

8 a 10 de junho de 2010

São José dos Campos - SP - Brasil



SEMINÁRIO - FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA NA AVIAÇÃO

REALIZAÇÃO



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

APOIO INSTITUCIONAL



ANAC
Agência Nacional de Aviação Civil - Brasil

Sindicato Nacional das Empresas Aeroviárias
SNEA

PATROCÍNIO

**MAGNETI
MARELLI**



Organização Brasileira para o Desenvolvimento da Certificação Aeronáutica

***Iniciativas para promover a Economia
de Combustível na Aviação Civil***



Palestrante: Guilherme Rocha



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

- Mestre em Ciências, na área de Mecatrônica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos – SP, 2002.
- Engenheiro Mecânico-Aeronáutico formado no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) em São José dos Campos – SP, 1998.
- Experiência de mais de 8 anos na indústria aeronáutica nas áreas de: Engenharia de Sistemas, Suporte ao Cliente, Confiabilidade e Manutenção.
- Atuou como Líder do Time de Comandos de vôo das aeronaves das famílias EMB-145 e EMB-120 da Embraer.
- Atuou como Líder do Projeto de Desenvolvimento Tecnológico da Embraer cujo objetivo era capacitar um time com relação a técnicas para o Prognóstico de Falhas Sistêmicas.
- Trabalhou como Gerente de Desenvolvimento de Produtos para a indústria *Offshore*.
- Atualmente é consultor da DCA-BR, atuando nas áreas de Sistemas Hidro-Mecânicos, Segurança Operacional e Gestão Ambiental.

Objetivos



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

- Apresentar ações possíveis em manutenção, reparos e modificações, que resultam em diminuição de consumo de combustível em aeronaves
- Ressaltar benefícios econômicos e ambientais.





**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

INTRODUÇÃO

Introdução



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

O elevado preço do barril de petróleo assim como a corrente motivação em redução das emissões de gases do efeito estufa são fortes estímulos para a adoção de políticas nas empresas aéreas que promovam a redução do consumo de combustíveis.

Essas políticas dizem respeito a práticas operacionais, práticas de manutenção e controle de reparos e modificações.

O escopo desta apresentação restringe-se à discussão de práticas de manutenção capazes de promover reduções consideráveis de consumo de combustível.

Introdução



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

As ações de manutenção, reparos e modificações aqui tratadas, em sua maior parte, visam diminuir arrastos de atrito e diminuição de peso total da aeronave.

Exigindo menor empuxo dos motores, realiza-se a economia de combustível.

ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL

=

DIMINUIÇÃO EM ARRASTO

+

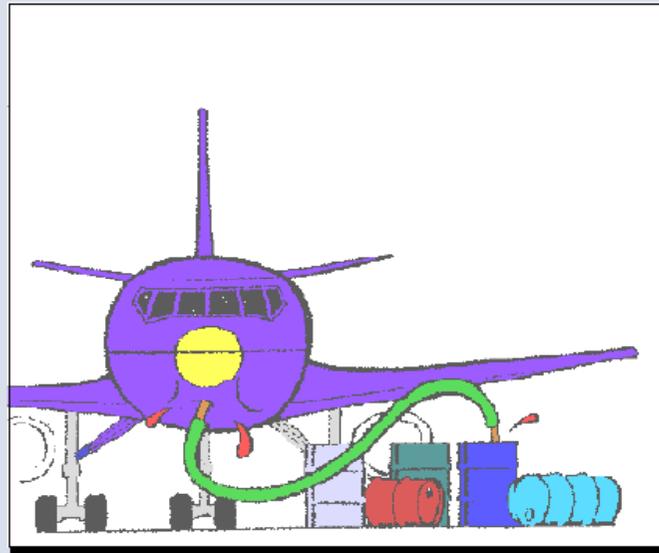
DIMINUIÇÃO EM PESO

EFEITO DO ARRASTO:

Reducing Aircraft Drag Reduces Fuel Burned

Effect of a 1% Drag Increase In Terms Of Gallons Per Year

- 747 \approx 100,000
- 777 \approx 70,000
- 767 \approx 30,000
- 757 \approx 25,000
- 737 \approx 15,000
- 727 \approx 30,000



(Assumes typical aircraft utilization rates)

Introdução



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

EFEITO DO PESO:

$$\text{Consumo} = \text{cte} \cdot (\text{Peso})^{3/2}$$



PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO

Práticas de Manutenção



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

-  1) Lavagem das Aeronaves;
-  2) Lavagem dos Motores;
-  3) Identificação e ajuste de qualquer superfície desnivelada, rugosa ou ondulada;
-  4) Rigagem das Superfícies de Controle;
-  5) Controle de Peso da Aeronave;

Práticas de Manutenção



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

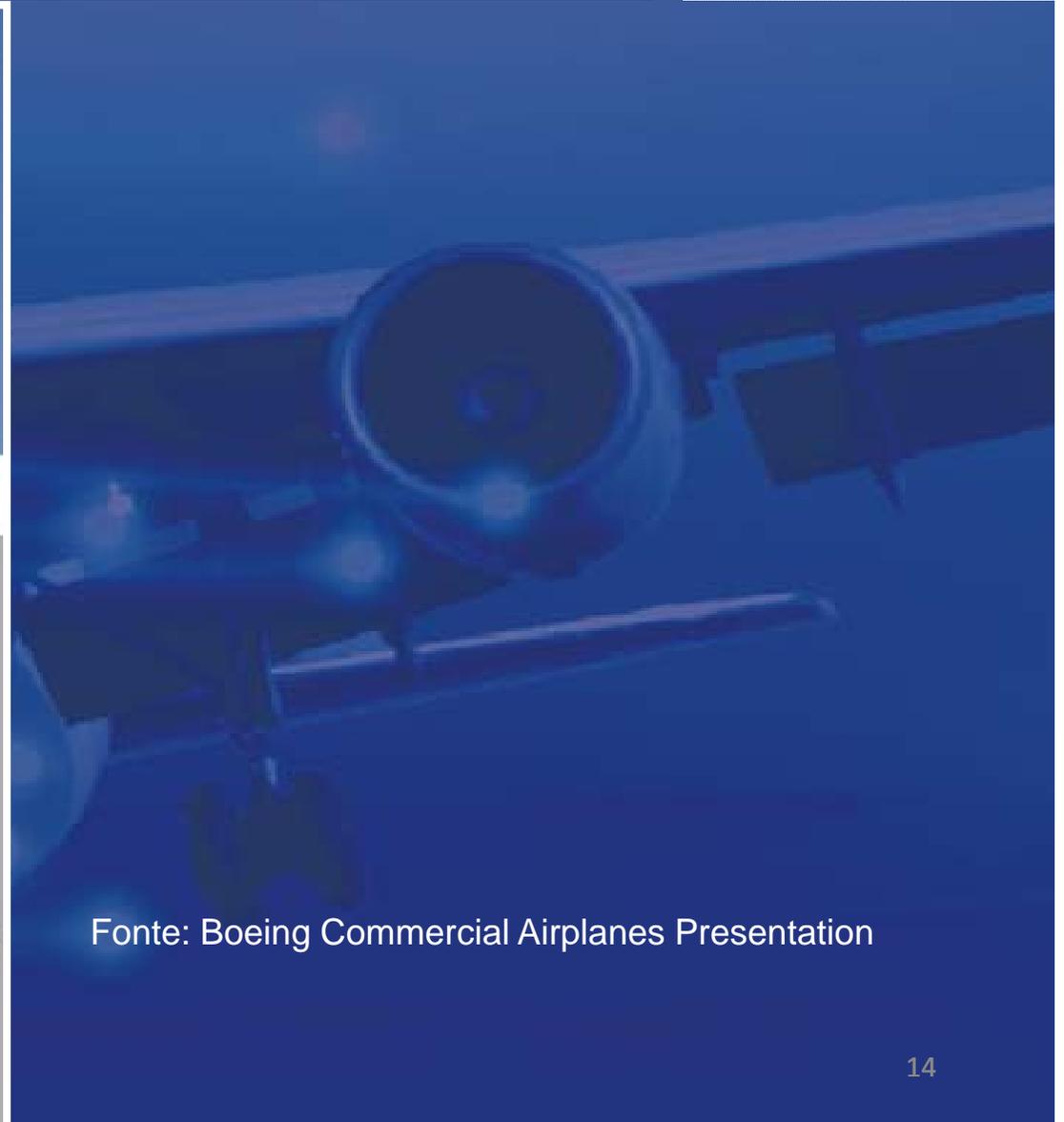
-  6) Manutenção nos equipamentos de dados anemométricos;
-  7) Inspeccionar e Corrigir Vazamentos Internos de Tubulações e Válvulas dos Sistemas de Pressurização e Ar Condicionado;
-  8) Inspeccionar as Máquinas ACM;

-  9) Inspeccionar as Superfícies de Controle quanto à Perda de Selagem Interna;
-  10) Tratamento do Revestimento com Verniz Protetor de Pintura ;
-  11) Inserir uma partição no Plano de Manutenção sobre Economia de Combustível;
-  12) O Sincero Envolvimento de Todos da Empresa.

1) Lavagem das Aeronaves



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



Fonte: Boeing Commercial Airplanes Presentation

1) Lavagem das Aeronaves



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

A lavagem periódica das Aeronaves promove a remoção de depósitos, micro-detritos, nas superfícies dos revestimentos da fuselagem, asas e estabilizadores.

Estes depósitos causam aumento de arrasto, e sua remoção se faz necessária.

1) Lavagem das Aeronaves



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

A tarefa normalmente está estabelecida no manual de manutenção;

Sua periodicidade deve ser definida em função das condições operacionais, sendo seu valor tipicamente 3 meses;

Um operador europeu relatou 3% de economia de combustível, devido a lavagens externas das aeronaves, em jatos de 50 lugares.

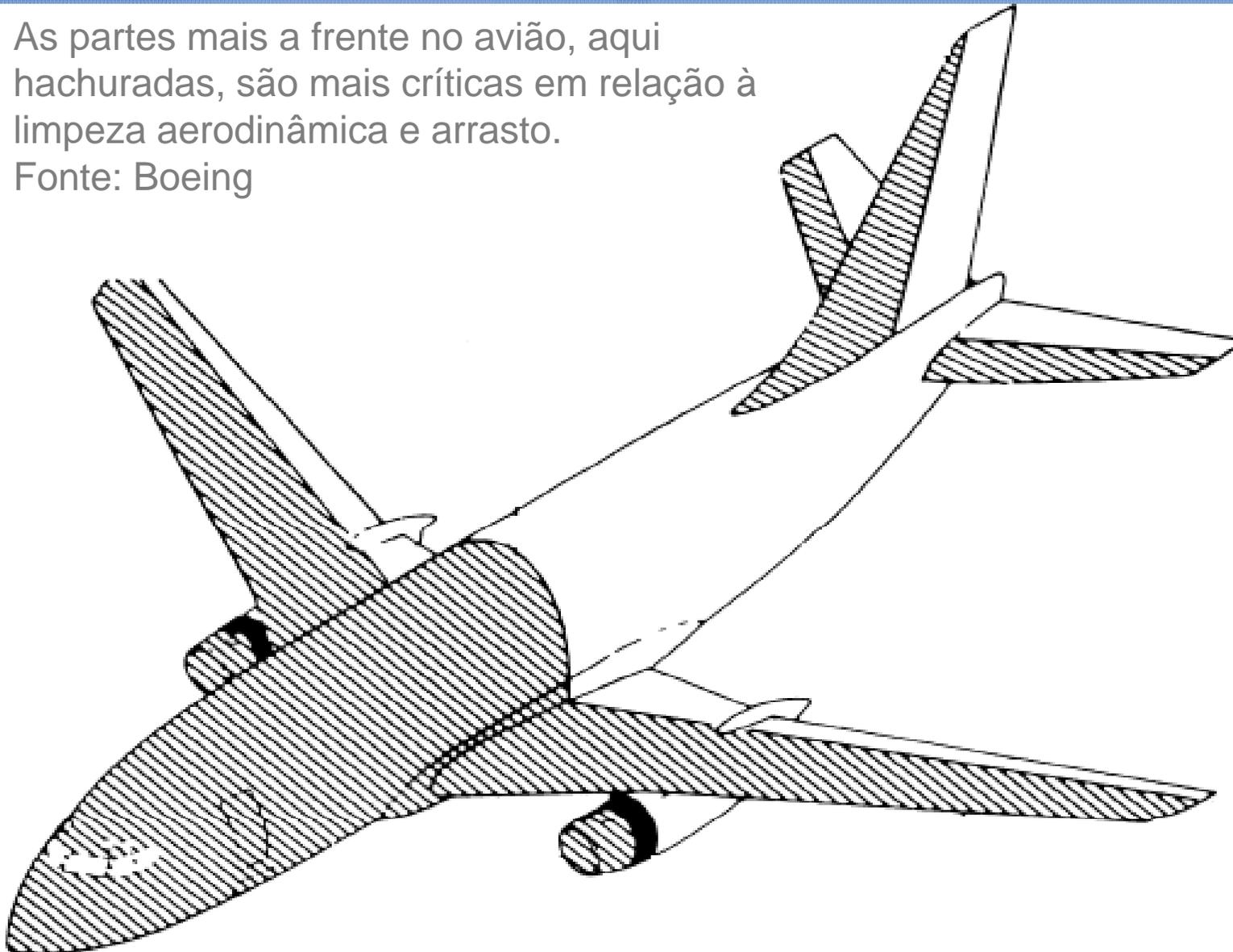
1) Lavagem das Aeronaves



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

As partes mais a frente no avião, aqui hachuradas, são mais críticas em relação à limpeza aerodinâmica e arrasto.

Fonte: Boeing



2) Lavagem dos Motores



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**



2) Lavagem dos Motores



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

A lavagem periódica dos Motores promove com grande eficácia a remoção de depósitos, microdetritos, das superfícies internas e partes móveis dos mesmos.

2) Lavagem dos Motores



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**



2) Lavagem dos Motores



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

No interior dos motores as **velocidades** dos gases, bem como sua **massa específica** (e densidade) são grandes.

Quanto maior a velocidade e massa específica dos gases, maior o arrasto. Deste modo, o efeito do arrasto das partes móveis do motor na economia de combustível é substancial.

A lavagem dos motores diminui o arrasto das partes móveis, promovendo uma economia substancial no consumo de combustível.

2) Lavagem dos Motores



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

A tarefa frequentemente está estabelecida no manual de manutenção do motor;

Proporciona tipicamente mais de 1% de economia de combustível, além de aumentar a vida útil do equipamento;

Sua periodicidade deve ser definida em função das condições operacionais, sendo seu valor tipicamente 6 meses ou 2.000 horas de voo.

Fonte: Green Sky magazine, Spring 2008

3) Identificação e ajuste de qualquer superfície desnivelada, rugosa ou ondulada



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

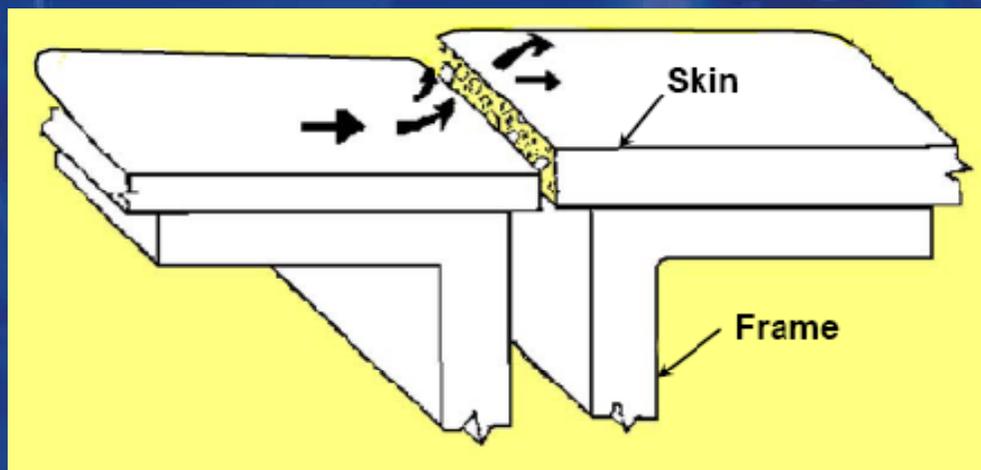
- Portas e Painéis de Inspeção;
- Superfícies com Selante de Contorno;
- Painéis de revestimento com Selante de Emenda.

3.1) Portas e Painéis de Inspeção



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Algumas Portas e Painéis de Inspeção são reguláveis quanto à altura em relação ao revestimento, e devem ser regulados de forma a **eliminar os degraus (steps) aerodinâmicos**.



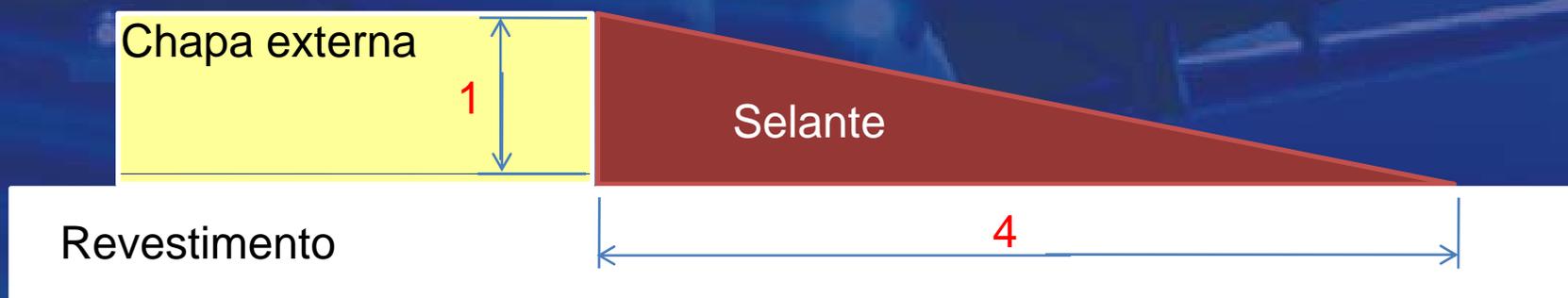
3.2) Superfícies com Selante de Contorno



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

O Selante de Contorno deve apresentar uma seção triangular, de acordo com a **regra “4 por 1”**, porque este perfil mais esbelto é mais aerodinâmico.

Esta geometria oferece menos arrasto, e fica menos propensa ao arrancamento e degradação por erosão.



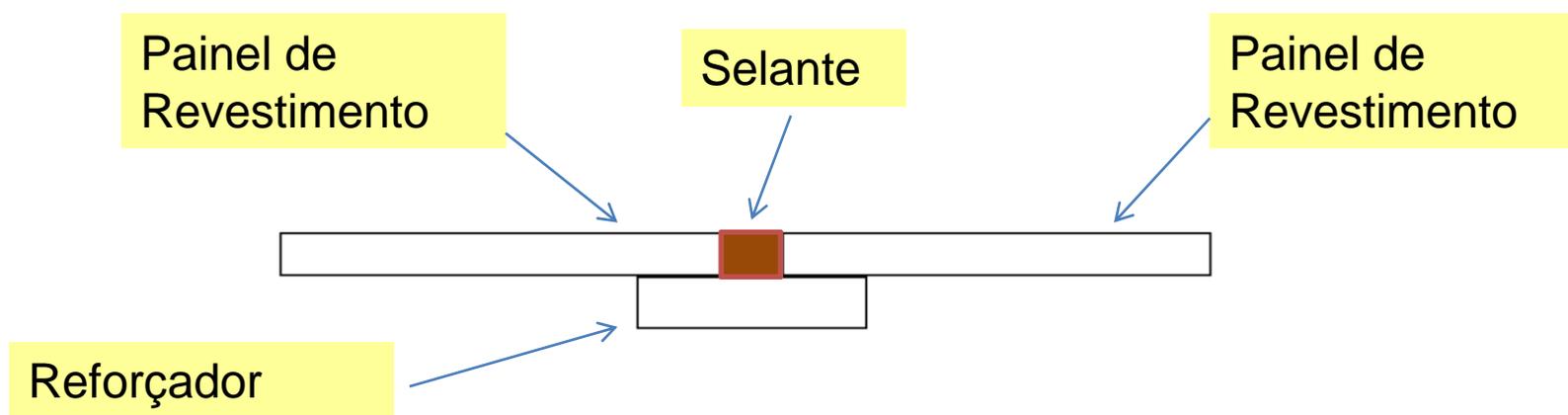
Geometria recomendada da camada de selante de contorno (4 x 1).

3.3) Painéis de Revestimento com Selante de Emenda



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

O selante de emenda deve ser nivelado com a linha dos painéis de revestimento.

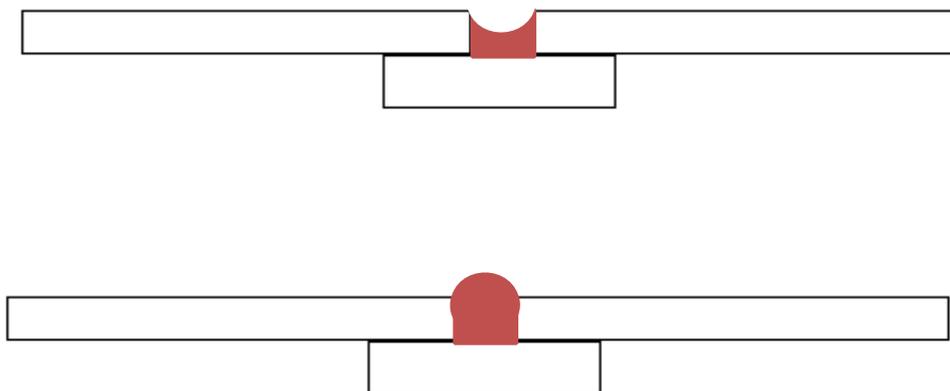


Selante de emenda **corretamente** colocado, **nivelado** com a linha dos painéis de revestimento.

3.3) Painéis de Revestimento com Selante de Emenda



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



Exemplos de selantes de emenda incorretamente colocados, não nivelados com a linha dos painéis de revestimento.

4) Rigagem das Superfícies de Controle



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Estes ajustes permitem menores arrastos, evitando ainda muitas vezes o **arrasto reprodutivo**.

As **Superfície de Controle** devem ter ajuste (**rigging**) em periodicidade adequada, informada no plano de manutenção da aeronave.

4) Rigagem das Superfícies de Controle



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

O **Arrasto Reprodutivo** é causado quando uma ou mais superfícies de controle são acionadas para se corrigir uma pequena atuação indevida, constante, de outra (um aileron mal ajustado por exemplo);

No caso do aileron mal ajustado, muitas vezes o spoiler ou outra superfície tem que ser também atuada, e com a possibilidade ainda de correção de guinada por parte do leme, aumentando mais ainda o arrasto e consumo de combustível.

4) Rigagem das Superfícies de Controle



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Temos então um somatório de arrastos nestas situações.



5) Controle de Peso da Aeronave



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

A aeronave tende a ganhar peso em serviço, comparado à condição de nova;

Alguns aviões adquirem 1.000 lb em um período de 5 anos.

Fonte: Green Sky magazine

5) Controle de Peso da Aeronave



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Práticas de **Controle de Peso Adquirido** são possíveis na realidade de manutenção dos aviões;

- Pode-se, por exemplo, utilizar tintas mais leves e com pouca rugosidade;
- Recomenda-se controlar o acréscimo de peso dos reparos estruturais.
- Sugere-se também evitar o ingresso de umidade na aeronave utilizando equipamentos específicos para tal fim.

5) Controle de Peso da Aeronave



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

ZDS - Zonal Drying System



Para um Boeing 737 NG este equipamento retira cerca de 200 kg de água / ano.

Standard on B787

5) Controle de Peso da Aeronave



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Deve-se sempre **evitar**:

- Transporte de excesso de publicidade (revistas, folders, etc);
- Transporte reconhecidamente excessivo de água potável;
- Transportes questionáveis de GSEs – (verificar a possibilidade de se manter alguns GSEs pelas bases fixas);
- Ingresso de detritos, e limpeza do interior incompleta.

5) Controle de Peso da Aeronave



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Deve-se sempre **buscar**:

- A utilização de **extintores de incêndio descartáveis**, os quais possuem vida útil de 12 anos. Por serem descartáveis são isentos de cheques hidrostáticos, tendo estrutura menos reforçada feita de alumínio em lugar do aço.

6) Manutenção nos equipamentos de dados anemométricos



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

Eventuais desvios dos equipamentos de dados de ar (Pitots, eminentemente) por degradação, fazem com que a aeronave voe em regimes de velocidade e níveis de voo diferentes do planejado pela tripulação, podendo incorrer em um incremento de até 1% no consumo de combustível;

Perceba-se aqui também riscos de segurança.

6) Manutenção nos equipamentos de dados anemométricos



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**



✈️ Recomenda-se a calibração periódica do sensor.

Fonte: NIST Special Publication 250-79

7) Inspeccionar e Corrigir Vazamentos Internos de Tubulações e Válvulas dos Sistemas de Pressurização e Ar Condicionado



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Pequenos vazamentos nas tubulações de ar condicionado e pressurização, muitas vezes não detectados, consomem energia extra advinda da sangria dos motores;

Metodologias e inspeções dedicadas para se localizar tais vazamentos, para imediata correção, são muito importantes para a economia de combustível.

8) Inspeccionar as Máquinas ACM



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

A Revisão Geral das máquinas de ar condicionado ACM (Air Cycle Machine) realizada adequadamente faz retornar estas à sua condição mais eficiente.

A operação eficiente destas máquinas reduz a necessidade de consumo de ar sangrado do motor, e portanto reduz o consumo de combustível da aeronave.

9) Inspeccionar as Superfícies de Controle quanto à Perda de Selagem Interna



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Algumas superfícies de controle apresentam sistemas de perda de carga (selantes) entre a parte fixa e a parte móvel;

Estes selantes, enquanto íntegros, evitam o “vazamento” da área de alta pressão para a de baixa pressão;

Selagens insuficientes permitem a passagem de ar do intradorso para o extradorso da superfície, fazendo necessário maior ângulo de atuação desta superfície, com conseqüente maior arrasto;

9) Inspeccionar as Superfícies de Controle quanto à Perda de Selagem Interna



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Selantes devem ser inspecionados e substituídos / reparados quando necessário;

As inspeções, às vezes com periodicidades menores que as do Plano de Manutenção original, são muito importantes.

9) Inspeccionar as Superfícies de Controle quanto à Perda de Selagem Interna



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



9) Inspeccionar as Superfícies de Controle quanto à Perda de Selagem Interna



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Em algumas aeronaves, nos extradorsos dos **flapes**, são usadas peças de borracha que agem como selos aerodinâmicos, diminuindo a comunicação entre a parte de alta pressão e baixa pressão;

Estas peças por serem flexíveis, acompanham o extradorso enquanto este se movimenta, realizando a missão de evitar as fugas de ar das zonas de alta pressão para baixa pressão.

10) Tratamento do Revestimento com Verniz Protetor de Pintura



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Existem vernizes originalmente produzidos como **vernizes protetores de pintura** que demonstraram diminuir a corrosão;

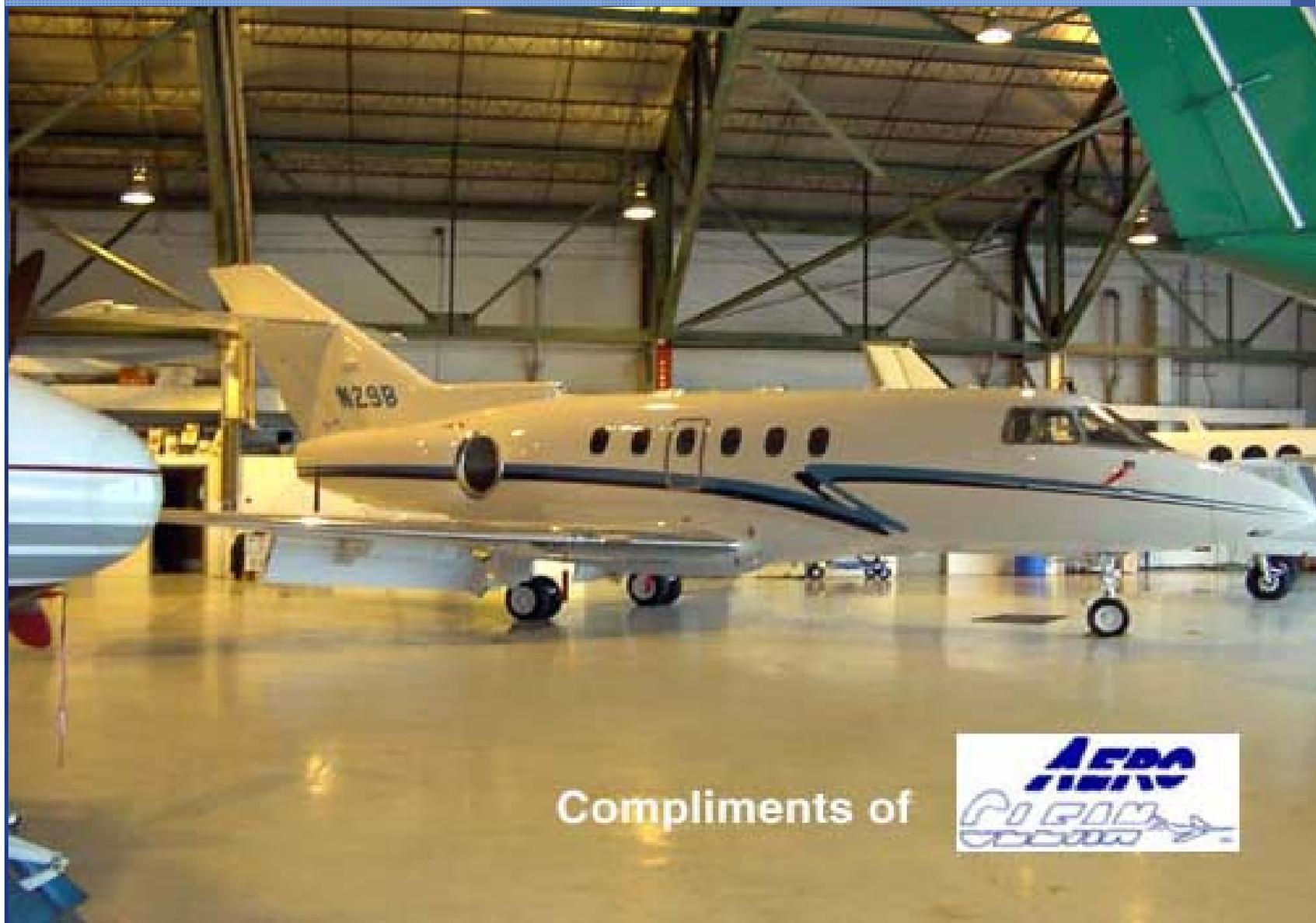
Adicionalmente, por produzirem estes vernizes uma superfície anti-aderente lisa, produzem também uma superfície menos arrastiva, devido à sua menor rugosidade;

É preciso consultar o suporte técnico do fabricante da aeronave, requerendo informações sobre tais vernizes.

10) Tratamento do Revestimento com Verniz Protetor de Pintura



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



Compliments of



11) Inserir uma Partição no Plano de Manutenção sobre Economia de Combustível



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

Pode-se adotar uma nova partição chamada de Economia de Combustível ou de Fuel Conservation no Plano de Manutenção, agrupando formalmente as tarefas relacionadas a tal finalidade.

Os intervalos mencionados nesta nova partição poderão ser apresentados à autoridade brasileira como não obrigatórios.

12) O Sincero Envolvimento de Todos da Empresa



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

- Leituras em livros, revistas especializadas e trocas de idéias com outros profissionais da área devem ser estimuladas;
- De nada adianta o conhecimento não aplicado;
- As ações necessariamente partem das pessoas;
- O mais importante é a implementação das ações aqui discutidas, o que envolve obrigatoriamente o envolvimento de administradores, técnicos, mecânicos e engenheiros.



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

Obrigado !!