

# **Método multicriterial de apoio à decisão: uma aplicação da Análise Envoltória de Dados como alternativa para a apuração dos resultados no ambiente de Gestão Simulada**

Iuri Guarino Silveira Dutra (ECHSVR/UFF) [iuriguarino@gmail.com](mailto:iuriguarino@gmail.com)

Ilton Curty Leal Junior (ECHSVR/UFF) [corporium.ilton@gmail.com](mailto:corporium.ilton@gmail.com)

Pauli Adriano de Almada Garcia (ECHSVR/UFF) [pauliadriano@gmail.com](mailto:pauliadriano@gmail.com)

Rodrigo Carlos Marques Pereira (ECHSVR/UFF) [rodrigocmp@gmail.com](mailto:rodrigocmp@gmail.com)

## **RESUMO**

*Este trabalho apresenta uma alternativa para a análise dos resultados de cinco empresas simuladas, gerenciadas por alunos de um curso de graduação. A fim de propor uma alternativa para a apuração dos resultados no ambiente de gestão simulada, foi selecionada uma amostra de variáveis que representam, de modo geral, o desempenho de cada empresa. Para realizar a análise dos resultados destas empresas, utilizar-se-á um método multicriterial de apoio à decisão com aplicação da Análise Envoltória de Dados.*

Palavras-Chave: Método multicriterial; Análise Envoltória de Dados; Gestão Simulada.

## **1. INTRODUÇÃO**

O conjunto de métodos multicriteriais de apoio à decisão, originados a partir da Pesquisa Operacional, estruturam, analisam e oferecem suporte para o processo de tomada de decisão, que tem sido amplamente utilizado em todo o mundo em diversas aplicações, tais como para auxiliar análises de custo-benefício na alocação de recursos, resolução de conflitos, localização de aeroportos, planejamento de tráfego, entre outros.

Com este trabalho, será apresentada uma alternativa para a apuração dos resultados de cinco empresas simuladas, gerenciadas por alunos de um curso de graduação, por meio de aplicação da Análise Envoltória de Dados. Os dados utilizados para a aplicação com a Análise Envoltória de Dados consistem na média dos valores das variáveis que representam, de modo geral, o desempenho obtido por cada empresa, em 8 rodadas de simulação organizacional.

Considera-se que todas as empresas concorrem dentro do mesmo cenário macroeconômico e dispõe, inicialmente, dos mesmos recursos, cabendo a cada uma gerí-los de modo a obter os melhores resultados.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. MÉTODO MULTICRITERIAL DE APOIO À DECISÃO**

Existe um conjunto de métodos multicriteriais, originados da Pesquisa Operacional, que estruturam, analisam e oferecem suporte para auxiliar o processo de tomada de decisão, que tem sido amplamente utilizado em todo o mundo com várias aplicações, tais como para auxiliar análises de custo-benefício na alocação de recursos, resolução de conflitos, localização de aeroportos, planejamento de tráfego, entre outros (SAATY, 1991).

A abordagem multicriterial de apoio à decisão pode ser caracterizada como um conjunto de métodos que buscam tornar claro um problema, no qual as alternativas são

avaliadas com base em múltiplos critérios, os quais, na maioria dos casos, são conflitantes (GOMES *et al.*, 2002 *apud* HELMANN e MARÇAL, 2007).

Os métodos de apoio multicriterial à decisão têm um lado científico, mas, ao mesmo tempo, podem considerar aspectos subjetivos, apresentando consigo a capacidade de agregar todas as características consideradas importantes, inclusive as não quantitativas, com o objetivo de permitir a transparência e a sistematização do processo referente aos problemas de tomada de decisões (GOMES *et al.*, 2004 *apud* HELMANN e MARÇAL, 2007).

Neste contexto, os métodos multicriteriais objetivam auxiliar analistas e decisores em situações onde há a necessidade de identificação de prioridades entre os vários critérios a serem considerados, de modo a apoiar e conduzir os decisores na avaliação e escolha da melhor alternativa para a tomada de decisão. As variáveis de decisão consistem do conjunto de decisões factíveis e não-factíveis para um dado problema. Ademais, estes métodos reconhecem a subjetividade como inerente aos problemas de decisão e utilizam julgamentos de valor para tratá-las cientificamente. Os elementos essenciais a qualquer problema multicriterial constituem de:

- a) Decisores: quem faz as escolhas e assume as preferências, grupos de pessoas, ou especialistas no assunto abordado;
- b) Analista: quem interpreta e quantifica as opiniões dos decisores, estrutura o problema, elabora o modelo matemático e apresenta os resultados para a decisão;
- c) Modelo: conjunto de operações matemáticas capazes de transformar as preferências dos decisores em um resultado quantitativo;
- d) Alternativas: ações globais e independentes que visam à solução do problema;
- e) Critérios/atributos: os atributos são as ferramentas que permitem a comparação entre as diversas alternativas. Quando se aplica uma escala de valor ao atributo, a partir da preferência do decisor, tem-se o critério.

Entre os diversos métodos multicriteriais de apoio à decisão, pode-se identificar: os modelos aditivo, que geram um critério único de síntese (*Multiple Attribute Utility Theory – MAUT; Analytic Hierarchy Process – AHP*) e os métodos de sobreclassificação, ou *outranking methods* (ELECTRE e PROMÉTHÉE). Esses modelos e métodos seguem duas principais vertentes, a *Multiple Criteria Decision Making – MCDM* e a *Multicriteria Decision Aid – MCDA*, sendo da Escola Americana e Européia, respectivamente. A adoção de um desses modelos é, normalmente, justificada por argumentos ditados pela natureza do problema a analisar.

Neste sentido, apresentar-se-á um método multicriterial de apoio à decisão com aplicação da Análise Envoltória de Dados, que visa avaliar a eficiência relativa entre unidades comparáveis, utilizando um modelo matemático não-paramétrico de programação linear (CHARNES *et al.*, 1996).

## 2.2. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

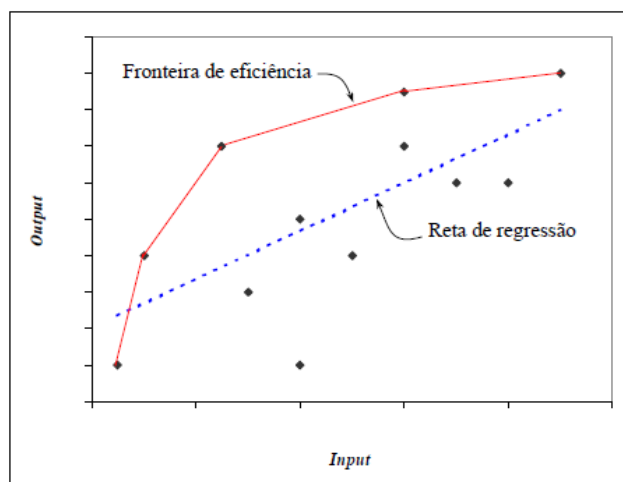
O modelo da Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*), consiste de uma abordagem não paramétrica, baseada em programação matemática, que permite comparar a eficiência entre as unidades de tomada de decisão (*Decision Making Units – DMUs*). Além da eficiência, com a *DEA* se obtém alvos a serem atingidos pelas *DMUs* não eficientes, para que atinjam tal eficiência. Os alvos podem representar menor utilização da(s) entrada(s) (orientação a *input*), ou aumento da(s) saída(s) (orientação a *output*) de determinado processo (SOARES DE MELLO *et al.*, 2005).

A eficiência visa comparar a relação entre *outputs* e *inputs* de cada *DMU* em análise, ou seja, compara o que foi produzido (*output*), dados os recursos (*inputs*) disponíveis. As *DMUs* devem realizar as mesmas tarefas, sob as mesmas condições, e ter em comum as mesmas variáveis, ou seja, os mesmos *inputs* e *outputs*, mas cada variável pode estar em uma unidade de medida diferente. Portanto, não há a necessidade de converter diferentes *inputs* e *outputs* numa mesma unidade de medida, como, por exemplo, em unidades monetárias (LINS e MEZA, 1999).

Outra característica da *DEA* está relacionada com a atribuição de pesos às variáveis, sem necessidade de nenhuma informação a priori. Isto se deve a cada *DMU* ser autônoma na tomada de decisões. Desta forma, elas podem atribuir valores livremente às suas variáveis, de maneira que sua eficiência seja a maior possível. Logo, quando uma *DMU* for considerada ineficiente, será por não ter conseguido nenhuma combinação de suas variáveis que fornecesse um índice de eficiência igual, ou superior, às demais (SOARES DE MELLO *et al.*, 2005).

Segundo Lins e Meza (1999), a *DEA* difere dos métodos baseados em avaliação estritamente financeira, que necessitam converter todas as entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) em unidades monetárias. Os índices de eficiência são baseados em dados reais, e não em fórmulas teóricas. Considera a possibilidade de que os *outliers* não representem apenas desvios em relação ao comportamento “médio”, mas possíveis *benchmarks* a serem estudados pelas demais *DMUs*. Ao contrário das abordagens paramétricas tradicionais, a *DEA* otimiza cada observação individual com o objetivo de determinar uma fronteira que compreende um conjunto de *DMUs* eficientes.

A figura 1 ilustra, para o caso de apenas 1 *output* e 1 *input*, a fronteira de eficiência *DEA* e a reta de regressão.



**Figura 1:** Ilustração da fronteira de eficiência *DEA* (abordagem não paramétrica) e da reta de regressão (técnica paramétrica).

**Fonte:** SOARES DE MELLO *et al.* (2005).

Os *benchmarks* são, portanto, projetados na fronteira de eficiência e a forma desta fronteira é determinada pela orientação do modelo: (i) orientação a *inputs*, quando a eficiência é atingida por meio da redução das entradas (*inputs*) e manutenção das saídas (*outputs*); e (ii) orientação a *outputs*, quando se deseja aumentar as saídas (*outputs*) sem alterar as entradas (*inputs*). Há também formas híbridas nas quais, para alcançar a eficiência, há a redução de *inputs* e aumento de *outputs*, simultaneamente (SOARES DE MELLO *et al.*, 2005).

Este trabalho apresenta o modelo *DEA* CCR com orientação a *output* por suas características serem consideradas adequadas à aplicação neste estudo de caso. Outros

modelos *DEA*, suas orientações e demais características podem ser vistas em Soares de Mello *et al.* (2005).

### 2.2.1. MODELO CCR ORIENTADO A *OUTPUT*

O modelo CCR, igualmente conhecido como modelo *CRS* – *Constant Returns to Scale*, apresentado originalmente por Charnes *et al.* (1978 *Apud* CHARNES *et al.*, 1996), constrói uma superfície linear por partes, não paramétrica, envolvendo os dados. Trabalha com retornos constantes de escala, ou seja, qualquer variação nas entradas (*inputs*) produz variação proporcional nas saídas (*outputs*).

Este modelo determina a eficiência pela otimização da divisão entre a soma ponderada das saídas (*output* virtual) e a soma ponderada das entradas (*input* virtual) generalizando, assim, a definição de Farrell (1957). O modelo permite que cada unidade tomadora de decisão (*Decision Making Unit* – *DMU*) escolha os pesos para cada variável (entrada, ou saída) da forma que lhe for mais benevolente, desde que esses pesos aplicados às outras *DMUs* não gerem uma razão superior a 1. Estas condições são formalizadas nas equações (1):

$$\text{Max } h_0 = \frac{\sum_{y=1}^s V_y O_{y0}}{\sum_{x=1}^r U_x I_{x0}} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{y=1}^s V_y O_{yk}}{\sum_{x=1}^r U_x I_{xk}} \leq 1, k = 1, \dots, n$$

$$U_x, V_y \geq 0, \forall x, y$$

Onde,

$h_0$  = eficiência da *DMU*o;

$r$  = número total de *Inputs*;

$s$  = número total de *Outputs*;

$n$  = número total de *DMUs*;

$I_{xk}$  = nível do *Input* x para a *DMU*k; k = 1, ..., n

$O_{yk}$  = nível do *output* y para a *DMU*k; k = 1, ..., n

$U_x$  = peso associado ao *Input* x;

$V_y$  = peso associado ao *Output* y.

Este 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. Esta formulação do modelo CCR (2) é chamada Modelo dos Multiplicadores com orientação a *output*, pois deseja-se aumentar as saídas (*outputs*) sem alterar as entradas (*inputs*), sendo o conjunto de pesos denominado de multiplicadores. Neste modelo, as variáveis de decisão são os pesos  $U_x$  e  $V_y$ .

$$Max \quad h_0 = \sum_{y=1}^s V_y O_{y0} \quad (2)$$

Sujeito a:

$$\sum_{x=1}^r U_x I_{x0} = 1$$

$$\sum_{y=1}^s V_y O_{yk} - \sum_{x=1}^r U_x I_{xk} \leq 0, k = 1, \dots, n$$

$$U_x, V_y \geq 0, \forall_{x,y}$$

Onde:

$h_0$  = eficiência da *DMUo*;

$r$  = número total de *Inputs*;

$s$  = número total de *Outputs*;

$n$  = número total de *DMUs*;

$I_{xk}$  = nível do *Input*  $x$  para a *DMUk*;  $k = 1, \dots, n$

$O_{yk}$  = nível do *output*  $y$  para a *DMUk*;  $k = 1, \dots, n$

$U_x$  = peso associado ao *Input*  $x$ ;

$V_y$  = peso associado ao *Output*  $y$ .

### 2.3. LABORATÓRIO DE GESTÃO

A típica atividade no Laboratório de Gestão leva em conta três elementos que se encadeiam para a obtenção do aprendizado: (i) o simulador organizacional, (ii) o jogo de empresas; e (iii) a pesquisa aplicada (SAUAIA *et al.*, 2008).

(i) Simulador organizacional: representa um instrumento didático constituído por um conjunto de regras econômicas a serem praticadas para exercitar teorias, conceitos e técnicas. Tem, por finalidade, propiciar a tomada de decisão e, em seguida, o exame dos resultados produzidos, dadas as condições iniciais das variáveis do simulador e as relações de causa e efeito sob teste, apoiando o jogo de empresas.

(ii) Jogo de empresas: um jogo de empresas se inicia com a ajuda de uma exposição oral das regras do simulador, geralmente descritas em um manual do participante, cuja leitura é verificada de maneira objetiva por meio de testes escritos. Logo, tanto melhor será um jogo de empresas, quanto mais simples, claro e objetivo for o modelo econômico, visto que o tempo disponível e a complexidade dificultam a assimilação das regras do jogo.

(iii) Pesquisa aplicada: no papel de gestor no jogo de empresas e tendo assumido a responsabilidade por uma das áreas funcionais, cada participante é convidado a eleger um problema gerencial e investigá-lo profundamente, com o objetivo de identificar maneiras de aplicar teorias, modelos e conceitos, visando adicionar valor à sua empresa simulada.

## 3. DENSENVOLVIMENTO

### 3.1. DADOS PARA ANÁLISE

Os dados utilizados para a aplicação com a Análise Envoltória de Dados consistem na média dos resultados obtidos por cada empresa do ambiente de gestão simulada, em 8 rodadas

de simulação organizacional. Considera-se que todas as empresas concorrem dentro do mesmo cenário e possuem, inicialmente, os mesmos recursos, cabendo a cada uma geri-los de modo a obter os melhores resultados.

Dentre as variáveis disponíveis, foi selecionada uma amostra que representa, de modo geral, o desempenho de cada empresa. São elas: (i) o Patrimônio Líquido Econômico, (ii) a Quantidade Vendida, (iii) o Estoque de Produtos Acabados, (iv) a Participação de Mercado, e (v) a Demanda Não-Atendida, conforme tabela 1.

**Tabela 1:** Valores médios das 8 primeiras rodadas.

| Empresa  | Patrimônio Líquido (R\$) | Vendas (Und.) | Estoque (Und.) | Participação de Mercado (%) | Demanda Não Atendida (Und.) |
|----------|--------------------------|---------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ICON     | \$ 10.231.051,25         | 562.127       | 74.375         | 21%                         | 31.513                      |
| TUPITECH | \$ 10.415.501,75         | 849.777       | 58.133         | 29%                         | 35.328                      |
| CONNECT  | \$ 10.552.382,50         | 406.235       | 42.638         | 15%                         | 78.568                      |
| PODIUM   | \$ 10.140.897,13         | 431.310       | 57.159         | 16%                         | 92.609                      |
| REDENTOR | \$ 10.470.121,25         | 536.700       | 98.898         | 19%                         | 58.417                      |

### 3.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os valores considerados correspondem às médias dos resultados obtidos em cada rodada de simulação organizacional. As variáveis consideradas são apenas uma amostra dos resultados fornecidos pela simulação, ou seja, não foram considerados os resultados de todas as variáveis, mas sim uma amostra que representa o resultado geral de cada empresa e permite a aplicação da Análise Envoltória de Dados.

Atributos segundo a classificação “quanto maior, melhor” (*outputs*):

- a) Patrimônio Líquido, em R\$;
- b) Quantidade Vendida, em unidades;
- c) Participação de Mercado, em termos percentuais.

Atributos segundo a classificação “quanto menor, melhor” (*inputs*):

- a) Estoque, em unidades;
- b) Demanda Não-Atendida, em unidades.

Os resultados obtidos com a aplicação da Análise Envoltória de Dados encontram-se nas tabelas 2, 3 e 4. As empresas com destaque em negrito obtiveram 100% de eficiência. A tabela 2 apresenta a eficiência das empresas simuladas após a aplicação da Análise Envoltória de Dados, de acordo com as variáveis consideradas.

**Tabela 2:** Eficiência das empresas após aplicação da Análise Envoltória de Dados.

| Posição | Empresas        | Eficiência (%) |
|---------|-----------------|----------------|
| 1       | <b>CONNECT</b>  | <b>100,00%</b> |
|         | <b>TUPITECH</b> | <b>100,00%</b> |
| 2       | PODIUM          | 87,93%         |
| 3       | ICON            | 64,51%         |
| 4       | REDENTOR        | 47,61%         |

Na tabela 3, os valores que constam nas colunas, referentes a cada variável, para cada empresa, correspondem ao que deverá ser alcançado por cada empresa, ou seja, representam

os alvos, ou metas, para que seja atingida a maior eficiência na utilização dos recursos. Para as empresas 100% eficientes, destacadas em negrito, os alvos correspondem aos valores já estabelecidos, sem necessidade de qualquer alteração.

**Tabela 3:** Resultado-alvo obtido com a aplicação da Análise Envoltória de Dados, em termos totais.

| Empresas        | Patrimônio Líquido (R\$) | Quantidade Vendida (Und.) | Estoque (Und.) | Participação de Mercado (%) | Demanda Não atendida (Und.) |
|-----------------|--------------------------|---------------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>CONNECT</b>  | <b>R\$ 10.552.382,50</b> | <b>406.235</b>            | <b>42.638</b>  | <b>15%</b>                  | <b>78.568</b>               |
| <b>TUPITECH</b> | <b>R\$ 10.415.501,75</b> | <b>849.777</b>            | <b>58.133</b>  | <b>29%</b>                  | <b>35.328</b>               |
| PODIUM          | R\$ 14.146.287,01        | 544.589                   | 57.158         | 20%                         | 105.327                     |
| ICON            | R\$ 15.859.036,10        | 898.437                   | 74.374         | 32%                         | 90.994                      |
| REDENTOR        | R\$ 21.992.317,42        | 1.127.328                 | 98.898         | 40%                         | 137.339                     |

A tabela 4 apresenta, em termos percentuais, o quanto deverá ser alterado em cada variável, para cada empresa, a fim de atingir a maior eficiência. As alternativas 100% eficientes apresentam alvos nulos por não necessitarem alterar os valores de suas variáveis.

**Tabela 4:** Resultado-alvo obtido com a aplicação da Análise Envoltória de Dados, em termos percentuais.

| Empresas        | Patrimônio Líquido (%) | Quantidade Vendida (%) | Estoque (%) | Participação de Mercado (%) | Demanda não atendida (%) |
|-----------------|------------------------|------------------------|-------------|-----------------------------|--------------------------|
| <b>CONNECT</b>  | <b>0</b>               | <b>0</b>               | <b>0</b>    | <b>0</b>                    | <b>0</b>                 |
| <b>TUPITECH</b> | <b>0</b>               | <b>0</b>               | <b>0</b>    | <b>0</b>                    | <b>0</b>                 |
| PODIUM          | 39,50%                 | 26,30%                 | 0           | 25,60%                      | 0                        |
| ICON            | 55,00%                 | 59,80%                 | 0           | 55,00%                      | 0                        |
| REDENTOR        | 110,00%                | 110,00%                | 0           | 110,90%                     | 0                        |

Nota-se que para as variáveis de entrada (*inputs*) “Estoque (%)” e “Demanda não atendida (%)” os alvos são nulos, pois, dada a orientação *output* do modelo *DEA* adotado, deseja-se atingir a eficiência ao aumentar as saídas (*outputs*), sem alterar as entradas (*inputs*).

#### 4. CONCLUSÕES

Conclui-se que a aplicação da Análise Envoltória de Dados é viável para a apuração dos resultados no Exercício de Gestão Simulada, enquanto os resultados de sua aplicação são representativos para tratar as variáveis obtidas na simulação organizacional.

Espera-se, com este trabalho, contribuir de modo a oferecer uma alternativa para a apuração de resultados no ambiente de gestão simulada, tendo em vista uma análise em termos agregados dos resultados obtidos na simulação organizacional.

Os resultados estão restritos às condições relacionadas ao caso estudado, não podendo ser generalizados. Os resultados referem-se apenas ao ambiente de simulação organizacional, podendo não apresentar os mesmos resultados em circunstância diversa.

Propõe-se, para novos estudos, a aplicação de outros métodos multicritérios de apoio à decisão, a fim de comparar os resultados obtidos com a aplicação de diferentes modelos, dadas as mesmas variáveis. Ademais, propõe-se a aplicação deste método multicriterial de apoio à decisão como alternativa para a análise dos resultados obtidos em empresas reais.

#### 5. REFERÊNCIAS

CHARNES, A. *et al.* Data envelopment analysis: Theory, methodology and applications. 2. ed. Norwell: KAP, 1996.

- FARREL, M. J.** The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistic Society, series A, part 3, p. 253-290, 1957.
- HELMANN, K. S. & MARÇAL, R. F. M.** Método Multicritério de Apoio à Decisão na Gestão da Manutenção: Aplicação do Método Electre I na Seleção de Equipamentos Críticos para Processo. Ponta Grossa, 2007.
- LINS, M. E. e MEZA, L. A.** DEA - Data Envelopment Analysis: Fronteiras de Produtividade. UFRJ, 1999.
- SAATY, T.L.** Método de Análise Hierárquica. McGraw-Hill, Makron. São Paulo, 1991.
- SAUAIA, A. C. A.** Laboratório de Gestão: simulador organizacional, jogo de empresas e pesquisa aplicada – Barueri, SP : Manole, 2008.
- SOARES DE MELLO, J. C. C. B. et al.** Curso de Análise Envoltória de Dados. XXXVII SBPO. Gramado, 2005.