

A EVOLUÇÃO DA CONFIABILIDADE DE SISTEMAS NA OPERAÇÃO ETOPS

Mateus Panaro Ayres

panaro.aviation@gmail.com

Alunos, PE-Safety, Turma 10. ITA, 2014

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)
12228-900 São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a evolução da confiabilidade de sistemas, na operação ETOPS; o ganho significativo na segurança de voo, mesmo em condições extremas de operação e sua redução nos custos operacionais. A abordagem básica foi dada em marcos regulatórios, fatos históricos e dados fornecidos por operadores e fabricantes que relatam tais fatos. A aviação civil passa por constantes atualizações, baseadas em boas práticas de mercado, novas tecnologias e novos requisitos regulatórios. A operação ETOPS é característica dessa abordagem e está em constante evolução.

Palavras chave: ETOPS, confiabilidade, segurança de voo

ABSTRACT

This paper report aims to present the evolution of systems reliability in ETOPS operations; the signification gain in flight safety, even in extreme conditions and their costs reduction. The basic approach was due to regulatory frameworks, historical facts and data provided by operators and manufacturers which report these facts. Civil aviation is constantly being updated based on market good practices, new technologies and trends and new regulatory requirements. The ETOPS operation is characteristics of this approach and is contantly evolving.

Keywords: ETOPS, reliability, flight safety

1. INTRODUÇÃO

A sigla ETOPS, significa *Extended Twin Engine Operations* e trata-se de uma certificação emitida pela autoridade aeronáutica do país, em acordo com o Anexo 6 (*Operation of Aircraft*) da ICAO, para que os operadores possam operar rotas que, pontos intermediários estejam afastados mais de 60 minutos de vôo de um aeródromo de alternativa, para bimotores. Atualmente a seção 121.161 do RBAC 121 categoriza esse tempo mínimo para 75 minutos.

Em 1936 houve a primeira regulação, através da seção 121.161 do FAR Part 121, para operadores comerciais, na qual a regra vigente determinava que o interessado demonstrasse, antes de obter sua autorização de operação, que existiam aeródromos intermediários, disponíveis para aterragens e decolagens seguras, não distantes a 100 milhas náuticas entre os pontos determinados de rota. Para a época, a qual se operava aeronaves com motor a pistão, era altamente recomendado que as aeronaves possuíssem mais de dois motores, para rotas de longa distância ou de sobrevôo em locais inóspitos. Em 1953 a FAA alterou a regra para rotas não distantes de aeródromos de alternativas em 60 minutos de vôo para aeronaves bimotoras e trimotoras, sendo que nesse mesmo período a ICAO recomendava 90 minutos, sendo a FAA mais restritiva. Posteriormente, em 1964, com o advento das aeronaves a jato, entre os anos 50 e 60, a regra ficou válida apenas para aeronaves bimotoras. Dessa forma, a nova regra abriu as portas para o desenvolvimento de aeronaves trimotoras a jato, como o Lockheed L-1011 e o DC-10, para operar rotas intercontinentais.

Com a evolução dos sistemas de motorização e o aumento na sua confiabilidade, através de estudos, a FAA e ICAO definiram um aumento na base operacional para vôos de longo alcance. Através da AC 120-42, cuja primeira versão foi emitida em 1985, a FAA previa diretrizes para obter a certificação, conhecida como ETOPS. A nova norma permitida que aeronaves bimotoras operassem rotas, nas quais os pontos intermediários fossem distantes a 120 minutos de vôo de aeródromos adequados de alternativa. Em 1988, através de uma emenda, a FAA previa que o tempo fosse aumentado para 180 minutos.

A primeira certificação ETOPS foi dada em maio de 1985 para a TWA operar a rota entre *Boston e Paris* com o *Boeing 767*.

Atualmente os tipos de operação ETOPS são:

- 75 minutos nas áreas do Caribe e Oeste do Oceano Atlântico
- 90 minutos na região da Micronesia
- 120 minutos
- 138 minutos
- 180 minutos
- 207 minutos na área do Norte Pacífico
- 240 minutos

Os requisitos mínimos para a operação ETOPS variam conforme o tipo de operação solicitada e autoridade aeronáutica local. Esses requisitos englobam a configuração dos sistemas da aeronave, sendo que algumas aeronaves devem sofrer modificações para viabilizar a operação e outras, como o B777 e o A330, já foram fabricadas com o objetivo da operação. Outros requisitos como, procedimentos de manutenção, programas de reporte de confiabilidade, inspeções especiais, despacho, monitoramento da saúde dos sistemas, treinamento da tripulação e demais pessoas envolvidas na operação, devem ser demonstrados para a autoridade local.

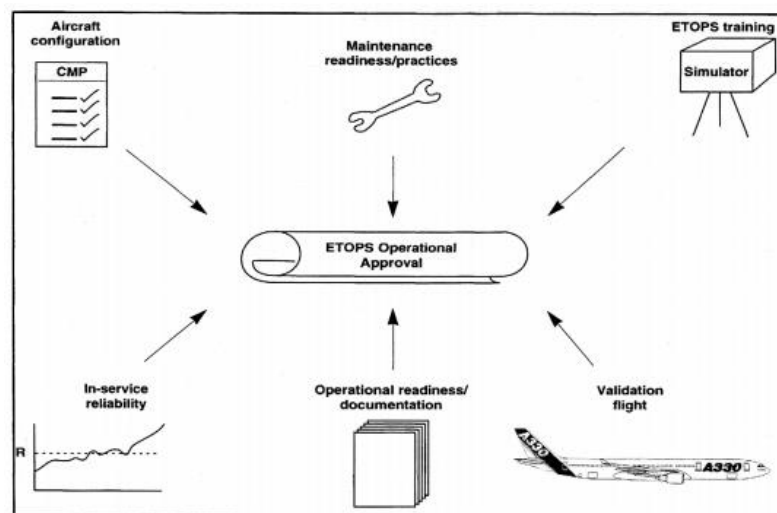


Figura 01 – Certificação ETOPS

Fonte: AIRBUS, 1996

Os aeroportos de alternativa devem ser capazes de suportar a operação da aeronave, possuir capacidades de solo mínimas necessárias para a operação (informação meteorológica, serviço de controle, etc), possuir equipamentos de rádio navegação, serviço de resgate e combate ao fogo, capacidade de prover serviços de *handling* e *catering*, capacidade de receber e acomodar os passageiros e capacidade de oferecer assistência técnica. O aeródromo de alternativa deve obter condições satisfatórias para realizar o pouso com apenas um motor e estar apto, meteorologicamente, no período de uma hora antes e até uma hora depois do último estimado de chegada. Além do mais, o planejamento de combustível para esse ponto deve incluir a fase mais crítica do voo, ponto crítico, e com base no consumo para determinado nível de alternativa, como exemplo, um nível ideal após uma despressurização.

Durante a operação devem ser definidos pontos notórios na operação em questão. O *ETOPS Entry Point* (EEP) é o ponto localizado na rota de saída de uma aeronave, em 1 hora de voo, na velocidade definida de voo monomotor, do último aeródromo adequado antes do início da categorização da operação, ele define o início da operação ETOPS. O segmento de voo ETOPS se inicia no EEP e termina quando o próximo aeródromo de alternativa está a menos de 60 minutos de voo. O *Equitime Point* (ETP) é um ponto localizado na rota da aeronave que levaria o mesmo tempo de voo, em caso de pane monomotor, entre dois aeródromos de alternativa. Por fim, o *Critical Point* (CP) é o ponto mais crítico, caso seja necessário realizar o voo para o aeródromo de alternativa. Normalmente é o último ETP no segmento ETOPS.

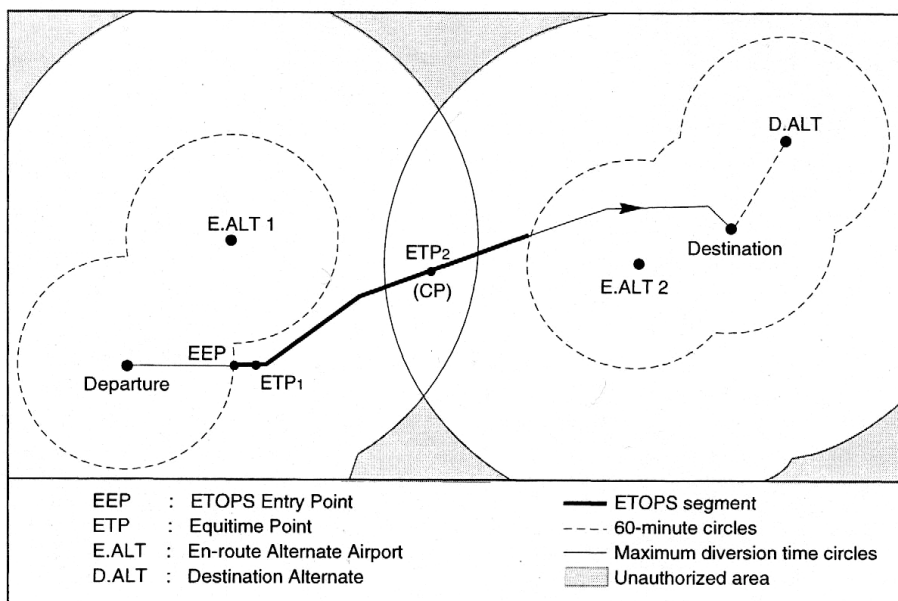


Figura 02 – Rota ETOPS
 Fonte: AIRBUS, 1998

Diversos requisitos operativos, voltados para o despacho e cálculo de performance para se obter o melhor consumo, menor tempo e distância entre alternativas deve ser realizado e comprovado para a autoridade do país. O foco do trabalho é a evolução de sistemas aeronáuticos nesse tipo de operação, dessa forma, e por ser um tema muito amplo e complexo, não serão abordados todos os requisitos.

2. FILOSOFIA DE MANUTENÇÃO

Os procedimentos de manutenção ETOPS foram criados para assegurar a confiabilidade e segurança nessas operações, assim como prevenir e reduzir a probabilidade de alternar ou regressar para o ponto de origem, monomotor. Esses procedimentos englobam: *engine health monitoring, predeparture service check, basic and multiple-system maintenance practices, event-oriented reliability program* (BOEING, 2014) e são baseados nos conceitos de *preclude* (impedir que falhas latentes se tornem ativas) e *protect*, (proteger com requisitos operacionais rigorosos).

Diferentemente da filosofia de manutenção da maioria dos programas de manutenção normais, tais como manutenções preventivas e as demais baseadas em estudos de probabilidade de falhas e sistemas de confiabilidade; a filosofia de manutenção ETOPS requer um monitoramento em tempo real e contínuo, visando identificar ameaças a operação e segurança da mesma.

Entre esse monitoramento contínuo está a verificação do consumo de óleo da aeronave e monitoramento das condições de motor.

Antes do despacho de cada voo a equipe de manutenção deve calcular a quantidade de óleo utilizada por hora de operação nas pernas anteriores, para ambos os motores e APU. O resultado fornece uma indicação adequada se o consumo está dentro dos parâmetros desejáveis ou não. Em caso negativo, a aeronave só poderá ser despachada após descoberta e reparada a causa do aumento do consumo de óleo.

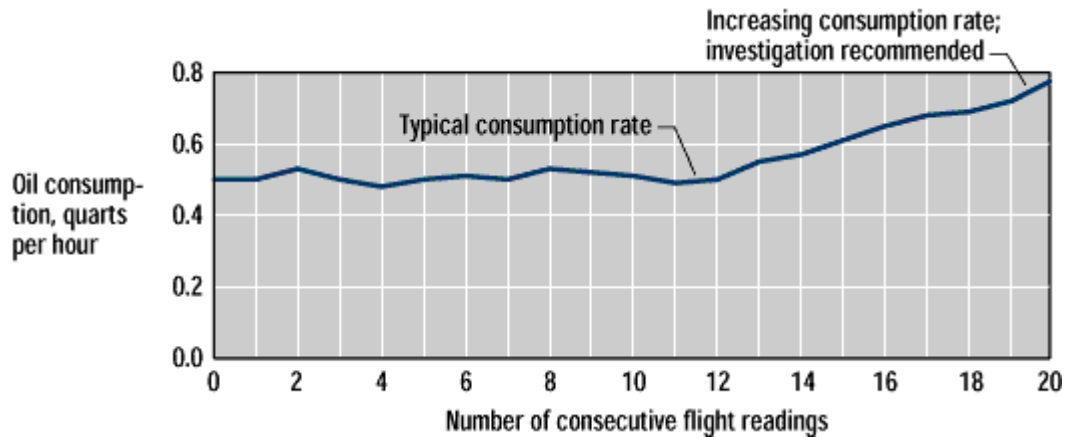


Figura 03 – Consumo de óleo x Número de vôos

Fonte: Boeing, 2014

Associado a isso, é realizado o *engine condition monitoring* (ECM) que monitora parâmetros de motor, tais como N1, N2, EPR, temperatura dos gases de exaustão e outros. Todos esses parâmetros, associados ao consumo de óleo, fornecem indicações da operação e monitoramento de condições latentes, minimizando possibilidades de falhas.

Além do monitoramento de parâmetros e consumo de óleo, há a necessidade de inspeções especiais, como o *predeparture service check* que é uma tarefa de manutenção que deve incluir a revisão de registros de manutenção aplicáveis a tal e uma inspeção interior e exterior de sistemas. É algumas vezes mencionado como uma verificação expandida de trânsito e inclui inspeções visuais e procedimentos necessários para determinar a condição de aeronavegabilidade de sistemas vitais para a operação ETOPS (FAA, 2014).

Não obstante as práticas padrão de manutenção, a filosofia operacional ETOPS requer que a equipe de manutenção que efetue os devidos *checks* seja devidamente treinada para essa situação. Além disso, a filosofia requer um programa de resolução de discrepâncias no qual, antes de efetuar o registro de manutenção, há um *crosscheck* se os itens realizados naquela tarefa foram devidamente instalados ou reparados, de forma que novos problemas não foram introduzidos durante a manutenção. Outra prática comum a essa filosofia é de não se realizar tarefas de manutenção em sistemas similares, na mesma ordem de serviço ou ação realizada

pela equipe. Isso evita que sejam introduzidos problemas latentes e acabar resultando em um mau funcionamento em ambos os sistemas.

3. SEGURANÇA DE VOO E CONFIABILIDADE DE SISTEMAS

Fica claro que para se obter a certificação operativa ETOPS, seja qual for a desejada, o operador deverá cumprir com diversos requisitos. Esses requisitos garantem um patamar de segurança diferenciado e característico para tal operação, uma vez que não há aeroportos de alternativa com frequência, quando comparada a outras rotas.

Uma das condições a ser monitorada e essencial para prevenir possíveis falhas de motor é o monitoramento das taxas IFSD (*In flight shut down*). A AC 120-42 apresenta uma tabela, na qual, dependendo do tipo de operação pretendida, o operador deve manter sua razão de IFSD igual ou abaixo da apresentada na tabela para o conjunto aeronave/motor especificado. Caso a razão, observada em 12 meses de operação, ultrapasse a estipulada, alguma ação investigativa deve ser realizada e comunicada a autoridade em até 30 dias.

In Flight Shut Down Rates		
Number of Engines	Engine Hours ETOPS	ETOPS Authorization
2	.05/1000	Up to and including 120 minutes.
2	.03/1000	Beyond 120 minutes up to and including 180 minutes and 207 minutes in North Pacific.
2	.02/1000	Greater than 180 minutes (Except for 207 minutes in North Pacific.

Figura 04 – Razão de panes monomotoras

Fonte: FAA, 2014

De acordo com a figura 02, tem-se que os níveis admitidos variam entre 0.05 falhas de motos por 1.000 horas voadas e 0.02 falhas por 1.000 horas voadas.

A *United Airlines* mantém todos os motores e APU de sua frota de B767 na configuração ETOPS, isso a garante melhor flexibilidade de manutenção e reduz a necessidade de diferentes configurações para suprir rotas ETOPS e não-ETOPS. Desde 1990, a empresa vivencia um decréscimo constante no número de ocorrências IFSD. Admitindo os critérios ETOPS para toda sua frota, mesmo as

aeronaves não destinadas a esse tipo de operação, fez com que a taxa geral de confiabilidade das aeronaves Boeing 767-200 e 747 subissem muito (Boeing, 2014).

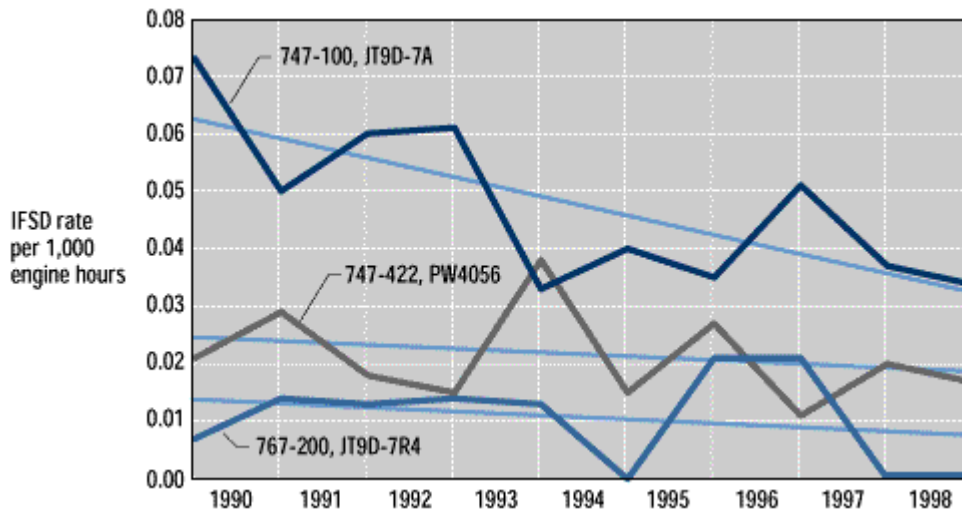


Figura 05 – Confiabilidade dos motores e manutenção ETOPS
Fonte: Boeing, 2014

A Trans World Airlines (TWA), na época, também reconheceu os benefícios da confiabilidade de sistemas na operação ETOPS e adotaram muitos dos procedimentos de manutenção na sua frota não-ETOPS, como o caso do treinamento da equipe de manutenção de linha, de forma que se diminuiu o tempo para despacho da aeronave.

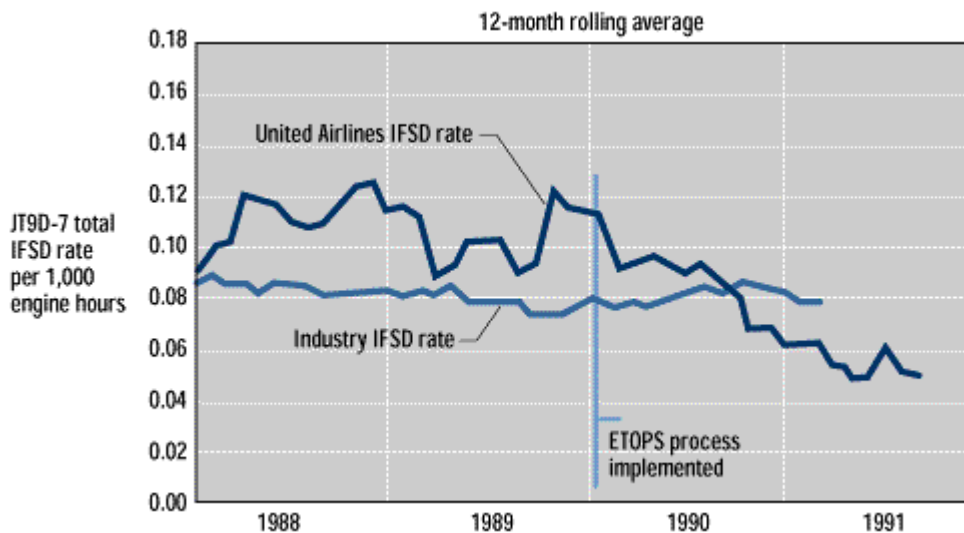


Figura 06 – Implementação do sistema ETOPS na UAL

Fonte: Boeing, 2014

Por ser muito mais restritiva que as demais, a operação ETOPS fornece múltiplas barreiras para possíveis causas latentes. Sejam elas através da parametrização e monitoramento contínuo do motor, do treinamento específico para tripulantes e mecânicos, das melhores práticas de manutenção e outros. Essas barreiras são defesas às condições latentes, que podem se transformarem em uma falha ativa, conseqüentemente, um acidente ou incidente.

Segundo Chiles (2007), o processo de homologação ETOPS se mostrou tão benéfico para a segurança de voo que outros processos, não-ETOPS, como o caso de rotas polares para aeronaves quadrimotoras ou trimotoras, foram inspiradas nas definições e requisitos ETOPS.

3.1 ESTUDO DE CASO: UNITED AIRLINES FLIGHT 842

No dia 17 de março de 2003 um Boeing 777 possuía a bordo 255 passageiros, tinha como destino *Los Angeles* e procedia de *Auckland*, Nova Zelândia. Durante o vôo, quando a aeronave sobrevoava o norte do Oceano Pacífico, a tripulação recebeu um alerta de baixa pressão de óleo, de um dos motores, acompanhado de um aviso de aumento na temperatura do óleo. A tripulação reduziu a potência desse motor para *idle*, no entanto, a temperatura continuava a subir. Dessa forma a tripulação optou por cortar tal motor. A aeronave estava a 3 horas de vôo do aeroporto mais próximo, no caso, Honolulu, no Havaí. Devido às condições meteorológicas, a tripulação optou em alternar Kona, Havaí. Sobrevoou-se o oceano por 177 minutos, monomotor, contra fortes ventos de proa. (DeSantis, 2013). De acordo com o CEO da empresa, *Joe Hopkins*, o evento foi o terceiro a ocorrer em toda a família B777 em operação ETOPS e que o modelo completou 400.000 voos, segundo a operação ETOPS exigida pela FAA. *Hopkins* diz que a frota de B777 da United registra um total de 16 ocorrências de IFSD, desde que a primeira aeronave do modelo começou a operar em 1995. A frota do modelo acumula 2.3 milhões de horas voadas na empresa, em oito anos, sendo uma razão de IFSD de 0.0021 por 1.000 horas voadas.

3.2 ESTUDO DE CASO: US AIRWAYS FLIGHT 432

No dia 17 de setembro de 2010 uma aeronave de modelo B757, operada pela *US Airways*, procedente de *Phoenix* para *Kahuala no Havaí* realizou um pouso de emergência em São Francisco. Após 3 horas e meia de vôo a tripulação reportou fumaça na cabine e iniciou o regresso para São Francisco, que distava aproximadamente 900 milhas náuticas da posição da aeronave, enquanto o Havaí distava 1.200 milhas da posição. A aeronave pousou com segurança no aeroporto de alternativa e a mesma era homologada ETOPS.



Figura 07 – Rota do voo 432
Fonte: GCMAP, 2011

4 CUSTOS OPERACIONAIS

A princípio, o conceito de operação ETOPS prevê que muitas ações operativas sejam tomadas, a fim de se obter a certificação. No entanto, a experiência demonstra que tais ações além de aumentarem significativamente a segurança da operação, diminuem os custos. Em uma rota direta, com a homologação ETOPS 120 minutos, entre *New York* e Londres, comparado a uma rota não-ETOPS, pode-se economizar 2.4 toneladas de querosene, para uma aeronave A310-300. Além do que, com rotas diretas, não se faz necessária a existência de aeroportos de alternativa na Islândia, nem Groenlândia (Airbus, 1998).

Outra vantagem significativa é o fato de com a evolução dos procedimentos ETOPS, rotas que não possuem um fluxo justificado e que só eram operadas por trimotores ou quadrimotores, agora passam a ser realizadas por bimotores menores, que permitem custos mais baixos e justificam a existência do vôo. Com isso, a empresa ganha flexibilidade operativa, na qual pode utilizar bimotores para rotas de curto alcance e também para rotas ETOPS.

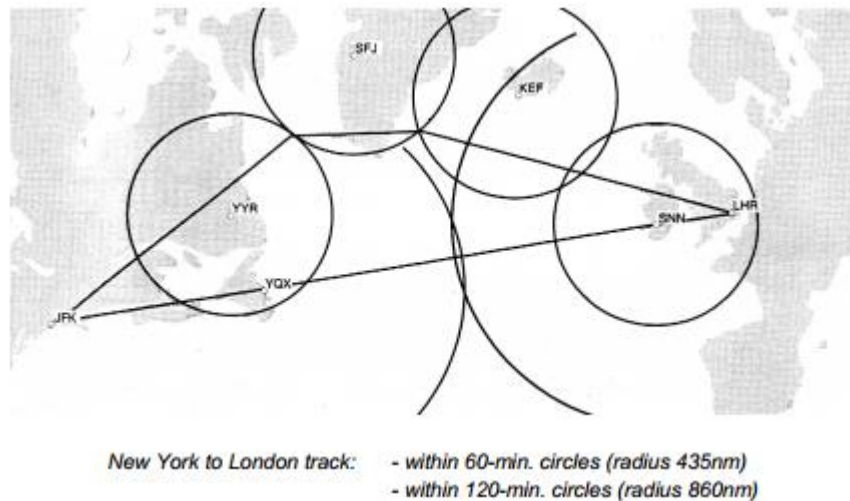


Figura 08 – ETOPS *New York to London*

Fonte: AIRBUS, 1998

Atualmente há uma procura por aeronaves bimotoras ao invés de aeronaves com mais de dois motores, pois essas aeronaves possuem um custo operacional menor. De acordo com a Boeing, o B777 possui um consumo 20% menor do que o A340-600, quadrimotor da concorrente Airbus e um custo operacional 18% menor, por passageiro, do que o A340-600 em uma mesma rota. No passado, essas aeronaves com mais de dois motores eram interessantes, pois apenas as mesmas poderiam realizar voos de longa distância, no entanto, atualmente com o advento da operação ETOPS, praticamente todas as áreas do planeta estão cobertas por essas rotas, para aeronaves bimotoras. Logicamente cada modelo de aeronave possui um mercado específico. Aeronaves com mais de dois motores costumam possuir uma capacidade maior para passageiros, cabendo a empresa adotar a aeronave adequada para sua operação.

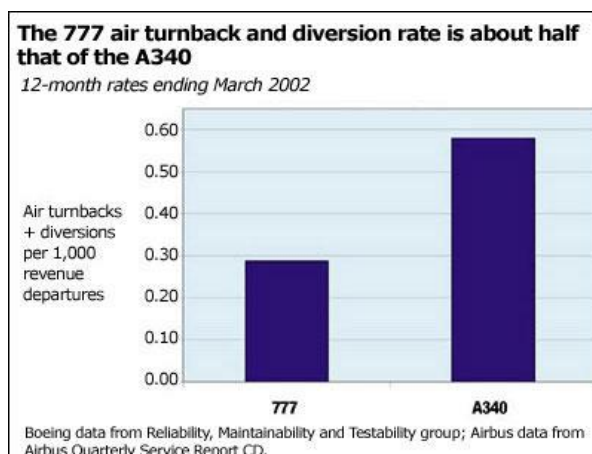


Figura 09 – Confiabilidade do B777

Fonte: Boeing, 2004

5 O FUTURO DA OPERAÇÃO ETOPS

Durante as últimas décadas de operação ETOPS obteve-se êxito e maturidade na operação. Quantidade significativa de dados foram obtidos e os operadores mostraram-se ser seguros e com níveis ideais de confiabilidade (Reich, 2003). Em março de 2000 a FAA emitiu uma emenda na operação ETOPS 180 minutos, estendendo-a para 207 minutos, no caso específico de operação no Norte do Pacífico. Com a finalidade de estudar novas demandas por operadores e fabricantes, a FAA em junho de 2000 criou o *Aviation Rulemaking Advisory Committee* (ARAC) para revisar procedimento regulatórios, no qual o grupo de estudos de ETOPS contava com um total de 50 *experts* na área e baseava seus estudos nas melhores práticas do mercado.

Através desse grupo de estudos a FAA atualizou os procedimentos do *Part 121.161* do FAR 121. Sendo categorizado como ETOPS todas aeronaves bimotoras com rotas que distam a 60 minutos de voo da alternativa e para aeronaves tri ou quadrimotoras, 180 minutos ou mais. Novas tecnologias foram requisitadas para essa operação, tais como comunicações por satélite, SATCOM, atualização de design na manufatura de aeronaves pelo FAR *Part 25* e de motores pelo FAR *Part 33*, aplicáveis para incorporar novas tendências, reduzindo chances de falhas. O processo de homologação, que antes era exclusivo de operadores regulares (*Part 121*), agora passa a envolver também operadores sob demanda (*Part 135*). No entanto, para esses, o limite de tempo alternado para aeródromos é de 180 minutos, inclusive para bimotores, diferente dos 60 minutos para bimotores *Part 121*.

Com isso, algumas aeronaves tiveram sua capacidade ETOPS expandidas. O A330 em 2009 recebeu a homologação por parte da EASA e FAA para a categoria "*beyond 180 minutes*", na qual se categoriza a categoria 240 minutos de máximo alternado. Em 2011 a FAA homologou todos os modelos B777 para 330 minutos, estendendo a categoria dos 240 minutos. O B787 também foi homologado para 330 minutos, o que possibilitou cobrir rotas no pacífico, no entanto, alguns problemas técnicos estão levando a possíveis discussões quanto a essa homologação. Já a Airbus planeja fabricar o A350 de acordo com as exigências necessárias para homologá-lo no máximo alternado de 350 minutos.

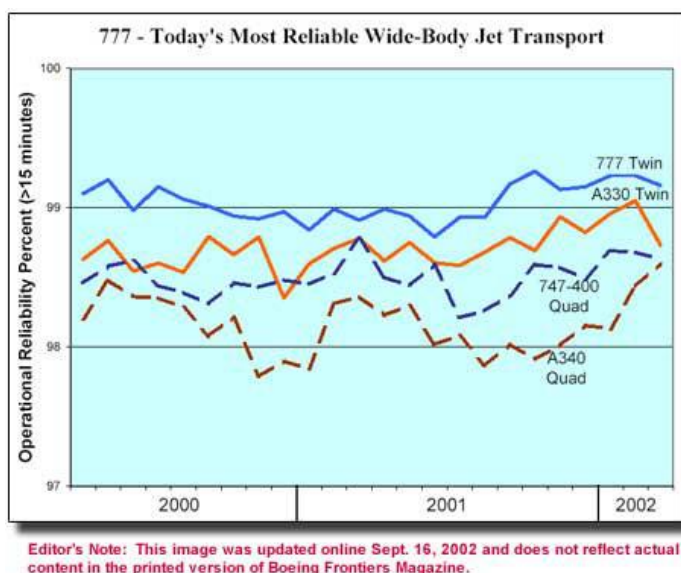


Figura 10 – Confiabilidade de aeronaves

Fonte: Boeing, 2002

6 CONCLUSÃO

Com a evolução da aviação comercial nos últimos anos, antigos e impróprios conceitos, para a realidade atual, de que aeronaves bimotoras não atendiam os mínimos de exigência para operarem rotas de longa distância, se mostraram inadequados. A engenharia e os processos certificativos evoluíram, assim como a maturidade de mercado, baseado nas boas práticas dos operadores, de forma que possibilitasse adequar os antigos marcos regulatórios para a nova realidade. A confiabilidade dos sistemas aumentou, propiciando cada vez mais, níveis mais adequados de segurança, de forma que os tais bimotores ganhassem cada vez novos mercados. Atualmente há uma preocupação global por redução de emissões de poluentes e redução de custos, necessários para manter uma corporação em níveis competitivos em um mercado tão concorrente e desafiados, como o da aviação civil. Sendo assim, há uma grande demanda, no geral, para que aeronaves bimotoras substituam as trimotoras ou quadrimotoras nas rotas de longo alcance, uma vez que os custos de operação são menores. A categoria de certificação e homologação ETOPS demonstra o quão importante é a estreita regulação, planejamento de contingências e o monitoramento contínuo da aeronavegabilidade durante a operação; ficando claro que com isso pode-se obter níveis muito além de aceitáveis de riscos em uma operação com tamanha complexidade.

REFERÊNCIAS

AIRBUS. *Getting to Grips with ETOPS*. Disponível em: <<http://www.737ng.co.uk/AIRBUS%20ETOPS%20Guide.pdf>>. Acesso em 15 de jun. 2014.

ANAC. *IAC 3501 – Operações de Alcance Prolongado com Aviões Bimotores (ETOPS)*. Disponível em: <www2.anac.gov.br/biblioteca/iac/IAC3501.pdf>. Acesso em 15 de jun. 2014.

CHESTER, L. Ekstrand; PANDEY, Mohan; SPENSER, Jay. *New FAA ETOPS Rules*. Aero, Seattle, nº QTR_02, 2007. Disponível em: <http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_2_07/article_02_7.html>. Acesso em 16 de jun. 2014.

CHILES, Patrick. *ETOPS Redefined*. Aero Safety World, Alexandria, março/2007. Disponível em: <<http://flightsafety.org/aerosafety-world-magazine/past-issues/aerosafety-world-march-2007>>. Acesso em 17 de jun. 2014.

DESANTIS, J. Angelo. *Engines Turn or Passengers Swim: A Case of Study of How ETOPS Improved Both Safety and Economics in Aviation*. UC Davis Legal Studies Research Paper Series, Davis, nº 359, dez/2013. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=2358232>>. Acesso em 16 de jun. 2014.

FAA. *Extended Operations (ETOPS and Polar Operations)*. Disponível em: <http://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentID/73587>. Acesso em 15 de jun. 2014.

KINNISON, Harry. *ETOPS Maintenance on NON-ETOPS Airplanes*. Aero, Seattle, nº 7, jul./1999. Disponível em: <http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_07/index.html>. Acesso em 16 de jun. 2014.

REICH, Bob. *The Future of ETOPS*. ALPA, Washington, agosto/2003. Disponível em: <https://www.alpa.org/portals/alpa/magazine/2003/Aug2003_FutureofETOPS.htm>. Acesso em 17 de jun. 2014.

APÊNDICE A – LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC – Advisory Circular

APU – Auxiliar Power Unit

ARAC - Aviation Rulemaking Advisory Committee

CEO – Chief Executive Officer

CP – Critical Point

EASA – European Aviation Safety Agency

ECM – Engine Condition Monitoring

EEP - ETOPS Entry Point

ETP – Equitime Point

EPR – Engine Pressure Rate

ETOPS - Extended Twin Engine Operations

FAR – Federal Aviation Regulations

FAA – Federal Aviation Administration

ICAO – International Civil Aviation Organization

IFSD – In Flight Shut Down

N1 - Medida de velocidade do estágio de compressão do motor

N2 – Medida de velocidade do estágio de exaustão da turbina

RBAC – Regulamento Brasileiro de Aviação Civil