

A EFICIÊNCIA

operacional do transporte
aéreo brasileiro

ANTÔNIO HENRIQUES DE ARAÚJO JÚNIOR*

JOSÉ VIRGÍLIO GUEDES DE AVELLAR**

FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS***

ARMANDO ZEFERINO MILIONI****

Este artigo foca a eficiência e produtividade das principais empresas aéreas brasileiras (operação nacional e regional) e seus principais fatores de produção: mão-de-obra, capital e energia (combustível) e, também, os processos diretamente gerenciáveis por estas empresas - utilizando o método da Análise Envoltória de Dados (DEA). A eficiência operacional é avaliada, bem como suas variáveis explicativas, no período pós-desregulamentação

O mercado doméstico brasileiro de transporte aéreo é o maior mercado latino-americano. As empresas aéreas brasileiras, de acordo com a Air Transportation Action Group, Atag, mantém uma participação de 4,6% nos mercados internacionais das Américas, transportando anualmente 7,2 milhões de passageiros, esperando-se uma ampliação deste volume para 20 milhões em 2015.

A indústria brasileira de transporte aéreo é responsável por 3% do PIB com impacto direto de 6,7 bilhões de dólares e impacto indireto de 18 bilhões de dólares, gerando cerca de 35 000 empregos diretos em 2003. A participação da indústria do transporte aéreo na economia brasileira passou de 0,7% para 2,7% entre o início dos anos 1970 e 2002. A taxa de crescimento anual entre 1997 e 2001 foi de 6,5%.

O pico do crescimento ocorreu em 1998 com uma taxa média anual de 22% em relação ao número de passageiros transportados. Em 2005, os mercados internacionais a partir do Brasil eram servidos pela Varig e Tam e em rotas nacionais pela Varig, Tam e Gol. A aviação regional tem pequena participação no tráfego doméstico, respondendo por menos de 5% do total de passageiros transportados. As principais empresas regionais em 2004 eram a RioSul e OceanAir.

O Brasil é o único país latino-americano com uma indústria aeronáutica desenvolvida com parte da frota brasileira composta por aeronaves fabricadas no país. Em 2004, com a falência da Vasp, os mercados domésticos passaram a ser atendidos pela Tam, Varig e Gol, que possuíam em 2005, respectivamente, uma participação doméstica de 43%, 28% e 26%.

O presente estudo de caso visa verificar o desempenho das principais empresas de aviação nacionais ao longo do período compreendido entre os anos de 1998 a 2004. A metodologia escolhida

para a análise das eficiências destas companhias e para o estabelecimento de benchmarking para as empresas não eficientes foi a Análise Envoltória de Dados (DEA).

O artigo está assim organizado: na Seção 2 é feita revisão da literatura concernente aos trabalhos e métodos de cálculo de eficiência e produtividade do transporte aéreo. Na Seção 3, são abordadas as principais características e conceitos da metodologia DEA. Na Seção 4, é abordada a aplicação da metodologia DEA em empresas brasileiras de transporte aéreo, sendo discutidos os resultados da simulação matemática e, finalmente, na Seção 5, são mostradas as conclusões do trabalho, seguidas das referências bibliográficas utilizadas.

REVISÃO DA LITERATURA

Para Pavaux (1984) e Doganis (1985), a tecnologia do transporte aéreo envolve economias de escala, embora retornos crescentes fiquem esgotados já em baixos níveis de produção. Para autores como Douglas & Miller (1974), o transporte aéreo está sujeito a retornos constantes de escala.

As pesquisas, no entanto, demonstram que esses retornos constantes não têm impedido uma competição entre rotas, de acordo com White (1989) e Liu & Lynk (1999). Além do que, quando empresas aéreas têm livre acesso a aeroportos, podem exercer uma competição potencial entre rotas, pois realocar os equipamentos (aeronaves) existentes para novas rotas e pessoal (tripulação) é relativamente fácil.

Para Morrison & Watson (1999), apesar dos benefícios, as reformas econômicas na aviação civil falharam quanto ao total aproveitamento do potencial e da eficiência do transporte aéreo. A eficiência e os ganhos tarifários ficaram concentrados em rotas onde ocorreu uma

efetiva competição e onde houve uma otimização das redes sem interferência de obstáculos operacionais, como congestionamento de aeroportos e dominância dos "hubs" (pontos para distribuição de vôos) pelas empresas concessionárias.

Na Europa, os benefícios do mercado comum de aviação não atendeu às expectativas, devido às barreiras a entradas e saídas de novos concorrentes, como relatado em European Commission (1999), à reorganização das empresas concessionárias em Marin (1995), e à otimização da rede intra-países, como mencionado por Lapautre (2000). Estudos focados nos efeitos dos acordos aéreos bilaterais mostraram que os benefícios para os consumidores são maximizados apenas com a entrada de efetivos competidores no mercado de acordo com Caves & Higgins (1993), e Gillen et al. (1998).

Schefczyk (1993) apresentou um modelo de mensuração do desempenho operacional de empresas aéreas utilizando informações (inputs) como tonelada-quilômetros, custos operacionais e ativos não operacionais. As saídas (outputs) utilizadas para este modelo foram passageiros-quilômetros pagos e receitas operacionais, sendo utilizada a metodologia DEA (Data Envelopment Analysis) para analisar o desempenho das 15 maiores empresas aéreas internacionais no ano de 1990. A Cathay Pacific, Federal Express, Singapore Airlines e a UAL Corporation foram apontadas no estudo como as mais eficientes, com uma pontuação de 100%. As quatro empresas européias amostradas, British Airways, Iberia, KLM e Lufthansa foram consideradas ineficientes, com pontuação abaixo de 100%.

Distexhe & Perelman (1994) objetivaram, no seu estudo, avaliar as consequências da desregulamentação mensurando a eficiência e a produtividade de empresas aéreas no período compreendido entre 1977 e 1988. A amostra foi composta de

33 empresas operando em três grupos de mercado: Ásia e Oceânia, Europa e América do Norte. Foram construídas, neste estudo com a metodologia DEA, diversas fronteiras de produção para estas empresas, e utilizada a abordagem de Färe (2001) para estimar o índice de produtividade de Malmquist, decompondo este índice em progresso técnico e ganhos de eficiência. Os insumos utilizados foram mão-de-obra e capital. A mão-de-obra foi mensurada em termos de número de funcionários e o capital, em termos de aeronaves operadas, ponderadas pelo número de dias de operação. As variáveis de produção utilizadas foram tonelada-quilômetros disponíveis para carga e passageiros transportados. Os resultados demonstraram que os níveis de eficiência técnica nos anos 1980 foram superiores aos níveis de eficiência dos anos 1970. O estudo mostrou, também, que as empresas aéreas europeias, em média, foram menos eficientes que as outras empresas amostradas. Entre as operadoras europeias, Lufthansa, KLM e Air France registraram a maior pontuação de eficiência, enquanto, que British Airways, Alitalia e Swissair não conseguiram atingir mais do que 80% do nível de eficiência. Os resultados obtidos com a mensuração da produtividade pelo método DEA foram similares aos obtidos com o índice de Malmquist. Lufthansa, Finnair e Air France obtiveram os melhores resultados, juntamente com Japan Airlines, Singapore Airlines, American e TWA. As empresas norte-americanas e europeias obtiveram baixa pontuação, entre 1980 e 1982, devido ao impacto da segunda crise do petróleo (1979). As empresas dos grupos Ásia e Oceânia obtiveram a melhor pontuação em todos os períodos devido à habilidade de auferir ganhos no processo tecnológico.

Good et al. (1995) analisaram a eficiência e os diferenciais de produtividade entre empresas europeias e americanas

entre 1976 e 1986. Os autores utilizaram duas metodologias alternativas – uma paramétrica, utilizando estimação estatística, e uma não paramétrica utilizando Problemas de Programação Linear (PPL's). As empresas foram classificadas por diferenças específicas de produtividade e eficiência ao longo do tempo.

Fethi et al. (1999) aplicaram a metodologia DEA para detectar e modelar a eficiência e seus determinantes com propósitos de formulação de políticas regulatórias do transporte aéreo na Europa. A análise foi baseada numa amostragem de 17 empresas europeias, no período compreendido entre 1991 e 1995. O estudo foca o período inicial das reformas liberalizantes do setor aéreo europeu, mostrando e discutindo os resultados entre empresas e as variáveis explicativas deste desempenho.

Oum & Yu (2001) produziram, recentemente, um trabalho abrangente do ponto de vista empírico e conceitual, avaliando o desempenho e a produtividade das maiores empresas canadenses em comparação com as oito maiores empresas americanas. Foram utilizados indicadores de desempenho, como taxa média de ocupação de aeronaves (average load factor) e percurso médio (medium stage length). Neste estudo foi avaliado, também, o desempenho econômico e financeiro destas empresas.

E, por fim, Soares de Mello et al. (2003) compararam o transporte aéreo de passageiros nos anos de 1998, 1999 e 2000, sendo cada companhia considerada como uma unidade diferente em cada um dos três anos. A ferramenta utilizada também foi a Análise Envoltória de Dados (DEA).

A METODOLOGIA DEA

O conceito de fronteira de produção, que está relacionado com o processo físico no qual os inputs (insumos, recursos ou fatores de produção) são combinados

para gerar outputs (resultados ou produtos), pode ser definido como sendo a máxima quantidade de outputs que pode ser produzida a partir de uma quantidade fixa de inputs, ou ainda, a menor quantidade de inputs que é necessária ao processo para se determinar uma quantidade fixa de outputs.

Dois enfoques podem ser usados para a determinação de uma fronteira de produção: o enfoque paramétrico e o não-paramétrico. O primeiro, possui como característica o fato de basear-se em uma função de produção definida, valendo-se, para isso, de técnicas estatísticas (regressão), como o método dos mínimos quadrados, que utiliza como referência a linha de tendência central.

O grande problema deste tipo de método é que o mesmo tem como resultado uma função média de produção e não uma função máxima, como determina a definição teórica de fronteira de produção, de acordo com Ângulo Meza (2002). Já o enfoque não-paramétrico tem início com Koopmans (1951), que define o processo produtivo como sendo um vetor input/output, a partir do qual não é possível incrementar qualquer output sem reduzir outro output ou, ainda, reduzir qualquer input sem incrementar qualquer outro input. Este conceito é equivalente à noção de Ótimo de Pareto. Assim, uma unidade é tecnicamente ineficiente no sentido Koopmans-Pareto se puder produzir os mesmos produtos reduzindo pelo menos um dos insumos ou se puder usar os mesmos insumos para produzir mais pelo menos um dos produtos.

Baseado no índice de eficiência desenvolvido por Koopmans e no critério de eficiência de Pareto, a Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis – DEA) surgiu em 1978, proposta por Charnes et al. (1978). As unidades em avaliação são comparadas de acordo com o conceito de eficiência de Farrell, como proposto em

Farrel & Fieldhouse (1962), que consiste na razão entre a soma ponderada dos outputs "y" e a soma ponderada dos inputs "x" de cada unidade.

O método DEA é uma ferramenta da estatística não-paramétrica que tem como principal objetivo medir a eficiência relativa de diferentes entidades de um gênero comum e estabelecer metas de eficiência (com base na identificação de benchmarks) para as entidades consideradas aquém da fronteira de eficiência. Este método usa, para tal, a comparação dos diversos inputs e outputs dos processos realizados nas entidades avaliadas, denominadas Decision Making Units (DMU's).

Cooper et al. (2000) definem DEA como sendo uma ferramenta que tem como um de seus objetivos calcular a eficiência de unidades produtivas, DMU's, conhecendo-se os níveis de recursos utilizados e de resultados obtidos. Em sua formulação, usa PPL's que otimizam cada observação individual de modo a estimar uma fronteira eficiente (linear por partes), composta das unidades que apresentam as melhores práticas dentro da amostra em avaliação (unidades Pareto-Koopmans eficientes). Essas unidades servem como referência ou benchmark para as unidades ineficientes.

A eficiência relativa de uma DMU é definida como a razão da soma ponderada de produtos pela soma ponderada de insumos necessários para gerá-los. Os pesos usados nas ponderações são obtidos de um Problema de Programação Fracionária, posteriormente linearizado, que atribui a cada DMU os pesos que maximizam a sua eficiência.

A vantagem do método DEA frente a outros modelos de produção é a capacidade de incorporar múltiplos inputs (entradas, recursos, insumos ou fatores de produção) e múltiplos outputs (saídas ou produtos) para o cálculo de uma medida

de eficiência única. Em princípio, a formulação de DEA permite total flexibilidade na escolha dos pesos; modelos mais avançados permitem incorporar restrições aos pesos de acordo com Allen et al. (1997), provenientes dos julgamentos dos especialistas a respeito da importância relativa de cada variável.

Há dois modelos DEA clássicos: (i) O modelo CCR (também conhecido por CRS ou Constant Returns to Scale) trabalha com retornos constantes de escala como proposto por Charnes et al. (1978), assumindo proporcionalidade entre inputs e outputs; (ii) O modelo BCC ou VRS (Variable Returns to Scale), devido a Banker et al. (1984), que considera retornos variáveis de escala, ou seja, substitui o axioma da proporcionalidade pelo axioma da convexidade. Tradicionalmente, são possíveis duas orientações radiais para esses modelos na busca da fronteira de eficiência: orientação a inputs, quando se deseja minimizar os recursos disponíveis, sem alteração do nível de produção; orientação a outputs, quando o objetivo é aumentar as quantidades produzidas, sem mexer nas quantidades dos recursos usados.

Existem duas formulações equivalentes para o método DEA (PPL's duais). De forma simplificada, pode-se dizer que uma das formulações (Modelo dos Multiplicadores) trabalha com a razão de somas ponderadas de produtos e recursos, com a ponderação escolhida de forma mais favorável a cada DMU, respeitando-se determinadas condições. A outra formulação (Modelo do Envelope), define uma região viável de produção e trabalha com uma projeção de cada DMU na fronteira dessa região; as DMU's ineficientes, localizam-se abaixo da fronteira de eficiência e as eficientes na fronteira.

Em (1) e em (2) apresentam-se, respectivamente, o modelo DEA/CCR dos Multiplicadores e o do Envelope, com orientação

a outputs. Considera-se que cada DMU k, $k=1...n$, é uma unidade de produção que utiliza r inputs x_{ik} , $i=1...r$, para produzir s outputs y_{jk} , $j=1...s$; x_{io} e y_{jo} são os inputs e outputs da DMU o. Em (1), v_i e u_j são os pesos calculados pelo modelo para inputs e outputs, respectivamente.

$$\begin{aligned} \text{Min } & \sum_{i=1}^r v_i x_{io} \\ \text{sujeito a} & \\ & \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} = 1 \\ & - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} \leq 0, \forall k \\ & u_j, v_i \geq 0, \forall j, i \end{aligned} \quad (1)$$

Em (2), a eficiência da DMU o em análise é dada por $1/h_o$ e λ_k representa a contribuição da DMU k na formação do alvo da DMU o.

$$\begin{aligned} \text{Max } & h_o \\ \text{sujeito a} & \\ & x_{io} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \\ & - h_o y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\ & \lambda_k \geq 0, \forall k \end{aligned} \quad (2)$$

Este artigo é baseado em pesquisa empírica com modelagem matemática, que utilizou o método DEA para calcular a eficiência relativa das empresas amostradas: 5 empresas com atuação nacional e internacional (Tam, Varig, Gol, Vasp e TransBrasil) e 2 empresas regionais (Rio-Sul e OceanAir).

Foram feitas duas avaliações com a utilização de duas janelas, ao longo do tempo.

Na primeira, de 1998 a 2001, analisou-se as quatro empresas nacionais de grande porte (majors) no mercado da época (Tam, Varig, Vasp e Transbrasil). Neste modelo, foram utilizados como inputs: número de funcionários (mão-de-obra) e quantidade de combustível (energia) e como output: quilometragem voada. Já o segundo estudo, que abrange o período de 2002 a 2004, analisou 4 empresas nacionais (Tam, Varig, Gol e Vasp) e 2 empresas regionais (Rio-Sul e OceanAir). Como variáveis de inputs: número de funcionários (mão-de-obra), assentos instalados (capital) e quantidade de combustível (energia) e como output: assentos quilômetros utilizados.

Os dados foram levantados do Relatório Estatístico anual (1998 a 2004) do DAC, disponível no site do Departamento de Aviação Civil, DAC (www.dac.gov.br).

RESULTADO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DEA EM EMPRESAS BRASILEIRAS DE TRANSPORTE AÉREO

Modelo 1 – empresas nacionais (1998-2001) - No primeiro modelo é feito um acompanhamento histórico das quatro maiores empresas do mercado brasileiro num horizonte temporal de 4 anos (1998 a 2001). Como variáveis de inputs foram escolhidos: número de funcionários e combustível gasto. Como as empresas avaliadas são de grande porte, operando, portanto, em escala semelhante e pela dificuldade de se encontrar dados de assentos oferecidos nos anos de 1998 e 1999, optou-se por utilizar como variável de output, número de quilômetros voados. Os índices de eficiência obtidos podem ser visualizados na tabela 1.

Para a avaliação dessas empresas, foi utilizado o modelo DEA com retorno constante de escala (CCR), orientado a inputs, sem restrições nos pesos. Optou-se por usar o modelo de retorno de escala constante devido às empresas analisadas

neste modelo serem consideradas nacionais de grande porte, operando, dessa forma, em escala semelhante.

De acordo com a tabela 1, pode-se observar que a empresa Tam obteve os maiores índices de eficiência, sendo que a Tam99 e Tam98 foram 100% eficientes, servindo de benchmark para as demais avaliadas. A empresa com pior desempenho neste período foi a Varig, destacando-se a Varig99 e Varig98, com eficiências de 56,31% e 55,80%, respectivamente. De acordo com os resultados, foi observado que a Tam99 foi considerada benchmark para as duas empresas menos eficientes. Como exemplo, para a Varig98 tornar-se eficiente a mesma deveria reduzir o combustível gasto em 51% enquanto que o número de funcionários deveria ser reduzido

em 44%, ou seja, ela deveria chegar a um número próximo de 10 000 funcionários para produzir a mesma quantidade de quilômetros voados de forma eficiente.

Analisando a empresa Vasp, nota-se a diminuição da sua produção em quilômetros voados ao longo do tempo. Em 1998, a quantidade de quilômetros voados foi na faixa dos 95 milhões, caindo para 88 milhões em 1999, depois 65 milhões em 2000 e, por último 52 milhões em 2001. Apesar desta queda nos outputs, a sua eficiência só cresceu, variando de 56,99% em 1998 a 78,85% em 2001, como podemos observar na tabela 1. A explicação para esta variação positiva da eficiência é que tanto a quantidade de combustível quanto o número de funcionários diminuíram, proporcionalmente, mais do que a redu-

Tabela 1 - Resultado da comparação de empresas nacionais de grande porte no período 1998 - 2001

Empresa	INPUTS		OUTPUTS	Eficiência (%)
	Funcionários	Combustível (10 ⁶ litros)	Km Voados (10 ⁶)	
TAM99*	4203	431	97	100,00
TAM98*	4204	316	72	100,00
TAM00**	5590	381	79	90,79
TAM01	7994	835	154	83,47
VASPO1	4598	289	52	78,85
TBRASILO0	2949	292	50	75,96
TBRASILO1	2949	162	28	75,66
VASP00	4175	403	65	71,60
TBRASIL99	3581	348	53	67,59
TBRASIL98	3913	425	59	65,33
VASP99	7839	647	88	59,93
VARIG00	16869	1739	223	57,28
VARIG01	17323	1783	229	57,28
VASP98	8198	737	95	56,99
VARIG99	15852	1712	206	56,31
VARIG98	18014	2107	232	55,80

* TAM 98 e TAM99 = TAM + TAM Express + Meridionais;

** TAM 00 = TAM Transportes Aéreos + TAM Linhas Aéreas. Fonte: os autores

ção da produção, durante este período.

Comparando as primeiras empresas no ranking (Tam99 e Tam98), observa-se que as duas possuem a mesma quantidade de funcionários (input 1). A Tam99 produz 34,72% mais outputs a partir de um acréscimo de 36,39% no combustível

gasto (input 2). Isso faz com que as empresas sejam muito parecidas em termos de eficiência, porém a Tam99 serve de referência para 11 empresas, enquanto que a Tam98 é benchmark de apenas 8.

Fazendo-se uma análise das empresas amostradas, pode-se observar que as qua-

tro melhores eficiências foram relativas à empresa Tam, mostradas na figura 1, onde está evidenciado que as menores relações input/output foram as obtidas por esta empresa.

Comparando o Modelo 1 com o Modelo Operacional (M1) de Soares de Mello et al. (2003) podemos constatar que no M1 as empresas Tam Meridionais 98 e Tam Meridionais 99 também foram eficientes. Uma primeira diferença entre os dois modelos é que no M1 as empresas Tam Meridionais e Tam Regionais são consideradas DMUs distintas, enquanto que no Modelo 1, elas são as mesmas empresas, como pode ser observado nos dados da tabela 1. Outra diferença a se destacar é que no M1 a variável de output é passageiros-km oferecidos, enquanto que os inputs são pessoal, combustível e soma das capacidades de passageiros do total de aeronaves da frota (Soares de Mello et al., 2003).

Por último, em Soares de Mello et al. (2003) as empresas analisadas (DMUs) são em número maior (65) e englobam tanto as empresas nacionais quanto as regionais, fato este que explica o uso de um modelo DEA com retorno variável de escala (BCC). Já no Modelo 1 deste artigo, as empresas analisadas são de grande porte e o modelo DEA escolhido foi o de retorno constante de escala (CCR).

Figura 1 - Relação input/output entre as empresas avaliadas

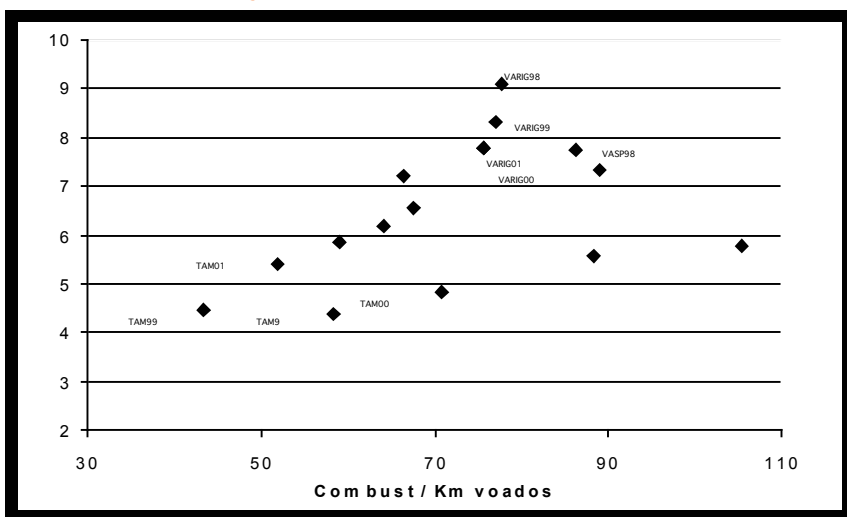
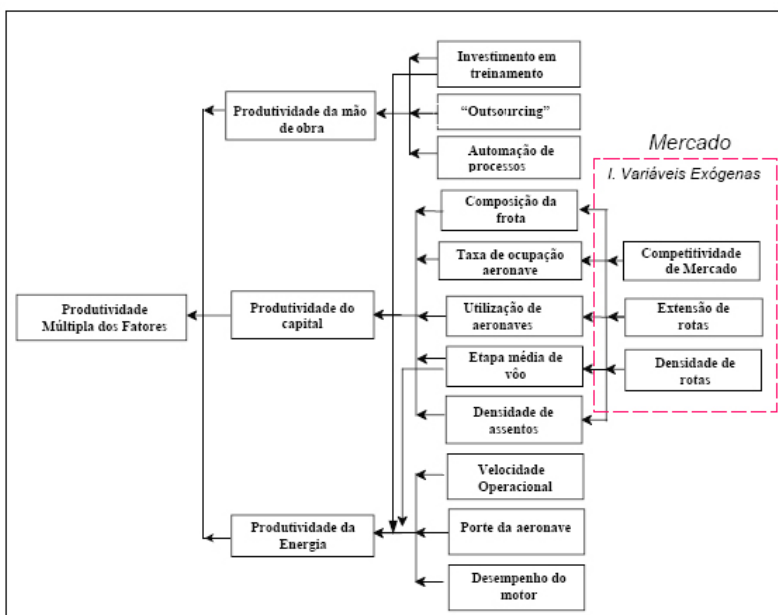


Figura 2 - Inter-relação entre produtividade múltipla dos fatores, produtividade isolada dos fatores e variáveis explicativas da produtividade do transporte aéreo



(Fonte: Araújo, 2004)

Modelo 2 – empresas nacionais e regionais (2002-2004)

No segundo modelo foram avaliadas as empresas aéreas nacionais e regionais no período de 2002 a 2004. Uma primeira diferença observada em relação ao Modelo 1 diz respeito à composição amostral das empresas, já que a empresa Transbrasil foi retirada da avaliação, devido a descontinuidade da sua operação ao final de 2001, sendo inseridas: a empresa Gol, que em 2002 já possuía o status de empresa nacional de grande porte e ainda as empresas regionais RioSul e OceanAir.

ENGENHARIA TRANSPORTE

Araújo (2004) estudou o impacto de variáveis explicativas na produtividade do transporte aéreo, construindo uma inter-relação entre os principais elementos/variáveis determinantes da produtividade isolada e da produtividade múltipla dos fatores do transporte aéreo de passageiros e carga, como pode ser observado na figura 2.

Dessa forma, foram escolhidas como variáveis de input do Modelo 2 aquelas que representam as variáveis explicativas resultantes do estudo de Araújo (2004), quais sejam: número de funcionários (mão-de-obra), combustível gasto (energia) e assentos oferecidos (capital) e como variável de output, foi escolhida assentos quilômetros utilizados.

Cabe ressaltar que as variáveis expli-

cativas resultantes do estudo de Araújo (2004) e que foram utilizadas no Modelo 2, deste artigo, quase que coincidiram com o Modelo Global (M3) de Soares de Mello et al. (2003), que são combustível, pessoal e soma das capacidades de passageiros do total de aeronaves da frota (inputs) e passageiros-km pagos (output), o que mostra a consistência da análise feita pelos dois modelos.

Para a avaliação dessas empresas, como temos empresas a nível nacional em conjunto com empresas regionais, foi utilizado o modelo DEA com retorno variável de escala (BCC), a exemplo do utilizado por Soares de Mello et al. (2003). Ainda como características do modelo DEA, foi escolhida orientação a inputs, sem restrições nos pesos.

As diferenças, no caso do Modelo 2, em relação ao M3 (Soares de Mello et al., 2003) são basicamente:

1) A variável de output: no caso do Modelo 2 é assentos quilômetros utilizados e no M3, passageiros-km pagos;

2) A escala de tempo analisada: enquanto o Modelo 2 analisa os anos de 2002 a 2004, o M3 analisa de 1998 a 2000.

3) Número de empresas avaliadas: embora ambos os modelos analisem empresas nacionais e regionais, o Modelo 2 analisa apenas 6 empresas (4 nacionais + as 2 maiores regionais) enquanto que o M3 é mais abrangente, analisando quase que a totalidade das empresas nacionais e regionais do mercado brasileiro.

Analisando-se os dados da tabela 2,

Tabela 2 - Resultado da comparação de empresas nacionais de grande porte e regionais

Empresa	INPUTS		OUTPUTS		Eficiência (%)
	Funcionários	Combustível (10 ⁶ litros)	Assentos Ofertados	Assento-quilômetros Utilizados (10 ⁶)	
GOL04	3303	325	4005	6084	100,00
GOL03	2479	263	3300	4887	100,00
TAM04	7374	741	10988	13856	100,00
OAI03	372	4	310	41	100,00
VARIG04*	11727	1776	13687	29148	100,00
VARIG03*	12217	1599	9971	27316	100,00
VARIG02	11720	1767	13206	27100	94,29
OAI04	430	8	360	88	91,12
TAM03	6773	664	12495	11309	91,06
TAM02	7618	893	13575	13020	82,09
RSUL02	1648	219	3516	2458	79,79
RSUL04	840	18	1686	231	78,29
GOL02	2072	1012	2868	3145	76,40
RSUL03	914	57	2610	654	68,40
VASPO2	4848	308	3388	3415	61,46
VASPO3	5205	284	3281	3112	60,37
VASPO4	5205	232	3281	2489	57,77

* VARIG03 e VARIG04 = VARIG +VARIG LOG. Fonte: os autores



pode-se observar que o desempenho da empresa Tam no Modelo 2 não foi tão favorável como no Modelo 1, o que pode ser um indicador de uma maior competitividade de mercado a partir de 2002. Pode-se notar, entretanto, que a Tam04 tornou-se mais eficiente que a Tam03 e Tam02. Isso pode ser creditado ao número menor de assentos disponíveis na empresa em 2004, que decresceu aproximadamente 15% em relação a 2003 e 2002.

Quanto ao desempenho favorável das empresas Varig03 e Varig04, este pode ter sido favorecido pelo "Code Share" praticado entre a Tam e esta empresa, no período de tempo em questão.

Já a empresa OceanAir, uma empresa regional de pequeno porte, que começou a operar só em 2003, foi beneficiada pelo modelo de retorno de escala variável utilizado, que compensou a diferença de tamanho entre as empresas. Ao ser comparada com as empresas consideradas nacionais, OAir03 e OAir04 ficaram na metade superior da tabela 2, destaque para OAir04, que foi considerada 100% eficiente pelo Modelo 2, indicando que a empresa está

em ascensão no mercado. Já a empresa RioSul, mesmo com a compensação do modelo BCC, não obteve destaque, ficando na metade inferior da tabela 2.

Outra empresa em destaque na avaliação do Modelo 2 foi a Gol. Pode-se observar que Gol02 não obteve resultado tão expressivo, porém com uma drástica redução no gasto com combustível, na ordem de 70%, a empresa conseguiu quase que dobrar a quantidade de assentos quilômetros no período de 2002 a 2004. Isso demonstra que esta empresa está conquistando uma parte significativa do mercado, principalmente a partir de 2003, pois além de produzir neste período mais assentos quilômetros do que empresas consideradas de grande porte, como a Vasp, tanto Gol03 como Gol04 obtiveram eficiência de 100% no Modelo 2. A estrutura "enxuta" de pessoal da Gol, a baixa idade média e a padronização da sua frota podem ter contribuído, significativamente, para um desempenho operacional superior e uma melhor eficiência.

Como esperado, a empresa Vasp obteve os piores índices de desempenho, destacando-se que houve uma eficiência decrescente entre os anos de 2002 a 2004, sendo a Vasp04 a pior de todas as empresas avaliadas. Isso corresponde à deterioração financeira observada no seu balanço patrimonial e conseqüente falência, ao final de 2004.

CONCLUSÕES

O período situado entre 1998 e 2004 foi de transição e de grandes definições para o setor aéreo brasileiro. A liberalização e a abertura desse mercado, iniciadas no princípio da década de 1990, expuseram as empresas brasileiras a uma concorrência que as levou a praticar uma redução generalizada de preços, com reflexos no aumento da demanda como estratégia para manter ou ampliar a sua participação no mercado.

Empresas como Transbrasil e Vasp não suportaram as conseqüências de uma política econômica de freqüentes desvalorizações da moeda nacional, visto que suas receitas eram geradas predominantemente em moeda nacional, enquanto que suas dívidas, decorrentes do pagamento de aeronaves e de peças de reposição, leasing e juros de financiamento, foram pagas em dólar americano.

Já empresas como Tam e Gol sobreviveram no mercado graças a medidas que geraram um aumento na produtividade. Em 2002 e 2003 essas empresas anunciaram produtos como totens de auto-atendimento para check-in em aeroportos e pela internet. Além disso, promoveram ações de reestruturação da frota, substituindo aeronaves obsoletas e de maior porte por aeronaves menores, possibilitando menor consumo de combustível e melhor desempenho aerodinâmico.

Medidas governamentais ainda são necessárias para uma efetiva recuperação financeira de todo o setor aéreo brasileiro. A desoneração de taxas e impostos incidentes nos combustíveis e lubrificantes, a isenção de impostos incidentes na aquisição de aeronaves de fabricação nacional, eliminação da alíquota do IOF sobre o seguro de responsabilidade civil, ou ainda, diminuição do prazo de desembaraço alfandegário de peças importadas, seriam um bom começo.

A persistir a situação atual, pode-se prever que, no curto prazo, deverão sobreviver apenas as empresas de baixo custo, as chamadas "low cost", com o perfil da Gol, que, como visto, têm aumentado acentuadamente sua participação de mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Air Transportation Action Group - The Americas's air passenger traffic 1985-2011. 1998 edition, Genebra, 1998.
2. Allen, R.; Athanassopoulos, A.; Dyson, R. G.; Thanassoulis, E. - Weights restric-

tions and value judgements in Data Envelopment Analysis. *Annals of Operations Research*, v. 73, p. 14-25, 1997.

3. Ângulo Meza, L. - Um enfoque multiobjetivo para a determinação de alvos na Análise Envoltória de Dados (DEA). Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

4. Araújo Júnior, A. H. - Análise da Produtividade do Transporte Aéreo Brasileiro. In: *Doctoral Dissertation, Escola Politécnica. Universidade de São Paulo*, 2004.

5. Banker, R. D.; Charnes, A.; Cooper, W. W. - Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, v. 30, p. 1078-1092, 1984.

6. Caves, R.; Higgins, C. - The Consequences of the liberalized UK-Europe bilateral Air Service Agreements. *International Journal of Transport Economics*, v. XX, n.º 1, February, p. 3-25, 1993.

7. Charnes, A.; Cooper, W. W.; Rhodes, E. - Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, p. 429-444, 1978.

8. Cooper, W. W.; Seiford, L. M.; Tone, K. - *Data Envelopment Analysis: A comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA - Solver Software.* Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000.

9. Distexhe, V.; Perelman, S. - Technical efficiency and productivity growth in an era of deregulation: the case of airlines. *Swiss Journal of Economics and Statistics* v.130, n.º 4, p. 669-680, 1994.

10. Doganis, R. - *Flying off course - The Economics of International Airlines*, editora N. York Press, 1985.

11. Douglas, G. W.; Miller, C. J. - *Economic Regulation of Domestic Air Transport: Theory and Policy.* The Brookings Institution, Washington, D.C., 1974.

12. European Commission, (1999) - *The European Airline Industry: from Single Market to World Wide Challenges.* A Commu-

nication from the European Commission to the Council of Ministers and European Parliament, 1999.

13. Färe, R. - Productivity of U.S. Airlines after Deregulation. Paper of the Department of Agricultural and Resource Economics, Oregon State University, 2001.

14. Farrel, M. J.; Fieldhouse, M. - Estimating efficient production functions under increasing returns to scale. *Journal of the Royal Statistical Society Series A*, p. 252-267, 1962.

15. Fethi, M. D.; Jackson, P. M.; Weyman-Jones, T. G. - Measuring the efficiency of European Airlines: An Application of DEA and Tobit Analysis. University of Leicester, Management Center, 1999.

16. Gillen, D.; Morris, R.; Oum, T. H. - A Model for Measuring economic Effects of bilateral air Transport Liberalization. Paper presented at the International Colloquium on Air Transportation, Toulouse, November 17-19, 1998.

17. Good, D.; Nadiri, I.; Roeller, L. H.; Sickles, R. C. - Airline efficiency differences between Europe and the US: implications for the pace of EC integration and domestic regulation. *European Journal of Operational Research* v. 80, p. 508-518, 1995.

18. Koopmans, T. C. - Analysis of Production as an efficient combination of activities. In: *Proceedings of the Second Berkeley Symposium, on Mathematical Statistical and Probability.* John Wiley and Sons, New York, p. 33-97, 1951.

19. Lapautre, R. - Liberalisation des transports aériens: quel bilan? *Problèmes Économiques*, n.º 2650, February, 2000.

20. Liu, Z.; Lynk E. L. - Evidence on Market Structure of the Deregulated US Airline Industry, *Applied Economics*, v. 31, p. 1083-1092, 1999.

21. Marin, P. L. - Competition on European Aviation: Pricing Policy and Market Structure. *The Journal of Industrial Economics*, v. XLIII, n.º 2, June, 141 - 159, 1995.

22. Morrison, S. A.; Watson, C. - Enhancing the Performance of the deregulated Air Transportation System. *Brookings Papers: Micro-economics*, p. 62 - 123, 1999.

23. Oum, T. H.; Yu, C. - Assessment of Recent Performance of Canadian Carriers: Focus on Quantitative Evidence for Evaluating Canada's Air Transport Policy Options. Relatório de pesquisa apresentado para revisão do Canada Transportation Act, Montreal, 2001.

24. Pavaux, J. - *L'Économie du Transport Aérien - La Concurrence Impraticable*, Ed. Economica. p. 427, Paris, 1984.

25. Soares de Mello, J. C. C. B.; Angulo Meza, L.; Gomes, E. G.; Serapião, B. P.; Estellita Lind, M. P. - Análise envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. *Revista Pesquisa Operacional*, v. 23, n.º 2, 2003.

26. Schefczyk, M. - Operational performance of airlines: An extension of traditional measurement paradigms, *Strategic Management Journal*, v.14, p. 301-317, 1993.

27. White, L. W. - Economies of Scale and the Question of 'Natural Monopoly' in the Airline Industry. *Journal of Air Law and Commerce*, p. 545-573, 1989. 🍌

* **Antônio Henriques de Araújo Júnior**, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, UERJ - Faculdade de Tecnologia de Resende, coordenador da Divisão de Transporte Aéreo do Instituto de Engenharia
E-mail: anhenriques2001@yahoo.com.br

** **José Virgílio Guedes de Avellar**, Instituto de Estudos Avançados - IEAv
E-mail: avellar@ieav.cta.br

*** **Fernando Augusto Silva Marins**, Universidade Estadual Paulista - UNESP
E-mail: fmarins@feg.unesp.br

**** **Armando Zeferino Milioni**, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA - Departamento de Produção
E-mail: milioni@ita.br