

## ENFOQUE MULTI OBJETIVO PARA DETERMINAÇÃO DE *BENCHMARKS* DE COMPANHIAS AÉREAS BRASILEIRAS DEA-INEFICIENTES

Lidia Angulo Meza

Programa de Engenharia de Produção  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Eliane Gonçalves Gomes

Embrapa Monitoramento por Satélite

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello

Departamento de Engenharia de Produção  
Universidade Federal Fluminense

### RESUMO

Este trabalho usa os resultados obtidos no modelo de Análise de Envoltória de Dados que determina quais as companhias aéreas brasileiras eficientes em vendas, no triênio 1998-1999-2000. Ao invés de serem exploradas as características das companhias eficientes, pretende-se mostrar opções de melhora para as companhias ineficientes, através das companhias que lhes servem de referência (*benchmarks*). Tal procedimento utiliza um enfoque de Programação Linear Multiobjetivo, devido a algumas limitações dos modelos DEA clássicos. Este enfoque permite a escolha de uma meta dentre um conjunto possível de empresas eficientes.

### ABSTRACT

This paper uses the results obtained in Data Envelopment Analysis classic models that identify efficient Brazilian airlines companies considering the sales model for the 1998-1999-2000 period. Instead of exploring the efficient companies characteristics, we identify improvement options for the inefficient companies, throughout their benchmarks. Such procedure uses a Multiobjective Linear Programming approach to overcome limitations of classic DEA models. This approach allows choosing targets belonging to the feasible set of efficient companies.

### 1. INTRODUÇÃO

A eficiência de companhias aéreas brasileiras é avaliada por Gomes et al. (2001) segundo três modelos (operacional, vendas e global), com o uso da abordagem por Análise de Envoltória de Dados (DEA – *Data Envelopment Analysis*). Esta abordagem permite o cálculo da eficiência relativa das empresas, bem como a determinação de *benchmarks* que servem como referência de boas práticas gerenciais para as empresas ineficientes. Os modelos DEA clássicos (Charnes et al., 1978, Banker et al., 1984) fornecem um único ponto de referência, formado pela combinação linear convexa de empresas eficientes.

Em muitos casos, a meta apontada pelos modelos clássicos é considerada inatingível do ponto de vista dos especialistas. O fato de os resultados do modelo fornecerem uma única meta é uma limitação à atividade gerencial. É desejável, portanto, contar com um conjunto de metas a partir do qual os gestores possam escolher a sua meta preferida.

Em Gomes et al. (2001) foi feita uma análise da evolução das eficiências das companhias sem, contudo, apontar as metas para as companhias ineficientes. O presente trabalho vai um passo além, ao indicar um conjunto de metas que algumas companhias deveriam almejar para alcançar a eficiência. É usado o modelo de vendas, que mede a capacidade de cada companhia em ocupar os aviões que colocou no ar, levando em consideração o pessoal envolvido em vendas. Para determinar este conjunto de metas utiliza-se um modelo de Programação Linear Multiobjetivo desenvolvido em Angulo-Meza (2002), que expande os desenvolvimentos de Thanassoulis e Dyson (1992) e Zhu (1996).

Enfoque multiobjetivo para

2002

SP-03.00517



747-1

2002

P1-APC

2002

SP-03.00517

## 2. MODELO DEA-MULTIOBJETIVO

A abordagem por Análise de Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) permite determinar a eficiência de unidades produtivas, onde não seja predominante ou não se deseja considerar somente o aspecto financeiro. O objetivo de DEA consiste em comparar um certo número de unidades produtivas (DMUs – *Decision Making Unit*) que realizam tarefas similares e se diferenciam nas quantidades de *inputs* que consomem e de *outputs* que produzem.

O índice de eficiência dado pelo modelo DEA é a razão entre a soma ponderada dos *outputs* e a soma ponderada dos *inputs*, com os pesos dados por um modelo de programação linear. Os modelos DEA clássicos podem considerar retornos constantes de escala, CRS, ou retornos variáveis de escala, VRS, cujas formulações matemáticas encontram-se em Lins e Angulo-Meza (2000) e Cooper et al. (2000). O dual deste modelo permite a construção do alvo de cada DMU ineficiente como função da combinação linear convexa de DMUs eficientes que lhe servem de referência. Devido à grande amplitude da escala de operação das companhias aéreas, é imperativo utilizar o modelo VRS.

O alvo de cada DMU ineficiente calculado pelos modelos DEA clássicos podem ser considerados não adequados às políticas gerenciais das companhias. O alvo único é, portanto, uma limitação à atividade gerencial. Torna-se, assim, interessante contar com alvos alternativos que confirmam um maior grau de liberdade ao gestor, o que é possível com o uso de um modelo de Programação Linear Multiobjetivo, cuja fronteira eficiente seja idêntica à do modelo DEA. O número de alvos encontrados varia com a posição de cada DMU ineficiente em relação à fronteira.

O modelo de Programação Linear Multiobjetivo utilizado visa à maximização dos *outputs* e à minimização dos *inputs*, de tal forma que sejam encontradas metas na fronteira eficiente. A maior ou menor importância dada a cada *input* e a cada *output* determina o ponto da fronteira escolhido como meta.

A formalização deste modelo, considerando-se os dois *inputs* e o *output* do modelo de vendas de Gomes et al. (2001), é dada por (1), onde  $\phi_1$  é o fator de incremento da variável *output*,  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  são os fatores de decremento das variáveis *input*,  $x_{1j}$ ,  $x_{2j}$  e  $y_{1j}$ , são os valores das variáveis de *input* e o *output* para a DMU  $j$ ,  $\lambda_j$  são os coeficientes da combinação linear convexa referida anteriormente.

As funções objetivo maximizam o *output* passageiro.km pago (1.1) e minimizam os *inputs* pessoal de vendas (1.2) e passageiro.km oferecido (1.3), e estão sujeitas a que o aumento na variável *output* (1.4) e o decremento nas variáveis *input* (1.5) e (1.6) sejam até a fronteira eficiente, determinada pelas companhias eficientes. A restrição (1.7) garante a existência de retornos variáveis de escala. Por último, as restrições (1.8), (1.9) e (1.10) determinam que, para o alvo calculado, a produção não diminua nem os recursos aumentem, respectivamente, em relação aos valores originais da companhia.

Devido às restrições (1.8) e (1.9) este modelo é chamado de modelo com dominância – MORO-D (Angulo-Meza, 2002). Como uma interpretação menos formal deste modelo pode-se afirmar que a DMU evita perder suas características de operação na busca do alvo. Se forem retiradas estas restrições, o modelo é dito sem dominância – MORO (Angulo-Meza,

2002), o que significa que a DMU na busca de seu alvo pode aumentar seus *inputs* ou diminuir seus *outputs*, já que pode ser projetada em qualquer ponto da fronteira Pareto eficiente.

$$\max \phi_1 \quad (1.1)$$

$$\min \phi_1 \quad (1.2)$$

$$\min \phi_2 \quad (1.3)$$

sujeito a

$$\phi_1 y_{1j_0} = \sum_{j=1}^n y_{1j} \lambda_j, \quad (1.4)$$

$$\phi_{1i} x_{1j_0} = \sum_{j=1}^n x_{1j} \lambda_j, \quad (1.5) \quad (1)$$

$$\phi_{2i} x_{2j_0} = \sum_{j=1}^n x_{2j} \lambda_j, \quad (1.6)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (1.7)$$

$$\phi_1 \geq 1, \quad (1.8)$$

$$\phi_1 \leq 1, \quad (1.9)$$

$$\phi_2 \leq 1, \quad (1.10)$$

No estudo de caso deste artigo foi escolhido o modelo com dominância (MORO-D) para impedir que uma companhia aérea regional, por exemplo TAF, buscasse como alvo uma grande companhia aérea internacional, por exemplo VARIG, ou vice-versa.

As Figuras 1 e 2 ilustram um exemplo didático com as possíveis projeções de uma DMU ineficiente segundo os modelos MORO-D e MORO. Na Figura 1, modelo MORO-D, a DMU  $o$  pode ser projetada em qualquer ponto entre  $a$  e  $b$ . Na Figura 2, modelo MORO, a projeção da DMU  $o$  estará situada entre  $A$  e  $C$ , ou seja, em toda a fronteira Pareto eficiente.

Na solução de modelos multiobjetivo tem-se dois tipos de métodos de solução. Um encontra soluções básicas não dominadas e outro permite percorrer a fronteira não dominada. O primeiro destes métodos equivale em DEA a considerar como possíveis alvos as DMUs extremo-eficientes e DMU virtuais que limitam a região viável de projeção (pontos  $B$ ,  $a$  e  $b$ , respectivamente, da Figura 1). O segundo equivale a percorrer de forma interativa a região de projeção, obrigatoriamente Pareto eficiente.

Quando a fronteira é percorrida de forma interativa, encontra-se uma infinidade de possíveis alvos e, portanto, precisa-se da intervenção do especialista para a escolha de um deles. Já no primeiro caso, conta-se com um conjunto finito de possíveis alvos que possibilita uma análise global destas alternativas. Este foi o método utilizado neste artigo.

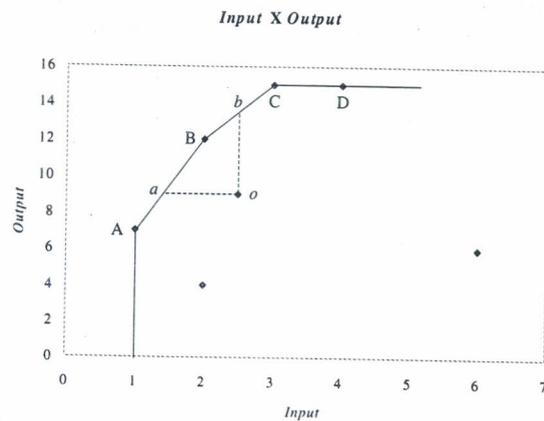


Figura 1: Exemplo de projeções no modelo MORO-D.

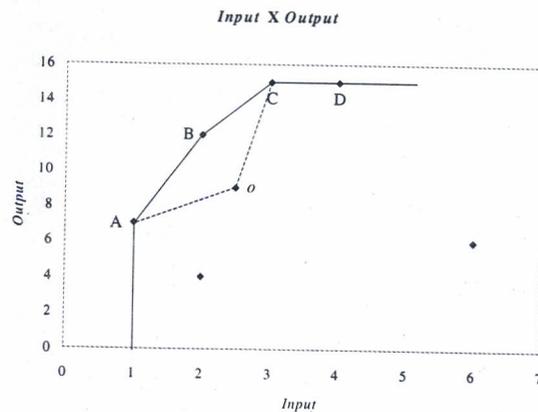


Figura 2: Exemplo de projeções no modelo MORO.

#### DADOS

dados utilizados referem-se às companhias aéreas regulares de transporte de passageiros, os anos 1998, 1999 e 2000. Foram considerados dados médios ao longo de cada ano. Não se estender a análise para o ano 2001, porém não encontravam-se disponíveis os dados necessários. Tal situação não ocorreria se houvesse uma legislação que obrigasse a divulgação dos dados fornecidos pelas empresas aéreas, acarretando em transparência sobre as informações das empresas de transporte aéreo brasileiro (Espírito Santo Jr., 2000).

DMUs do modelo consistem das companhias aéreas brasileiras regulares, isoladamente e agrupadas nos seus respectivos grupos econômicos, considerando-se que a mesma companhia

em anos diferentes é uma DMU diferente. Como abordado por Gomes et al. (2001), isto possibilita a análise da evolução temporal de cada companhia, o que permite verificar qual a influência da crise cambial de 1999 em cada uma.

#### 4. RESULTADOS

A aplicação do modelo (1) revelou que a vasta maioria das companhias aéreas nos anos de 1999 e 2000 têm como metas companhias no ano de 1998. Algumas companhias nos anos de 1999 e 2000 tinham como meta elas mesmas no ano de 1998. Esta é uma situação que fornece diretrizes impossíveis de serem aplicadas na prática, já que a situação do mercado de 1999 era muito pior do que a do ano de 1998, como consequência da mudança na política cambial ocorrida em janeiro de 1999. Ainda assim, alguns resultados interessantes podem ser destacados.

As DMUs TAF no ano de 1998 (TAF 1998) e TAF no ano de 1999 (TAF 1999), têm como principal referência a DMU TAF 2000, o que indica que, ao considerar-se estritamente o aspecto de vendas, a empresa foi gerida na direção de seu alvo.

O Grupo VARIG em 1999 e 2000 apresenta como principal referência a companhia VARIG 1998. Apesar disto ressaltar uma situação anterior à crise cambial, é interessante verificar que o Grupo VARIG apresenta como referência a companhia VARIG isoladamente sem as subsidiárias RIOSUL e NORDESTE.

O Grupo TRANSBRASIL em 1998 e em 1999 tem como metas principais as DMUs VASP 1998, PASSAREDO 1998 e TOTAL 2000 e, em menor participação, PENTA 1999. Observa-se que, excetuando-se a DMU VASP 1998, as outras duas apresentaram sérios problemas. A companhia PASSAREDO, ao deixar de operar os aviões do tipo Airbus, tornou-se uma companhia de porte muito pequeno, inexpressiva no mercado. A companhia TOTAL deixou de operar vôos regulares de passageiros. Já a companhia PENTA é de porte extremamente pequeno e a sua presença no conjunto de alvos indica redução de tamanho que a TRANSBRASIL sofreu. Embora DEA seja um modelo de análise e não de previsão, um estudo precoce desta situação poderia antecipar o diagnóstico da crise enfrentada pela TRANSBRASIL.

Ao considerar-se o fato já citado de muitas companhias terem alvos no ano de 1998, as metas foram reavaliadas usando-se somente as DMUs correspondentes aos anos de 1999 e 2000. Convém ressaltar que, devido ao fato de DEA calcular eficiências relativas, a retirada dos dados de 1998 fez com que algumas DMUs de 1999 e 2000 passassem a ser eficientes. Os resultados deste modelo fornecem informações mais úteis por tratarem de anos com panorama macroeconômico homogêneo. A Tabela 1 mostra os alvos alternativos para algumas companhias aéreas ineficientes dentre as analisadas. Os percentuais referem-se à contribuição de cada DMU eficiente na formação do alvo da DMU ineficiente.

A DMU TAF 1999 repete como referência principal a DMU TAF 2000, ratificando a correta evolução dessa companhia no que se refere à política de vendas.

O Grupo TRANSBRASIL, tanto em 1999 quanto em 2000, apresenta uma grande variedade de alvos o que indica uma falta de definição de rumo a ser seguido. Dentre estes alvos, a referência principal é a DMU VASP 2000. Em relação às demais referências, a principal é a

DMU VASP 1999, ou seja a TRANSBRASIL deveria ter-se espelhado nas práticas gerenciais da VASP. Cabe destacar que a VASP também já havia passado por uma crise de liquidez e por uma drástica redução de frota, com características iniciais semelhantes às que viriam a ocorrer com a TRANSBRASIL. O fato de a VASP ainda se apresentar como uma das grandes companhias aéreas nacionais, juntamente com os resultados aqui indicados, sugere a necessidade de um estudo comparativo das estratégias adotadas pela VASP e TRANSBRASIL para enfrentar as respectivas crises.

**Tabela 1: Alvos alternativos para as companhias aéreas ineficientes.**

DMU	TAF 1999	Grupo Transbrasil 1999	Grupo Transbrasil 2000	Grupo Varig 1999	Passaredo 2000	Grupo Tam 2000
Alvo I	Presidente 1999: 36,1% TAF 2000: 63,9%	Passaredo 1999: 23,0% Varig 2000: 8,6% Vasp 2000: 68,4%	Passaredo 1999: 28,0% Varig 2000: 7,0% Vasp 2000: 65,0%	Grupo Varig 2000: 74,8% Varig 2000: 23,2% Vasp 1999: 2,0%	Passaredo 1999: 4,4% Presidente 1999: 81,4% Taf 2000: 14,2%	Varig 2000: 16,9% Vasp 2000: 51,0% Vasp 1999: 32,1%
Alvo II	Passaredo 1999: 1,00% TAF 2000: 99,9%	Varig 2000: 2,2% Vasp 2000: 97,8%	Passaredo 1999: 2,7% Vasp 2000: 97,3%	Grupo Varig 2000: 87,0% Vasp 1999: 13,0%	Passaredo 1999: 4,4% Presidente 1999: 95,6%	Varig 2000: 15,9% Vasp 2000: 47,5% Vasp 1999: 36,6%
Alvo III	Presidente 1999: 41,8% TAF 2000: 58,2%	Passaredo 1999: 84,4% Varig 2000: 15,6%	Passaredo 1999: 78,3% Varig 2000: 12,8%	Grupo Varig 2000: 62,2% Varig 2000: 37,8%	Passaredo 1999: 2,4% Presidente 1999: 77,6% TAF 2000: 20%	Varig 2000: 17,1% Vasp 2000: 59,8% Vasp 1999: 23,1%
Alvo IV	TAF 2000: 100%	Vasp 2000: 90,3% Vasp 1999: 9,7%	Penta 1999: 2,5% Vasp 2000: 97,5%	Grupo Varig 2000: 84,3% Vasp 1999: 15,7%	Presidente 1999: 35,2% Total 2000: 64,8%	-
Alvo V	-	Vasp 2000: 100%	Passaredo 1999: 8,7% Vasp 2000: 91,3%	Varig 2000: 100%	Passaredo 1999: 2,4% Presidente 1999: 97,6%	-
Alvo VI	-	Passaredo 1999: 28,5% Varig 2000: 14,2%	Penta 1999: 15,1% Vasp 2000: 68,2% Vasp 1999: 16,7%	Varig 2000: 98,4% Vasp 1999: 1,6%	Presidente 1999: 33,7% Trip 1999: 66,3%	-
Alvo VII	-	Penta 1999: 28,5% Vasp 2000: 23,9% Vasp 1999: 47,6%	Penta 1999: 7,7% Vasp 2000: 92,3%	Passaredo 1999: 1,2% Varig 2000: 98,8%	Presidente 1999: 63,2% Total 2000: 36,8%	-
Alvo VIII	-	Passaredo 1999: 8,3% Vasp 2000: 91,7%	-	Varig 2000: 98,6% Vasp 2000: 1,4%	Presidente 1999: 61,9% Trip 1999: 38,1%	-
Alvo IX	-	Penta 1999: 7,3% Vasp 2000: 92,7%	-	-	-	-

O Grupo VARIG 1999 apresenta como principais referências o Grupo VARIG 2000 e a VARIG 2000. Tal fato, além de sugerir que houve uma correta gestão no período de crise cambial, reforça a indicação anterior de que as coligadas RIO-SUL e NORDESTE são um peso para o grupo, ao considerar-se apenas a eficiência de vendas.

A DMU PASSAREDO 2000 apresenta como referências importantes as DMUs PRESIDENTE 1999, TOTAL 2000, TRIP 1999 e PASSAREDO 1999. A companhia PRESIDENTE deixou de operar; a empresa TOTAL deixou de operar regularmente; a companhia PASSAREDO em 1999 operava em escala maior que a atual (Flap, 2001). Resta como única referência aceitável, a DMU TRIP 1999. Estes resultados sugerem que, no tocante à política de vendas, a diminuição de escala da companhia PASSAREDO não foi uma boa estratégia e não auguram um futuro promissor.

Os resultados para a TAM são de difícil análise, uma vez que o grupo TAM passou por profundas transformações neste período, com a fusão e a eliminação de companhias internas do grupo, troca acentuada de frota e passagem gradual de companhia regional a internacional. Os principais alvos para este grupo nos diversos anos são a VARIG e a VASP, o que retrata a situação intermediária de escala em que o grupo encontra-se atualmente.

## 5. CONCLUSÕES

O uso do modelo DEA-Multiobjetivo permitiu a identificação de várias metas eficientes para as DMUs ineficientes. Isto possibilita aos gestores uma gama de opções gerenciais. Possibilita aos analistas descartar certas metas que são conhecidas na terminologia DEA como *falsos positivos*, ou seja, são eficientes apenas por certas particularidades matemáticas na relação entre seus *inputs* e *outputs*, e que podem não corresponder a uma eficiência real.

A aplicação do modelo é uma ferramenta de análise e diagnóstico, não de previsão. No entanto, uma análise acurada dos resultados pode fornecer indicações valiosas sobre tendências de comportamento futuros. Neste trabalho, os sérios problemas enfrentados atualmente pelo Grupo TRANSBRASIL já eram detectáveis na análise dos alvos. É possível ainda verificar a possibilidade de sérios problemas para a companhia PASSAREDO.

O trabalho limitou-se a analisar resultados para os grandes grupos nacionais e para algumas outras companhias que apresentavam situações de interesse. Os resultados para as demais companhias encontram-se disponíveis com os autores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo-Meza, L. (2002) Um enfoque multiobjetivo para os modelos de determinação de alvos na Análise Envolvória de Dados. Tese de Doutorado, Programa de Engenharia de Produção, COPPE, UFRJ, Setembro.
- Banker, R.D., A. Charnes e W.W. Cooper (1984) Some models for estimating technical scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078-1092.
- Charnes, A., W.W. Cooper e E. Rhodes (1978) Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, p. 429-444.
- Cooper, W.W., L.M. Seiford e K. Tone (2000) *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Kluwer Academic Publishers, USA.
- Espírito Santo Jr., R. A. (2000) Concentração no transporte aéreo e os possíveis impactos sobre os consumidores, a sociedade e a economia. *Transporte em Transformação V*, p. 155-170.
- Flap (2001) Aviação Comercial na América Latina. *Flap Internacional*, n. 349, p. 12-240.
- Gomes, E.G., J.C.C.B. Soares de Mello, B.P. Serapião, M.P.E. Lins e L.N. Biondi (2001) Avaliação de Eficiência de Companhias Aéreas Brasileiras: Uma Abordagem por Análise de Envolvória de Dados. In:

tti, J.R.A., Lima Júnior, O.F. (Eds.), *Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes 2001 – Anais do ANPET*, Campinas, SP, Novembro, v. 2, p. 125-133.

E. e L. Angulo-Meza (2000) *Análise Envolvória de Dados e perspectivas de integração no ambiente Apoio à Decisão*. Editora da COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

ulis, E. e R. G. Dyson (1992) Estimating preferred target input-output levels using Data Envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, v. 56, p. 80-97.

(1996) Data Envelopment Analysis with Preference Structure. *Journal of the Operational Research Society*, v. 47, p. 136-150.

S

ulo Meza – PEP/COPPE/UFRJ

Tecnologia, Sala F-105, Ilha do Fundão, 21945-970, Rio de Janeiro, RJ. [lidia@pep.ufrj.br](mailto:lidia@pep.ufrj.br)

nçalves Gomes – Embrapa Monitoramento por Satélite

lio Soares de Arruda, 803, Parque São Quirino, 13088-300, Campinas, SP. [eliane@cnpm.embrapa.br](mailto:eliane@cnpm.embrapa.br)

os Correia Baptista Soares de Mello – DEP/UFF

da Pátria, 156, São Domingos, 24210-240, Niterói, RJ. [jcsmello@bol.com.br](mailto:jcsmello@bol.com.br)