



Núcleo de Estudos de Competição e  
Regulação do Transporte Aéreo

**Documento de Trabalho N. 022/2006**

**Análise de Custos Logísticos no  
Transporte Aéreo Regional**

Natália Santos Ferreira  
Marcelo de Carvalho Griebeler  
José Alexandre Tavares Guerreiro Fregnani

[www.nectar.ita.br](http://www.nectar.ita.br)

São José dos Campos, SP

Versão: 31 de Agosto de 2007

---

O Núcleo de Estudos em Competição e Regulação do Transporte Aéreo, NECTAR, é um centro de pesquisas localizado e apoiado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), voltado para a área de economia do transporte aéreo, com ênfase nos estudos de regulação e na compreensão dos fenômenos competitivos em mercados aéreos totalmente ou parcialmente liberalizados. O NECTAR possui financiamento da FAPESP, no programa de Jovem Pesquisador em Centros de Emergência.

Os trabalhos do Acervo Científico do NECTAR visam divulgar as pesquisas realizadas exclusivamente pelo núcleo ou em parceria com pesquisadores de outras instituições, visando alavancar a produção científica do transporte aéreo no Brasil.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista da FAPESP, do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, do Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial, do Comando da Aeronáutica ou do Ministério da Defesa. Também não exprime o ponto de vista das instituições com as quais o NECTAR mantém convênio.

---

O presente trabalho deve ser assim referenciado:

Ferreira, Griebeler e Fregnani (2007) Análise de Custos Logísticos no Transporte Aéreo Regional. Documento de Trabalho N. 022 – *Acervo Científico do Núcleo de Estudos em Competição e Regulação do Transporte Aéreo (NECTAR)*. São José dos Campos, SP. Disponível em [www.nectar.ita.br](http://www.nectar.ita.br).

Ferreira, Griebeler and Fregnani (2007) Análise de Custos Logísticos no Transporte Aéreo Regional. Working Paper N. 022 – *Center for Studies of Airline Competition and Regulation (NECTAR) Working Paper Series*. São José dos Campos, SP. Available at [www.nectar.ita.br](http://www.nectar.ita.br).

# ANÁLISES DE CUSTOS LOGÍSTICOS NO TRANSPORTE AÉREO REGIONAL

**Natália Santos Ferreira**<sup>♦</sup>

**Marcelo de Carvalho Griebeler**<sup>\*</sup>

NECTAR - Núcleo de Estudos em Competição e Regulação do Transporte Aéreo  
Instituto Tecnológico de Aeronáutica

**José Alexandre Tavares Guerreiro Fregnani**<sup>\*</sup>

Instituto Tecnológico de Aeronáutica

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo, à luz da estimação de uma função custo, verificar se empresas brasileiras de aviação regional atuantes em regiões que diferem com relação à proximidade dos centros de distribuição de querosene de aviação (QAv), apresentam diferentes sensibilidades nos seus custos a variações no preço desse insumo. Procura-se, assim, testar a hipótese de que a logística na aquisição desse fator de produção é um elemento fundamental na determinação da estrutura de custos das companhias e, por conseguinte, na competitividade das mesmas. Os resultados encontrados corroboraram a expectativa inicial.

## ABSTRACT

This paper employs an econometric approach and estimates an airline cost function with the aim to investigate whether Brazilian regional airlines operating in different regions have distinct sensibility concerning fuel expenses due to their distinct closeness to QAv distribution centers. Hence, it is tested if supply logistics in acquiring QAv determines cost structure of the airlines and therefore their competitiveness. Obtained results seem to corroborate this hypothesis.

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento dos preços dos insumos é recorrentemente citado pelas empresas como um fator fundamental no acréscimo de custos e conseqüente repasse aos produtos finais. Muitos desses aumentos podem não estar ligados diretamente ao insumo em si, mas sim, ao seu transporte até o local da produção. Fontes de insumos importantes podem se situar em alguns poucos pontos específicos do país, dificultando seu transporte para outras regiões e/ou encarecendo-o bastante.

O caso do querosene de aviação no Brasil é um exemplo típico de que custos logísticos podem influenciar decisivamente na competitividade de empresas e no bem-estar dos consumidores. O combustível representa uma parcela significativa dos custos das companhias de aviação e os reajustes afetam principalmente as companhias de pequeno porte. De acordo com recentes estudos realizados pela IATA (*International Air Transport Association*, 2004), o consumo de combustível representa o segundo maior componente dos custos diretos operacionais das empresas aéreas, atrás apenas dos custos referentes à mão de obra. Estima-se que a participação do consumo de combustível esteja na faixa de 20% a 40% dos custos diretos operacionais totais nas empresas aéreas.

Os poucos e mal distribuídos centros de distribuição desse tipo de combustível no país acabam agravando os impactos dos aumentos de preços, fazendo com que empresas de aviação regional de diferentes regiões tenham sensibilidades a variações no custo desse insumo distintas.

---

<sup>♦</sup> nataliasanfer@gmail.com

<sup>\*</sup> cabecloou@gmail.com

<sup>\*</sup> jose.guerreiro@embraer.com.br

Um método de se estimar essa sensibilidade, a elasticidade do custo em relação ao preço do combustível, é utilizando a própria função de custo da firma. Muitos trabalhos na literatura se preocupam com a estimação dessa função para empresas de diferentes setores. (Lopez, 1997), por exemplo, utiliza uma função de custo translog para estimar retornos de escala, elasticidades de substituição entre trabalho e capital, produtividade e rentabilidade dos insumos do setor de telecomunicações espanhol. Sua amostra vai de 1974 a 1994. Ainda no setor de telecomunicações, (Bloch *et al.*, 2001) utilizam sua estimação da estrutura de custos, através de uma função quadrática, para testar a hipótese da presença de um monopólio natural no setor na Austrália depois das reformas. Utilizando uma função Cobb-Douglas, (Gomes e Ponchio, 2005) estimam demandas condicionais e elasticidades cruzadas entre insumos na produção de leite para a região Centro-Sul do Brasil.

Os trabalhos que tratam de funções custo no transporte aéreo não são tão numerosos quanto em outros setores. No entanto, trabalhos como o de (Silva, 2001), que utiliza uma função translog para o estudo das empresas aéreas que atuaram no setor aéreo doméstico brasileiro no período de agosto de 1998 a dezembro de 1999, se destacam. Outro trabalho importante, também do setor de aviação civil regular brasileiro, este incluindo vôos domésticos e internacionais, é o de (Silveira, 2003). Nele são estimadas tanto a forma funcional translog restrita como a Cobb-Douglas e seus resultados, em relação a economias de escala e densidade, foram comparados.

O objetivo deste trabalho é, através da estimação de uma função custo Cobb-Douglas, na linha de (Silveira, 2003) e (Gomes e Ponchio, 2005), verificar se empresas brasileiras de aviação regional que atuam em regiões diversas, algumas com maior proximidades dos centros de distribuição de QAV em relação a outras, têm diferentes sensibilidades nos seus custos a variações no preço desse insumo. O que se espera testar é se uma companhia que atua apenas em uma região e, por isso, tem poucas opções de vendedores de QAV, é mais sensível ao preço quando comparada a uma outra que atua em diversas localidades e, por conseguinte, tem maiores opções de compra. Para tal, um par de empresas foi analisado: uma que tem atuação restrita à região Norte, a Rico; e outra de atuação mais ampla, englobando cidades das cinco regiões nacionais, a Passaredo. Os resultados comprovam nossa expectativa inicial.

Este trabalho está dividido em quatro seções, incluindo esta introdução. A Seção 2 fornece um panorama geral do mercado de querosene de aviação no Brasil; na Seção 3 apresenta-se e estima-se uma função custo do tipo Cobb-Douglas para as duas empresas amostradas, discutindo-se os resultados encontrados; e por fim, na Seção 4 são feitas as considerações finais.

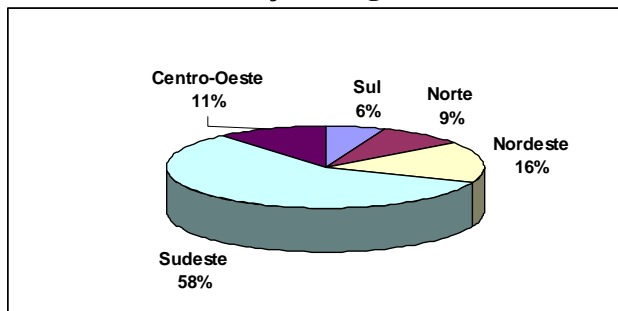
## **2. O MERCADO DE QUEROSENE DE AVIAÇÃO NO BRASIL**

Esta seção visa fazer uma breve análise descritiva do mercado de querosene de aviação no Brasil e estabelecer suas implicações na estrutura de custos das companhias aéreas regionais. Para tal, procura-se descrever tanto a distribuição regional do consumo de combustível, como sua estrutura de oferta, através da localização das refinarias. A seguir, apresenta-se a estratégia de “fuel tankering” comumente utilizada pelas companhias, a fim de otimizarem o processo de abastecimento das aeronaves. Por fim, são discutidos, de forma sucinta, os impactos da concentração da oferta de QAV nos custos e desempenho das empresas do setor.

## 2.1. Consumo

O mercado consumidor de QAv está fortemente concentrado na região Sudeste – que abriga os principais aeroportos brasileiros, origem e destino da maior parte dos vôos nacionais e internacionais – responsável pela aquisição de 58% das vendas desse insumo. Este fato pode ser conferido no gráfico 1, que reporta a distribuição regional do consumo de QAv.

**Gráfico 1: Distribuição Geográfica do Consumo**

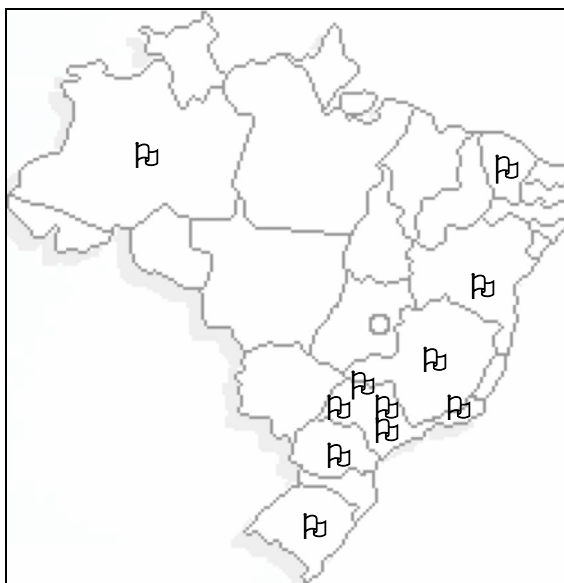


Fonte: Petrobrás

## 2.2. Produção

Com relação à produção, cerca de 85% do produto comercializado é produzido pelas refinarias da Petrobras. O volume restante é importado e destina-se, normalmente, aos portos das regiões Norte e Nordeste do país. Devido à dimensão do país, a logística para entrega do QAv a todos os pontos de consumo é complexa. São empregados vários modais de transporte, tais como dutos, navios-tanque, balsas-tanque e caminhões-tanque.

Conforme pode ser verificado na figura 1, é grande a concentração regional das refinarias produtora de QAv. A região Norte abriga apenas uma refinaria produtora de QAv, as regiões Nordeste e Sul possuem duas cada uma, em contraposição à região Sudeste que concentra seis refinarias.



**Figura 1: Refinarias Produtoras de QAv (Fonte: Petrobrás)**

### **2.3. Fuel Tankering**

O *Fuel Tankering* (Tanqueamento de Combustível ou Abastecimento Econômico) consiste numa técnica operacional utilizada por companhias aéreas com os objetivos: i) reduzir dispêndios no abastecimento das aeronaves, fazendo-o nas localidades que oferecem a melhor margem de negociação ou alíquotas de ICMS menores; e/ou ii) adquirir combustível suficiente para voar mais de um trecho, já que existem localidades onde não há possibilidade de abastecimento, principalmente na região Norte.

Quanto ao item (i), o artifício é limitado, pois após se atingir a melhor estratégia de tanqueamento, não há mais a possibilidade de redução de gastos alterando a localidade de abastecimento. Além disso, partindo do princípio de que as companhias evitam os denominados “ferry flights” (translado das aeronaves com o avião vazio), esta técnica fica restrita às empresas atuantes em mais de uma região. Sendo assim, companhias que operam em rotas mais restritas tendem a ficar à mercê de negociações contratuais com fornecedores que, na posição de monopolistas, conseguem impor preços e condições desfavoráveis aos primeiros.

Do ponto de vista operacional, deve-se destacar que como a quantidade de combustível extra carregado resulta em peso extra na aeronave e, portanto, produz um consumo adicional de combustível na referida etapa, é importante se analisar os custos de transporte deste peso adicional de combustível. Geralmente, as empresas aéreas analisam a viabilidade econômica de transporte de combustível etapa por etapa, para cada aeronave. Em cada etapa, caso o tanqueamento seja viável, programa-se abastecer a aeronave na origem com tal quantidade de combustível extra de modo que o combustível remanescente no destino seja exatamente o combustível regulamentar para a próxima etapa, calculado de acordo com o item 121.645 do RBHA 121 (vide Embraer, 2006). Além disso, devido ao peso adicional que a operação impõe às aeronaves, alguns requisitos devem ser respeitados em cada etapa onde o combustível extra é taqueado:

- i. O Peso Máximo de Decolagem (PMD) no aeroporto de origem não pode ser excedido;
- ii. O Peso Máximo de Pouso (PMP) no aeroporto destino não pode ser excedido; e
- iii. Capacidade Máxima de Combustível da aeronave não deve ser excedida.

Entende-se PMD como o menor valor entre: Peso Máximo Estrutural de Decolagem (PMED), Peso Máximo Limitado por Estrutura de Pavimento (PCN) e Peso Máximo Limitado por Desempenho de Decolagem (PMDD), sendo este o menor valor entre os limites de Comprimento de Pista, Livramento de Obstáculos, Capacidade de Subida, Velocidade Mínima de Controle no Solo, Máxima Velocidade de Pneus e Máxima Energia de Freios.

Entende-se PMP como o menor valor entre: Peso Máximo Estrutural de Pouso (PMEP), Peso Máximo Limitado por Estrutura de Pavimento (PCN) e Peso Máximo Limitado por Desempenho de Pouso (PMDP), sendo ente limitado por Comprimento de Pista, Capacidade de Arremetida em configuração de aproximação e Capacidade de Arremetida em configuração de pouso.

Outro aspecto importante, geralmente não considerado pelas empresas aéreas, é a degradação de outros sistemas das aeronaves com relação a maiores pesos de pouso que esta técnica impõe. Estudos efetuados pela (Boeing, 1998) mencionam que o desgaste de freios, pneus e

sistemas reversores de motores a reação podem ser agravados caso estes sistemas sejam utilizados com maior intensidade quando as aeronaves operam em pesos próximos do Peso Máximo Estrutural de Pouso (PMEP). Para isto sugere-se aplicar um fator percentual ao preço de combustível no destino de modo acomodar tal degradação na análise econômica. Empresas aéreas norte americanas obtiveram, em meados dos anos 90, fatores de ajuste de aproximadamente 5% para se contemplar o aumento dos custos de manutenção referentes a pneus, freios e reversores.

De acordo com a IATA (*International Air Transport Association*, 2004), a economia potencial obtida pela adoção desta técnica, ao longo de uma malha de vôos, varia com o nível de sofisticação e controle de informações que as empresas aéreas possuem em seus sistemas de planejamento de vôo. A informação exata sobre a carga paga a ser transportada ao longo dos trechos é fundamental para o sucesso deste procedimento.

No Brasil o procedimento de tanqueamento de combustível é uma prática bastante comum, uma vez que existe uma grande variação de ICMS, entre estados, para este produto. As empresas aéreas, geralmente, recorrem à análise pontual, etapa por etapa, para viabilidade de tanqueamento de combustível. Efeitos de rede, tais como a minimização do custo de todos os abastecimentos ao longo de programação de uma aeronave em uma malha de vôos, de forma integrada e simultânea, não são ainda avaliados. Muitas vezes a análise de preço de equilíbrio não é sistematizada e geralmente efetua-se a operação de tanqueamento de combustível apenas onde os preços de combustível são mais baratos. Preocupações por consumos adicionais são ignoradas por certos operadores.

Vale a pena ressaltar que com os sistemas computadorizados de navegação empregados, atualmente, é possível se prever com razoável exatidão qual será a carga paga prevista para determinada etapa, bem como as previsões meteorológicas e condições de operação, como por exemplo, interdições de pista (obtidos via boletins tipo NOTAM - *Notice to Airman*), para cada localidade. Consegue-se, desta forma, determinar - a qualquer hora do dia - quais serão os pesos máximos de decolagem e de pouso em qualquer localidade. Tais informações são vitais para uma boa determinação das quantidades máximas de combustível onde o procedimento será adotado. Conforme (Zohein *et.al*, 2002), sistemas informatizados demonstraram economias da ordem de 0,5% a 2% ao longo de uma malha de vôos quando analisando trechos isolados.

#### **2.4. Impactos nas Companhias Aéreas Regionais**

O preço do QAV influencia fortemente o desempenho das empresas aéreas regionais. As empresas de menor porte são as mais afetadas, pois encontram enorme dificuldade para negociar com as distribuidoras de combustível, pagando pelo litro um valor que pode chegar a ser 30% superior ao negociado por uma empresa maior, reduzindo sobremaneira sua margem de lucro e a competitividade do setor (Flap Internacional, 2006).

Neste trabalho será analisada a sensibilidade de duas companhias aéreas regionais a alterações nos preços de vários insumos que compõem suas estruturas de custo. Entre eles, dar-se-á maior destaque ao QAV. A tabela 1 descreve a estrutura da malha aérea atendida pelas empresas por região. Essas informações serão úteis para verificar se a distância entre a rede de atuação destas empresas e refinarias de petróleo que produzam QAV é um fator determinante para a diferença no impacto deste insumo sobre a estrutura de custo das empresas analisadas.

**Tabela 1: Regiões Atendidas pelas companhias Aéreas no período Maio/1997 – Maio/2000**

| Empresa   | Regiões Atendidas<br>(Nº de Cidades Servidas)                     |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|
| Rico      | Norte (29)                                                        |
| Passaredo | Nordeste (3), Sudeste (14), Centro-Oeste (5), Sul (5) e Norte (5) |

Fonte: Elaboração própria a partir das informações do Hotran.

### 3. UMA FUNÇÃO CUSTO DO TIPO COBB-DOUGLAS PARA O TRANSPORTE AÉREO REGIONAL

#### 3.1. Fundamentação Teórica

Esta forma funcional começou a aparecer na literatura a partir de 1928 num famoso artigo no qual os economistas Paul Douglas e Charles Cobb, buscavam uma representação matemática para uma função de produção que permitisse testar empiricamente a teoria da produtividade marginal. A forma matemática escolhida foi o produto de exponenciais, a qual foi batizada com o nome de seus criadores. Considere a seguinte função de produção Cobb-Douglas com dois insumos:

$$Y = Ax_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} \quad (1)$$

Onde  $x_i$  ( $\forall i=1,2$ ) representa os insumos e  $\alpha_i$  ( $\forall i=1,2$ ) são parâmetros desconhecidos a serem estimados. Se multiplicarmos todos os insumos por um fator constante  $k$ ,  $Y$  será multiplicado por  $k^r$ , onde  $r = \alpha_1 + \alpha_2$ . Deste modo  $r$  representa os retornos de escala de uma função de produção do tipo (1). Assim para  $r = 1$ , há retornos constantes à escala,  $r > 1$  retornos crescentes à escala e  $r < 1$  retornos decrescentes à escala.

A extensão deste tipo de função para a representação de uma estrutura de custo é direta. Considere a seguinte função custo derivada de (1):

$$c(Y, w) = \min_{x>0} \{wx : x \in V(Y)\} \quad (2)$$

Onde  $w$  é o vetor dos preços dos insumos e  $x$  é a quantidade de insumos utilizados no processo produtivo. Isso implica que a curva de custo (2) será decrescente se  $r > 1$ , crescente se  $r < 1$ , e horizontal se  $r = 1$ .

A função custo deve satisfazer as seguintes propriedades:

- i.  $c(Y, w) > 0$  para  $Y > 0$  e  $w > 0$  (não-negativa);
- ii. Se  $w' \geq w$ , então  $c(Y, w') \geq c(Y, w)$  (não-decrescente em  $w$ );
- iii. Côncava e Contínua em  $w$ ;
- iv.  $c(Y, tw) = tc(Y, w), t > 0$  (positiva e linearmente homogênea);
- v. Se  $Y' \geq Y$ , então  $c(Y, w) \geq c(Y', w)$  (não decrescente em  $Y$ );

A equação de custo do tipo Cobb-Douglas estimada no presente trabalho apresenta a seguinte configuração:

$$\ln c = \alpha_o + \alpha_Y \ln Y + \sum_i \alpha_i \ln w_i \quad (3)$$

Onde os  $\alpha$ 's representam os parâmetros a serem estimados. Para tornar a função custo bem comportada, deve-se impor a restrição de homogeneidade de grau um no preço dos insumos ( $\sum_i \alpha_i = 1$ ). Ou seja, se o preço dos insumos dobrar, o custo total também dobrará.

Como subproduto direto dessa estimação, será possível verificar a ocorrência ou não de economias de densidade para as operações de cada companhia. Caves, Christensen e Tretheway (1984) definem Retorno à Densidade (RD) como sendo o aumento percentual no produto em decorrência de um acréscimo de 1% nas quantidades de todos os insumos, mantendo-se constante os pontos servidos, a distância média da viagem, o aproveitamento e os preços. Em termos numéricos, isto é equivalente ao inverso da elasticidade do custo total com respeito ao produto. Por meio de (3) tem-se que:

$$RD = \frac{1}{\alpha_Y} \quad (4)$$

Se  $RD > 1$ , há retornos crescentes ou economias de densidade; se  $RD = 1$  há retornos constantes e quando  $RD < 1$  há retornos decrescentes à densidade.

Uma economia aérea apresentará economias de densidade em suas operações se seus custos unitários declinam quando se adicionam vôos ou assentos nos vôos existentes, mantendo-se constante o aproveitamento, a distância média da viagem e o número de aeroportos servidos.

### 3.2. Base de Dados

As informações de custo foram obtidas junto à divisão de informações econômicas do DAC (atual ANAC).

Os dados disponíveis para as empresas regionais de aviação comercial no Brasil têm algumas limitações. Para contorná-las foi necessário reduzir o escopo da análise deste trabalho. As comparações que serão realizadas adiante, por exemplo, serão feitas entre empresas que possuem os mesmos tipos de aeronaves. Dessa maneira, o custo total será relativo a uma determinada aeronave, assim como os insumos escolhidos. Evitam-se, assim, comparações que podem ser distorcidas para o analista.

### 3.3. Determinação das Variáveis

Viu-se anteriormente que uma função de custo relaciona o custo total de uma firma com o seu produto e com os preços dos seus insumos. Para especificar-se essa equação para o transporte aéreo primeiro precisa-se definir qual é o produto da indústria de aviação comercial civil. A seguir, deve-se tentar verificar quais são os insumos desse produto e seus respectivos preços.

O serviço prestado por uma companhia aérea não se restringe ao transporte de indivíduos entre quaisquer dois pontos. Existe também o transporte de carga, que apresenta um crescimento na sua utilização no Brasil, com o advento do comércio eletrônico. Neste trabalho, por se tratar da análise de empresas regionais, as quais têm uma mínima contribuição no transporte de cargas nacional, escolheu-se trabalhar com o primeiro serviço, o transporte de passageiros. Portanto, o produto aqui considerado é o transporte de indivíduos

de um ponto a outro do território e sua definição é Passageiros Pagantes x Quilômetros Transportados.

Toda a atividade produtiva é composta por um número muito grande de insumos. A indústria do transporte aéreo, mesmo não necessitando de um número tão grande de matérias-primas quanto indústrias de transformação, por exemplo, ainda sim apresenta uma boa gama de recursos necessários à produção. Para tornar as estimativas factíveis, bem como para uniformizar a base de dados, segue-se Silva (2001) e utilizou-se um número limitado de preços de insumos. Abaixo segue a sua definição:

$$\text{Preço Médio do Trabalho} = (\text{Despesas com Tripulantes Técnicos} + \text{Despesas com Comissários de Bordo}) / \text{Número de Funcionários Aeronautas}$$

Vale ressaltar que o número de aeronautas não foi informado pelas empresas, assim, levou-se em consideração para o cálculo uma média de um comissário de bordo para cada trinta passageiros. O preço médio do trabalho refere-se ao gasto unitário com funcionários que trabalham diretamente nas operações de vôo. Essas despesas referem-se a salários, encargos sociais, treinamento, despesas com viagens, alimentação e adicionais (noturno, por exemplo). Para retirar o efeito da inflação, esse preço foi deflacionado pelo INCC e trazido a preços de setembro de 2001.

$$\text{Preço Médio do Combustível} = \text{Despesas com Combustível} / \text{Número de Litros de Combustível Consumidos}$$

O preço acima representa o gasto médio com querosene de aviação. O coeficiente desse preço será um dos mais importantes para a análise desse trabalho. As despesas totais com esse insumo referem-se tanto a operações de vôos produtivas quanto improdutivas. Seu deflacionamento foi feito através do IGP-DI (09/2001=100).

$$\text{Preço Médio do Capital} = (\text{Despesas com Arrendamento de Aeronaves} + \text{Seguros de Aeronaves} + \text{Manutenção e Revisões} + \text{Depreciação de Equipamentos}) / \text{Número de Aeronaves Existentes}$$

Esse preço refere-se ao gasto médio com equipamentos de vôo. As despesas com arrendamento englobam além da aeronave também turbinas, máquinas e equipamentos, quando esse for o caso. A depreciação é o custo contábil relativo à perda de valor de todos os equipamentos da companhia. O índice IPA-DI (09/2001=100) foi utilizado para trazer esse preço a valores reais.

$$\text{Preço Médio das Tarifas Aeroportuárias} = (\text{Despesas com Tarifas Aeroportuárias} + \text{Despesas com Tarifas de Auxílio à Navegação}) / \text{Número de Pousos Efetuados}$$

Esse preço reflete o gasto médio com tarifas de serviços de auxílio às operações da companhia. As tarifas variam de aeródromo para aeródromo. Aqui também se usou o IGP-DI (09/2001=100) como índice de deflacionamento.

$$\text{Preço Médio de Outros Insumos} = \text{Despesa com Outros Insumos} / (\text{Passageiros Pagantes} \times \text{Quilômetros Transportados})$$

Os gastos com outros insumos referem-se a desembolsos efetuados em atividades de serviço de bordo, organização terrestre, organização de tráfego de passageiros e administração geral. O índice de inflação utilizado aqui também foi o IGP-DI (09/2001=100).

Além do produto e do preço dos insumos, variáveis que controlem as características das empresas, como o aproveitamento (*load factor*) e a distância média voada foram incorporados no modelo.

### 3.4. Estimação Econométrica

O modelo a ser estimado, portanto, tem a seguinte especificação:

$$\ln CT_i = \alpha_1 + \alpha_2 \ln PAX\_KM_i + \alpha_3 \ln APROVEITAMENTO_i + \alpha_4 \ln CAPITAL_i + \alpha_5 \ln OUTROS_i + \alpha_6 \ln QAV_i + \alpha_7 \ln TARIFAS_i + \alpha_8 \ln TRABALHO_i + \alpha_9 \ln DISTANCIA_i + \mu_i \quad (5)$$

Como visto anteriormente, qualquer função custo neoclássica, necessita de algumas restrições. Dessa maneira, a forma de estimação tem que atender a essas peculiaridades. Aqui, o que se utilizou foi um sistema com duas equações sendo a primeira (5) e a segunda a restrição de que a soma dos coeficientes dos preços dos insumos seja igual a um:

$$\alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7 + \alpha_8 = 1 \quad (6)$$

O método de estimação do sistema foi o de Máxima Verossimilhança, que apresenta boas propriedades assintóticas dos estimadores, permite testes de restrições nos parâmetros (lineares e não lineares) e não necessita da hipótese da distribuição normal dos resíduos. Além disso, sempre que necessário foi introduzida, na primeira equação, uma parcela autorregressiva para corrigir a autocorrelação residual.

### 3.5. Resultados

Os resultados para as companhias, Rico e Passaredo, utilizando a aeronave E-120 estão apresentados na tabela 2. Conforme pode ser visto, os coeficientes estimados apresentam sinais condizentes com a teoria econômica, quais sejam, positivos para os preços dos insumos. Além disso, os modelos se ajustaram bem aos dados ( $R^2=0,96$  e  $0,98$ , respectivamente) e todos os coeficientes se mostraram significativos a 90% de confiança. O coeficiente da variável de controle “distância” não se mostrou significativo para nenhuma das empresas, portanto, não foi reportado na tabela 2.

O custo total da empresa aérea Rico apresentou maior sensibilidade a variações no preço do capital, seguido dos preços dos outros insumos e do QAv. Ao passo que estrutura de custos da Passaredo mostrou-se mais suscetível a mudanças no preço dos outros insumos, seguido do capital e do QAv. Portanto, alterações nos preços desses três insumos impactam de forma mais intensiva os custos das empresas analisadas, que não se mostraram muito sensíveis a trabalho e tarifas.

Analisando os coeficientes do QAv, nos dois modelos, pode-se perceber uma diferença significativa entre as elasticidades encontradas. A Rico, por exemplo, indicou um parâmetro da ordem de 0,26, o que significa que alterações de 1% no preço do querosene de aviação aumentam seus custos totais em 26%. Em contrapartida, aumentos de preço de 1% do mesmo insumo refletem em um aumento de 16% nos custos da Passaredo. Uma possível explicação para esse fato diz respeito à malha mais diversificada desta última, que em função disso, tem

maiores alternativas de compra de combustível (acesso a maior quantidade de centros de distribuição) podendo empregar a estratégia de “tanqueamento de combustível” para fins de escolha de localidades que oferecem a melhor margem de negociação ou alíquotas de ICMS menores. A Rico, ao contrário, emprega a referida técnica para adquirir combustível suficiente para voar mais de um trecho, vez que muitos aeroportos da região Norte não são dotados de postos de abastecimento. Sendo assim, tem o seu poder de barganha limitado pelo pequeno número de ofertantes do insumo. Assume-se, nesse sentido, que as companhias não praticam os “ferry flights”, para fins de abastecimento.

Uma análise adjacente diz respeito às potenciais economias de densidade (equação 4). Pelo cálculo dos retornos de densidade (1,09 para a Rico e 1,27 para a Passaredo), verifica-se que ambas podem reduzir seus custos unitários à medida que aumentem a oferta de assentos. Desta forma, tanto a Rico quanto a Passaredo tem incentivos a expandirem sua frota e/ou diversificarem sua malha aérea.

**Tabela 2: Resultados**

| Método de Estimação: Máxima Verossimilhança |               |        |               |        |
|---------------------------------------------|---------------|--------|---------------|--------|
| Amostra: 1997:05 2000:05                    |               |        |               |        |
| Aeronave: E-120                             |               |        |               |        |
| Variável dependente: Log (Custo_Total)      |               |        |               |        |
| Parâmetros                                  | Rico          |        | Passaredo     |        |
|                                             | Coefficientes | Prob.  | Coefficientes | Prob.  |
| Constante                                   | -4.396070     | 0.0262 | -             | -      |
| Log (Pax_Km)                                | 0.914999      | 0.0000 | 0.785476      | 0.0000 |
| Log (Aproveitamento)                        | -0.334460     | 0.0383 | -0.236280     | 0.0006 |
| Log (Capital)                               | 0.369463      | 0.0000 | 0.184386      | 0.0000 |
| Log (Outros)                                | 0.263542      | 0.0000 | 0.460736      | 0.0000 |
| Log (QAV)                                   | 0.257345      | 0.0001 | 0.158883      | 0.0000 |
| Log (Tarifas)                               | 0.074899      | 0.0547 | 0.114271      | 0.0000 |
| Log (Trabalho)                              | 0.034711      | 0.0004 | 0.081722      | 0.0000 |
| AR (1)                                      | 0.382353      | 0.1000 | -             | -      |
| Estatísticas                                |               |        |               |        |
| R-squared                                   | 0.959304      |        | 0.975662      |        |
| Adjusted R-squared                          | 0.947246      |        | 0.970794      |        |
| S.E. of regression                          | 0.108129      |        | 0.038249      |        |
| Durbin-Watson stat                          | 1.839598      |        | 1.623927      |        |
| Mean dependent var                          | 1.385332      |        | 1.427822      |        |
| S.D. dependent var                          | 0.470777      |        | 0.223811      |        |
| Sum squared resid                           | 0.315681      |        | 0.043889      |        |

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por objetivo, à luz da estimação de uma função custo, verificar se empresas brasileiras de aviação regional atuantes em regiões que diferem em relação à proximidade dos centros de distribuição de QAv, apresentam diferentes sensibilidades nos seus custos a variações no preço desse insumo. Procurou-se, assim, testar a hipótese de que a logística na aquisição desse fator de produção é um fator fundamental na determinação da estrutura de custos das companhias e, por conseguinte, na competitividade das mesmas.

Estimando uma função custo Cobb-Douglas para duas empresas regionais, Rico e Passaredo, obteve-se resultados que corroboram a hipótese inicial. A primeira apresentou uma sensibilidade QAv-Custo de 0,26, valor 63% superior ao encontrado para a Passaredo (0,16). Trata-se de um resultado condizente com a realidade da região Norte do Brasil, onde está presente apenas uma refinaria de querosene para a aviação. O fato de a Petrobrás ser responsável por 85% da produção do QAv comercializado no país e ter de importar os 15% restantes e destiná-los especialmente às regiões Norte e Nordeste somente vem a embasar os resultados encontrados.

Os resultados obtidos lançam inúmeras questões de relevância para as empresas aéreas e, de maneira mais ampla, para a própria estratégia de desenvolvimento do país. Se por um lado a estratégia do tanqueamento (*fuel tankering*) está ao alcance das companhias aéreas, deve-se apontar para a ineficiência que esta medida impõe às empresas que atuam em regiões com acesso a poucos aeroportos dotados com logística de suprimento de combustível, ao acarretar em transporte de carga não-paga. Tomando-se o cenário de forma mais ampla, e muito embora esta pesquisa não tenha contemplado um estudo comparado a respeito de preços ao consumidor praticados pelas duas empresas amostradas, pode-se depreender que os custos logísticos incorridos na distribuição do combustível apresentam impacto para as empresas aéreas e, eventualmente, para os usuários do serviço de transporte aéreo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bloch, H., Coble-Neal, G., Madden, G., e Savage, S. J. (2001) “The Cost Structure of Australian Telecommunications”, *The Economic Record*, v. 77, n.239, p. 338-350.
- Boeing. (1998) *Fuel Conservation, News Letters*. Seattle.
- Caves, D.W., Christensen, L. R., e Tretheway M.W. (1984) Economics of Density Versus Economies of Scale: Why Trunk and Local Service Airline Costs Differ. *Rand Journal of Economics*, v. 15, p. 471-489.
- Embraer. (2006) *190 Operations Manual. Vol.1.*, Chapter 6 – Flight Planning. São José dos Campos.
- Flap Internacional (2006) Grupo Editorial Spagat, São Paulo, número 403, abril.
- Fregnani, J.A.T.G. (2007) *Um Modelo para Minimização dos Custos Totais de Abastecimento Considerando as múltiplas escalas das Aeronaves nas Rotas de uma Empresa Aérea Regional Brasileira*. Mimeo
- Gomes, A. L.; e Ponchio, L. A. (2005) *A Função Custo no Setor do Leite: Uma Abordagem para a Região Centro-Sul do Brasil*, CEPEA-ESALQ. (Disponível em: [www.cepea.esalq.usp.br/pdf/artigo\\_leite\\_01.pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/artigo_leite_01.pdf))
- International Air Transport Association. (2004) *Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management*. 1st Ed. Effective.Montreal.
- Lopez, E. (1997) The Structure of Production of the Spanish Telecommunications Sector. *Empirical Economics*, 22, pp.321-330.
- Silveira, J. A. (2003) *Transporte Aéreo Regular no Brasil: Análise Econômica e Função de Custo*, Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Silva, A.M.A. (2001) *Setor Aéreo Doméstico Brasileiro: Uma Função Custo*, XXIX Encontro Nacional de Economia.
- Zouein, P.P., Abillama, W.R., e Tohme, E. (2002) *A multiple period capacitated inventory model for airline fuel management: a case study*. Lebanese American University. Beirute, Líbano.