, granel líquido e carga geral.

Granel sólido é toda carga seca fragmentada, transportada em grandes quantidades diretamente nos porões do navio, sem embalagem (dry bulk), como minérios, carvão e grãos. Assim como granel sólido, o granel líquido também é toda carga transportada diretamente nos porões do navio, sem embalagem e em grandes quantidades. Porém como o próprio nome diz, a carga é líquida e movimentada em dutos por meio de bombas, como petróleo e seus derivados, óleos vegetais, sucos de laranja, etc.

Por último, carga geral é constituída por mercadorias acondicionadas nas mais variadas embalagens de diversos tamanhos, pesos e ou volumes, como por exemplo: sacos, caixas de madeira, caixas de papelão ou similares, engradados, tambores, barris, bem como cargas de pesos e/ou volumes desproporcionais e não convencionais.

## 4.2 DEFINIÇÃO E SELEÇÃO DE DMUs

Como mencionado no capítulo 2, a modelagem em DEA exige a definição das DMUs, das variáveis de avaliação (*inputs* e *outputs*) e do modelo DEA que será utilizado.

Foram avaliados 48 diferentes portos e terminais marítimos brasileiros no período de 2007 a 2009. Foram considerados como marítimos, os portos e terminais com características específicas, aqueles que movimentam cargas de cabotagem e/ou longo curso. O porto de Manaus, por exemplo, situa-se na margem esquerda do rio Negro e, considerando o critério utilizado para definir um porto marítimo, é considerado neste estudo.

Cada porto ou terminal individualmente em cada ano é considerado uma unidade tomadora de decisão (Podinovski e Thanassoulis, 2007). Por exemplo, o Porto de Santos em 2007 é considerado uma DMU, em 2008 outra DMU e ainda em 2009 outra DMU. Assim, tem-se um total de 140 DMUs. Não foram consideradas 144 DMUs devido a indisponibilidade de informação, no ano de 2007, de quatro terminais: Bianchini S.A - RS, Chibatão – AM, Píer das Dunas – RN e Termasa – RS.

### 4.3 DEFINIÇÃO E SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS

Como *inputs* foram utilizados a extensão total dos berços (em metros) e o calado máximo (em metros) do porto ou terminal e como *output*, o volume total de cargas movimentadas (em toneladas).

Tanto a extensão dos berços como o calado do porto são variáveis operacionais e determinam o porte dos navios que atracam um determinado porto. A extensão total dos berços determina não somente a quantidade máxima de navios que podem atracar um porto simultaneamente, como também o comprimento máximo dos navios (LOA – *Length Over All*) que movimentarão cargas no porto. O calado, por sua vez, além de influenciar no porte do navio que chega ao porto, também determinará a quantidade de carga com a qual o navio poderá chegar ou sair do porto em condições seguras.

Os dados referentes ao *output* foram obtidos nos Anuários Estatísticos Portuário no site da Agência Nacional de Transporte Aquaviário (ANTAQ). Em relação aos *inputs*, os dados foram coletados no site da ANTAQ e dos próprios portos analisados.

Outros *inputs*, como por exemplo, a área do porto destinada a armazenagem de cargas, o número de equipamentos utilizados na movimentação das cargas e *outputs*, como a movimentação total de embarcações, poderiam ter sido considerados neste estudo, porém não foram devido à indisponibilidade de informações oficiais.

Os dados utilizados neste estudo apresentam-se na Tabela 4.1.

PORTO/TERMINAL	INPUT (METROS)		OUTPUT - MOV. TOTAL (TON)		
	EXTENSÃO BERÇOS	CALADO	2007	2008	2009
ALUMAR - MA	252	10,5	12.878.888	4.968.399	5.620.180
ANGRA DOS REIS-RJ	400	10	163.271	228.993	74.097
ARATU-BA	945,8	12	6.747.827	5.755.104	5.261.077
AREIA BRANCA-RN	199,6	18	3.433.256	3.745.876	3.594.410
BELÉM-PA	1.295	7,3	3.069.391	2.747.999	2.879.901
BIANCHINI S.A - RS	300	12,2	ND	3.557.287	3.617.922
BRASKARNE - SC	176	9,2	236.300	139.233	87.275
CABEDELO-PB	602	12	942.842	888.276	1.272.538
CHIBATÃO - AM	431,5	13	ND	2.206.624	1.477.675
CUTRALE - SP	198,5	12	994.184	939.786	1.029.222
DOW QUÍMICA - SP	180	12	652.166	478.973	743.854
FORTALEZA-CE	1.347	12	3.278.298	3.755.512	3.496.112

Tabela 4.1 – Dados utilizados no estudo

PORTO/TERMINAL	INPUT (METROS)		OUTPUT - MOV. TOTAL (TON)		
	EXTENSÃO	CALADO	2007	2008	2009
ILHÉUS-BA	432	10	756.246	164.204	226.780
IMBITUBA-SC	577	9,5	1.467.285	1.862.502	1.871.777
ITAGUAÍ-RJ	1.820	24	38.872.446	47.217.575	49.755.062
ITAJAÍ-SC	1.035	11,3	6.537.953	4.568.694	1.727.997
ITAQUI-MA	1.617	19	12.988.494	13.315.546	11.689.425
MACEIÓ-AL	400	10	3.113.369	3.756.429	2.780.328
MANAUS-AM	1.097	10,5	111.192	2.670	5.929
MBR OU TIG (TERMINAL ILHA DA GUAÍBA) - RJ	640	20,4	48.847.466	37.670.757	36.664.915
NATAL-RN	540	11,5	342.566	316.438	268.367
PARANAGUÁ-PR	2.616	13	37.599.164	32.274.468	30.630.149
PECÉM - CE	686,6	15,5	2.205.361	1.448.417	2.013.575
PÍER DAS DUNAS (PETROBRÁS) - RN	190	10	ND	217.540	186.710
PONTA DA MADEIRA - MA	1.171	23	72.941.142	86.902.994	87.716.016
PONTA UBU-ES	548	16	16.686.749	17.660.461	19.084.850
PORTO ALEGRE-RS	8.028	6	610.707	692.005	737.302
PORTO TROMBETAS (MRN) - PA	245	11,6	17.678.875	18.142.361	15.780.052
PORTOCEL - ES	700	10,3	7.163.712	7.602.932	8.354.553
PORTONAVE - SC	900	12	133.459	2.052.893	4.155.507
PRAIA MOLE-ES	1.308,2	17,2	17.568.665	20.505.162	15.251.584
RECIFE-PE	2.960	10,3	2.385.743	1.985.133	1.819.245
RIO DE JANEIRO-RJ	8.579	13	8.942.721	8.773.875	6.769.028
RIO GRANDE-RS	3.504	14,5	26.680.345	15.120.478	14.855.525
S. FRANCISCO DO SUL-SC	1.040	12	8.386.004	7.688.452	6.848.759
SALVADOR-BA	2.384,6	12	3.090.307	3.887.472	3.154.270
SANTANA-AP	390	10	1.104.047	812.242	833.673
SANTARÉM-PA	520	11,5	2.240.132	1.200.964	1.340.278
SANTOS-SP	11.042	13,5	71.613.452	74.773.066	75.641.825
SÃO SEBASTIÃO-SP	362	8,2	488.782	833.539	519.974
SUAPE-PE	1.914	15,5	6.488.223	8.655.042	7.520.799
TERMASA - RS	200	12,2	ND	1.499.451	1.953.934
TERMINAL ALMTE. BARROSO (PETROBRÁS) - SP	905	26	49.848.596	47.545.587	49.515.291
TERMINAL MARÍTIMO ALMIRANTE SOARES DUTRA (PETROBRÁS) - RS	318	10,1	10.905.610	10.609.805	12.257.718
TUBARÃO-ES	1.646	20	104.672.667	99.873.293	83.834.676
ULTRAFÉRTIL - SP	164	12	2.449.597	2.172.894	1.934.200
VILA DO CONDE-PA	1.036	10,5	15.862.752	18.200.125	16.318.534
VITÓRIA-ES	3.024	10,7	8.105.619	7.222.270	4.768.782

Tabela 4.1 – Dados utilizados no estudo (Continuação)

\*ND – Não disponível

#### 4.4 FORMAÇÃO DOS AGRUPAMENTOS DAS DMUs

Conforme mencionado no capítulo 2, as DMUs avaliadas neste estudo não são homogêneas, pois apresentam características específicas de acordo com a natureza da carga movimentada.

Por isso, os portos e terminais foram divididos de acordo com a natureza da carga em quatro *clusters* distintos, a saber:

- Carga Geral;
- Granel Sólido;
- Granel Líquido;
- Misto.

O processo de formação dos agrupamentos foi discutido com especialistas em portos e o critério utilizado foi o seguinte: um porto ou terminal é considerado de um *cluster* específico (Carga Geral, Granel Sólido ou Granel Líquido) caso 60% ou mais do volume total movimentado naquele porto em determinado ano seja de uma natureza de carga específica, caso contrário o porto é considerado no *cluster* Misto.

O porto de Maceió foi *clusterizado* como Misto em 2007 e 2009 e como Granel Sólido no ano de 2008. Já o porto de Natal foi considerado como Carga Geral em 2007 e 2008 e como Misto em 2009. Considerando o critério de agrupamento utilizado, o porto Praia Mole foi Granel Sólido em 2007 e 2008 e Misto em 2009. O porto de Porto Alegre, por sua vez, foi *clusterizado* como Granel Sólido em 2007 e 2008 e Misto em 2009. Os demais portos foram considerados no mesmo *cluster* nos três anos analisados.

Os quatro *clusters*, Granel Sólido, Carga Geral, Misto e Granel Líquido são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5.

GRANEL SÓLIDO	
ALUMAR-MA(2007)	PORTOALEGRE-RS(2008)
AREIABRANCA-RN(2007)	PORTOTROMBETAS(MRN)-PA(2008)
ILHÉUS-BA(2007)	PRAIAMOLE-ES(2008)
IMBITUBA-SC(2007)	RECIFE-PE(2008)
ITAGUAÍ-RJ(2007)	SANTANA-AP(2008)
MBROUTIG(TERMINALILHADAGUAÍBA)-RJ(2007)	SANTARÉM-PA(2008)
PARANAGUÁ-PR(2007)	SÃOSEBASTIÃO-SP(2008)
PONTADAMADEIRA-MA(2007)	TERMASA-RS(2008)
PONTAUBU-ES(2007)	TUBARÃO-ES(2008)
PORTOALEGRE-RS(2007)	ULTRAFÉRTIL-SP(2008)
PORTOTROMBETAS(MRN)-PA(2007)	VILADOCONDE-PA(2008)
PRAIAMOLE-ES(2007)	ALUMAR-MA(2009)
RECIFE-PE(2007)	AREIABRANCA-RN(2009)
SANTANA-AP(2007)	BIANCHINIS.A-RS(2009)
SANTARÉM-PA(2007)	ILHÉUS-BA(2009)
SÃOSEBASTIÃO-SP(2007)	IMBITUBA-SC(2009)
TUBARÃO-ES(2007)	ITAGUAÍ-RJ(2009)
ULTRAFÉRTIL-SP(2007)	MBROUTIG(TERMINALILHADAGUAÍBA)-RJ(2009)
VILADOCONDE-PA(2007)	PARANAGUÁ-PR(2009)
ALUMAR-MA(2008)	PONTADAMADEIRA-MA(2009)
AREIABRANCA-RN(2008)	PONTAUBU-ES(2009)
BIANCHINIS.A-RS(2008)	PORTOTROMBETAS(MRN)-PA(2009)
ILHÉUS-BA(2008)	RECIFE-PE(2009)
IMBITUBA-SC(2008)	SANTANA-AP(2009)
ITAGUAÍ-RJ(2008)	SANTARÉM-PA(2009)
MACEIÓ-AL(2008)	SÃOSEBASTIÃO-SP(2009)
MBROUTIG(TERMINALILHADAGUAÍBA)-RJ(2008)	TERMASA-RS(2009)
PARANAGUÁ-PR(2008)	TUBARÃO-ES(2009)
PONTADAMADEIRA-MA(2008)	ULTRAFÉRTIL-SP(2009)
PONTAUBU-ES(2008)	VILADOCONDE-PA(2009)

Tabela 4.2 – Cluster Granel Sólido

<b>CARGA GERAL</b>	
ANGRADOSREIS-RJ(2007)	PECÉM-CE(2008)
BRASKARNE-SC(2007)	PORTOCEL-ES(2008)
ITAJAÍ-SC(2007)	PORTONAVE-SC(2008)
MANAUS-AM(2007)	RIODEJANEIRO-RJ(2008)
NATAL-RN(2007)	SALVADOR-BA(2008)
PECÉM-CE(2007)	VITÓRIA-ES(2008)
PORTOCEL-ES(2007)	ANGRADOSREIS-RJ(2009)
PORTONAVE-SC(2007)	BRASKARNE-SC(2009)
RIODEJANEIRO-RJ(2007)	CHIBATÃO-AM(2009)
SALVADOR-BA(2007)	ITAJAÍ-SC(2009)
VITÓRIA-ES(2007)	MANAUS-AM(2009)
ANGRADOSREIS-RJ(2008)	PECÉM-CE(2009)
BRASKARNE-SC(2008)	PORTOCEL-ES(2009)
CHIBATÃO-AM(2008)	PORTONAVE-SC(2009)
ITAJAÍ-SC(2008)	RIODEJANEIRO-RJ(2009)
MANAUS-AM(2008)	SALVADOR-BA(2009)
NATAL-RN(2008)	VITÓRIA-ES(2009)

Tabela 4.3 – Cluster Carga Geral

<b>MISTO</b>	
CABEDELLO-PB(2007)	SANTOS-SP(2008)
FORTALEZA-CE(2007)	SUAPE-PE(2008)
ITAQUI-MA(2007)	CABEDELLO-PB(2009)
MACEIÓ-AL(2007)	FORTALEZA-CE(2009)
RIOGRANDE-RS(2007)	ITAQUI-MA(2009)
S.FRANCISCODOSUL-SC(2007)	MACEIÓ-AL(2009)
SANTOS-SP(2007)	NATAL-RN(2009)
SUAPE-PE(2007)	PORTOALEGRE-RS(2009)
CABEDELLO-PB(2008)	PRAIAMOLE-ES(2009)
FORTALEZA-CE(2008)	RIOGRANDE-RS(2009)
ITAQUI-MA(2008)	S.FRANCISCODOSUL-SC(2009)
RIOGRANDE-RS(2008)	SANTOS-SP(2009)
S.FRANCISCODOSUL-SC(2008)	SUAPE-PE(2009)

Tabela 4.4 – Cluster Misto

<b>GRANEL LÍQUIDO</b>
ARATU-BA(2007)
BELÉM-PA(2007)
CUTRALE-SP(2007)
DOWQUÍMICA-SP(2007)
TERMINALALMTE.BARROSO(PETROBRÁS)-SP(2007)
TERMINALMARÍTIMOALMIRANTESOARESDUTRA(PETROBRÁS)-RS(2007)
ARATU-BA(2008)
BELÉM-PA(2008)
CUTRALE-SP(2008)
DOWQUÍMICA-SP(2008)
PÍERDASDUNAS(PETROBRÁS)-RN(2008)
TERMINALALMTE.BARROSO(PETROBRÁS)-SP(2008)
TERMINALMARÍTIMOALMIRANTESOARESDUTRA(PETROBRÁS)-RS(2008)
ARATU-BA(2009)
BELÉM-PA(2009)
CUTRALE-SP(2009)
DOWQUÍMICA-SP(2009)
PÍERDASDUNAS(PETROBRÁS)-RN(2009)
TERMINALALMTE.BARROSO(PETROBRÁS)-SP(2009)
TERMINALMARÍTIMOALMIRANTESOARESDUTRA(PETROBRÁS)-RS(2009)

Tabela 4.5 – Cluster Granel Líquido

#### 4.5 DEFINIÇÃO E APLICAÇÃO DO MODELO DEA

Como existe uma grande disparidade entre os portos e terminais analisados e não há presunção de proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*, o modelo BCC foi escolhido. A orientação a *output* foi utilizada, ou seja, conforme já mencionado em 2, analisam-se as possíveis melhorias no *output* considerando que os *inputs* não serão alterados.

Com orientação a *output*, é possível identificar o volume de movimentação que um porto pode ter com os recursos existentes (*inputs*), ou seja, identificar os alvos para cada um dos portos ineficientes. Essa análise dos *benchmarks* é apresentada no item 4.6.2.

O modelo é desenvolvido seguindo os passos descritos no item 2.5. De maneira sucinta, as principais etapas do desenvolvimento deste estudo são apresentadas na Figura 4.1.

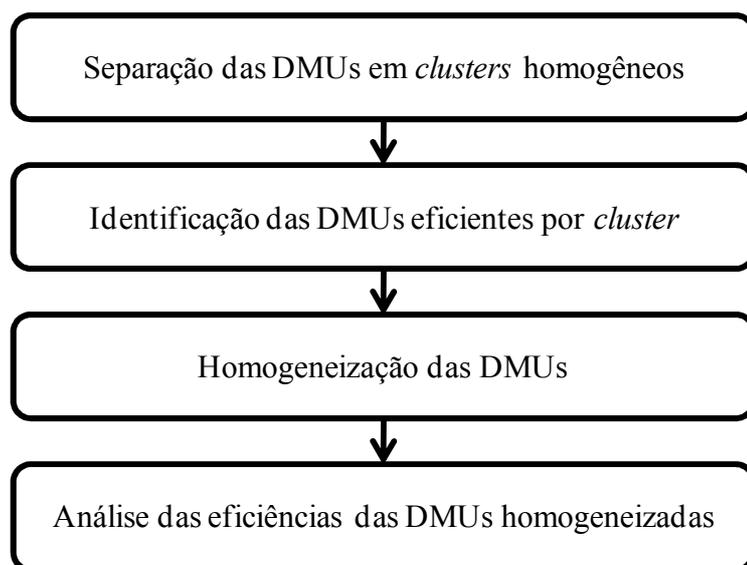


Figura 4.1 – Etapas do desenvolvimento deste estudo

O pressuposto para a homogeneização é que as DMUs eficientes de cada *cluster* possuem igualmente boa gestão e somente não são eficientes quando comparadas com DMUs de outros *clusters* devido às diferenças dos recursos que utilizam em função das distintas características dos *clusters*.

Para cálculo das eficiências foi utilizado o software SIAD (Sistema Integrado de Apoio à Decisão) versão 3.0, de Angulo Meza et al. (2005).

#### 4.6 RESULTADOS

As eficiências portuárias foram calculadas, primeiramente, para os quatro *clusters* definidos no item 4.4.

Em relação ao *cluster* Carga Geral, o terminal da Braskarne 2007, o porto do Rio de Janeiro 2007 e o terminal da Portocel 2007 foram 100% eficientes. O terminal da Braskarne, situado no município de Itajaí/SC, é um terminal da Seara Alimentos S.A, especializado na movimentação de produtos refrigerados, e apresenta os menores *inputs* dentre as DMUs deste *cluster*. De acordo com a característica de DEA apresentada no item 2.4.1 do Capítulo 2, no modelo BCC, a DMU que tiver o menor valor de um determinado *input* ou o maior valor de um certo *output* será eficiente. A esta DMU chamamos de eficiente por *default* ou eficiente à partida. Logo, o terminal da Braskarne foi eficiente por *default*. O porto organizado do Rio de Janeiro, por sua vez, também foi eficiente à partida por apresentar o maior valor de *output*.

Na Tabela 4.6 a seguir são apresentadas as eficiências de todas as DMUs do grupo Carga Geral.

DMU		EFICIÊNCIA
PORTO / TERMINAL	ANO	
BRASKARNE-SC	2007	1,000
RIO DE JANEIRO-RJ	2007	1,000
PORTOCEL-ES	2009	1,000
RIO DE JANEIRO-RJ	2008	0,981
VITÓRIA-ES	2007	0,961
PORTOCEL-ES	2008	0,910
PORTOCEL-ES	2007	0,857
VITÓRIA-ES	2008	0,856
ITAJAÍ-SC	2007	0,780
RIO DE JANEIRO-RJ	2009	0,757
BRASKARNE-SC	2008	0,589
VITÓRIA-ES	2009	0,565
ITAJAÍ-SC	2008	0,545
CHIBATÃO-AM	2008	0,526
PORTONAVE-SC	2009	0,497
SALVADOR-BA	2008	0,458
SALVADOR-BA	2009	0,372
BRASKARNE-SC	2009	0,369
SALVADOR-BA	2007	0,364
CHIBATÃO-AM	2009	0,352
PECÉM-CE	2007	0,271
PECÉM-CE	2009	0,247
PORTONAVE-SC	2008	0,245
ITAJAÍ-SC	2009	0,206
PECÉM-CE	2008	0,178
ANGRA DOS REIS-RJ	2008	0,062
NATAL-RN	2007	0,058
NATAL-RN	2008	0,054
ANGRA DOS REIS-RJ	2007	0,044
ANGRA DOS REIS-RJ	2009	0,020
PORTONAVE-SC	2007	0,016
MANAUS-AM	2007	0,013
MANAUS-AM	2009	0,001
MANAUS-AM	2008	0,000

Tabela 4.6 – Eficiência das DMUs do *cluster* Carga Geral

Já em relação ao *cluster* Granel Sólido, 8 DMUs foram 100% eficientes. Destas, 3 tratam-se de eficientes por *default*, o terminal Tubarão 2007, da VALE, por apresentar o maior *output* e o terminal Ultrafertil 2007, localizado em Cubatão/SP e responsável pela movimentação dos fertilizantes produzidos pela Ultrafertil desde o final dos anos 60 e o porto organizado de Porto Alegre/RS 2008, por apresentarem os menores *inputs*.

Os demais portos e terminais eficientes podem ser observados na Tabela 4.7 abaixo.

DMU			DMU		
PORTO / TERMINAL	ANO	EFICIÊNCIA	PORTO / TERMINAL	ANO	EFICIÊNCIA
ALUMAR-MA	2007	1,000	ALUMAR-MA	2009	0,436
MBR OU TIG (TERMINAL ILHA DA GUAÍBA)-RJ	2007	1,000	PONTA UBU-ES	2008	0,430
PONTA DA MADEIRA-MA	2009	1,000	PONTA UBU-ES	2007	0,406
PORTO ALEGRE-RS	2008	1,000	AREIA BRANCA-RN	2008	0,401
PORTO TROMBETAS (MRN)-PA	2008	1,000	ALUMAR-MA	2008	0,386
SÃO SEBASTIÃO-SP	2008	1,000	AREIA BRANCA-RN	2009	0,385
TUBARÃO-ES	2007	1,000	ITAGUAÍ-RJ	2007	0,371
ULTRAFÉRTIL-SP	2007	1,000	AREIA BRANCA-RN	2007	0,368
PONTA DA MADEIRA-MA	2008	0,991	MACEIÓ-AL	2008	0,287
PORTO TROMBETAS (MRN)-PA	2007	0,974	PRAIA MOLE-ES	2008	0,259
TUBARÃO-ES	2008	0,954	PRAIA MOLE-ES	2007	0,222
ULTRAFÉRTIL-SP	2008	0,887	TERMASA-RS	2009	0,207
PORTO ALEGRE-RS	2007	0,883	BIANCHINIS.A-RS	2009	0,163
PORTO TROMBETAS (MRN)-PA	2009	0,870	BIANCHINIS.A-RS	2008	0,161
PONTA DA MADEIRA-MA	2007	0,832	TERMASA-RS	2008	0,159
VILA DO CONDE-PA	2008	0,823	IMBITUBA-SC	2009	0,150
TUBARÃO-ES	2009	0,801	IMBITUBA-SC	2008	0,150
PARANAGUÁ-PR	2007	0,795	IMBITUBA-SC	2007	0,118
ULTRAFÉRTIL-SP	2009	0,790	RECIFE-PE	2007	0,095
MBR OU TIG (TERMINAL ILHA DA GUAÍBA)-RJ	2008	0,771	SANTARÉM-PA	2007	0,089
MBR OU TIG (TERMINAL ILHA DA GUAÍBA)-RJ	2009	0,751	SANTANA-AP	2007	0,086
VILA DO CONDE-PA	2009	0,738	RECIFE-PE	2008	0,079
VILA DO CONDE-PA	2007	0,718	RECIFE-PE	2009	0,073
PARANAGUÁ-PR	2008	0,683	SANTANA-AP	2009	0,065
PARANAGUÁ-PR	2009	0,648	SANTANA-AP	2008	0,063
SÃO SEBASTIÃO-SP	2009	0,624	ILHÉUS-BA	2007	0,055
SÃO SEBASTIÃO-SP	2007	0,586	SANTARÉM-PA	2009	0,053
ITAGUAÍ-RJ	2009	0,475	SANTARÉM-PA	2008	0,047
PONTA UBU-ES	2009	0,465	ILHÉUS-BA	2009	0,016
ITAGUAÍ-RJ	2008	0,451	ILHÉUS-BA	2008	0,012

Tabela 4.7 – Eficiência das DMUs do *cluster* Granel Sólido

O *cluster* Granel Líquido apresentou as seguintes DMUs 100% eficientes: o porto organizado de Belém/PA 2007, o terminal da Dow Química 2009, situado no Guarujá/SP, e os terminais da Petrobrás, Pier das Dunas 2008, situado no Rio Grande do Norte, Terminal Marítimo Almirante Soares Dutra 2009, situado no município de Tramandaí/RS e o Terminal Almirante Barroso, de São Sebastião/SP. Com exceção dos terminais Pier das Dunas e Almirante Soares Dutra, os demais são eficientes por *default*.

Os portos organizados de Maceió/AL 2007, Santos/SP 2009 e Porto Alegre/RS 2009, do *cluster* Misto, foram eficientes por *default*. Também desse grupo, o porto de Praia Mole

2009, no Espírito Santo, foi 100% eficiente. Esse porto privado é operado pela empresa capixaba Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST), e pelas siderúrgicas Usiminas e Açominas, ambas de Minas Gerais. Possui dois terminais, um de produtos siderúrgicos e outro de carvão, e acessos rodoviário e ferroviário.

Nas Tabelas 4.8 e 4.9 são apresentadas as eficiências de todas as DMUs dos *clusters* Granel Líquido e Misto, respectivamente.

DMU		EFICIÊNCIA
PORTO / TERMINAL	ANO	
BELÉM-PA	2007	1,000
DOW QUÍMICA-SP	2009	1,000
PÍER DAS DUNAS (PETROBRÁS)-RN	2008	1,000
TERMINAL ALMTE. BARROSO (PETROBRÁS)-SP	2007	1,000
TERMINAL MARÍTIMO ALMIRANTE SOARES DUTRA (PETROBRÁS)-RS	2009	1,000
TERMINAL ALMTE. BARROSO (PETROBRÁS)-SP	2009	0,993
TERMINAL ALMTE. BARROSO (PETROBRÁS)-SP	2008	0,954
BELÉM-PA	2009	0,938
BELÉM-PA	2008	0,895
TERMINAL MARÍTIMO ALMIRANTE SOARES DUTRA (PETROBRÁS)-RS	2007	0,890
DOW QUÍMICA-SP	2007	0,877
TERMINAL MARÍTIMO ALMIRANTE SOARES DUTRA (PETROBRÁS)-RS	2008	0,866
PÍER DAS DUNAS (PETROBRÁS)-RN	2009	0,858
DOW QUÍMICA-SP	2008	0,644
CUTRALE-SP	2009	0,450
CUTRALE-SP	2007	0,435
CUTRALE-SP	2008	0,411
ARATU-BA	2007	0,400
ARATU-BA	2008	0,341
ARATU-BA	2009	0,312

Tabela 4.8 – Eficiência das DMUs do *cluster* Granel Líquido

DMU		EFICIÊNCIA
PORTO / TERMINAL	ANO	
MACEIÓ-AL	2007	1,000
PORTO ALEGRE-RS	2009	1,000
PRAIA MOLE-ES	2009	1,000
SANTOS-SP	2009	1,000
SANTOS-SP	2008	0,989
RIO GRANDE-RS	2007	0,978
SANTOS-SP	2007	0,947
S. FRANCISCO DO SUL-SC	2007	0,930
MACEIÓ-AL	2009	0,893
S. FRANCISCO DO SUL-SC	2008	0,853
ITAQUI-MA	2008	0,776
S. FRANCISCO DO SUL-SC	2009	0,759
ITAQUI-MA	2007	0,757
ITAQUI-MA	2009	0,681
RIO GRANDE-RS	2008	0,555
RIO GRANDE-RS	2009	0,545
SUAPE-PE	2008	0,488
SUAPE-PE	2009	0,424
SUAPE-PE	2007	0,366
FORTALEZA-CE	2008	0,341
FORTALEZA-CE	2009	0,317
FORTALEZA-CE	2007	0,297
CABEDELO-PB	2009	0,219
CABEDELO-PB	2007	0,162
CABEDELO-PB	2008	0,153
NATAL-RN	2009	0,054

Tabela 4.9 – Eficiência das DMUs do *cluster* Misto

Após a análise por grupo, as DMUs 100% eficientes de cada um dos *clusters* iniciais formaram um quinto *cluster*, com 3 DMUs do grupo de Carga Geral, 8 Granel Sólido, 5 Granel Líquido e 4 do *cluster* Misto. Após aplicação do modelo DEA para esse quinto agrupamento, foram calculadas as medianas das eficiências das DMUs de cada um dos quatro *clusters* iniciais, como podem ser observadas na Tabela 4.10 abaixo:

CLUSTER	DMU		EFICIÊNCIA	MEDIANA
	PORTO / TERMINAL	ANO		
CARGA GERAL	BRASKARNE-SC	2007	1,000	0,4097
	PORTOCEL-ES	2009	0,410	
	RIO DE JANEIRO-RJ	2007	0,136	
GRANEL SÓLIDO	ALUMAR-MA	2007	1,000	1,0000
	MBR OU TIG (TERMINAL ILHA DA GUÁIBA)-RJ	2007	1,000	
	TUBARÃO-ES	2007	1,000	
	ULTRAFÉRTIL-SP	2007	1,000	
	PORTO TROMBETAS (MRN)-PA	2008	1,000	
	SÃO SEBASTIÃO-SP	2008	1,000	
	PONTA DA MADEIRA-MA	2009	1,000	
	PORTO ALEGRE-RS	2008	0,939	
GRANEL LÍQUIDO	BELÉM-PA	2007	1,000	0,7304
	TERMINAL MARÍTIMO ALMIRANTE SOARES DUTRA (PETROBRÁS)-RJ	2009	1,000	
	TERMINAL ALMTE .BARROSO (PETROBRÁS)-SP	2007	0,730	
	DOW QUÍMICA-SP	2009	0,134	
	PÍER DAS DUNAS (PETROBRÁS)-RN	2008	0,049	
MISTO	PORTO ALEGRE-RS	2009	1,000	0,6149
	SANTOS-SP	2009	1,000	
	MACEIÓ-AL	2007	0,230	
	PRAIA MOLE-ES	2009	0,192	

Tabela 4.10 – Mediana das eficiências das DMUs dos quatro *clusters*

Considerando o pressuposto descrito no item anterior, as 140 DMUs foram homogeneizadas dividindo-se os *outputs* pelas respectivas medianas de seu *cluster* para compensação das desvantagens existentes entre os *clusters*. Apenas as DMUs do grupo Granel Sólido não foram beneficiadas com a compensação, pois a mediana da eficiência deste *cluster* é igual a unidade. Vale ressaltar que optou-se pela utilização da mediana ao invés da média para eliminar o efeito das eficiências extremas.

Após a homogeneização, outro modelo DEA com as 140 unidades tomadoras de decisão foi rodado e assim pode-se calcular e comparar as eficiências de todos os portos independentemente do *cluster*.

Permaneceram 100% eficientes os seguintes portos e terminais: Braskarne - SC (2007), do *cluster* Carga Geral, Belém - PA (2007), Terminal Almt. Barroso – SP (2007) e Terminal Marítimo Almt. Soares Dutra – RS (2009), do *cluster* Granel Líquido, TIG - Terminal Ilha da Guaíba – RJ (2007), Tubarão – ES (2007), Ultrafértil – SP (2007), Porto de Trombetas – PA (2008), Porto de São Sebastião – SP (2008) e Ponta da Madeira – MA (2009), do agrupamento Granel Sólido e Porto Alegre – RS (2009) e Santos - SP (2009) do agrupamento Misto.

Por outro lado, alguns portos e terminais privados eficientes quando analisados dentro de um *cluster* homogêneo, perderam suas eficiências após o processo de homogeneização e análise de todas as DMUs conjuntamente, como pode ser observado na Tabela 4.11. Essa perda de eficiência é explicada pela utilização da mediana no processo de homogeneização das DMUs.

CLUSTER	DMUS EFICIENTES ANTES DA HOMOGENEIZAÇÃO	EFICIENTE APÓS A HOMOGENEIZAÇÃO?
CARGA GERAL	BRASKARNE-SC (2007)*	SIM
	PORTOCEL-ES (2009)	NÃO
	RIO DE JANEIRO-RJ (2007)*	NÃO
GRANEL SÓLIDO	ALUMAR-MA (2007)	NÃO
	MBR OU TIG (TERMINAL ILHA DA GUAÍBA)-RJ (2007)	SIM
	TUBARÃO-ES (2007)*	SIM
	ULTRAFÉRTIL-SP (2007)*	SIM*
	PORTO TROMBETAS (MRN)-PA (2008)	SIM
	SÃO SEBASTIÃO-SP (2008)	SIM
	PONTA DA MADEIRA-MA (2009)	SIM
	PORTO ALEGRE-RS (2008)*	NÃO
GRANEL LÍQUIDO	BELÉM-PA (2007)*	SIM
	TERMINAL MARÍTIMO ALMTE. SOARES DUTRA (PETROBRÁS)-RS (2009)	SIM
	TERMINAL ALMTE. BARROSO (PETROBRÁS)-SP (2007)*	SIM
	DOW QUÍMICA-SP (2009)*	NÃO
	PIER DAS DUNAS (PETROBRÁS)-RN (2008)	NÃO
MISTO	PORTO ALEGRE-RS (2009)*	SIM*
	SANTOS-SP (2009)*	SIM*
	MACEIÓ-AL (2007)*	NÃO
	PRAIA MOLE-ES (2009)	NÃO

\*Eficiente por *default*

Tabela 4.11 – DMUs eficientes antes e depois da homogeneização

#### 4.6.1 Análise da Eficiência Pós Homogeneização

O Porto de Santos – SP, que apresenta o maior *input* extensão total dos berços (11.042 metros), apresentou resultados bastante positivos no período analisado, eficiências de 95%, 99% e 100%, respectivamente em 2007, 2008 e 2009, como pode ser observado no Gráfico 4.1.

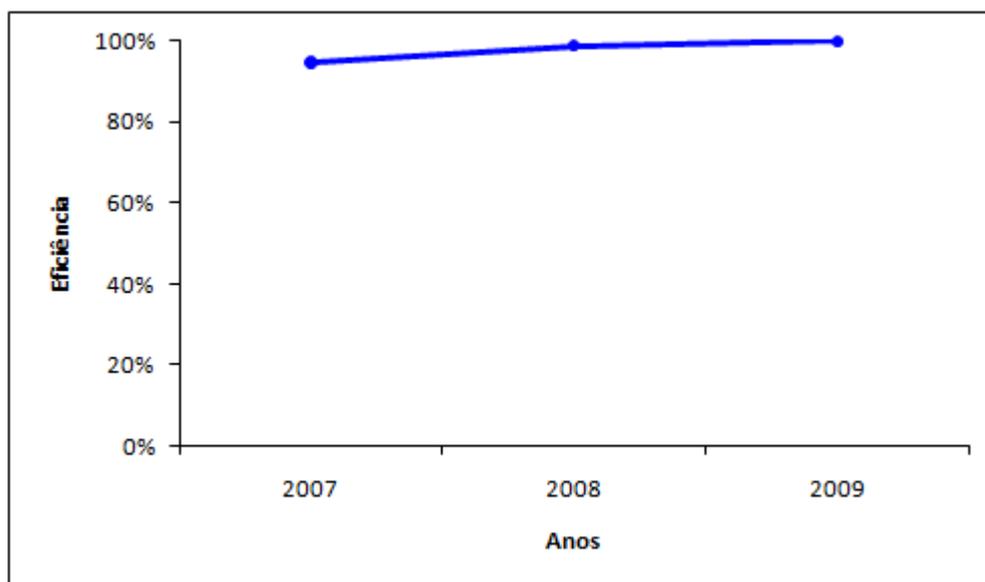


Gráfico 4.1 – Eficiências do Porto de Santos - SP no período de 2007 a 2009

O porto privativo de Trombetas, localizado no município de Oriximiná, no oeste do estado do Pará, tem como principal atividade a movimentação de bauxita da Mineração Rio do Norte (MRN). O principal destino dessa matéria-prima utilizada para a fabricação de alumina é a empresa Alunorte – Alumina do Norte do Brasil S.A., que está localizada no município de Barcarena, também no estado do Pará, e recebe a bauxita pelo porto de Vila do Conde.

Considerando o período analisado, a maior movimentação no porto de Trombetas ocorreu em 2008, aproximadamente 18 milhões de toneladas. Já em 2009, a movimentação total nesse porto sofreu uma redução de 13% e ficou em torno de 15,7 milhões de toneladas. Essa redução é explicada pela crise econômica internacional, que provocou uma redução de quase 50% no preço do alumínio, produto fabricado a partir da alumina. O Gráfico 4.2 mostra a queda na eficiência do porto privativo de Trombetas no ano de 2009.

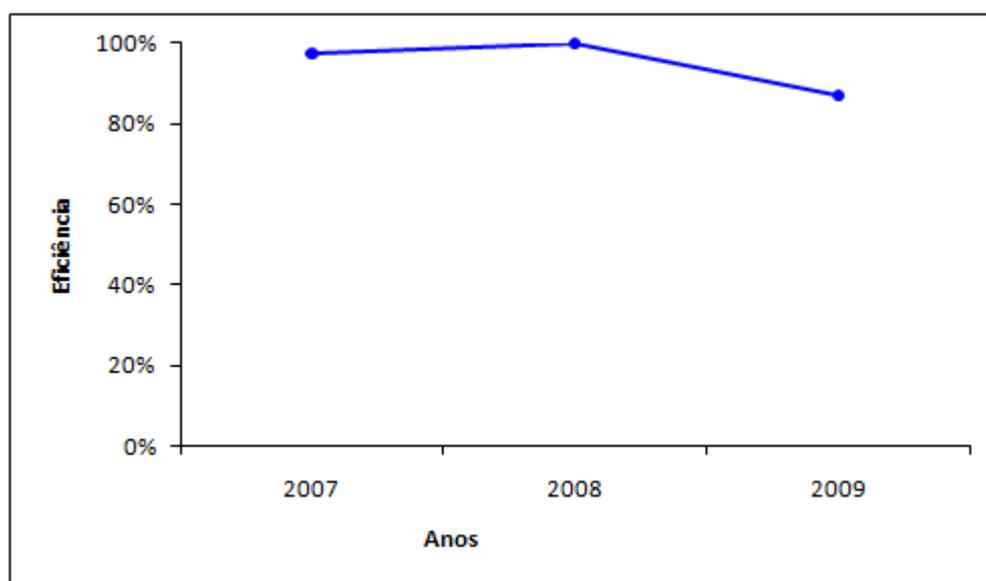


Gráfico 4.2 - Eficiências do porto de Trombetas/PA no período de 2007 a 2009

O terminal de uso privativo da Braskarne-SC, especializado na movimentação de produtos refrigerados, apesar de 100% eficiente no ano de 2007, apresentou uma queda de eficiência nos anos seguintes, 2008 e 2009. Isso se deve a redução considerável da movimentação total neste terminal. A Tabela 4.12 apresenta as quedas de eficiência desse terminal durante o período analisado.

	<i>Queda de Eficiência (%)</i>	
	<i>2007 para 2008</i>	<i>2007 para 2009</i>
Braskarne / SC	41,1	63,1

Tabela 4.12 – Quedas de eficiência do Terminal da Braskarne/SC

Vale ressaltar também os resultados encontrados para três terminais operados pela mineradora VALE, Terminal Ilha da Guaíba (TIG) no município de Mangaratiba/RJ, Tubarão em Vitória/ES e Ponta da Madeira (PDM) em São Luís/MA. Observam-se os efeitos da crise internacional nos resultados das suas eficiências. Um ponto aparentemente contraditório é o desempenho do terminal localizado em São Luís/MA que, apesar da crise econômica, apresentou volumes crescentes durante o período analisado. Isto pode ser explicado pela estratégia da mineradora, que priorizou a exportação de produtos com maior valor agregado oriundos do norte do país em detrimento dos minérios produzidos nas regiões sudeste e centro-oeste. No Gráfico 4.3 apresentado a seguir pode-se observar as eficiências destes três terminais no período de 2007 a 2009.

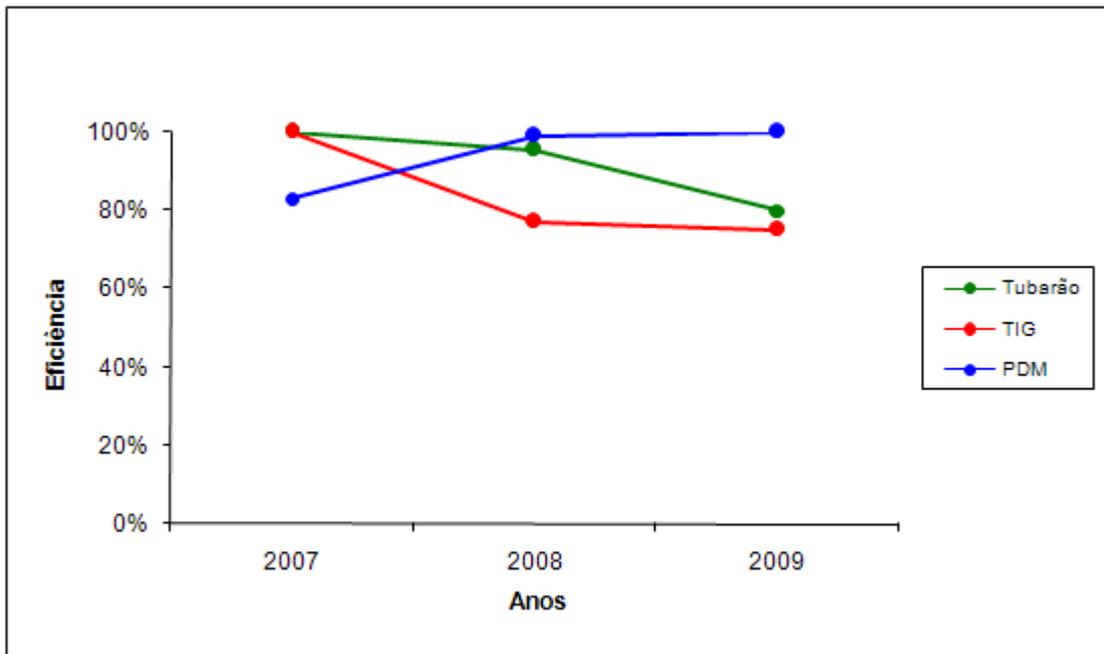


Gráfico 4.3 – Eficiências de Terminais da VALE no período de 2007 a 2009

Os terminais marítimos Alnte. Soares Dutra – RS e Alnte. Barroso - SP, operados pela Transpetro, empresa da Petróleo Brasileiro S.A - Petrobrás, apresentaram resultados bastante satisfatórios, como pode ser observado no Gráfico 4.4.

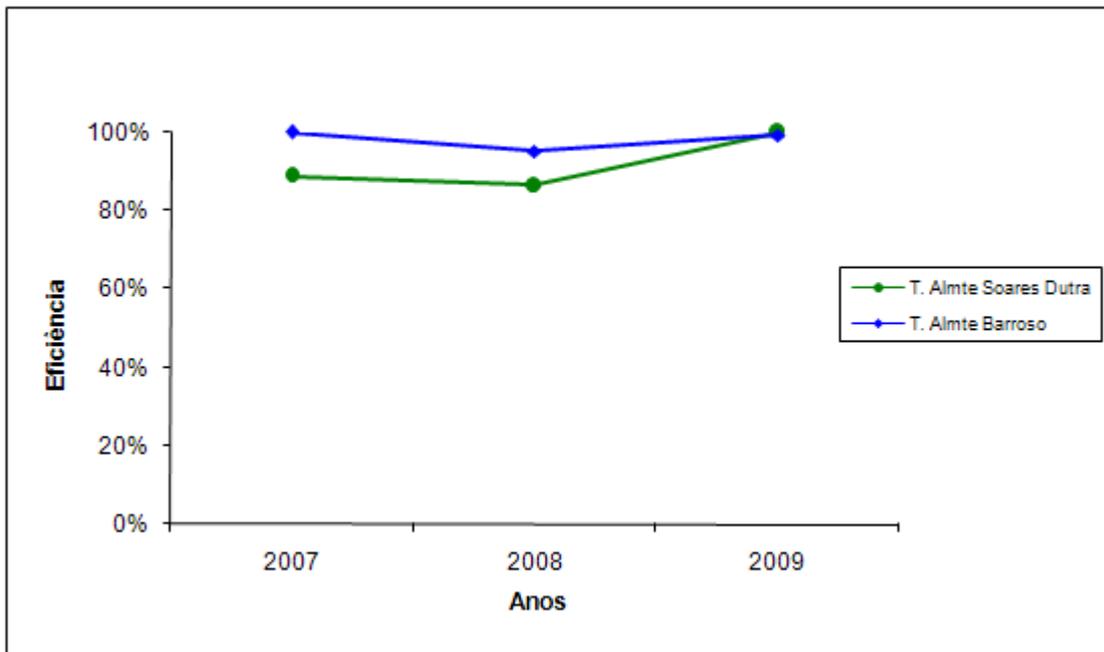


Gráfico 4.4 – Eficiências de terminais da Transpetro no período de 2007 a 2009

O terminal privativo Portonave em Navegantes/SC, mostrou-se ineficiente no período analisado. No entanto, esse terminal, especializado na movimentação de contêineres, apresenta uma tendência de aumento da eficiência e possui recursos para se tornar um terminal eficiente, ou seja, pode produzir muito mais com os mesmos recursos disponíveis atualmente. O terminal iniciou suas operações no último trimestre de 2007 e vêm desenvolvendo novos clientes e aumentando sua participação na movimentação de cargas containerizadas na região sul do país, onde tem como principal concorrente o TECONVI – Terminal de Contêineres do Vale de Itajaí. No Gráfico 4.5 são apresentadas as eficiências do terminal de contêineres de Navegantes.

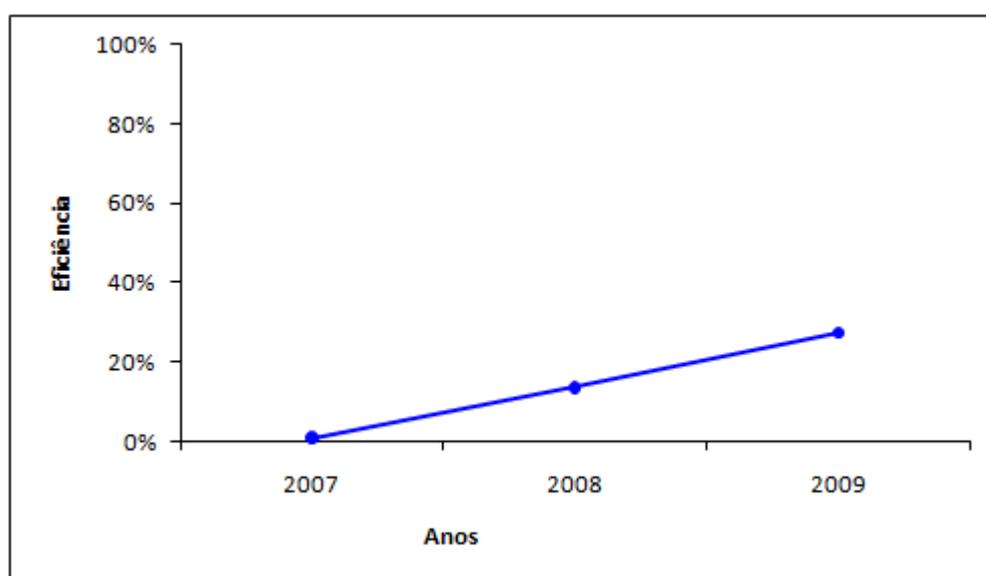


Gráfico 4.5 – Eficiência do terminal Portonave - SC no período de 2007 a 2009

O Porto de Itajaí no estado de Santa Catarina, usado principalmente para a exportação de carne congelada – especialmente de frango e suínos – e para importação de maquinário agrícola, apresentou-se como ineficiente no ano de 2007 - eficiência de 48,9% - e ainda sofreu quedas de eficiência nos dois anos subsequentes, como pode ser observado na Tabela 4.13.

	<i>Queda de Eficiência (%)</i>	
	<i>2007 para 2008</i>	<i>2007 para 2009</i>
Porto de Itajaí / SC	14,7	36

Tabela 4.13 – Quedas de eficiência do Porto de Itajaí/SC

Essa queda de eficiência é explicada pela crise econômica internacional que reduziu a movimentação das principais empresas que utilizam esse porto como canal de exportação ou importação de seus produtos, como Perdigão, Sadia, Seara, Diplomata e WEG. Além disso, a

movimentação no Porto de Itajaí foi intensamente prejudicada no final de 2008 e início de 2009 pela forte chuva que causou diversos danos às instalações do porto.

#### 4.6.2 Análise dos *Benchmarks*

Além de identificar as DMUs eficientes, os modelos DEA permitem medir e localizar a ineficiência e estimar uma função de produção linear por partes, que fornece o *benchmark* para as DMUs ineficientes (SOARES DE MELLO et al., 2003). Esse *benchmark* é determinado pela projeção das DMUs ineficientes na fronteira de eficiência. Classicamente, a forma como é feita esta projeção determina a orientação do modelo: orientação a *inputs* (quando se deseja minimizar os *inputs*, mantendo os valores dos *outputs* constantes) e orientação a *outputs* (quando se deseja maximizar os resultados sem diminuir os recursos). Conforme mencionado no item 4.5, neste estudo foi utilizada a orientação a *output*, pois se deseja maximizar os *outputs* sem alterar os recursos.

O porto privativo de Tubarão/ES no ano de 2007 e o porto público de Belém/PA também no ano de 2007 foram os que se apresentaram mais vezes como *benchmarks*.

A DMU Terminal Almirante Barroso no ano de 2007 só foi referência para as DMUs Terminal Almirante Barroso nos anos de 2008 e 2009. O mesmo ocorre para a DMU Porto de São Sebastião (2008), que foi *benchmark* somente do porto de São Sebastião nos anos de 2007 e 2009, e Porto Alegre (2009), que foi referência somente para o porto de Porto Alegre nos anos de 2007 e 2008.

Vale ressaltar que já era esperado que uma DMU eficiente em determinado ano fosse o *benchmark* da mesma DMU nos demais anos analisados, pois os *inputs* considerados nesse estudo permaneceram inalterados durante todo o período analisado.

Além disso, os *benchmarks*, por porto ou terminal, foram os mesmos nos três anos analisados. Por exemplo, as DMUS Aratu 2007, Aratu 2008 e Aratu 2009 tiveram os mesmos *benchmarks*, Terminal Almt. Soares Dutra 2009 (45,5%), Belém 2007 (27,3%), Tubarão 2007 (27,2%).

Na Tabela 4.14 é apresentado o número de vezes que cada DMU eficiente apresentou-se como *benchmark* para as DMUs ineficientes.

<i>DMU Eficiente</i>	<i>Número de vezes que apareceu como 'Benchmark'</i>
Tubarão – ES (2007)	87
Belém – PA (2007)	77
Terminal Alnte Soares Dutra – RS (2009)	59
Porto de Trombetas (MRN) – PA (2008)	28
Porto de Santos – SP (2009)	26
Ultrafértil – SP (2007)	15
Ponta da Madeira – MA (2009)	12
Braskarne – SC (2007)	7
Terminal Ilha da Guaíba – RJ (2007)	5
Terminal Alnte Barroso – SP (2007)	2
Porto de São Sebastião – SP (2008)	2
Porto Alegre – RS (2009)	2

Tabela 4.14 – Número de vezes que cada DMU eficiente foi *benchmark* para as ineficientes

Os *benchmarks* das DMUs Rio de Janeiro 2007, 2008 e 2009 foram, por exemplo, Santos - SP (74%), Belém – PA (17%) e Tubarão – ES (9%).

Esse resultado mostrou-se bastante interessante, pois apesar de mais de 70% da movimentação do porto do Rio de Janeiro ser referente ao tipo de carga ‘geral’, esse porto também movimenta tanto granel líquido como granel sólido. E o *benchmark* principal do porto do Rio de Janeiro foi o porto de Santos, inicialmente do *cluster* Misto e que apresenta *inputs* pouco maiores do que o porto do Rio de Janeiro e *outputs* significativamente maiores, o porto de Belém, inicialmente do *cluster* granel líquido e o terminal Tubarão, que foi agrupado como granel sólido antes do processo de homogeneização. Ou seja, apesar de inicialmente agrupado como carga geral, os *benchmarks* desse porto foram dos grupos granel sólido, granel líquido e misto, após a homogeneização.

O porto privado de Praia Mole possui como *benchmarks* o Porto de Belém no ano de 2007 (2,7%), o terminal Alnte. Soares Dutra no ano de 2009 (24,7%) e o porto de Tubarão no ano 2007 (72,6%). A gestão do porto de Tubarão realmente pode ser um importante alvo para o porto de Praia Mole, que possui uma extensão dos berços de 1.308m contra 1.646m de Tubarão, um calado de 17,2m enquanto que o de Tubarão é de 20m e uma movimentação de

carga de apenas aproximadamente 20% da movimentação de Tubarão. Ou seja, apesar de diferenças não significantes nos *inputs*, os *outputs* desses dois portos estão bastante distantes.

Apesar de especializado na movimentação de granel líquido, o terminal Alnte. Soares Dutra no ano de 2009 foi o principal alvo do terminal Portocel, especializado em celulose e de propriedade da Aracruz e Cenibra, duas das maiores empresas produtoras de celulose do Brasil. O terminal da Petrobrás, mesmo com *inputs* inferiores ao do Portocel, movimentou em 2009 um volume em toneladas quase 50% maior do que o movimentado pelo terminal de celulose.

A homogeneização das DMUs permitiu comparar portos e terminais com características distintas e ainda identificar *benchmarks* para as DMUs ineficientes não somente em relação aos portos com as mesmas características como também em relação a portos com especialidades distintas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu uma análise da eficiência de portos e terminais de uso privativo com características distintas a partir da prévia homogeneização das DMUs.

É importante destacar que cabe à administração do porto buscar mecanismos de gestão que permitam maior produtividade em suas operações e aumento da movimentação de cargas, como por exemplo:

- ✓ *Marketing* voltado para o mercado que pode ser atendido pelo porto;
- ✓ Desenvolvimento de parceiros comerciais, como indústrias e empresas de navegação;
- ✓ Investimentos em equipamentos modernos e apropriados para o tipo de carga movimentada no porto;
- ✓ Planejamento da programação dos navios, visando à otimização da movimentação de cargas;
- ✓ Seleção e treinamento de equipes de trabalhadores bem dimensionadas para a demanda;
- ✓ Investimentos em áreas adequadas de armazenamento de carga;
- ✓ Desenvolvimento de acessos ao porto que facilitem o recebimento e escoamento das cargas da área portuária.

Outras decisões, porém de caráter estratégico, também podem ser tomadas para alavancar a movimentação de carga em um porto: a especialização ou a diversificação do porto. Dependendo das características da região onde está inserido, um porto que movimenta diversos tipos de carga pode identificar oportunidades com a especialização dos seus berços.

Já outro porto, especializado na movimentação de um único tipo de carga, pode conquistar novas oportunidades no mercado com a diversificação de suas atividades.

Nesse sentido, vale ratificar que o pressuposto para a homogeneização realizada nesse estudo é que as DMUs eficientes de cada *cluster* possuem igualmente boa gestão e apenas não são eficientes quando analisadas juntamente com DMUs de outros grupos devido às diferenças dos recursos que utilizam em função das distintas características dos *clusters*.

Considerando o fato de que em torno de 90% dos produtos importados ou exportados pelo país passam pelos portos públicos ou pelos terminais de uso privativo, era de se esperar que as movimentações de cargas nessas instalações sofressem alterações com a crise mundial, que se iniciou no terceiro trimestre de 2008.

O que se pode constatar, entretanto, mediante a análise dos números de movimentação apresentados pela ANTAQ, foi que os efeitos da crise, para as instalações portuárias brasileiras, foram sentidos a partir do ano de 2009. Com algumas exceções, os portos brasileiros fecharam o ano de 2008 com crescimento na movimentação de cargas se comparados com o ano anterior, apesar de tal avanço ter sido bastante modesto.

As eficiências de alguns portos foram impactadas negativamente, como os terminais operados pela mineradora VALE, Tubarão e Terminal Ilha da Guaíba, o porto público de Itajaí e o porto privativo de Trombetas.

Por outro lado, a eficiência dos terminais marítimos Alnte. Soares Dutra – RS e Alnte. Barroso, os dois da Transpetro, uma das principais empresas responsáveis pela movimentação de granel líquido no país, não sofreram grandes variações durante o período analisado, o que pode ser uma evidência de que o setor petrolífero não foi atingido pela crise mundial. É importante destacar que os resultados desses terminais petrolíferos foram positivos com a utilização de variáveis operacionais e que outros resultados poderiam ser encontrados caso fossem utilizadas variáveis diferentes. Se fosse usado como *output*, por exemplo, o volume movimentado em dólares, talvez os resultados não fossem tão satisfatórios.

## 5.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Percebe-se um grande potencial de trabalhos futuros aplicando DEA para avaliar a eficiência portuária considerando a não homogeneidade das DMUs, já que a maioria dos trabalhos publicados utiliza grupos homogêneos para aplicação da metodologia. Sugere-se,

também, a utilização de técnicas matemáticas para formação dos *clusters* e a aplicação de modelos avançados em DEA, como modelos DEA com restrições aos pesos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, U. G. P.; GOMES, E. G.; LOPES, P. S.; TORRES, R. A.; SANTOS, H. N.. Avaliação sistêmica da introdução de tecnologias na pecuária de gado de corte do Pantanal por meio de modelos de análise envoltória de dados (DEA). *Revista Brasileira de Zootecnia / Brazilian Journal of Animal Science*, v. 37, p. 2069-2076, 2008.

ALI, A. I.; LERME, C. S. Comparative Advantage and Disadvantage in DEA. *Annals of Operations Research*, 1997, v. 73, p. 215-232.

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

ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E. G. ISYDS– Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistema Integrado de Apoio a Decisão): a software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional*, 2005, v.25, n.3, p. 493-503.

ANUÁRIOS ESTATÍSTICOS PORTUÁRIOS – Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br>>. Acesso em: 31 de março de 2010.

ARAYA, M. C. G. *Projeções Não Radiais em Regiões Fortemente Eficientes da Fronteira DEA – Algoritmos e Aplicações*. Rio de Janeiro, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 1984, v. 30, n. 9, p. 1078-1092.

BANKER, R. R.; MOREY, R. C. The use of categorical variables in data envelopment analysis. *Management Science*, 1986, v. 32, n. 12, p. 1613-1627.

BARROS, C. P., e ATHANASSIOU, M. Efficiency in european seaports with dea: Evidence from Greece and Portugal. *Maritime Economics and Logistics*, 6 (2), 2004, p. 122-140.

BIONDI NETO, L.; ANGULO MEZA, L.; SOARES DE MELLO, M. H. C.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Kohonen-DEA no agrupamento e determinação da eficiência comparada dos municípios do Rio de Janeiro. *XIII CLAIO Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa*, 2006, Montevideo. Anales del XIII Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa, 2006.

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

COELLI, T.; PRASADA RAO, D. S.; BATTESE, G. E. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Boston: Kluwer Academic Publishers. 1998.

COOK, W. D.; CHAI, D.; DOYLE, J.; GREEN, R. Hierarchies and groups in DEA. *Journal of Productivity Analysis*, 1998, v. 10, p. 177-198.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. Discretionary, non-discretionary and categorical variables. Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications and DEA-solver software. US: Kluwer Academic Publishers, Cap. 7, p. 183-219, 2000.

CORREIA, T. C. V. D.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Avaliação da eficiência das companhias aéreas brasileiras com modelo DEA nebuloso. CNT - Confederação Nacional do Transporte; ANPET - Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte. (Org.).

Transporte em Transformação XIII - Trabalhos vencedores do Prêmio CNT Produção Acadêmica 2008. Brasília: Gráfica Positiva, 2009, v., p. 199-215.

COSTA, F. M. B. M. Uma Aplicação do Método de Data Envelopment Analysis - DEA para Medir a Eficiência Operacional dos Terminais de Contêineres. *eGesta. Revista Eletrônica de Gestão de Negócios*, Brasil e Espanha, 2007, v. 3, p. 105 - 128.

DYSON, R. G.; ALLEN, R.; CAMANHO, A. S.; PODINOVSKI, V. V.; SARRICO, C. S.; SHALE, E. A. Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, 2001, v. 132, n. 2, p. 245–259.

ESTELLITA LINS, M. P.; ANGULO MEZA, L. Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão. Rio de Janeiro: Editora da COPPE/UFRJ. 2000.

ESTELLITA LINS, M. P.; MOREIRA, M. C. B. Método I – O Stepwise para Seleção de Variáveis em Modelos de Análise Envoltória de Dados. *Pesquisa Operacional*, 1999, v. 19, n. 1, p. 39-50.

FARREL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of Royal Statistical Society*, Series A, 1957, v. 120, n. 3, pp. 253-281.

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

GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; FREITAS, A. C. R. Análise de eficiência em agricultura com unidades em desvantagem competitiva. *X Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha - SPOLM 2007*, Rio de Janeiro. Anais do SPOLM 2007, 2007.

GOMES JUNIOR, S. F.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Avaliação dos pilotos no campeonato mundial de Fórmula 1 no ano de 2006 utilizando modelo DEA com restrições cone rattoo não arquimedianas. *S & G. Sistemas & Gestão*, v. 2 n3, p. 216-230, 2007.

HAAS, D. A.; MURPHY, F. H. Compensating for non-homogeneity in decision-making units in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, v. 144, n. 3, p. 530-544, 2003.

ITOH, H. Efficiency Changes at Major Container Ports in Japan: A Window Application of DEA, *Rurds*, v.14, n.2, 2002.

KAMAKURA, W. A. A note on “The use of categorical variables in data envelopment analysis”. *Management Science*, v. 34, n. 10, p. 1273-1276, 1988.

LETA, F. R.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; ANGULO MEZA, L. Métodos de melhora de ordenação em DEA aplicados à avaliação estática de tornos mecânicos. *Investigação Operacional*, 2005, v. 25.

MARTINEZ-BUDRIA, E., DIAZ-ARMAS, R., NAVARRO-IBANEZ, M. & RAVELOMESA, T. A study of the Efficiency of Spanish port authorities using Data Envelopment Analysis, *International Journal of Transport Economics*, v. 26, n. 2, pp. 237-253, 1999.

NANCI, L.C. ; SENRA, L.F.A.C. ; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Uso de DEA e técnicas de agrupamento na avaliação do desempenho de operadores logísticos - estudo de caso na entrega domiciliar de jornais. XIX ANPET, 2005, Recife. Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes 2005 - Anais do XIX ANPET. Rio de Janeiro: Anisio Brasileiro; Oswaldo C. da C. Lima Neto; Maria Leonor Alves Maia: Editores, 2005. v. 2. p. 1777-1787.

OSELEN, O. B. Some Unsolved Problems in Data Envelopment Analysis: A Survey. *International Journal of Production Economics*, 1995, v. 39, p. 5-36.

PIRES, L. S.; BERTOLOTO, R. F.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Análise da eficiência de portos de carregamento de minério de ferro. *Rio's International Journal on Sciences of Industrial and Systems Engineering and Management*, v. 3, p. pe094-01, 2009.

PODINOVSKI, V. V.; THANASSOULIS, E. Improving discrimination in data envelopment analysis: Some practical suggestions. *Journal of Productivity Analysis*, 28 (1-2), pp. 117-126, 2007.

PORTO PONTAL. Institucional. 2006. Disponível em: <<http://www.portopontal.com.br/institucional.aspx>>. Acesso em: 09 de maio de 2010.

ROLL, Y.; HAYUTH, Y. Port performance comparison applying DEA. *Maritime Policy and Management*, v. 20, n. 2, pp. 153-161, 1993.

ROUSSEAU, J. J.; SEMPLE, J. H. Categorical *outputs* in data envelopment analysis. *Management Science*; v. 39, n. 3; p. 384-386, 1993.

SAEN, R.F.; MEMARIANI, A.; LOTFI, F.H. Determining relative efficiency of slightly nonhomogeneous decision making units by data envelopment analysis: a case study in IROST. *Applied Mathematics and Computation*, v. 165, n. 2, p. 313-328, 2005.

SECRETARIA ESPECIAL DE PORTOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Sistema Portuário Nacional. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/>>. Acesso em: 09 de maio de 2010.

SENRA, L.F.A.C.; NANJI, L.C.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; ANGULO MEZA, L.. Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA. *Pesquisa Operacional*, v. 27, p. 191-207, 2007.

SMITH, P.. Model Misspecification in Data Envelopment Analysis. *Annals of Operations Research*, 1997, v. 73, p. 233-252.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; ANGULO MEZA, L.; GOMES, E. G.; BIONDI NETO, L. Curso de Análise de Envoltória de Dados. *XXXVII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 2005, Gramado. Anais do XXXVII SBPO, 2005.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; ANGULO MEZA, L.; GOMES, E. G.; SERAPIÃO, B. P.; LINS, M. P. E. Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos *benchmarks* para companhias aéreas brasileiras. *Pesquisa Operacional*, v. 23, p. 325, 2003.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; ANGULO MEZA, L.; LINS, M. P. E. Selección de variables para el incremento del poder de discriminación de los modelos DEA. *Revista de La Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, 2004, v. 24, p. 40-52.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, M. H. C.; LINS, M. P. E. Método Multicritério para seleção de variáveis em modelos DEA. *Pesquisa Naval*, 2002, v. 15, p. 55-66.

TONGZON, J. Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis. *Transportation Research*, Part A 35, Elsevier, 2001, p. 107–122.

TURNER, H., WINDLE, R., DRESNER, M. North American container port productivity. *Transportation Research*, part E, 2004, v. 40, p. 339-356.

VALENTINE, VC e GRAY, R. The measurement of port efficiency using data envelopment analysis. *Proceedings of the Ninth World Conference on Transport Research*, Seoul, 22–27 July, 2001.

XIAO, M. D.; LI, C. D. Study of DEA and its application with non-homogeneity decision making units. *Xi Tong Gong Cheng Yu Dian Zi Ji Shu/Systems Engineering and Electronics*, v. 29, n. 1, p., 57-59, 2007.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)