

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Dênis William Braga Façanha

**CUSTOS POR PKT DA MANUTENÇÃO DE AERONAVES
NO TRANSPORTE DE PASSAGEIROS NO BRASIL**

*Trabalho de Graduação
2008*

Civil-Aeronáutica

Dênis William Braga Façanha

**Custos por pkt da manutenção de aeronaves no transporte de
passageiros no Brasil**

Orientadora, M.Sc.
Profa. Rogéria de Arantes Gomes Eller

Divisão de Engenharia Civil

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
COMANDO-GERAL DE TECNOLOGIA AEROESPACIAL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**Divisão de Informação e Documentação**

Façanha, Dênis William Braga
 Custos por pkt da manutenção de aeronaves no transporte de passageiros no Brasil / Dênis William Braga Façanha.

São José dos Campos, 2008.

57f.

Trabalho de Graduação – Divisão de Engenharia Civil –
 Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2008. Orientadora: Rogéria Arantes Gomes Eller.

1. Manutenção de aeronaves 2. Custos de Manutenção por pkt. 3. Transporte Aéreo. I. II. Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia Civil. III. Custos por pkt da manutenção de aeronaves no transporte de passageiros no Brasil

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FAÇANHA, Dênis William Braga. **Custos por pkt da manutenção de aeronaves no transporte de passageiros no Brasil**. 2008. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Dênis William Braga Façanha

TÍTULO DO TRABALHO: Custos por pkt da manutenção de aeronaves no transporte de passageiros no Brasil

TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação/2008

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

Dênis William Braga Façanha

Rua Cel. Alves Teixeira, 1480 apto. 802 – Fortaleza - CE

**CUSTOS POR PKT DA MANUTENÇÃO DE AERONAVES NO TRANSPORTE DE
PASSAGEIROS NO BRASIL**

Esta publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação


Dênis William Braga Façanha
Autor


Prof^a Rogéria de Arantes Gomes Eller, M.Sc.
Orientadora


Prof^a. Dr^a. Iria Fernandes Vendrame
Coordenadora do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 17 de Novembro de 2008

“O que a gente leva da vida é a vida que a gente leva”

Alexandre, Cantor e Compositor Nordestino

AGRADECIMENTOS

A toda minha família, principalmente minha mãe Rivania Façanha e minha irmã Ludiana Rocha, com as quais convivi diariamente até os 17 anos de idade e, portanto, tiveram uma participação enorme na formação do meu caráter e me apoiaram nos momentos mais difíceis pelos quais passei.

Ao meu pai que, apesar de não estar mais conosco, sei que está torcendo pelo meu sucesso.

A minha namorada Regina Helena que sempre confiou na minha capacidade e sempre me incentivou para perseguir meus objetivos.

Ao meu tio, Francisco Braga, que sempre demonstrou orgulho pelo brilhante sobrinho.

A minha orientadora Rogéria, pela paciência e dedicação com que me auxiliou e orientou na realização deste trabalho.

A todos os amigos que fiz nesses cinco anos de ITA, com os quais quero compartilhar este momento. Espero, sinceramente, manter essas amizades para sempre.

Aos amigos que fiz em Fortaleza: Gilles, Doido, Slot (Danny Crane), Pipito, Gonzaga, Rodrigo, Pedro, Vitim, Said, Peixoto (Alan Shore), Diego entre outros.

A minha segunda família que tenho em São Paulo: Gleise, Glênia, Daniel, Tia Fátima e Tio Didi.

RESUMO

Este trabalho visa à discussão de assuntos relacionados com a manutenção de aeronaves, através de pesquisas em livros, artigos e entrevista com pessoal da área. Informações e dados estatísticos da aviação brasileira, principalmente no que se relaciona com a manutenção de aeronaves e segurança de voo, são apresentados neste trabalho de graduação. Com os dados disponíveis nos anuários do Transporte Aéreo, calculou-se o custo de manutenção de aeronaves, por passageiro quilômetro transportado (pkt), no transporte aéreo de passageiros doméstico do Brasil. O conhecimento desse valor é importante porque pode servir como diretriz para decisões de contenção de custos numa empresa do setor aéreo e, dada a alta competitividade desse setor atualmente, o controle de custos se torna mister para a sobrevivência de uma empresa no mercado.

ABSTRACT

This paper aims to discuss matters relating to maintenance of aircraft, through research in books, articles and interviews with staff from the area. Information and statistics from the Brazilian aviation, especially as it relates to the maintenance of aircraft and flight safety, are presented in this paper. The cost of maintenance of aircraft, by passenger kilometers carried in the domestic air transport, is estimated with the data available in the yearbooks of Air Transportation. The knowledge of this value is important because it can serve as guidance for decisions in a cost-containment situation for a company in the air transport and, given the high competitiveness of this sector currently, controlling costs becomes crucial for the survival of a company in the market.

Sumário

Sumário	2
1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Objetivos	14
1.2. Metodologia	15
1.3. Estrutura do trabalho	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1. Custos	17
3. MANUTENÇÃO DE AERONAVES	23
3.1. Programa de Manutenção	23
3.2. Tipos de Manutenção de Aeronaves.....	25
3.3. Quantidade de material estocado.....	28
3.4. Repair Turntime	29
4. METODOLOGIA.....	34
4.1. Participação da manutenção no custo total	35
4.2. Custo de manutenção por hora voada.....	39
5. RESULTADOS OBTIDOS.....	42
5.1. Cálculo do Custo de manutenção de aeronaves por pkt	42
5.1.1. Cálculo do Custo Explícito	42
5.1.2. Cálculo do Custo de Oportunidade	47
6. CONCLUSÕES.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

Índice de Figuras

Figura 1: Participação percentual de cada tipo de acidente aeronáutico na aviação geral entre 1998 e 2007	14
Figura 2: Comportamento dos Custos Econômicos	18
Figura 3: Curvas de Custos.....	20
Figura 4: Maximização do lucro.....	21
Figura 5: Modelo de manutenção dos componentes de aeronaves.....	31
Figura 6: Tempos de manutenção por componente em cada simulação	33
Figura 7: Evolução da participação dos custos de manutenção de aeronaves nos custos totais	37
Figura 8: Divergência da participação percentual dos custos de manutenção e dos custos com combustível.....	38
Figura 9: Evolução da participação dos custos de manutenção de aeronaves por hora voada.	41

Índice de Tabelas

Tabela 1: Exemplo de parâmetros dos componentes a partir de dados históricos	32
Tabela 2: Market-Share doméstico em pkt no ano de 2006	34
Tabela 3: Market-Share doméstico em pkt no ano de 2007	35
Tabela 4: Evolução dos Custos de manutenção e revisão de aeronaves da GOL	35
Tabela 5: Evolução dos Custos de manutenção e revisão de aeronaves da TAM.....	36
Tabela 6: Evolução dos Custos de manutenção e revisão de aeronaves da OCEANAIR	36
Tabela 7: Evolução dos Custos de manutenção e revisão de aeronaves da VARIG	36
Tabela 8: Evolução dos Custos de manutenção e revisão de aeronaves (Agregado)	37
Tabela 9: Custos percentuais de Manutenção e de Combustível.....	38
Tabela 10: IGP-DI e fator acumulado até 2007	39
Tabela 11: Evolução dos custos de Manutenção e Revisão de aeronaves por hora voada (GOL)	40
Tabela 12: Evolução dos custos de Manutenção e Revisão de aeronaves por hora voada (TAM).....	40
Tabela 13: Evolução dos custos de Manutenção e Revisão de aeronaves por hora voada (OCEANAIR).....	40
Tabela 14: Evolução dos custos de Manutenção e Revisão de aeronaves por hora voada (VARIG).....	41
Tabela 15: Evolução dos custos de Manutenção e Revisão de aeronaves por hora voada (Agregado).....	41
Tabela 16: Frota de aeronaves em 2006 e 2007 (GOL)	42
Tabela 17: Frota de aeronaves em 2006 e 2007 (TAM).....	42
Tabela 18: Frota de aeronaves em 2006 e 2007 (OCEANAIR).....	42
Tabela 19: Frota de aeronaves em 2006 (VARIG).....	43
Tabela 20: Cálculo do Custo de Manutenção por pkt em 2006 (GOL).....	44
Tabela 21: Cálculo do Custo de Manutenção por pkt em 2006 (TAM).....	44
Tabela 22: Cálculo do Custo de Manutenção por pkt em 2006 (OCEANAIR)	44
Tabela 23: Cálculo do Custo de Manutenção por pkt em 2006 (VARIG)	44
Tabela 24: Cálculo do Custo de Manutenção por pkt em 2006 (VARIG) Continuação	45
Tabela 25: Cálculo do Custo de Manutenção por pkt em 2007 (GOL).....	45
Tabela 26: Cálculo do Custo de Manutenção por pkt em 2007 (TAM).....	46

Tabela 27: Cálculo do Custo de Manutenção por pkt em 2007 (OCEANAIR)	46
Tabela 28: Utilização diária de aeronave nos anos de 2006 e 2007	47
Tabela 29: Distribuição das despesas da indústria aérea	50
Tabela 30: Cálculos para a obtenção do CO_{ph} em 2006	52
Tabela 31: Cálculos para a obtenção do CO_{ph} em 2007	53
Tabela 32: Custos de Manutenção por passageiro quilômetro transportado	53

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, percebe-se uma grande competição no transporte de passageiros no Brasil; competição essa que pode ser tanto intermodal, aérea e rodoviária, como intramodal, entre as diferentes companhias aéreas, por exemplo. Dessa forma, o conhecimento detalhado de todos os custos inerentes à realização do serviço de transporte de passageiros se mostra de extrema importância para se obter alta eficiência econômica nesse tipo de serviço.

A percepção é que o mercado de transporte aéreo de passageiros do Brasil tem seguido uma tendência de se tornar cada vez mais competitivo. Essa competição se traduz na entrada de novas empresas no mercado, saída de empresas que não são bem administradas e em tarifas mais competitivas. Exemplos disso são: a entrada da companhia aérea Gol em 2002 no mercado, a promessa de entrada da Azul Linhas Aéreas em Dezembro de 2008, a falência da Varig em 2006 e da BRA em 2007.

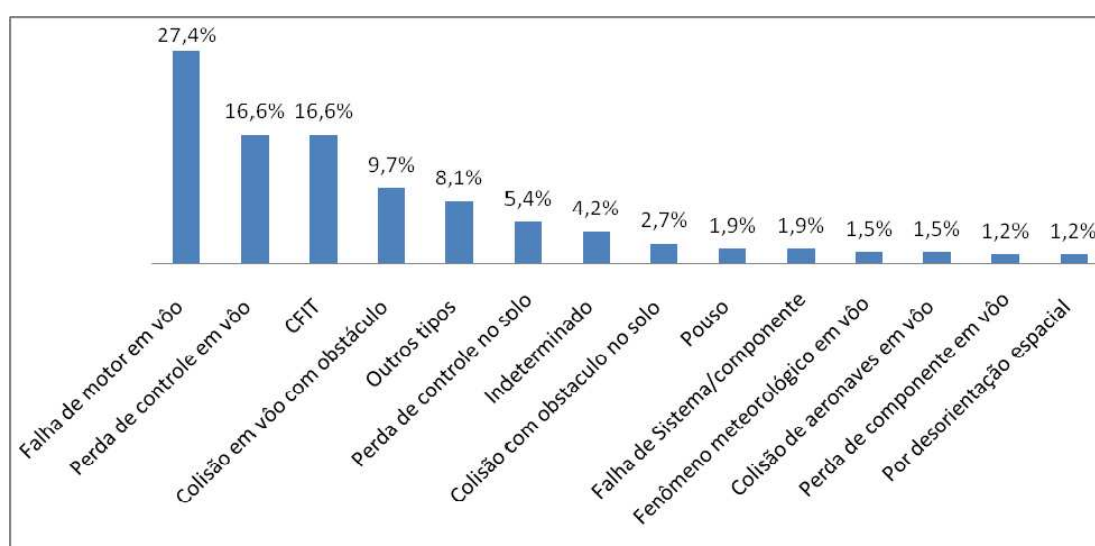
O fato de possuírem preços de passagem mais competitivos nesse mercado gera pouca flexibilidade em se incrementar a receita de uma companhia aérea através de alteração tarifária. Portanto, a sobrevivência de uma empresa aérea num mercado competitivo se dá, principalmente, através de um ótimo controle de custos. Com a diminuição dos custos de uma empresa, é possível a cobrança de preços competitivos pelas passagens; ao mesmo tempo em que se obtém uma margem de lucro suficiente para sua permanência no mercado de transporte aéreo de passageiros.

É nesse contexto que se encontra o custo de manutenção de aeronaves, pois ele possui participação relevante no custo total do transporte de passageiros. Isso serviu como grande motivação para a realização do presente trabalho, uma vez que ele poderá servir como fonte de consulta para empresas do setor aéreo na busca por otimização de custos.

A manutenção de aeronaves se dá por uma motivação simples e óbvia: garantir a segurança das aeronaves durante suas operações. Assim, deve-se aliar essa diminuição de custos à segurança citada. Segundo dados estatísticos da ANAC, 13% dos acidentes aeronáuticos ocorridos na década de 1990 sofreram contribuição de uma manutenção da aeronave ineficaz. Pode-se pensar essa relação entre diminuição de custos de manutenção e a segurança das aeronaves em voo como um *Trade-off*. Segundo Stiglitz e Walsh (2003),

Trade-off é uma consequência da escassez de recursos e se traduz como a escolha de um determinado benefício em detrimento de outro. Assim, a diminuição de custo citada anteriormente não pode ser administrada isoladamente, mas de forma que a segurança das aeronaves não seja comprometida.

De acordo com dados estatísticos provenientes do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – CENIPA, são mostrados os tipos de acidentes aeronáuticos existentes no período compreendido entre os anos de 1998 e 2007 na Figura 1.



Fonte: CENIPA

Figura 1: Participação percentual de cada tipo de acidente aeronáutico na aviação geral entre 1998 e 2007

Ainda segundo esse mesmo centro de investigação, o fator manutenção tem uma participação de: 36% nos acidentes de falha de motor e 35,70% nos acidentes de perda de controle em voo. Somente nesses dois tipos de acidentes, tem-se 15,8% de todos os acidentes da aviação geral tendo como contribuição a manutenção.

1.1. Objetivos

O objetivo principal deste trabalho de graduação é estimar o custo de manutenção de aeronaves por passageiro quilômetro transportado no transporte aéreo de passageiros no Brasil. Adicionalmente, esclarecer em que consiste a manutenção de aeronaves, quais os

procedimentos que são realizados para uma manutenção eficaz e eficiente e mostrar o panorama atual de seus custos nas companhias brasileiras.

1.2. Metodologia

Inicialmente, foram realizadas buscas de literatura sobre assuntos que possuam relação direta e indireta com os custos de manutenção de aeronaves. Após esse procedimento, foi realizada uma pesquisa com a TAM Linhas Aéreas por meio de entrevista direta com o Engenheiro Aeronáutico, formado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Luís Fernando Daud, funcionário da área de manutenção da TAM, de maneira a se obter informações sobre como são planejadas e realizadas as manutenções dessas aeronaves. Adicionalmente, foram consultados os anuários do Transporte Aéreo com o intuito de se quantificar os custos de manutenção no mercado brasileiro. Com esses dados disponíveis, discutiram-se assuntos relevantes do custo de manutenção de aeronaves e elaborou-se um modelo de cálculo do custo dessa manutenção em função do passageiro quilômetro transportado (pkt).

1.3. Estrutura do trabalho

Este trabalho foi dividido em sete capítulos, os quais foram subdivididos em itens que abordam um assunto mais específico.

No capítulo 1, tem-se um panorama geral da situação do transporte de passageiros no Brasil, os objetivos do trabalho, um comentário breve de como será realizado o trabalho e como o trabalho foi estruturado.

No capítulo 2, têm-se demonstrações microeconômicas que dão suporte teórico às hipóteses assumidas neste trabalho. Hipóteses essas realizadas ao se efetuar a análise dos custos de manutenção de aeronaves para as companhias aéreas nacionais.

No capítulo 3, são discutidos os aspectos relevantes do custo de manutenção de aeronaves por meio de uma revisão bibliográfica. Assim, obtém-se conhecimento teórico sobre o assunto, com base em experiências passadas realizadas por profissionais e estudiosos da área em forma de artigos por exemplo.

No capítulo 4, são exibidas as evoluções dos custos de manutenção em diferentes bases de comparação e algumas interpretações.

No capítulo 5, são mostrados os procedimentos utilizados para a obtenção das estimativas dos custos de manutenção de aeronaves no transporte aéreo de passageiros doméstico e seus resultados.

No capítulo 6, são mostradas as conclusões do autor do presente trabalho sobre os resultados obtidos. Essas conclusões contemplam assuntos como a confiabilidade, importância desses resultados e sugestões para continuidade da pesquisa.

Ao final, cita-se a bibliografia consultada durante a realização deste Trabalho de Graduação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Custos

O presente trabalho aborda um assunto específico da teoria microeconômica: custos inerentes a uma empresa. De acordo com Pindyck e Rubinfeld (2006) podem-se definir dois tipos de custos: custos contábeis e custos econômicos. Seguem-se as definições de tais custos, de acordo com esses autores:

“An economist thinks of cost differently from a accountant, who is concerned with the firm’s financial statements. Accountants tend to take a retrospective look at a firm’s finances because they have to keep track of assets and liabilities and evaluate past performance. Accounting cost includes depreciation expenses for capital equipment, which are determined on the basis of the allowable tax treatment by the Internal Revenue Service.

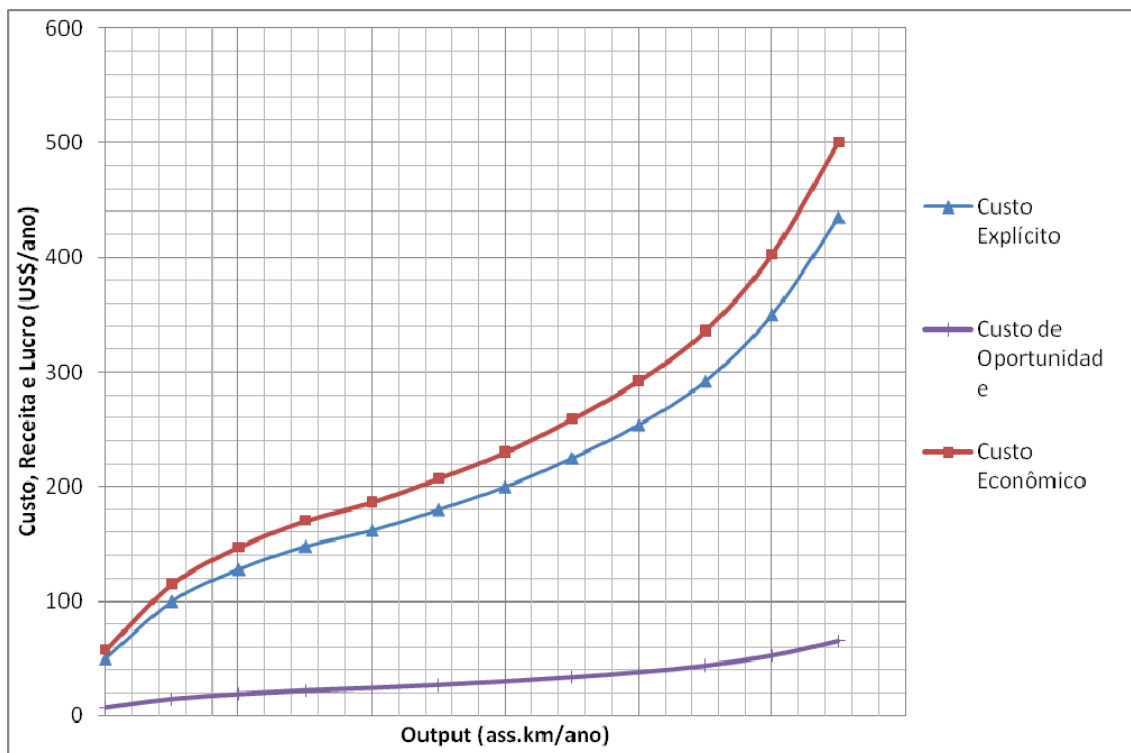
Economists - and we hope managers take a forward-looking view of the firm. They are concerned with what cost is expected to be in the future, and with how the firm might be able to rearrange its resources to lower its cost and improve its profitability. They must therefore be concerned with opportunity cost, the cost associated with opportunities that are foregone by not putting the firm’s resources to their highest value use.”

O custo de manutenção de aeronaves será abordado como custo econômico (CEc), que é composto por custos explícitos (CEx) e custos de oportunidade (CO). Assim, tem-se:

$$CEc = CEx + CO \quad \text{Eq. 1}$$

Os Custos Explícitos são aqueles relacionados a dispêndios diretos por parte da empresa, por exemplo, gastos com material, remuneração paga aos funcionários, impostos pagos ao governo, entre outros. Esse tipo de custo também faz parte do cálculo do custo contábil. Já os Custos de Oportunidade são os que se referem à atividade mais lucrativa, que poderia ser realizada caso não se houvesse escolhido a atividade corrente da empresa. Portanto, o Custo de Oportunidade não é um custo real; mas sim uma estimativa do custo que está relacionado com a abdicação de uma escolha em prol da escolha realizada.

Na Figura 2, são mostradas as curvas de cada custo presente na Eq. 1. Assumiu-se, para a construção de sua curva no gráfico, que o custo de oportunidade é o retorno trazido a partir do investimento do capital na taxa livre de risco da economia do país. Portanto, crescente com o aumento do nível de produção.



(Fonte: PINDYCK e RUBINFELD, 2006)

Figura 2: Comportamento dos Custos Econômicos

O fato de a aeronave, por exemplo, não ser utilizada para vôos por estar em manutenção é considerado um custo para a empresa aérea; portanto um custo de oportunidade. Isso porque se deixa de obter receita advinda dos vôos não realizados a fim de garantir a segurança dos futuros vôos com a aeronave em manutenção.

Uma das hipóteses assumidas neste trabalho é a de que o *output* das empresas de transporte de passageiros é o passageiro quilômetro transportado (pkt). Entretanto, tomou-se como unidade de produção o assento quilômetro ofertado (ass.km) para, posteriormente, converter-se em unidade pkt.

As empresas de transporte de passageiros possuem uma peculiaridade: produção discreta. Isso se dá pelo motivo de, no caso aéreo por exemplo, cada vôo possuir uma rota e uma aeronave associadas a ele. Conseqüentemente, a distância relacionada à rota e a capacidade de transporte da aeronave definirão o quão discreto é essa unidade de medida. A situação de aeronaves com passageiros ocupando todos os assentos ofertados em todos os vôos não costuma ser observada com freqüência. Portanto, existirão assentos quilômetros ofertados que não foram utilizados; dessa forma, não geraram receita e mesmo assim produzirão custos de manutenção.

A seguir, são mostradas definições de algumas grandezas econômicas que serão utilizadas e, portanto, seu conhecimento prévio é exigido.

Custo Fixo (CF) - É o dispêndio que a companhia efetua independentemente do seu nível de produção.

Custo Variável (CV) - O seu valor é diretamente relacionado com a quantidade produzida pela empresa. Assim, esse tipo de custo recebe incrementos ao se aumentar a quantidade de assento quilômetro ofertado e decréscimos ao diminuí-la.

Custo Total (CT) - É obtido a partir da soma dos custos anteriores, portanto:

$$CT = CF + CV \quad \text{Eq. 2}$$

Custo Marginal (CMg) - É o custo adicional decorrente de se produzir uma unidade a mais do *output*. Assim, obtém-se seu valor a partir do seguinte diferencial:

$$\frac{\partial CT}{\partial Q} = \frac{\partial CF}{\partial Q} + \frac{\partial CV}{\partial Q} \Rightarrow CMg = \frac{\partial CV}{\partial Q} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde Q é a quantidade produzida em unidades ass.km.

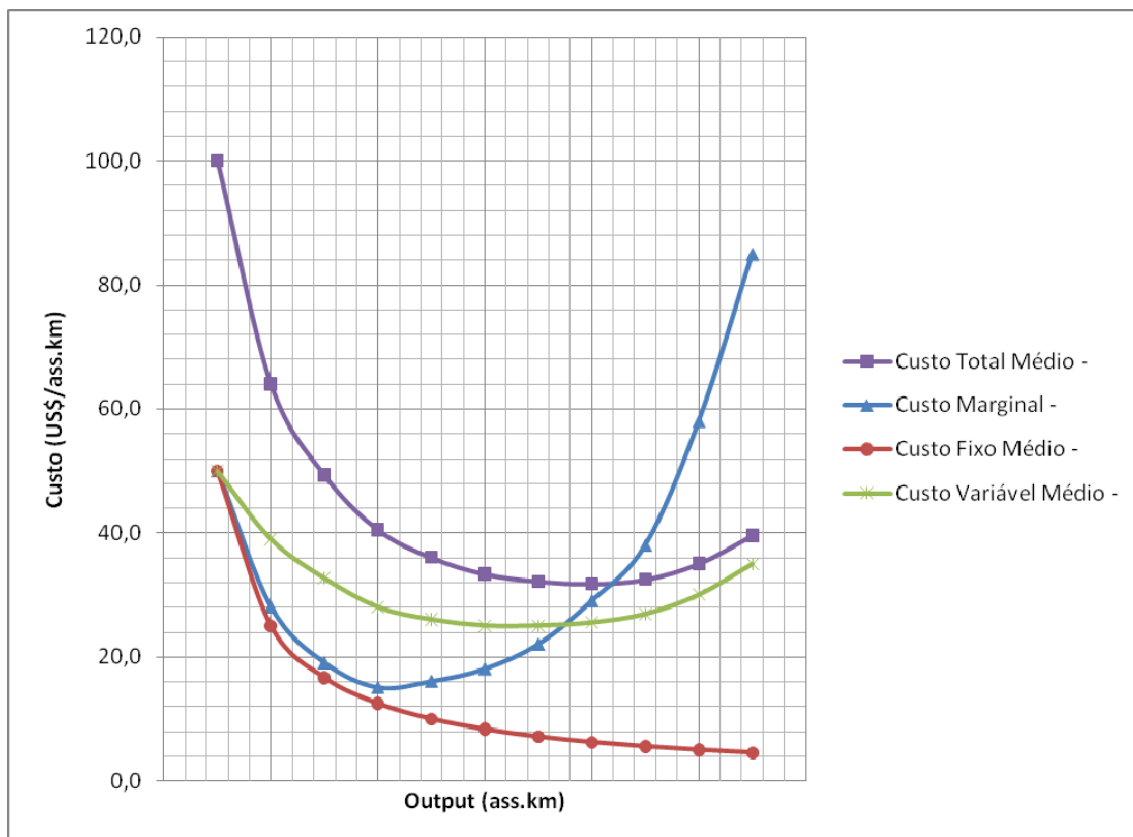
Custo Médio (CMe) - É o dispêndio médio por unidade do *output* que a companhia efetua na produção. Podem ser definidos vários custos médios, como por exemplo: Custo Fixo Médio (CFM), Custo Variável Médio (CVM) e Custo Total Médio (CTM). Seguem suas relações:

$$CFM = \frac{CF}{Q} \quad \text{Eq. 4}$$

$$CVM = \frac{CV}{Q} \quad \text{Eq. 5}$$

$$CTM = \frac{CT}{Q} \quad \text{Eq. 6}$$

Na Figura 3, são mostrados os comportamentos típicos das curvas de custos de uma companhia para o curto prazo.



(Fonte: PINDYCK e RUBINFELD, 2006)

Figura 3: Curvas de Custos

Na teoria econômica, as empresas buscam minimização do Custo Total Médio por meio da escolha de um nível de produção que pode ser obtido a partir da intersecção entre as curvas de Custo Marginal e a de Custo Total Médio. Se por algum motivo, desejar-se minimizar o Custo Variável Médio, pode-se obter o nível de produção que o faz a partir da intersecção entre as curvas de Custo Marginal e a de Custo Variável Médio.

Seguindo o raciocínio de que as receitas (RT) e os custos (CT) de uma determinada companhia variam em função de seu nível de produção (q), obtém-se um lucro (L) também dependente dessa variável q .

$$L(q) = RT(q) - CT(q)$$

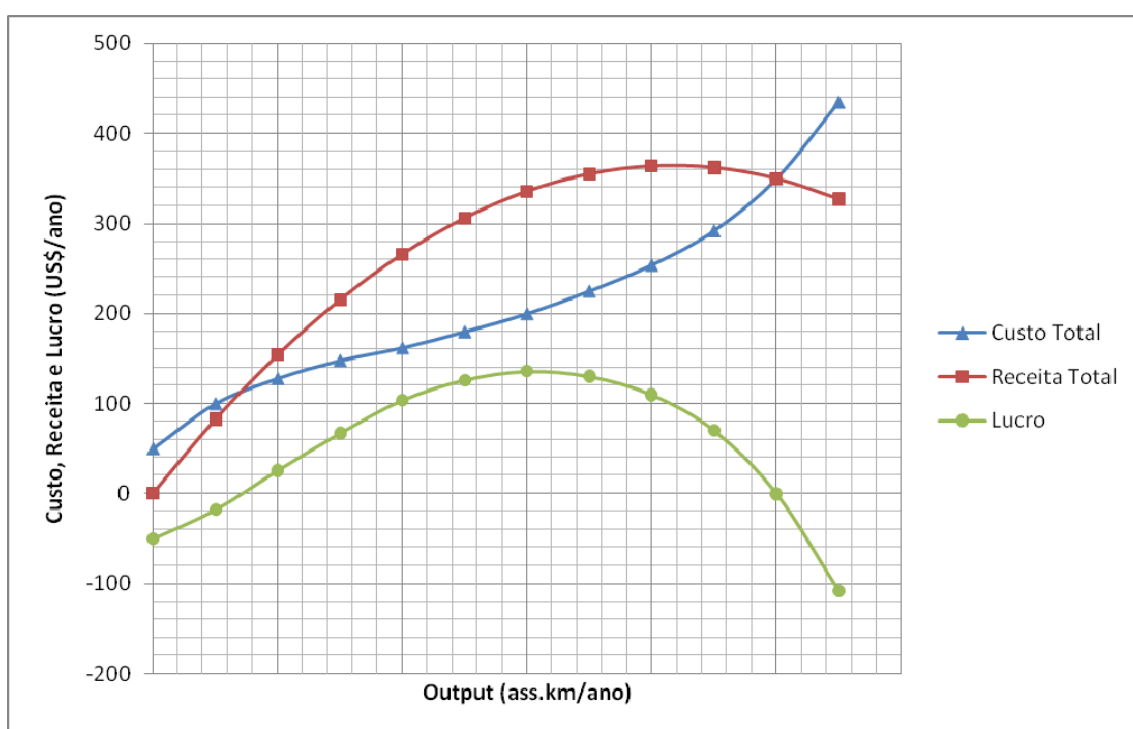
Eq. 7

O comportamento típico das grandezas Custo, Receita e Lucro de uma empresa que atua num mercado competitivo está mostrada na Figura 4. No caso de transporte de passageiros, pode-se afirmar que a receita é dada pela seguinte equação:

$$RT(q) = \frac{f \times P \times q}{d}$$

Onde f é a taxa média de ocupação da aeronave, d é a distância média percorrida por rota e P é a tarifa média praticada pela companhia.

A taxa de ocupação entra no cálculo, pois os assentos ofertados por si só não gerariam receita para a empresa. À medida que se aumenta o nível de produção, os preços praticados, em geral, diminuem de tal forma que a inclinação da curva de Receita, ou seja, a Receita Marginal costuma ser decrescente.



(Fonte: PINDYCK e RUBINFELD, 2006)

Figura 4: Maximização do lucro

A grandeza Custo Total (CT) não se inicia na origem do gráfico, pois estão presentes nela os custos fixos da empresa. A inclinação dessa curva representa o Custo Marginal (CMg) e possui o mesmo comportamento do CMg da Figura 3. A maximização do Lucro (L) ocorre quando a diferença entre as curvas de Receita e Custo se torna a maior possível. Esse fato acontece justamente quando suas inclinações se igualam, ou seja, quando o Custo Marginal e a Receita Marginal (RMg) se tornam idênticas. É importante ressaltar que isso ocorre em todas as empresas, sejam elas consideradas competitivas ou não. Outro ponto importante sobre o Lucro é que quando seu nível de produção é nulo; haverá prejuízo para a empresa.

Isso ocorre porque a empresa possui custos fixos independentemente de sua produção. Assim, existe um intervalo de nível de produção em que a companhia pode atuar de maneira que haja Lucro negativo.

3. MANUTENÇÃO DE AERONAVES

Neste capítulo, são discutidos pontos relacionados à manutenção de aeronaves, baseando-se em publicações de profissionais e pesquisadores da área de transportes. Este capítulo tem o objetivo de fornecer embasamento teórico sobre manutenção de aeronaves.

3.1. Programa de Manutenção

As empresas aéreas que atuam no Brasil devem atender às exigências explicitadas no Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica - RBHA. A RBHA 119/2003, por exemplo, define diretrizes para a homologação de operadores regulares e não-regulares de aeronaves; já a RBHA 121/2003 estabelece regras que governam “as operações domésticas, de bandeira e suplementares de cada pessoa que seja ou que deva ser detentor de um Certificado de Homologação de Empresa de Transporte Aéreo - CHETA emitido segundo o RBHA 119”.

Dentre as regras estabelecidas no RBHA 121, vale ressaltar a definida em seu item 121.367 que contempla a obrigatoriedade da existência de um programa de manutenção por parte do detentor do CHETA:

“121.367 – PROGRAMA DE MANUTENÇÃO, MANUTENÇÃO PREVENTIVA, MODIFICAÇÕES E REPAROS

Cada detentor de certificado deve estabelecer um programa de inspeções e um programa abrangendo manutenção, manutenção preventiva, modificações e reparos que assegurem que:

(a) a manutenção, manutenção preventiva, modificações e reparos executadas por ele ou por outras pessoas sejam realizadas de acordo com o estipulado em seu manual;

(b) exista pessoal habilitado e instalações e equipamentos adequados para a execução apropriada dos serviços; e

(c) cada avião liberado para vôo esteja aeronavegável e tenha sido adequadamente mantido segundo este regulamento.

(Port. 242/DGAC, 14/06/94; DOU 22/06/1994)”

Em resumo, cada empresa aérea deve elaborar um programa de manutenção para sua frota de aeronaves. Nele, devem constar informações detalhadas sobre quais procedimentos de

manutenção e de quanto em quanto tempo serão realizados. *A priori*, pode-se elaborar um programa de manutenção baseando-se nos manuais do fabricante da aeronave. Tal programa, caso atenda às exigências presentes nos manuais supracitados, estaria em condições de receber homologação por parte da autoridade aeronáutica. Caso se possua uma base de dados, constituída a partir da experiência com aeronaves, extensa e confiável sobre a operação e manutenção dessas aeronaves; pode-se pleitear a homologação de um programa de manutenção que, por exemplo, possua intervalos maiores entre manutenções sem comprometer a segurança em voo.

“Um programa de manutenção típico para operadores RBHA 121 divide-se em manutenção da aeronave, manutenção dos motores, trens de pouso e unidade de força auxiliar (Auxiliary Power Unit – APU), e manutenção dos demais componentes, como válvulas de sangria, de pressurização, extintores, instrumentos e assim por diante. Dentro do programa de manutenção encontram-se detalhadas todas as tarefas de inspeção, substituição ou serviços executados na aeronave. A operadora deve prover, também, procedimentos para o registro e arquivo dos serviços executados nas aeronaves” ¹

Os materiais utilizados em aeronaves devem possuir um controle rígido de qualidade e rastreabilidade. Assim, segundo o RBHA 145 “Empresas de Manutenção de Aeronaves”, existem procedimentos-padrão de inspeção de materiais a serem colocados em estoque ou diretamente numa aeronave; pois, dessa forma, evita-se a utilização de peças defeituosas ou com falhas que possam prejudicar a aeronavegabilidade. Segundo o item 145.45 – SISTEMAS DE INSPEÇÃO, juntamente com esses materiais supracitados devem ser fornecidos os seguintes itens:

- Especificação técnica e origem conhecida, comprovando ser material aprovado que satisfaz os padrões mínimos de segurança previstos nos RBHA;
- Registros de manutenção (histórico, última inspeção, revisões, reparos e/ou alterações sofridas, conforme aplicável);
- Atestado de boa condição de uso do material, emitido pelo fabricante, por empresa homologada no Brasil segundo o RBHA, ou por empresa homologada em outro país segundo requisitos equivalentes ao RBHA.

¹ Trecho do artigo “Programa de Manutenção” de autoria de S. Pecci.

3.2. Tipos de Manutenção de Aeronaves

As definições contidas neste item são baseadas, principalmente, nas informações sobre manutenção de aeronaves do autor do livro *Air Transportation – A Management Perspective* Alexander T. Wells, e nas informações obtidas com Luís Fernando Daud em entrevista direta.

Segundo Wells, existem quatro tipos de instalações de uma companhia aérea destinados à manutenção de aeronaves: *Maintenance Base*, *Major Stations*, *Service Stations* e *Other Stations* (*Class 1*, *Class 2* e *Class 3*). A primeira é a maior e mais bem equipada instalação de todas, é o lugar onde se efetua o *overhaul*, podendo-se reparar grande parte das peças das aeronaves que compõem a frota. O que não se pode reparar nessa Base, deve ser enviado para o fabricante da aeronave ou para uma empresa de manutenção especializada. A segunda, *Major Stations*, são estações localizadas em aeroportos de cidades classificadas como *hub cities* (Congonhas, Guarulhos, Brasília) e que possuem um número grande de pessoal, grandes instalações e quantidade de peças em estoque razoável, de tal forma que a *Maintenance Base* necessite suprir a demanda por alguma peça numa pequena frequência de vezes. A terceira, *Service Stations*, não se localiza em cidades tidas como *hub* e, apesar de possuir instalações de grande porte e grande número de pessoal, não é tão bem equipada quanto a *Major Stations*. As outras estações são:

- *Class 1*: Deve prover a manutenção necessária para cada voo até antes de sua partida, portanto possuem pequeno número de pessoal e poucas peças em estoque.
- *Class 2*: Deve possuir somente pessoal e instalações com a finalidade de prover serviços rotineiros como reboque de aeronaves, aquecimento do motor, degelo e pequenos reparos em algumas peças da aeronave.
- *Class 3*: Presente em pequenas cidades, não possui pessoal autorizado à manutenção. Dessa forma, não ocorre manutenção programada de aeronaves nesse tipo de estação de manutenção.

As companhias aéreas realizam as manutenções das aeronaves de acordo com o tipo de serviço a ser realizado, o local, a frequência, e a intensidade da avaliação da aeronave e do reparo a ser realizado. Assim, em geral, as companhias aéreas dividem os serviços de manutenção de aeronaves em cinco tipos: *Enroute Service* (*Trânsito*), *Terminating Preflight*

Check (Cheque de Pernoite ou Daily Check), *Service Check (Cheque A)*, *Maintenance Check (Cheque C)* e *Overhaul (Cheque D)*. Essa terminologia em inglês foi retirada do livro de autoria de Alexander T. Wells e é a mesma utilizada pela fabricante de aeronaves Boeing. Já as denominações em parêntesis são utilizadas pela Airbus e, conseqüentemente, pela TAM.

- *Enroute Service (Trânsito)*: É o serviço de manutenção de rotina que se realiza antes da partida de uma aeronave e que não deve exceder, em geral, quatro horas. Deve-se averiguar, visualmente, a ocorrência de danos à fuselagem ou às asas, além da ocorrência de vazamentos de óleo ou combustível, o desgaste dos pneus e também os equipamentos de emergência como luzes de saída, garrafas de extinção, entre outros. Deve ser realizada uma checagem de ocorrência de mensagens no *cockpit*, pois podem trazer evidências de alguma falha latente ou real de algum sistema.
- *Terminating Preflight Check (Cheque de Pernoite ou Daily Check)*: Deve ser realizado a cada 24 horas (para algumas aeronaves a cada 36 horas) e consiste nos mesmos procedimentos do serviço anterior acrescidos da verificação e manutenção do sistema de oxigênio, caixa preta, de desgaste nas áreas de exaustão, fornecimento de óleo para o motor, luzes externas à aeronave, lavatórios, baterias, unidades auxiliar de força (APU), entre outros. Segundo Luís Daud,

“Pre-Flight Check é a inspeção realizada minutos antes da decolagem, após a aeronave ter ficado longo tempo no solo, para verificar se os pinos de segurança do trem de pouso foram retirados, as capas de *pitot* foram removidas, os pneus não perderam pressão e se não houve algum dano estrutural durante o serviço de rampa, onde vários equipamentos como o *Loader*, caminhões, esteiras etc. encostam na aeronave.”

- *Service Check (Cheque A)*: Para a realização desse tipo de manutenção em aeronaves com registro americano (prefixo se inicia com N), a estação em questão deve ter autorização da Federal Aviation Administration – FAA. Já em aeronaves brasileiras (prefixo PP, PT, PR, PU) a autorização deve vir da Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC. Deve ser realizado aproximadamente a cada 150 horas de voo da aeronave (nas aeronaves da fabricante Airbus o intervalo é de 600 horas atualmente) e exige algo entre 35

a 60 horas-homem. Compreende os mesmos procedimentos dos itens anteriores adicionados da verificação e manutenção do sistema de pressurização, acessórios do motor, componentes de controle, unidades hidráulicas, equipamentos do *cockpit*, janelas, luzes interiores, entre outros.

- *Maintenance Check (Cheque C)*: A frequência de realização desse tipo de manutenção varia com o tipo de aeronave, para um Boeing 737, por exemplo, deve ser realizada a cada 500 horas de voo. A Airbus utiliza um tempo-calendário de 18 meses como intervalos entre Cheques C. Consiste em verificar e reparar praticamente todos os sistemas e componentes da aeronave, o conteúdo dos trabalhos a serem executados é determinado por testes realizados pelo fabricante e estudos da FAA e de companhias aéreas. Segundo Luís Daud,

“Nas aeronaves modernas, praticamente não existem mais componentes *Hard Life*, em que você deve substituí-los após um determinado número de horas ou ciclos que ele voou. Exceção se faz aos componentes rotativos do motor e partes do trem de pouso, que possuem vida limite por fadiga. A grande maioria dos componentes são *on-condition*, ou seja, você só irá removê-los se eles falharem ou se após uma inspeção rotineira, encontrar-se um desgaste acentuado que seja acima dos limites previstos pelo manual”.

Necessita de aproximadamente uma semana para sua realização e cerca de 2500 horas-homem. Para retornar a operar, a aeronave deve ser sujeita a um *Maintenance Preflight Service* que é análogo ao *Terminating Preflight Check*.

- *Overhaul (Cheque D)*: Envolve uma grande quantidade de tarefas estruturais em busca de trincas e corrosão e costuma ser realizado a cada cinco anos. No quarto Cheque D, com 20 anos, a aeronave é desmontada completamente com a finalidade de se checar todos os pontos estruturais.

Segundo Luís Daud, as peças de uma aeronave devem ser inutilizadas ou deve ser realizada avaliação e/ou manutenção de acordo com um dos três fatores a seguir:

- Ciclos: Número de vezes que a aeronave pode aterrissar com a peça em questão, a partir daí deve ser substituída. Exemplos: Flap, Trem de Pouso, reverso, entre outros.

- Horas-Voadas: Número de horas em operação de uma determinada peça numa aeronave, a partir daí deve ser avaliada e, por vezes, reparada.
- Tempo-Calendário: Tempo de operação de uma determinada peça numa aeronave e que independe da frequência de vôos.

3.3.Quantidade de material estocado

Um aspecto a ser analisado é a quantidade de material que se deve manter em estoque pela companhia aérea de modo a se obter manutenções programadas de aeronaves com minimização de custos. A partir do momento que se mantém um controle eficiente de quando será efetuada a compra desses materiais e suas quantidades, torna-se possível reduzir o tempo de aeronave em solo; por consequência, pode-se alocar a aeronave em vôos por mais tempo. O tempo que a aeronave não é utilizada para vôos por estar em manutenção é considerado como custo na análise presente neste trabalho; além disso, o custo de oportunidade do dinheiro que se utiliza para a compra desses materiais também é minimizado. Portanto, desse ponto de vista, o controle citado anteriormente traz como benefício principal a diminuição do custo total da manutenção da aeronave.

Ainda segundo Luís Daud, Engenheiro Aeronáutico e funcionário da TAM, são cinco os principais fatores que determinam a quantidade de material a se estocar:

- Número de peças por avião;
- Tamanho da frota;
- Número de horas voadas por mês;
- *Turn Around Time (TAT)* - principalmente para o caso brasileiro que possui grandes entraves logísticos;
- *Mean Time Between Unscheduled Removal (MTBUR)* – Média de tempo entre remoções não programadas.

Segundo Ghobbar e Friend (2004) companhias aéreas e de manutenção de aeronaves, em sua maioria, utilizam-se do método ROP – *Reorder Point* para o gerenciamento de materiais para manutenção; porém, vem-se percebendo a existência de dependência entre vários componentes das aeronaves. Um método que possui maior eficácia nesse

gerenciamento é o MRP – *Material Requirements Planning*, justamente pelo fato de controlar melhor itens dependentes entre si. Baseando-se nisso, foi realizada por esses dois pesquisadores uma pesquisa com 175 companhias dos ramos descritos anteriormente. Dessas, 23 utilizavam o método MRP e somente uma não obteve resultados, uma vez que não houve tempo hábil para surgirem efeitos de sua utilização. Sabe-se que 19 companhias notaram melhorias no processo e os benefícios mais comuns foram:

- Redução dos custos de estocagem;
- Incremento na eficácia do planejamento de estocagem;
- Melhor *turn-around time* (tempo de resposta ao problema apresentado pela aeronave);
- Otimização do fluxo de caixa.

Seis empresas tiveram problemas com a utilização desse método. Notou-se que os problemas apresentados são relacionados ao modo de se executar o MRP e não ao método em si. As possíveis causas para o não êxito da implementação do MRP são:

- Falta de comprometimento por parte da administração com o projeto;
- Falta de treinamento dos funcionários que deverão utilizar o sistema;
- Dados incorretos de estocagem.

Apesar das dificuldades apresentadas por esse método, o MRP se mostrou vantajoso para as companhias aéreas e de manutenção de aeronaves que possuíam dados suficientes e confiáveis e que se comprometeram em seguir o método rigorosamente.

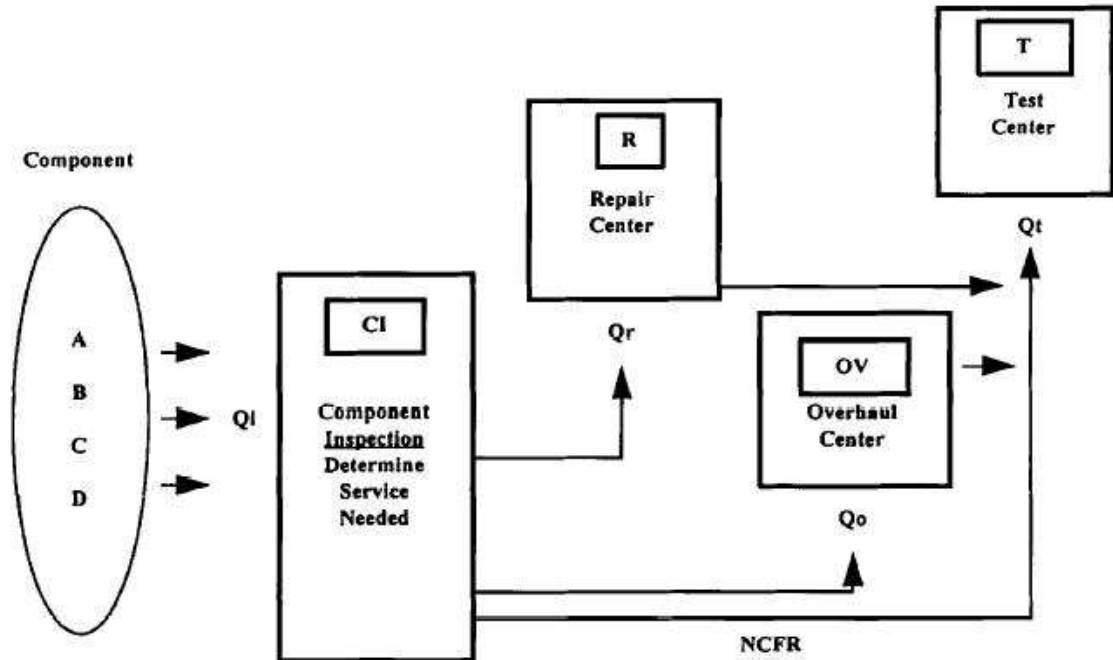
3.4.Repair Turntime

Segundo Cobb (1995), *Turntime* é definido como sendo o tempo necessário para o recebimento, especificação das necessidades, reparo e devolução de uma unidade que compõe a aeronave. Essa unidade pode ser descrita como sendo uma parte da aeronave que tem a característica de poder ser retirada e ser reparada e testada independentemente.

De acordo com Gordon (1991), a relevância de se possuir um *Turntime* curto é explicada pelo fato de ele ser considerado um *cost driver* das companhias aéreas. Onde *Cost Driver* é qualquer atividade que incorra em custos para uma empresa. Não menos importante é a variabilidade da estimação dessa variável; pois, sendo ela baixa, as companhias aéreas ficam menos sujeitas às situações de falta de peças de reposição em estoque. Existem alguns fatores que influenciam de forma significativa a magnitude do *Repair Turntime*. Dentre eles se destacam: a quantidade de profissionais destinada à realização dos serviços de manutenção, sua qualidade, a infra-estrutura da empresa que realiza a manutenção (pode ser a própria companhia aérea, uma empresa especializada ou até o próprio fabricante da aeronave) e o estoque de peças de reposição disponível. Segue trecho do artigo em que Richard Cobb aborda tal assunto:

“Simulation modeling, when used to support decisions concerning inventory stocking levels or process design, can help by providing the analytical data needed by maintenance managers when making decisions affecting cost in these areas.”

Na Figura 5, vê-se o modelo de manutenção dos componentes de aeronaves desenvolvido com a utilização do GPSS/H (Henriksen and Crain, 1989). Este é um tipo de linguagem de simulação discreta que representa um sistema de atividades através do uso de entidades de transação, que fluem por uma configuração de elementos designados para representar o sistema em questão (Cobb, 1995).



(Fonte: Cobb, 1995)

Figura 5: Modelo de manutenção dos componentes de aeronaves

A seguir, serão mostrados alguns pontos referentes à simulação realizada por Richard Cobb. Algumas hipóteses importantes para essa simulação devem ser assumidas:

- Unidade Temporal → Na utilização do GPSS/H, assumiu-se a unidade como sendo 1 (uma) hora.
- Transações → Cada componente da aeronave foi caracterizado como sendo uma entidade de transação do GPSS.
- Parâmetros → Cada transação é controlada a partir de parâmetros que são baseados no tipo de componente e servirão para definir a frequência da manutenção e sua seqüência na cadeia de manutenção.
- O tipo de componente da aeronave e sua frequência de ocorrência são definidos com base em dados históricos.

Os componentes de uma aeronave, ao apresentar algum problema conhecido ou após a sua operação na aeronave durante um determinado número de horas-vôos, devem seguir uma seqüência de manutenção. Inicialmente, os componentes em questão são desmontados e inspecionados (DI); assim, torna-se possível a definição do nível de reparo ao qual deve ser submetida a peça. A partir daí o componente pode seguir três caminhos diferentes. Pode-se exigir um reparo total, o chamado *overhaul* (OV). A necessidade pode ser de somente um simples reparo no componente (R) ou pode existir até a possibilidade de não se exigir nenhum reparo no componente (NCFR). Independentemente do caminho que o componente siga, deve-se testá-lo (T) antes de retornar para aeronaves em operação. É evidente que é possível dividir cada procedimento em sub-rotinas, aumentando assim o nível de detalhamento do modelo. A complexidade do modelo não é elevada por isso, mas o tamanho da programação para simular o modelo sim.

Na Tabela 1, consta o exemplo utilizado por Richard Cobb, fornecendo assim uma idéia dos tipos de dados que se devem possuir para a simulação. Uma empresa especializada em manutenção de aeronaves, por exemplo, pode-se utilizar de uma simulação como essa ao querer demonstrar às companhias aéreas que a realização da manutenção de certo componente da aeronave pela empresa especializada se torna mais vantajosa, pois diminui os custos relacionados aos estoques.

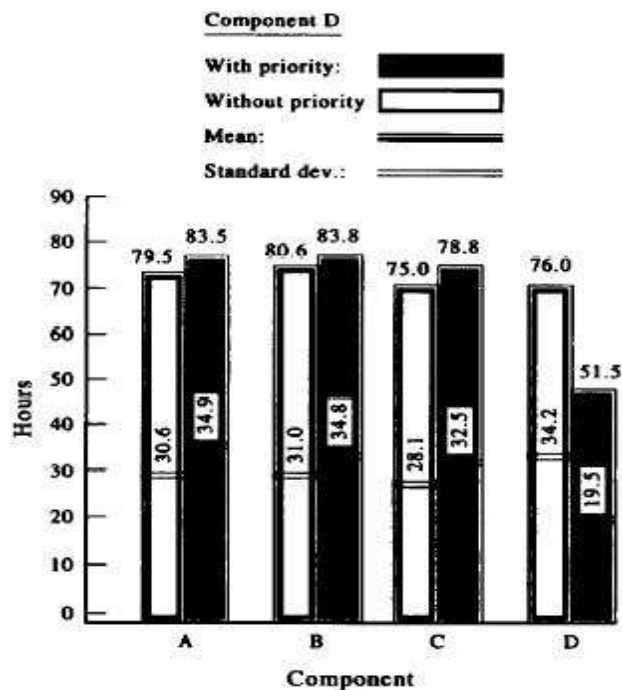
Tabela 1: Exemplo de parâmetros dos componentes a partir de dados históricos

Table 1 Component parameters using representative historical data							
Component type	Percent by type	Maintenance sequence	Percent by sequence	Shop time (hours) by type and sequence (mean, std. dev.)			
				DI	R	OV	T
A	28	DI-R-T	50	14,6	36,10		12,6
		DI-OV-T	20	14,6		26,8	12,6
		DI-NCFR-T	30	14,6			12,6
B	40	DI-R-T	25	15,6	34,10		10,6
		DI-OV-T	50	15,6		35,8	10,6
		DI-NCFR-T	25	15,6			10,6
C	24	DI-R-T	40	11,6	26,10		15,6
		DI-OV-T	40	11,6		18,8	15,6
		DI-NCFR-T	20	11,6			15,6
Proposed D	08	DI-R-T	10	14,6	33,10		11,6
		DI-OV-T	60	14,6		35,6	11,6
		DI-NCFR-T	30	14,6			11,6

Note: DI = disassemble/inspect; R = repair as needed; OV = overhaul component; NCFR = no cause for repair; T = test/return to service

Fonte: Cobb (1995)

Outra situação interessante seria a de definir quais componentes de uma aeronave devem ter prioridade em relação a outros, tanto por parte das companhias aéreas como de empresas especializadas em manutenção. Na Figura 6, são explicitados os tempos de manutenção médios e seus desvios-padrão para cada componente simulado.



Fonte: Cobb (1995)

Figura 6: Tempos de manutenção por componente em cada simulação

Percebe-se que a priorização de um componente em relação aos outros diminui esses parâmetros, para o caso do componente priorizado, e aumenta para os componentes restantes. Pode-se avaliar o custo total de estocagem de todos os componentes em várias situações de priorização de manutenção de componentes, assim escolher a configuração que minimiza esse custo.

4. METODOLOGIA

Consultas a livros, revistas e periódicos foram feitas de modo a se exporem os fundamentos teóricos que dão sustentação econômica a este trabalho. Exposição de partes importantes da literatura existente sobre a manutenção de aeronaves, tanto no Brasil como no exterior e, além disso, realização de entrevista direta com funcionário da área de manutenção de aeronaves de uma companhia aérea.

Inicialmente, foram compilados dados sobre os custos de manutenção e revisão de acordo com os anuários econômicos disponíveis na Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC. Uma vez que esses anuários exigem muito tempo e informações de várias empresas, o último anuário econômico disponível por essa agência era o de 2006. Durante a realização deste trabalho, a ANAC disponibilizou o anuário econômico de 2007. Em virtude desse fato, o presente trabalho irá contemplar os custos referentes a esses dois anos.

Foram escolhidas as quatro maiores empresas aéreas em operação para a análise dos custos de manutenção em 2006 e 2007: TAM, GOL, VARIG e OCEANAIR. Vale ressaltar que a Varig encerrou suas atividades na primeira quinzena de 2006, voltando à operação durante o ano de 2007 com outra administração e outras características como o próprio nome VRG. Nas Tabelas 2 e 3 constam as participações percentuais dos passageiros quilômetros transportados dessas empresas.

Tabela 2: Market-Share doméstico em pkt no ano de 2006

Market-Share 2006	Passageiros Quilômetros Transportados	Participação Percentual
Indústria	38.413.621.000	100,0%
TAM	19.290.152.000	50,2%
GOL	13.089.478.000	34,1%
VARIG	3.962.383.000	10,3%
Outras	1.488.008.000	3,9%
OCEANAIR	583.600.000	1,5%

Fonte: Anuário Estatístico do Transporte Aéreo de 2006

Tabela 3: Market-Share doméstico em pkt no ano de 2007

Market-Share 2007	Passageiros Quilômetros Transportados	Participação Percentual
Indústria	43.886.670.000	100,0%
TAM	21.349.985.000	48,6%
GOL	19.479.264.000	44,4%
Outras	1.239.663.000	2,8%
OCEANAIR	1.060.943.000	2,4%
VRG	756.815.000	1,7%

Fonte: Anuário Estatístico do Transporte Aéreo de 2007

4.1. *Participação da manutenção no custo total*

Nas Tabelas 4, 5, 6 e 7 são mostrados os custos anuais, nas linhas domésticas, com manutenção das empresas Gol, Tam, Varig e Oceanair no período de 2002 a 2007. Além disso, constam os custos totais de cada companhia e a contribuição dos custos de manutenção de aeronaves para a composição desses. A partir daí é possível perceber a tendência da participação desse tipo de custo nas contas de uma empresa aérea ao longo do período analisado.

Tabela 4: Evolução dos Custos de manutenção e revisão de aeronaves da GOL

Custos	GOL		
	Manutenção (R\$)	Total (R\$)	Porcentagem
2002	98.524.319,00	638.922.240,00	15,4%
2003	164.416.470,00	1.168.083.252,00	14,1%
2004	179.893.748,00	1.477.275.790,00	12,2%
2005	219.270.803,00	2.092.937.952,00	10,5%
2006	326.792.163,00	2.986.163.490,00	10,9%
2007	286.187.011,00	3.727.377.563,00	7,7%

Tabela 5: Evolução dos Custos de manutenção e revisão de aeronaves da TAM

Custos	TAM		
	Manutenção (R\$)	Total (R\$)	Porcentagem
2002	437.958.298,00	3.047.568.034,00	14,4%
2003	320.035.860,00	2.775.206.206,00	11,5%
2004	286.047.911,00	3.025.263.493,00	9,5%
2005	361.457.720,00	4.020.833.062,00	9,0%
2006	385.067.124,00	4.711.185.136,00	8,2%
2007	422.129.647,00	5.246.052.864,00	8,0%

Tabela 6: Evolução dos Custos de manutenção e revisão de aeronaves da OCEANAIR

Custos	OCEANAIR		
	Manutenção (R\$)	Total (R\$)	Porcentagem
2002	-	-	-
2003	9.251.861,97	58.811.969,78	15,7%
2004	13.259.055,00	98.885.513,00	13,4%
2005	14.523.078,00	109.761.267,00	13,2%
2006	35.694.320,00	298.021.460,00	12,0%
2007	35.373.684,00	413.734.900,00	8,5%

Tabela 7: Evolução dos Custos de manutenção e revisão de aeronaves da VARIG

Custos	VARIG		
	Manutenção (R\$)	Total (R\$)	Porcentagem
2002	202.633.838,00	2.131.040.705,00	9,5%
2003	223.509.141,00	2.275.979.416,00	9,8%
2004	302.000.235,00	2.616.464.889,00	11,5%
2005	299.344.983,00	2.769.951.163,00	10,8%
2006	115.459.389,00	1.407.898.218,00	8,2%
2007	-	-	-

Pode-se observar uma tendência de participação cada vez menor desse tipo de custo no custo total de cada companhia. A única que fugiu desse comportamento, no período analisado, foi a Varig; pois ocorreu um aumento significativo dos custos de manutenção sem um aumento proporcional dos outros custos da companhia aérea. Já no ano de 2007, a empresa Varig foi reestruturada, por isso foram desconsiderados seus custos nesse ano.

Na Tabela 8, constam os custos agregados pelas quatro companhias aéreas selecionadas; de forma que seja representativo do comportamento dos custos da indústria

aérea doméstica. Vale ressaltar que os custos agregados em 2002 não contam com a participação da Oceanair e em 2007 não contam com a participação da Varig.

Tabela 8: Evolução dos Custos de manutenção e revisão de aeronaves (Agregado)

Custos	Agregado		
	Manutenção (R\$)	Total (R\$)	Porcentagem
2002	739.116.455,00	5.817.530.979,00	12,7%
2003	717.213.332,97	6.278.080.843,78	11,4%
2004	781.200.949,00	7.217.889.685,00	10,8%
2005	894.596.584,00	8.993.483.444,00	9,9%
2006	863.012.996,00	9.403.268.304,00	9,2%
2007	743.690.342,00	9.387.165.327,00	7,9%

Construiu-se o gráfico presente na Figura 7 a partir dos dados das tabelas anteriores. Com ele, torna-se possível uma boa visualização da tendência de diminuição da participação percentual do custo de manutenção de aeronaves nos custos totais de uma companhia aérea.

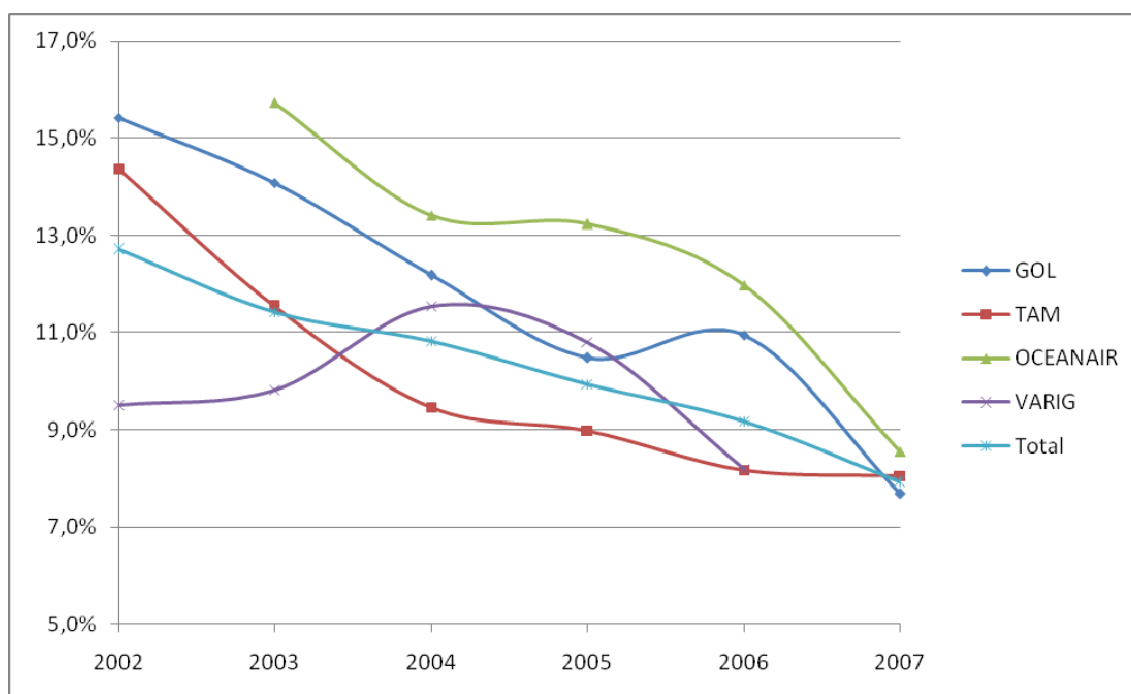


Figura 7: Evolução da participação dos custos de manutenção de aeronaves nos custos totais

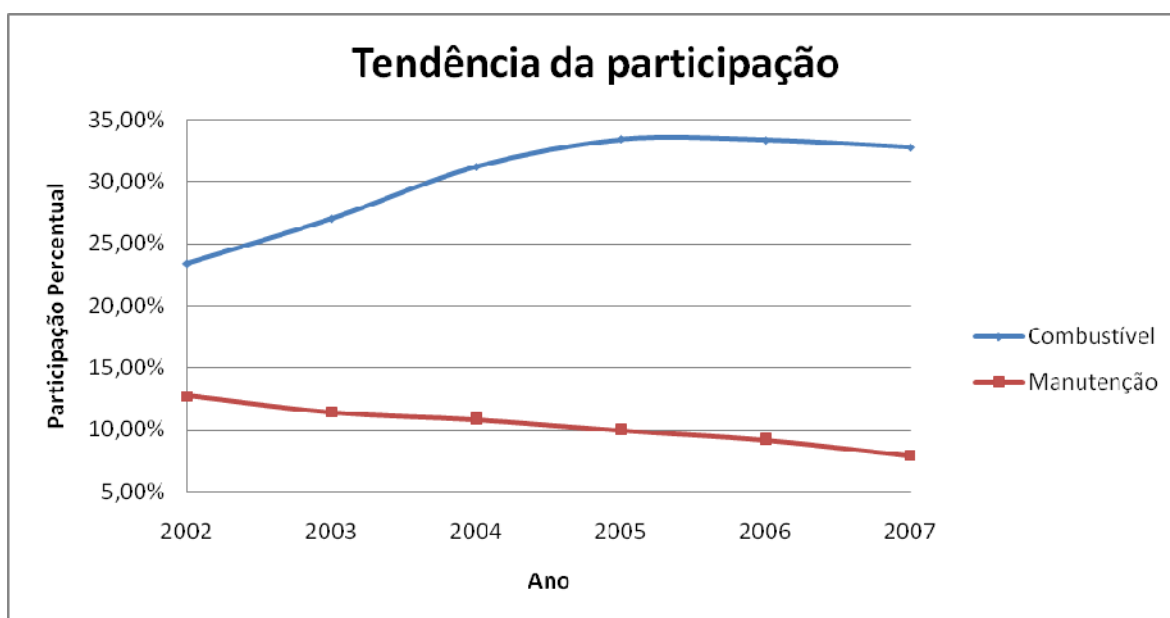
Na Tabela 9, consta a evolução dos custos com combustível para a indústria aérea no âmbito doméstico, obtidos a partir do anuário econômico do transporte aéreo de 2007 e a

evolução dos custos de manutenção e revisão de aeronaves obtida a partir dos valores agregados expostos na Tabela 8.

Tabela 9: Custos percentuais de Manutenção e de Combustível

INDÚSTRIA	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Combustível	23,44%	27,03%	31,22%	33,45%	33,39%	32,78%
Manutenção	12,70%	11,42%	10,82%	9,95%	9,18%	7,92%

Fonte: Anuários Estatísticos



Fonte: Anuários Estatísticos

Figura 8: Divergência da participação percentual dos custos de manutenção e dos custos com combustível

A escolha do combustível como tipo de custo a ser comparado com o de manutenção ocorreu pelo fato de o preço do combustível ter sofrido grandes aumentos em virtude dos incrementos do preço do barril de petróleo nos últimos anos. Tem-se uma possível explicação para a decrescente participação percentual do custo de manutenção de aeronaves quando o comportamento desse tipo de custo e o custo de combustível são comparados.

4.2. *Custo de manutenção por hora voada*

Outra abordagem do comportamento dos custos de manutenção pode ser obtida através do cálculo do Valor Presente Líquido do custo de manutenção em cada ano do período analisado. Para tal se utilizou, como custo de capital, a inflação que melhor representa os preços de serviços e materiais para manutenção de aeronaves: o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI). O Valor Presente Líquido é obtido através da seguinte relação:

$$VPL = \sum_{t=0}^n M_n \cdot (1 + i_n) \quad \text{Eq. 8}$$

Onde VPL é o Valor Presente Líquido em 2007, M é o custo de manutenção que consta no anuário estatístico do ano em questão e i é a inflação acumulada desde o ano em questão até 2007.

Na Tabela 10, estão os valores do IGP-DI acumulados nos anos de 2002 até 2007, de acordo com os dados apurados pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Além disso, foram calculados os fatores que serão utilizados para se encontrar o Valor Presente Líquido dos custos de manutenção em cada ano.

Tabela 10: IGP-DI e fator acumulado até 2007

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Inflação	26,41%	7,67%	12,13%	1,22%	3,79%	7,89%
Fator acumulado (2007)	1,7298	1,3684	1,2709	1,1335	1,1198	1,0789

Nas Tabelas 11, 12, 13 e 14 são mostrados os custos anuais trazidos a valor presente em Dezembro de 2007 com manutenção dessas empresas no período de 2002 a 2007. Além disso, constam as horas voadas de cada companhia e a razão entre essas duas variáveis. A análise da evolução do Custo de Manutenção (VPL) por hora voada se mostra bastante relevante para este trabalho uma vez que essa razão captura a mudança desses custos levando-se em consideração o custo de capital ao longo do tempo, através do VPL, e a quantidade da frota ou de vôos que a companhia realiza, através das horas voadas. A diferença mais

importante da análise da participação percentual do custo de manutenção no custo total de uma companhia aérea em relação a essa análise é que a primeira acaba sendo influenciada pelo comportamento dos outros custos inerentes à empresa aérea. Já na Tabela 15, constam essas mesmas informações para o agregado dessas empresas.

Tabela 11: Evolução dos custos de Manutenção e Revisão de aeronaves por hora voada (GOL)

GOL	Manutenção (R\$)	Manutenção – VPL (R\$)	Horas voadas	Custo Unitário (R\$/h)
2002	98.524.319,00	170.429.373,00	54.710	3.115,14
2003	164.416.470,00	224.990.868,91	78.889	2.851,99
2004	179.893.748,00	228.634.061,01	92.265	2.478,02
2005	219.270.803,00	248.532.875,77	132.275	1.878,91
2006	326.792.163,00	365.938.697,51	194.434	1.882,07
2007	286.187.011,00	308.767.166,17	266.963	1.156,59

Tabela 12: Evolução dos custos de Manutenção e Revisão de aeronaves por hora voada (TAM)

TAM	Manutenção (R\$)	Manutenção – VPL (R\$)	Horas voadas	Custo Unitário (R\$/h)
2002	437.958.298,00	757.589.180,89	268.500	2.821,56
2003	320.035.860,00	437.943.633,17	184.733	2.370,68
2004	286.047.911,00	363.549.574,47	196.461	1.850,49
2005	361.457.720,00	409.694.885,93	268.553	1.525,56
2006	385.067.124,00	431.194.434,15	313.296	1.376,32
2007	422.129.647,00	455.435.676,15	338.947	1.343,68

Tabela 13: Evolução dos custos de Manutenção e Revisão de aeronaves por hora voada (OCEANAIR)

OCEANAIR	Manutenção (R\$)	Manutenção – VPL (R\$)	Horas voadas	Custo Unitário (R\$/h)
2002	-	-	-	-
2003	9.251.861,97	12.660.437,63	8.298	1.525,72
2004	13.259.055,00	16.851.456,06	14.254	1.182,20
2005	14.523.078,00	16.461.208,20	15.389	1.069,67
2006	35.694.320,00	39.970.153,66	24.596	1.625,07
2007	35.373.684,00	38.164.667,67	34.171	1.116,87

Tabela 14: Evolução dos custos de Manutenção e Revisão de aeronaves por hora voada (VARIG)

VARIG	Manutenção (R\$)	Manutenção – VPL (R\$)	Horas voadas	Custo Unitário (R\$/h)
2002	202.633.838,00	350.520.138,68	131.402	2.667,53
2003	223.509.141,00	305.854.491,61	138.233	2.212,59
2004	302.000.235,00	383.824.012,35	137.973	2.781,88
2005	299.344.983,00	339.293.095,37	138.756	2.445,25
2006	115.459.389,00	129.290.305,00	64.971	1.989,97
2007	-	-	-	-

Tabela 15: Evolução dos custos de Manutenção e Revisão de aeronaves por hora voada (Agregado)

AGREGADO	Manutenção (R\$)	Manutenção – VPL (R\$)	Horas voadas	Custo Unitário (R\$/h)
2002	739.116.455,00	1.278.538.692,57	454.612	2.812,37
2003	717.213.332,97	981.449.431,32	410.154	2.392,88
2004	781.200.949,00	992.859.103,89	440.953	2.251,62
2005	894.596.584,00	1.013.982.065,27	554.973	1.827,08
2006	863.012.996,00	966.393.590,32	597.297	1.617,94
2007	743.690.342,00	802.367.509,98	640.081	1.253,54

Na Figura 9, é exibida a evolução do custo de manutenção por hora voada para as quatro empresas selecionadas e para o seu agregado. Assim se torna possível a visualização gráfica do comportamento desse custo ao longo do período em questão.

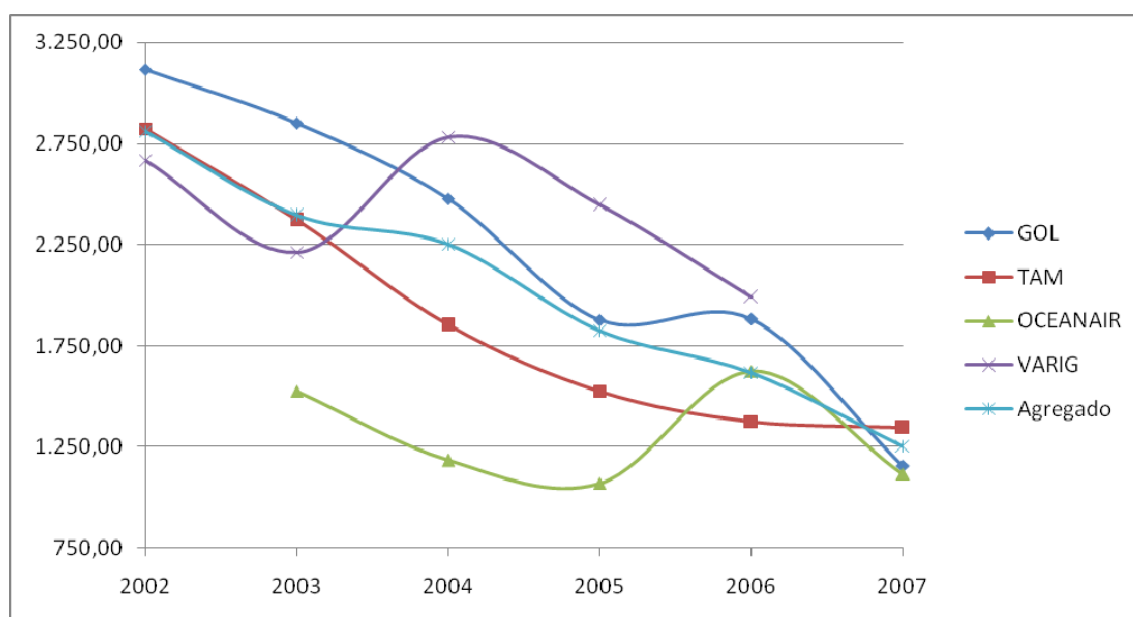


Figura 9: Evolução da participação dos custos de manutenção de aeronaves por hora voada

5. RESULTADOS OBTIDOS

5.1. *Cálculo do Custo de manutenção de aeronaves por pkt*

A estimativa de custo de manutenção em função do passageiro quilômetro transportado (pkt) foi obtida para os anos de 2006 e 2007, a partir dos dados disponíveis nos anuários econômicos. Esse custo foi calculado em duas etapas: Custo Explícito e Custo de Oportunidade.

5.1.1. Cálculo do Custo Explícito

Os dados foram analisados da forma mais desagregada possível para, a partir daí, serem unificados e se obter uma boa estimativa desse custo. Portanto, cada empresa aérea selecionada anteriormente foi segregada em tipos de aeronaves constituintes da frota como se pode perceber nas Tabelas 16, 17, 18 e 19.

Tabela 16: Frota de aeronaves em 2006 e 2007 (GOL)

GOL	Boeing 733	Boeing 737	Boeing 738
Frota (2006)	13	30	21
Frota (2007)	12	30	36

Fonte: Anuários Estatísticos do Transporte Aéreo

Tabela 17: Frota de aeronaves em 2006 e 2007 (TAM)

TAM	A319	A320	A321	A332	F100
Frota (2006)	14	51	-	10	21
Frota (2007)	15	70	3	12	10

Fonte: Anuários Estatísticos do Transporte Aéreo

Tabela 18: Frota de aeronaves em 2006 e 2007 (OCEANAIR)

OCEANAIR	E120	F50	F100	B763	B733	B752
Frota (2006)	6	3	10	-	-	-
Frota (2007)	6	3	14	2	Não Disponível	1

Fonte: Anuários Estatísticos do Transporte Aéreo

Tabela 19: Frota de aeronaves em 2006 (VARIG)

VARIG	Boeing 733	Boeing 734	Boeing 735	Boeing 738	Boeing 763	Boeing 772	MD 11
Frota (2006)	26	3	6	2	5	6	10
Frota (2007)	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Anuários Estatísticos do Transporte Aéreo

Com essa segmentação, utilizaram-se as seguintes informações para cada tipo de aeronave: custo de manutenção e revisão de aeronaves e o passageiro quilômetro transportado pago. A partir dessas informações, encontraram-se os custos de manutenção por pkt para cada tipo de aeronave. Considerou-se o agregado dessas empresas aéreas como sendo representativo de toda a indústria aérea regular brasileira, já que em 2006 o agregado definido anteriormente representa 96,1% e em 2007, com a saída da Varig, representa 95,5% em market-share de passageiro quilômetro transportado. Dessa forma, ponderou-se cada valor obtido de custo de manutenção por pkt a partir da participação percentual do tipo de aeronave de cada empresa aérea na movimentação de passageiros da indústria. Portanto a estimativa de custo de manutenção de aeronaves por pkt é obtida a partir da seguinte equação:

$$C(pkt) = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n pkt_{ki} A_{ki}}{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n pkt_{ki}} \quad \text{Eq. 9}$$

$$p_{ki} = \frac{pkt_{ki}}{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n pkt_{ki}} \quad \text{Eq. 10}$$

Onde p_{ki} é a participação percentual definida anteriormente.

Onde pkt_{ki} é a movimentação anual de passageiros em unidades pkt do i-ésimo tipo de aeronave da k-ésima companhia aérea, A_{ki} é seu custo de manutenção por pkt e

$\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n pkt_{ki}$ é o total de passageiro quilômetro transportado do agregado.

Nas Tabelas 20, 21, 22, 23 e 24 constam os dados de passageiro quilômetro transportado por tipo de aeronave, de gastos com manutenção e revisão de aeronaves, participação e o custo por pkt calculado para o ano de 2006.

Tabela 20: Cálculo do Custo de Manutenção por pkt em 2006 (GOL)

GOL	Boeing 733	Boeing 737	Boeing 738
Pax.km Transp pago	3.410.795.333	6.382.868.717	3.295.814.291
Participação	9,24%	17,29%	8,93%
Manutenção e revisão (R\$)	102.909.445,00	158.640.120,00	65.242.598,00
Custo por pkt (R\$)	0,0302	0,0249	0,0198

Tabela 21: Cálculo do Custo de Manutenção por pkt em 2006 (TAM)

TAM	A319	A320	A332	F100
Pax.km Transp pago	2.835.908.373	13.111.038.740	264.708.105	3.078.497.173
Participação	7,68%	35,51%	0,72%	8,34%
Manutenção e revisão (R\$)	63.070.119,00	233.574.087,00	3.564.537,00	84.858.381,00
Custo por pkt (R\$)	0,0222	0,0178	0,0135	0,0276

Tabela 22: Cálculo do Custo de Manutenção por pkt em 2006 (OCEANAIR)

OCEANAIR	E120	F100	F50
Pax.km Transp pago	26.196.973	509.252.026	48.150.690
Participação	0,07%	1,38%	0,13%
Manutenção e revisão (R\$)	7.683.335,00	19.468.072,00	8.542.913,00
Custo por pkt (R\$)	0,2933	0,0382	0,1774

Tabela 23: Cálculo do Custo de Manutenção por pkt em 2006 (VARIG)

VARIG	Boeing 733	Boeing 734	Boeing 735	Boeing 737	Boeing 738
Pax.km Transp pago	2.401.465.000	344.391.000	256.196.000	158.540.000	46.148.000
Participação	6,50%	0,93%	0,69%	0,43%	0,12%
Manutenção e revisão (R\$)	73.759.079,00	8.052.540,00	12.397.777,00	2.901.139,00	715.814,00
Custo por pkt (R\$)	0,0307	0,0234	0,0484	0,0183	0,0155

Tabela 24: Cálculo do Custo de Manutenção por pkt em 2006 (VARIG) Continuação

VARIG	Boeing 752	Boeing 763	Boeing 772	MD 11
Pax.km Transp pago	143.034.000	56.744.000	90.164.000	465.701.000
Participação	0,39%	0,15%	0,24%	1,26%
Manutenção e revisão (R\$)	1.800.141,00	338.814,00	1.670.508,00	13.823.577,00
Custo por pkt (R\$)	0,0126	0,0060	0,0185	0,0297

De acordo com a Eq. 9 e 10 tem-se:

$$\begin{aligned}
 C(pkt) &= \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n pkt_{ki} A_{ki}}{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n pkt_{ki}} = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n p_{ki} A_{ki} = \frac{9,24.0,0302 + 17,29.0,0249 + 8,93.0,0198}{100} + \\
 &+ \frac{7,68.0,0222 + 35,51.0,0178 + 0,72.0,0135 + 8,34.0,0276}{100} + \frac{0,07.0,2933 + 1,38.0,0382 + 0,13.0,1774}{100} + \\
 &+ \frac{6,50.0,0307 + 0,93.0,0234 + 0,69.0,0484 + 0,43.0,0183 + 0,12.0,0155 + 0,39.0,0126 + 0,15.0,0060}{100} + \\
 &+ \frac{0,24.0,0185 + 1,26.0,0297}{100} = 0,0089 + 0,0104 + 0,0010 + 0,0031 = 0,0234 \Rightarrow \\
 \Rightarrow C(pkt) &= R\$0,0234
 \end{aligned}$$

Portanto o custo explícito de manutenção e revisão de aeronaves para o ano de 2006 foi de R\$ 0,0234 por passageiro quilômetro transportado.

Nas Tabelas 25, 26 e 27 constam os dados de passageiro quilômetro transportado por tipo de aeronave, de gastos com manutenção e revisão de aeronaves, participação e o custo por pkt calculado para o ano de 2007.

Tabela 25: Cálculo do Custo de Manutenção por pkt em 2007 (GOL)

GOL	Boeing 733	Boeing 737	Boeing 738
Pax.km Transp pago	4.405.190.000	7.447.706.000	7.626.368.000
Participação	10,52%	17,78%	18,21%
Manutenção e revisão (R\$)	87.559.433,00	101.807.119,00	96.820.459,00
Custo por pkt (R\$)	0,0199	0,0137	0,0127

Tabela 26: Cálculo do Custo de Manutenção por pkt em 2007 (TAM)

TAM	A319	A320	A321	A332	F100
Pax.km Transp pago	2.770.167.000	16.625.477.000	357.722.000	365.452.000	1.231.167.000
Participação	6,61%	39,69%	0,85%	0,87%	2,94%
Manutenção e revisão (R\$)	65.492.086,00	311.995.738,00	5.008.000,00	4.856.928,00	34.776.896,00
Custo por pkt (R\$)	0,0236	0,0188	0,0140	0,0133	0,0282

Tabela 27: Cálculo do Custo de Manutenção por pkt em 2007 (OCEANAIR)

OCEANAIR	E120	F50	F100	B763	B733	B752
Pax.km Transp pago	8.068.000	60.710.000	921.367.000	15.906.000	51.745.000	3.143.000
Participação	0,02%	0,14%	2,20%	0,04%	0,12%	0,01%
Manutenção e revisão (R\$)	1.349.904,00	7.296.475,00	25.693.063,00	267.068,00	726.035,00	41.140,00
Custo por pkt (R\$)	0,1673	0,1202	0,0279	0,0168	0,0140	0,0131

De acordo com a Eq. 9 e 10 tem-se:

$$\begin{aligned}
 C(pkt) &= \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n pkt_{ki} A_{ki}}{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n pkt_{ki}} = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n p_{ki} A_{ki} = \frac{10,52.0,0199 + 17,78.0,0137 + 18,21.0,0127}{100} + \\
 &+ \frac{6,61.0,0236 + 39,69.0,0188 + 0,85.0,0140 + 0,87.0,0133 + 2,94.0,0282}{100} + \\
 &+ \frac{0,02.0,1673 + 0,14.0,1202 + 2,20.0,0279 + 0,04.0,0168 + 0,12.0,0140 + 0,01.0,0131}{100} = \\
 &= 0,0068 + 0,0101 + 0,0009 = 0,0178 \Rightarrow C(pkt) = R\$0,0178
 \end{aligned}$$

Portanto o custo explícito de manutenção e revisão de aeronaves para o ano de 2007 é de R\$ 0,0178 por passageiro quilômetro transportado.

5.1.2. Cálculo do Custo de Oportunidade

O custo de oportunidade de se efetuar a manutenção numa aeronave está relacionado com o fato de ela não estar sendo utilizada para gerar receita, ou seja, ela se encontra no solo em situação definida como *Aircraft On The Ground (AOG)*. Um termo muito utilizado dentro das companhias aéreas para representar a situação de não utilização da aeronave é “Indisponibilidade de Aeronave” e pode ser por consequência de Manutenção Preventiva ou Corretiva.

A primeira fase do cálculo desse custo de oportunidade consiste em se estimar a média diária de horas por aeronave de AOG que a manutenção de aeronaves acarreta (H_m). Para isso, utilizou-se metodologia sugerida por Luís Daud.

A primeira consideração a ser feita é a utilização diária média de aeronave que se usará no cálculo. Segundo os anuário das empresas aéreas Gol e Tam:

Tabela 28: Utilização diária de aeronave nos anos de 2006 e 2007

	2006	2007
Utilização GOL (horas/dia)	14,20	13,80
Utilização TAM (horas/dia)	12,66	12,60
Utilização Média (horas/dia)	13,43	13,20

Fonte: Anuários Estatísticos da Gol e da Tam

Para o cálculo do tempo de aeronave em Cheque de Pernoite e Cheque A serão considerados essas Utilizações Médias como representativas da indústria aérea.

A Manutenção Preventiva é composta pelo Cheque de Trânsito, Cheque de Pernoite, Cheque A e Cheque C.

- Cheque de Trânsito

Considerando-se uma média de quatro trânsitos por dia para cada aeronave e uma hora de duração para cada Cheque de Trânsito, tem-se: $4 \cdot 1 = 4$ horas por dia em Cheque de Trânsito.

- Cheque de Pernoite

Realizado a cada 36 horas voadas, então cada aeronave deve realizar esse tipo de Cheque, em média, a cada $\frac{36}{13,43} = 2,6806$ dias. Como cada Cheque de Pernoite dura, em média, 4 horas, tem-se: $\frac{4}{2,6806} = 1,4922$ horas em Cheque de Pernoite por dia para cada aeronave no ano de 2006.

Já em 2007 tem-se que cada aeronave deve realizar esse tipo de Cheque, em média, a cada $\frac{36}{13,20} = 2,7273$ dias. Como cada Cheque de Pernoite dura, em média, 4 horas, tem-se: $\frac{4}{2,7273} = 1,4667$ horas em Cheque A por dia para cada aeronave nesse ano.

- Cheque A

Realizado a cada 600 horas voadas, então cada aeronave deve realizar esse tipo de Cheque, em média, a cada $\frac{600}{13,43} = 44,67$ dias. Como cada Cheque A dura, em média, 6 horas, tem-se: $\frac{6}{44,67} = 0,1343$ horas em Cheque A por dia para cada aeronave no ano de 2006.

Já em 2007 tem-se que cada aeronave deve realizar esse tipo de Cheque, em média, a cada $\frac{600}{13,20} = 45,45$ dias. Como cada Cheque A dura, em média, 6 horas, tem-se: $\frac{6}{45,45} = 0,1320$ horas em Cheque A por dia para cada aeronave nesse ano.

- Cheque C

Somando-se os Boletins de Serviço e Serviços extraordinários, o Cheque C dura em média 10 dias. Como esse tipo de manutenção é realizado a cada 18 meses, tem-se

$$\frac{10}{18} = 0,5555 \text{ dias/mês em Cheque C. Para o período de um dia tem-se } \frac{0,5555}{30} \cdot 24 = 0,4444$$

horas em Cheque C por dia para cada aeronave.

- Manutenção Corretiva

Em média, 10% da frota fica parada (em pane) por um período médio de 6 horas por dia, assim obtém-se uma média de $0,10 \cdot 6 = 0,6$ horas por dia em manutenção corretiva.

Somando-se Manutenção Preventiva e Corretiva, obtém-se média de 6,6709 horas por dia em 2006 e 6,6431 horas por dia em 2007 de Indisponibilidade de Aeronaves por motivo de manutenções em geral. O índice de Indisponibilidade de Aeronaves é obtido a partir da razão entre o número de horas por dia em que a aeronave está indisponível por motivo de manutenção sobre o número de horas por dia em que a aeronave fica ociosa.

“Quanto maior a eficiência da empresa, quanto mais material em estoque houver, quanto mais turnos forem trabalhados, incluindo finais de semana, e quanto mais mão-de-obra houver (limitada a um determinado valor, já que a adição de mais um mecânico a partir de um certo ponto, não reduzirá o tempo de serviço), logicamente o Índice de Indisponibilidade de Aeronaves reduzirá, o que pode se traduzir no limite, a ter uma aeronave a menos na frota, para a mesma malha. No passado, a TAM conseguiu este feito.”²

A segunda fase consiste em se estimar o custo de oportunidade por unidades pkt de uma perda diária de uma hora-voada (CO_{ph}), pois com esse valor pode-se obter o custo de oportunidade da manutenção de aeronaves a partir da multiplicação desses dois valores:

$$CO_m = H_m \cdot CO_{ph} \quad \text{Eq. 11}$$

Para o cálculo da estimativa de CO_{ph} , cada tipo de custo foi parametrizado em Fixo, Variável e Parcialmente Variável. Este último foi denominado dessa forma, pois é composto por parte fixa e por parte variável. Na Tabela 29, estão exibidos os tipos de custos de acordo com o anuário e suas participações no custo total. Foi adicionada a classificação de acordo com a parametrização descrita anteriormente e calculou-se o Total dos Custos Variáveis no

² Comentário de Luís Daud sobre o Índice de Indisponibilidade de Aeronaves

ano de 2006 e 2007 com a simplificação de que 50% dos Custos Parcialmente Variáveis são Custos Fixos.

Tabela 29: Distribuição das despesas da indústria aérea

Parametrização	DISCRIMINAÇÃO	2006	2007
Parcialmente Variável	Encargos com Pessoal	14,11%	15,43%
Fixo	Câmbio	16,08%	16,84%
Variável	Combustível	33,39%	32,78%
Fixo	Amortizações	0,31%	0,45%
Variável	Despesas Comerciais	13,41%	9,92%
Parcialmente Variável	Despesas Fiscais	1,07%	0,71%
Parcialmente Variável	Serviços Públicos	0,60%	0,39%
Variável	Tarifas Aeroportuárias	1,38%	1,74%
Variável	Tarifas de Com. e Auxílio	3,02%	3,96%
Parcialmente Variável	Despesas Bancárias	0,35%	0,69%
Variável	IPC	7,73%	9,07%
Parcialmente Variável	Cons.Mat.Diversos	0,59%	0,93%
Fixo	Deprec.e Seguro Equip.Vôo	1,56%	1,65%
Fixo	Deprec.Seg.Aluguel em Geral	0,92%	1,03%
Parcialmente Variável	Organização Terrestre	1,26%	0,72%
Parcialmente Variável	Desp.Dir.Pax e Carga	1,71%	1,44%
Parcialmente Variável	Serviços Aux.Diversos	2,51%	2,25%
	Custos Puramente Fixos	18,87%	19,97%
	Custos Parcialmente Variáveis	22,20%	22,56%
	Custos Puramente Variáveis	58,93%	57,47%
	Total Custos Variáveis	70,03%	68,75%

Fonte: Anuário do Transporte Aéreo de 2007

Calculou-se o valor anual de horas-vôo perdidas (H_p) para cada companhia aérea escolhida como representativa neste trabalho de acordo com o tamanho de suas respectivas frotas (T_f).

$$H_p = 365.T_f \quad \text{Eq. 12}$$

Calculou-se o incremento percentual de horas voadas (I_{hv}), no ano em questão, através da razão entre o valor de horas perdidas calculado através da Eq. 12 e o valor de horas voadas (H_v) da companhia naquele ano. Assim, para o cálculo da Receita Marginal (RMg) que seria proveniente dessas horas a mais voadas, considerou-se um aumento percentual proporcional ao incremento percentual de horas voadas.

$$RMg = R_{pkt} \cdot I_{hv} \quad \text{Eq. 13}$$

Onde R_{pkt} é a receita total da companhia por passageiro quilômetro transportado naquele ano.

Já para o cálculo do Custo Marginal (CMg), também proveniente dessas horas a mais voadas, considerou-se um aumento percentual proporcional ao incremento percentual de horas voadas e à porcentagem de custos variáveis (CVa) naquele ano.

$$CMg = C_{pkt} \cdot I_{hv} \cdot CVa \quad \text{Eq. 14}$$

Onde C_{pkt} é o custo total da companhia por passageiro quilômetro transportado naquele ano.

O Lucro Marginal (LMg) é calculado da seguinte forma:

$$LMg = RMg - CMg \quad \text{Eq. 15}$$

Assumiu-se o CO_{ph} como sendo igual ao Lucro Marginal, portanto se obtém CO_{ph} a partir da diferença entre Receita Marginal e Custo Marginal.

Como se quer obter um valor de custo de oportunidade representativo da indústria aérea brasileira, ponderaram-se os valores obtidos para cada empresa aérea de acordo com o mesmo critério utilizado no cálculo do custo explícito. Portanto, obtém-se:

$$CO_{ph} = \frac{\sum_{k=1}^m pkt_k \cdot LMg_k}{\sum_{k=1}^m pkt_k} \quad \text{Eq. 16}$$

Onde pkt_k é a movimentação anual de passageiros em unidades pkt e LMg_k é o Lucro Marginal, ambas, da k-ésima companhia aérea.

Abaixo, segue a equação do cálculo da participação percentual de cada empresa em termos de movimentação anual de passageiro quilômetro transportado:

$$p_k = \frac{pkt_k}{\sum_{k=1}^m pkt_k} \quad \text{Eq. 17}$$

Na Tabela 30, são explicitados os resultados das aplicações das equações anteriores nos dados referentes ao ano de 2006.

Tabela 30: Cálculos para a obtenção do CO_{ph} em 2006

2006	GOL	TAM	OCEANAIR	VARIG
Frota	64	96	19	58
Horas voadas perdidas	23.360	35.040	6.935	21.170
Horas voadas	194.434	313.296	24.596	64.971
Receita (R\$/pkt)	0,2725	0,2582	0,3231	0,2663
Custo (R\$/pkt)	0,2281	0,2442	0,5107	0,3553
Incremento em horas-vôo	12,01%	11,18%	28,20%	32,58%
Receita Marginal (R\$/pkt)	0,0327	0,0289	0,0911	0,0868
Custo Marginal (R\$/pkt)	0,0192	0,0191	0,1008	0,0811
Lucro Marginal (R\$/pkt)	0,0135	0,0098	-0,0097	0,0057
Participação em pkt	35,45%	52,24%	1,58%	10,73%

Fonte: Anuário Estatístico de 2006

De acordo com a Eq. 10 e 16, tem-se:

$$CO_{ph} = \frac{\sum_{k=1}^m pkt_k LMg_k}{\sum_{k=1}^m pkt_k} = \sum_{k=1}^m p_k LMg_k = \frac{35,45.0,0135 + 52,24.0,0098 + 1,58.(-0,0097)}{100} + \frac{10,73.0,0057}{100} = 0,0048 + 0,0051 - 0,0001 + 0,0006 = 0,0104 \Rightarrow CO_{ph} = R\$0,0104$$

Portanto, a partir da Eq. 11 obtém-se o Custo de Oportunidade em R\$/pkt para o ano de 2006:

$$CO_m = H_m.CO_{ph} = 6,6709.0,0104 = R\$0,0691$$

Na Tabela 31, são explicitados os resultados das aplicações das equações anteriores nos dados referentes ao ano de 2007.

Tabela 31: Cálculos para a obtenção do CO_{ph} em 2007

2007	GOL	TAM	OCEANAIR
Frota	78	110	26
Horas voadas perdidas	28.470	40.150	9.490
Horas voadas	266.963	338.947	34.171
Receita (R\$/pkt)	0,2041	0,2318	0,2815
Custo (R\$/pkt)	0,1914	0,2457	0,3900
Incremento em horas-vôo	10,66%	11,85%	27,77%
Receita Marginal (R\$/pkt)	0,0218	0,0275	0,0782
Custo Marginal (R\$/pkt)	0,0140	0,0200	0,0745
Lucro Marginal (R\$/pkt)	0,0077	0,0075	0,0037
Participação em pkt	46,50%	50,97%	2,53%

Fonte: Anuário Estatístico de 2007

De acordo com a Eq. 10 e 16, tem-se:

$$CO_{ph} = \frac{\sum_{k=1}^m pkt_k LMg_k}{\sum_{k=1}^m pkt_k} = \sum_{k=1}^m p_k LMg_k = \frac{46,50.0,0077 + 50,97.0,0075 + 2,53.0,0037}{100} =$$

$$= 0,0036 + 0,0038 + 0,0001 = 0,0075 \Rightarrow CO_{ph} = R\$0,0075$$

Portanto, a partir da Eq. 11 obtém-se o Custo de Oportunidade em R\$/pkt para o ano de 2007:

$$CO_m = H_m . CO_{ph} = 6,6431.0,0075 = R\$0,0497$$

Segue tabela resumo com os custos por pkt da manutenção de aeronaves estimados neste trabalho:

Tabela 32: Custos de Manutenção por passageiro quilômetro transportado

Custos de Manutenção	2006	2007
Custo Explícito (R\$/pkt)	0,0234	0,0178
Custo de Oportunidade (R\$/pkt.hora)	0,0104	0,0075
Custo de Oportunidade (R\$/pkt)	0,0691	0,0497

6. CONCLUSÕES

As possíveis causas para a gradual diminuição dos custos de manutenção de aeronaves no transporte aéreo de passageiros são:

1. Frota de aeronaves nova → As empresas em questão, com exceção da Varig, adotaram uma filosofia de se manter ou adquirir aeronaves para suas frotas as mais novas possíveis. Esse fato proporciona uma diminuição de custos de manutenção, em contrapartida se aumentam os custos com leasing de aeronaves por exemplo.
2. Melhoria na eficiência de empresas de manutenção → Atualmente, a indústria aérea se mostra bastante importante para a economia de um país. Isso acarreta em preocupações cada vez maiores com a segurança de aeronaves em voo e eficiência econômica de uma companhia aérea. Portanto, pesquisas nessa área, inclusive manutenção de aeronaves, se tornaram bastante corriqueiras. Ao longo do tempo, os resultados dessas pesquisas vão sendo incorporadas pelas companhias aéreas, empresas de manutenção de aeronaves, fabricantes de aeronaves entre outras.
3. Aumento significativo do preço do barril de petróleo → Como o querosene de aviação é derivado do petróleo, os custos com combustível de uma companhia aérea se tornam cada vez mais importantes à medida que o preço desse aumenta no mercado internacional. O que se tem percebido nos últimos anos é exatamente essa situação de aumento, por vezes abruptos, do preço dessa commodity. Isso torna os custos com combustível cada vez maior e, conseqüentemente, sua participação percentual também. Na Figura 8, percebe-se a divergência entre os comportamentos dos custos com manutenção e dos com combustível, o que reforçaria a hipótese de o preço do petróleo ter influído na participação percentual do custo de manutenção no período analisado.

A abordagem de custos em termos de porcentagem do custo total realizada no item 4.1 é importante para se ter idéia da dimensão do impacto desse custo na indústria de transporte

aéreo doméstico no país e sua evolução nos últimos anos. Já a abordagem em termos de custo de manutenção VPL por hora voada realizada no item 4.2 também se mostra importante, pois ilustra bem a eficiência econômica da manutenção de aeronaves da indústria aérea brasileira. A diminuição dos custos ao longo dos últimos anos na segunda abordagem suporta a hipótese 1, pois parte dela é consequência da diluição de custos fixos com o aumento dos custos variáveis proveniente do aumento da frota e também pode ser um indício da ocorrência da hipótese 2 por ser uma condição necessária, mas não suficiente, da melhoria da eficiência do segmento de manutenção.

Portanto, conclui-se que os custos com manutenção de aeronaves, no transporte aéreo doméstico brasileiro, têm seguido uma tendência clara de baixa ao longo dos últimos anos, seja em porcentagem do custo total de uma companhia aérea ou por horas voadas. Essa tendência demonstra o aumento da eficiência desse setor em termos de manutenção e que pode ser explicado tanto pelo aumento da frota e, conseqüentemente, pela diluição dos custos fixos como pelas próprias melhorias incorporadas pelas companhias aéreas e empresas de manutenção ao longo do tempo.

O cálculo do custo de manutenção de aeronaves por pkt no transporte de passageiros não foi encontrado na literatura. Entretanto, encontrou-se o valor referente ao custo operacional de empresas aéreas nos Estados Unidos, segundo Levinson (1996) o custo operacional obtido é de U\$0,0340. Considerando-se a média das cotações de fechamento do dólar no ano de 2006 de acordo com dados obtidos do Broadcast (R\$/U\$ 1,006) tem-se R\$0,0342 por passageiro quilômetro transportado. O valor do custo explícito de manutenção encontrado neste trabalho para o ano de 2007 foi de R\$0,0178 por passageiro quilômetro transportado, não se percebendo diferença na ordem de grandeza desses valores.

Em relação aos custos de oportunidade de 2006 e 2007, pode-se concluir que foram encontrados valores altos quando comparados aos próprios valores de custos explícitos de manutenção de aeronaves desses anos. Isso pode ter ocorrido pelo fato de se ter assumido crescimento linear dos custos e das receitas da companhia com o aumento da oferta de horas-vôo. Essa simplificação tornou o modelo de cálculo do custo de oportunidade insatisfatório e, portanto, seus resultados devem ser desconsiderados. Decidiu-se pela não retirada do item referente ao custo de oportunidade, pois a estimativa de horas por dia que cada aeronave fica em manutenção pode servir como um dos parâmetros para se determinar o custo de

oportunidade em pesquisas futuras. Poder-se-ia utilizar uma metodologia parecida com a explicitada neste trabalho, com a alteração do crescimento dos custos e receitas para não-linear e obter-se um valor mais condizente com a realidade. Outra abordagem possível seria a de estimar quantas aeronaves a menos a frota de cada companhia poderia ter, de modo que se mantivesse a mesma malha aérea com a utilização das horas de manutenção para a realização dos vôos. Como cada aeronave incorre em custo para sua aquisição, esse seria o custo de oportunidade procurado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COBB, RICHARD. *Modeling Aircraft Repair Turntime. Journal of Air Transport Management*, 1995.

FRIEND, C. H; Ghobbar, A. A. (2004). “*The material requirements planning system for aircraft maintenance and inventory control: a note*”. *Journal of Air Transport Management*

GORDON, A (1991). “*Management concepts and the aviation maintenance environment*” in *Proceedings of the AGIFORS Maintenance and Inventory Control Study Group* p 281.

LEVINSON, DAVID; GILEN, DAVID; KANAFANI, ADIB; MATHIEU, J. (1996). “*The full cost intercity transportation – A comparison of high speed rail, air and highway transportation in California*”. *Institute of Transportation Studies*

SCHRIEBER, T. J. “*An Introduction to Simulation Using GPSS / H*”, John Wiley and Sons, 1991.

STIGLITZ, J. E.; WALSH, C. E. “*Introdução à Microeconomia*” (Tradução da 3ª edição americana) Rio de Janeiro: Campus. 2003.

PINDYCK, ROBERT S; RUBINFELD, DANIEL L. *Microeconomics. Fifth Edition. New Jersey, Prentice-Hall*, 2006.

ANAC (2008) Anuários Estatísticos. Disponível em <http://www.anac.gov.br>. Acessado em 30 de Agosto de 2008, 15 de Outubro de 2008.

CENIPA (2008) Estatísticas. Disponível em <http://www.cenipa.aer.mil.br>. Acessado em 18 de Outubro de 2008.

COSTA, V. A. C. “*Manutenção Aeronáutica e Controle de Qualidade em Prol da Segurança de Voo*”. Disponível em www.manutencaodeaeronaves.eng.br. Acessado em 10 de Julho de 2008.

PECCI, S. R. A. “*Programa de Manutenção*” – Disponível em www.manutencaodeaeronaves.eng.br. Acessado em 10 de Julho de 2008.

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 17 de novembro de 2008	3. REGISTRO Nº CTA/ITA/TC-073/2008	4. Nº DE PÁGINAS 57
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Custos por pkt da manutenção de aeronaves no transporte de passageiros no Brasil.			
6. AUTOR(ES): Dênis William Braga Façanha			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: 1. Manutenção de aeronaves 2. Custos de manutenção por pkt 3. Transporte Aéreo.			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Manutenção de aeronaves; Análise de custos; Transporte de passageiros; Segurança de vôo; Aviação comercial; Transporte aéreo; Engenharia aeronáutica; Transportes			
10. APRESENTAÇÃO: X Nacional Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientadora: Rogéria de Arantes Gomes Eller. Publicado em 2008			
11. RESUMO: Este trabalho visa à discussão de assuntos relacionados com a manutenção de aeronaves, através de pesquisas em livros, artigos e entrevista com pessoal da área. Informações e dados estatísticos da aviação brasileira, principalmente no que se relaciona com a manutenção de aeronaves e segurança de vôo, são apresentados neste trabalho de graduação. Com os dados disponíveis nos anuários do Transporte Aéreo, calcula-se o custo de manutenção de aeronaves, por passageiro quilômetro transportado (pkt), no transporte aéreo de passageiros doméstico. O conhecimento desse valor é importante porque pode servir como diretriz para decisões de contenção de custos numa empresa do setor aéreo e, dada a alta competitividade desse setor atualmente, o controle de custos se torna mister para a sobrevivência de uma empresa no mercado.			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			