

2. Revisão bibliográfica

PATRÍCIO (2005) apresenta um modelo de simulação no software ARENA para análise de regras de atracação de berços em terminais de contêineres. Trata-se de um modelo específico, elaborado com base na análise de dados reais de chegada de navios portas-contêiner em um terminal especializado em contêineres no porto de Santos.

BARRETO (2007) apresenta trabalho que tem com objetivo o desenvolvimento de uma metodologia para avaliar a eficiência dos principais terminais de contêineres do Brasil e internacionais, utilizando o método quantitativo Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA).

O trabalho de CAZUZA, NOBRE, PRATA (2008), teve como objetivo elaborar um modelo para a medição da eficiência relativa dos portos da região Nordeste do Brasil, adotando o modelo DEA orientado a inputs.

MADEIRO, M. PENA, GUERREIRO (2008) compara o modelo utilizado por Rios, Maçada e Backer (2004) para avaliação da eficiência de terminais portuários com o modelo proposto que utiliza metodologia de simulação de restrição aos pesos chamada DMU's artificiais.

Três dos trabalhos citados fazem referência ao uso da metodologia DEA de análise de eficiência. A revisão prossegue na seção 2.1 com foco no método DEA.

2.1. Método data envelopment analysis (DEA)

Charnes, Cooper e Rhodes (1978), formularam e desenvolveram o modelo DEA que é uma técnica de pesquisa operacional para obter a eficiência relativa entre operações ou atividades do mesmo ramo sendo avaliados pelos mesmos conjuntos de inputs e outputs, através de um modelo matemático que consiste na razão entre soma ponderada dos dados de saída (outputs) pelos dados de entrada (inputs). O peso de cada input e output é determinado pelas DMU's (decision making units), ou seja, as atividades das unidades para quais se quer obter a eficiência relativa. Charnes, Cooper e Rhodes (1978) argumentam que cada unidade individual possui um sistema de valores particular e por si só tem

legitimidade para definir seu próprio conjunto de pesos, no sentido de maximizar sua eficiência.

Para Banker, Charnes e Cooper (1984), a DEA é um método de avaliação não paramétrico que otimiza individualmente cada uma das observações, uma em relação às demais, para assim determinar a fronteira de eficiência. Por isso, a fronteira de eficiência determina qual é a eficiência máxima, cabendo às DMU's - dependendo da orientação do modelo - multiplicar os inputs ou outputs para que esses cheguem à eficiência máxima.

O DEA tem como modelo originário o CCR, que trabalha com a fronteira de eficiência que indica que variações nos inputs resultarão em variações proporcionais nos outputs (Barreto, 2007). Outra forma de analisar o DEA é com o modelo BBC que resume retornos variáveis, desconsiderando a proporcionalidade entre os insumos e os produtos (Barreto, 2007).

Tabela 02 – DEA

Minimização de inputs - CCR-I	Maximização de Outputs - CCR-O
<p style="text-align: center;">Primal (Multiplicadores)</p> $\text{Max } h_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0}$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} = 1$ $\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \quad K = 1, 2, \dots, n$ $u_j e v_i \geq 0 \quad \forall j, i$ <p style="text-align: center;">Dual (Envelope)</p> $\text{Min } \theta$ <p>Sujeito a:</p> $\theta x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad i = 1, \dots, r$ $-y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, s$ $\lambda_k \geq 0 \quad \forall k$	<p style="text-align: center;">Primal (Multiplicadores)</p> $\text{Min } h_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0}$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{i=1}^r u_j y_{jk} = 1$ $\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} \leq 0, \quad K = 1, 2, \dots, n$ $u_j e v_i \geq 0 \quad \forall j, i$ <p style="text-align: center;">Dual (Envelope)</p> $\text{Max } \theta$ <p>Sujeito a:</p> $-\theta y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad i = 1, \dots, s$ $x_{i0} + \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, r$ $\lambda_k \geq 0 \quad \forall k$

onde: h_0 e θ – eficiência;

u_j, v_i – pesos de outputs e inputs respectivamente;

x_{ik}, y_{jk} – inputs i e outputs j da DMU_k ;

x_{i0}, y_{j0} – inputs i e outputs j da DMU_0 ;

λ_k – k -ésima coordenada da DMU_0 em uma base formada pelas DMU 's de referência.

A aplicação da metodologia, segundo BADIN (1998), deve considerar três fases no estudo de medida de eficiência, usando a abordagem DEA, a saber: a definição e seleção das $DMUs$ para análise; a determinação dos inputs e dos outputs relevantes e apropriados para avaliar a eficiência relativa das $DMUs$ selecionadas e aplicação dos modelos DEA e análise dos resultados.