



**UNISUL**

**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**PETER FIGUEIRA LOPES**

**PNEUS AERONÁUTICOS:  
INSPEÇÕES E MANUTENÇÕES**

**Palhoça**

**2019**

**PETER FIGUEIRA LOPES**

**PNEUS AERONÁUTICOS:  
INSPEÇÕES E MANUTENÇÕES**

Projeto de pesquisa apresentado ao Curso de graduação em Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial para elaboração da monografia.

Orientador: Professor Angelo Damingo Tavares, MSc

Palhoça

2019

**PETER FIGUEIRA LOPES**

**PNEUS AERONÁUTICOS:  
INSPEÇÕES E MANUTENÇÕES**

Esta monografia foi julgada adequada à obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas e aprovada em sua forma final pelo Curso de Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 21 de junho de 2019

---

Orientador: Prof. Angelo Damigo Tavares, MSc

---

Avaliador: Prof. Cleo Marcus Garcia, MSc

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso: à minha família, que sempre esteve ao meu lado ao longo desta caminhada: ao professor José Gonçalves dos Santos, pela dedicação de uma vida na formação de excelentes profissionais para a aviação: e a todos que acreditaram que seria possível.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente a DEUS pela conclusão deste curso tão importante para minha carreira, bem como à minha família, que sem medir esforços, me apoiou e incentivou para que este sonho pudesse ser realizado.

À coordenação do curso, aos funcionários, aos meus colegas formandos, e principalmente aos professores, que além de terem grande participação em minha formação, através de sua experiência apresentaram muitos assuntos importantes da vida profissional de um Cientista Aeronáutico.

Deixo também o meu agradecimento ao professor MSc. Angelo Damingo Tavares, pois, com sua brilhante orientação, pude desenvolver e concluir todas as etapas desta pesquisa.

“Não se espante com a altura do voo. Quanto mais alto, mais longe do perigo. Quanto mais você se eleva, mais tempo há de reconhecer uma pane. É quando se está próximo do solo que se deve desconfiar.” (ALBERTO SANTOS DUMONT).

## RESUMO

Inspeções e manutenções de pneus aeronáuticos são de grande importância para as operações seguras com aeronaves, pois são influenciadas diretamente pela qualidade do serviço prestado, que por sua vez tem impacto direto na segurança, no tempo e na produtividade, portanto, procedimentos desenvolvidos por seus fabricantes e órgãos devidamente homologados, são fundamentais para que os resultados finais sejam atingidos. Este trabalho de pesquisa tem como objetivo o estudo sobre inspeções e manutenções de pneus aeronáuticos através de abordagem qualitativa, descritiva e explanatória. E para atingir o objetivo proposto, fez-se uso de metodologia que se baseou em pesquisas de manuais específicos e documental, tendo sido extraídos os principais assuntos abordados de dados levantados de instituições como a ANAC, CENIPA, GOODYEAR, MICHELIN, etc. No decorrer do trabalho, foram apresentados assuntos como a verificação das condições dos pneus, câmaras de ar e rodas quanto a danos, o quão significativo vem a ser a correta inflação dos pneus, a montagem e desmontagem de conjunto de rodas para pneus com e sem câmara, a adequada estocagem de pneus e câmaras quando estão ou não em uso. Ao final da pesquisa, foi analisada a necessidade das precauções que todos os envolvidos na atividade aérea devem ter a fim de evitar danos causados por FOD.

Palavras-chave: Inspeções. Manutenções. Pneus aeronáuticos. Segurança.

## **ABSTRACT**

Inspections and maintenance of aeronautical tires are of great importance for safe operations with aircraft, as they are directly influenced by the quality of service provided, which in turn has a direct impact on safety, time and productivity, therefore, procedures developed by its manufacturers and bodies duly homologated, are fundamental for the final results to be achieved. This research aims at the study of aeronautical tire inspections and maintenance through a qualitative, descriptive and explanatory approach. In order to reach the proposed objective, a methodology was used that was based on researches of specific manuals and documentary, having been extracted the main topics of data collected from institutions such as ANAC, CENIPA, GOODYEAR, MICHELIN, etc. In the course of the work, subjects such as checking the condition of the tires, tubes and wheels for damages were presented, how significant is the correct tire inflation, the assembly and disassembly of tire wheels with and without adequate storage of tires and chambers when they are in use or not. At the end of the research, we analyzed the need for precautions that all those involved in aerial activity should have in order to avoid damages caused by FOD.

**Keywords:** Inspections. Maintenance. Aeronautical tires. Safety.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA .....	14
1.2 OBJETIVOS .....	15
1.2.1 Objetivo Geral .....	15
1.2.2 Objetivos Específicos .....	15
1.3 JUSTIFICATIVA .....	15
1.4 METODOLOGIA .....	16
1.4.1 Natureza e Tipo de Pesquisa.....	16
1.4.2 Materiais e Métodos .....	16
1.4.3 Procedimentos de Coleta de Dados .....	16
1.4.4 Procedimentos de Análise de Dados .....	17
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	17
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1 CONSTRUÇÃO DE PNEUS DE AERONAVES .....	19
2.2 MANUTENÇÃO DE PNEUS DE AERONAVES .....	22
2.2.1 Pressão Adequada para um Serviço Satisfatório .....	24
2.2.2 Efeitos de Baixa Inflação.....	25
2.2.3 Remoção para Recauchutagem.....	26
2.2.4 Reparos de Pneus.....	26
2.3 INSPEÇÃO DO PNEU DESMONTADO .....	27
2.3.1 Condições das Laterais .....	27
2.3.2 Dano no Talão .....	28
2.3.3 Saliências - Cordonéis Quebrados.....	29
2.3.4 Pneus sem câmaras - Área do talão .....	29
2.3.5 Fusível Térmico.....	30
2.3.6 Inspeção da Câmara.....	31
2.4 MONTAGEM, DESMONTAGEM E ESTOCAGEM.....	32
2.4.1 Balanceamento.....	33
2.4.2 Precauções na Inflação .....	34
2.4.3 Estocagem de Pneus e Câmaras de Ar.....	35
2.4.4 Perigos dos Combustíveis e Solventes .....	36
2.4.5 Suportes Sugeridos para Pneu .....	36
2.4.6 Estocagem de Segurança de Câmaras .....	37
<b>3 ANÁLISE DO PERIGO DO FOD PARA OS PNEUS DE AERONAVES.....</b>	<b>38</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde sua concepção, a borracha foi tornando-se cada vez mais popular no dia-a-dia das pessoas, vejam-se os carros, eletrodomésticos e até algumas vestimentas precisam desse material. A borracha é tão essencial, que sua presença já é dada por natural. No entanto, desde sua primeira utilização, até as evoluções que a permitem ser tão comum, dificuldades se passaram, como a de se moldar a borracha sólida até atingir o formato desejado.

O pneu, componente imprescindível ao funcionamento de diversos meios de transporte, passou por muitas etapas, como exemplo, a invenção do revestimento de borracha para a roda, a banda de rodagem com sulcos, a câmara de ar, o pneu radial, desde sua origem no século XIX, até atingir a tecnologia atual.

Segundo a Revista O Mecânico (2017), no início dos anos 1900, os pneus tinham uma estrutura interna à base de fibras de algodão com faixas sobrepostas, ou seja, a estrutura das lonas em posições diagonais umas sobre as outras, sendo conhecido como pneu diagonal. E, em 1946, a Michelin desenvolve o pneu radial, com estrutura de malha independente da banda de rodagem, ou seja, a estrutura das lonas em posição perpendicular ao plano de rodagem sem sobreposições, este modelo aumentou a aderência, conforto e durabilidade dos pneus.

A invenção do pneu remonta a mais de um século. Fatos interessantes à época levaram empresários à falência, como a borracha que não passava de uma goma “grudenta” para impermeabilizar tecidos ou o risco que a borracha tinha de dissolver quando fazia calor, marcando algumas fases da evolução dos pneus.

Para mudar esse cenário, experimentos iniciados pelo americano Charles Goodyear, por volta de 1830, confirmaram acidentalmente que a borracha cozida a altas temperaturas com enxofre mantinha suas condições de elasticidade no frio ou no calor.

Conforme abordado no Portal Manutenção e Suprimentos (2018), Charles Goodyear argumentou que o enxofre e o calor foram fundamentais para a criação do produto que viria a ser conhecido como borracha vulcanizada. Depois de várias pesquisas, Goodyear chegou à conclusão de que a aplicação de vapor na borracha sulfurizada por várias horas sob pressão, a uma temperatura de cerca de 132°C, resultou em um tipo de borracha mais resistente e sintetizada. Esta nova borracha poderia ser aproveitada na fabricação de qualquer tipo de peça, ferramenta, objeto e equipamento.

Figura 1– Gravura de Charles Goodyear



Fonte: Goodyear.Corporate, 2019

Uma das etapas da história do pneu ocorreu no ano de 1845, quando Robert Thompson inseriu um invólucro repleto de ar no interior dos pneus de borracha sólida. Quarenta e três anos mais tarde, o veterinário escocês John Boyd Dunlop teve a mesma ideia e "reinventou" o pneu de Thompson.

Para Catrin Möderler (2019), Dunlop quis apenas agradar o filho Johnny e tornou-se – na própria opinião – "o primeiro inventor de sucesso". Johnny tinha dificuldades para andar pelas calçadas de pedra da Escócia com seu triciclo, cujas rodas eram de borracha vulcanizada e quebradiça. O pai, então, improvisou uma câmara de ar de borracha flexível, envolveu-a numa lona e montou-a num aro de madeira. O resultado foi sensacional. Johnny passou a ser bem mais rápido que seus amigos e chegou a andar 60 milhas com um só jogo de pneus. Em compensação, perdeu o bico, transformado em válvula de pneu pelo habilidoso pai.

Depois de testar sua invenção por vários meses, ele solicitou uma patente para seu pneu, a qual recebeu em 7 de dezembro de 1888 na Grã-Bretanha. O pneu de Dunlop foi um sucesso comercial imediato, usado inicialmente para bicicletas.

Fotografia 1- John Dunlop



Fonte: Ron Moody, 2019

A partir de 1888, com a utilização do pneu em larga escala, as fábricas passaram a investir mais em sua segurança.

E quando se pensa em aviação, deve-se sempre ter em mente que a segurança é de extrema importância em todos os segmentos voltados às atividades do ramo aeronáutico, pois trata-se de uma área que envolve tamanha complexidade e diversos setores empenhados com apenas um objetivo, que é o de voar, seja para fins econômicos, humanitários ou até mesmo de lazer. Dentre os setores voltados para a manutenção aeronáutica, está o de inspeções e manutenções de pneus, que apesar de parecer simples, requer atenção especial do inspetor, visto que pneus de aeronaves devem suportar uma ampla gama de condições operacionais.

Durante as decolagens, voos e pousos, as aeronaves estão sujeitas a vários esforços como: tração, tensão, flexão, torção, compressão e cisalhamento e, com base nisso, as inspeções são exames, visuais e manuais, para determinar a condição estrutural de uma aeronave e de seus pneus. A inspeção de uma aeronave, pode se estender desde uma simples caminhada em volta da mesma, até um exame detalhado, compreendendo uma completa desmontagem, e a utilização de complexos auxílios à inspeção.

Como explanado pelo Guia do Operador Aeroagrícola (BRASIL, 2015), um exemplo, são as inspeções de 50 e 100 horas das aeronaves EMB 202 “Ipanema”, onde aparecem as tarefas de “Enchimento, Reabastecimento, Limpeza, Lubrificação, Fixação, Estado dos Amortecedores Óleo-Pneumáticos” e de “Verificação da Espessura dos Discos de Freios”. Tais tarefas, de acordo com o “Manual de Serviço”, exigem a desmontagem de componentes e uso de torquímetros e instrumentos de medição, além do fato de que algumas aeronaves devem ser apoiadas em suportes para que tais tarefas possam ser executadas.

No caso de um pouso, o pneu da aeronave tem de suportar cargas pesadas e forças de impacto, bem como aceleração a alta velocidade num período muito curto de tempo. Isso ocorre num ambiente com altas temperaturas repentinas e forças centrífugas que causam compressão e esforços de cisalhamento e tração. Um pouso com a aeronave pesada, em alta velocidade e uma frenagem brusca aumentará essas forças bem acima do nível normal, a ponto de o pneu poder ser danificado e precisar ser substituído.

De acordo com o Manual do Comando da Aeronáutica 58-13 (BRASIL, 2004), um sistema de inspeção consiste de diversos processos, que vão desde observações feitas pela tripulação ou inspetor, até inspeções regularmente programadas. As inspeções gerais e periódicas devem ser consideradas a coluna mestra de um bom programa de manutenção. O tempo que deverá ser gasto na conseqüente recuperação será bem mais longo que o tempo ganho nas rápidas inspeções de rotina e manutenção.

As inspeções regularmente programadas e a manutenção preventiva asseguram boas condições de voo. As falhas operacionais e defeitos serão apreciavelmente reduzidos, desde que desgastes ou pequenos defeitos sejam detectados e corrigidos o mais cedo possível.

Fabricar pneus para aviação é um negócio específico e especializado, que requer alto conhecimento técnico e investimento em tecnologia.

Com base na Revista Fator Brasil (2006), em 1909, a Goodyear introduziu o primeiro pneu projetado para uso na aviação. O pneu *Wing Aeroplane* foi projetado pelos engenheiros da empresa para ser leve, resistir a perfurações e ser fácil de remover. A empresa lançou o primeiro pneu recauchutável para aeronave em 1927, iniciando uma era de operações de baixo custo que ainda hoje é um processo vital na indústria de aviação. Em 1928, lançou também o primeiro pneu para aviação de baixa pressão, praticamente eliminando a necessidade de rodas por meio da montagem direta ao cubo de roda.

Entre 1914 e 1918, a empresa Michelin, além de fabricar quase 2 mil aviões para a Primeira Guerra Mundial, participou da construção da primeira pista de concreto do mundo, permitindo a decolagem de aviões mesmo em dias chuvosos. Com o aumento do uso de

aviões, surge também o primeiro pneu de borracha negra (adição de carbono na borracha) e com sulcos, o que aumenta a aderência e diminui o desgaste do pneu. (MICHELIN, 2018).

A produção brasileira de pneus ocorreu em 1934, quando foi implantado o Plano Geral de Viação Nacional. No entanto, a concretização desse plano aconteceu em 1936 com a instalação da Companhia Brasileira de Artefatos de Borracha, mais conhecida como Pneus Brasil – no Rio de Janeiro, que em seu primeiro ano de vida fabricou mais de 29 mil pneus.

Conforme abordado na Revista Pneus e Cia. (2010), com a produção brasileira de pneus tendo iniciado em 1934, o primeiro pneu em produção no Brasil a trilhar sua história, naquele mesmo ano, foi o pneu tupiniquim. Entre 1938 e 1941, outras grandes fabricantes do mundo passaram a produzir seus pneus no país, elevando a produção nacional para 441 mil unidades. No final dos anos 80, o Brasil já tinha produzido mais de 29 milhões de pneus e, desde então, o Brasil conta com a instalação de mais de 15 fábricas de pneus, das quais quatro internacionais: Bridgestone Firestone, Goodyear, Pirelli e Michelin.

Consta na publicação The Goodyear Tire & Rubber Company (2013), a fábrica em São Paulo da Goodyear, localizada no bairro Belenzinho (capital Paulista) inaugurada em 1939, foi um marco na industrialização brasileira. A primeira fábrica da Goodyear no país iniciou suas atividades quando ainda não havia indústria automobilística local e as poucas estradas de rodagem existentes eram precárias. Hoje a unidade é responsável pela recapagem de pneus da linha de Aviação, setor em que a Goodyear é líder no Brasil. Conforme a descrição do INMETRO (2012), entende-se por pneu recapado aquele que tem sua banda de rodagem (parte do pneu que entra em contato com o solo) substituída.

## 1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Qual a importância das inspeções e manutenções em pneus aeronáuticos no Brasil?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a importância das inspeções e manutenções de pneus aeronáuticos, contribuindo assim com a segurança de voo no Brasil.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Apresentar o desenvolvimento do pneu desde sua primeira concepção.

Descrever a construção do pneu de avião.

Descrever as inspeções e manutenções de pneus com câmara e sem câmara.

Analisar os perigos causados por *Foreign Object Damage* (FOD) ao pneu.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A motivação que levou este autor a pesquisar sobre as inspeções e manutenções de pneus aeronáuticos foi a importância dada por pessoas a esse item, haja vista sua contribuição para a integridade estrutural da aeronave.

A aplicação de pneus na aviação evoluiu muito com o passar dos anos, posto que antigamente utilizavam-se maquinários rudimentares na sua fabricação para a utilização nas primeiras aeronaves leves de baixa velocidade, a passo que hoje se emprega tecnologia de ponta para a fabricação de pneus para modernas aeronaves de grande porte e alta velocidade.

Porém, apesar de toda tecnologia envolvida na fabricação do pneu aeronáutico, este componente precisa de inspeções específicas para um diagnóstico mais apurado sobre suas reais condições. Quando uma pessoa sem o mínimo conhecimento passar ao redor de uma aeronave e porventura imagine que aquele pneu “está murcho”, pode ser uma impressão errônea, pois poderá estar inflado na pressão correta para aquele tipo de aeronave com determinada carga. Ocorre que aquela é a deflexão normal do pneu, e tal situação apresenta-se como uma oportunidade para ampliação dos conhecimentos acerca de pneus de aeronaves e sua operação segura no meio aeronáutico.

Outro motivo pelo qual pesquisar sobre este assunto foi a possibilidade de conscientizar operadores de aeronaves estarem atentos aos pneus de seus aparelhos, para que não ocorra qualquer acidente fruto de inspeção mal realizada ou até mesmo por baixa inflação.

## 1.4 METODOLOGIA

### 1.4.1 Natureza e tipo de pesquisa

Este trabalho de pesquisa possui característica descritiva com base em fontes primárias a serem utilizadas na posterior análise dos dados levantados, segundo GIL (2010) "A pesquisa bibliográfica é elaborada com base em material já publicado com o objetivo de analisar posições diversas em relação a determinado assunto." O procedimento para coleta de dados caracteriza-se como a busca de informações bibliográficas relevantes para análise e conclusões deste trabalho.

Além da abordagem descritiva, a pesquisa também será qualitativa, por se basear na realidade para fins de compreender uma situação única (RAUEN, 2002).

### 1.4.2 Materiais e Métodos

Os materiais analisados e utilizados nesta pesquisa foram:

**Bibliográficos:** Livros, Revistas relacionadas à manutenção de aeronaves, manuais de operações de aeronaves, boletins sobre segurança de voo.

**Documentais:** Manuais de fabricantes de pneus disponibilizados, manuais teóricos de cursos de manutenção de aeronaves, documentos da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), documentos do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), reportagens de acidentes na aviação, reportagens sobre serviços de manutenção em empresas aéreas (on-line).

### 1.4.3 Procedimentos de Coleta de Dados

O procedimento utilizado para a coleta de dados será baseado em pesquisas bibliográficas e documentos disponíveis na internet, como exemplo: "Manual de Manutenção

de Aeronaves, ANAC, Cap. 09”, bem como manuais e documentos como: “Aviation Maintenance Technician Handbook - Airframe, Volume 2”, “Manual de pneus aeronáuticos Dunlop”, “Manual de manutenção e cuidados com pneus aeronáuticos Goodyear”, “Manual de manutenção de cuidados e serviços Michelin”, “Boletins Informativos de prevenção de acidentes aeronáuticos do SERIPA II”, “Manual do Comando da Aeronáutica – MCA 3-3, MAC 3-6 e MCA 58-13”, “Documentos da Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC”, “Informações disponíveis em Sites oficiais de empresas aéreas”, entre outros.

#### 1.4.4 Procedimentos de Análise de Dados

Para este trabalho de conclusão, os dados foram selecionados e extraídos dos manuais e boletins de instituições governamentais como a ANAC e o CENIPA, bem como de grandes empresas como a Goodyear e Dunlop, para dar base fundamental com a finalidade de atingir o objetivo geral e específico sobre as inspeções e manutenções de pneus aeronáuticos

#### 1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho monográfico será composto por 4 capítulos, como descrito abaixo:

1 – Introdução

2 – Referencial teórico, compreendendo quatro seções: Construção de pneus de aeronaves, Manutenção de pneus de aeronaves, Inspeção do pneu desmontado e Montagem, desmontagem e estocagem

3 – Análise do perigo do FOD para os pneus aeronáuticos

4 – Conclusão

No primeiro capítulo será feita a introdução, na qual serão descritos os eventos históricos do emprego da borracha nos pneus de uso geral e nos pneus de aviação.

No segundo capítulo será iniciado o referencial teórico que descreve na primeira seção, a construção dos pneus de aeronaves. Na segunda seção será explanado como é feita de forma geral a manutenção de pneus, os esforços e condições adversas as quais esses pneus são submetidos, bem como o que uma inflação inadequada poderia ocasionar. Em seguida, na terceira seção, será apresentado como é realizada a inspeção do pneu desmontado da roda, que

vai desde a inspeção das laterais do pneu, até a inspeção da câmara de ar, caso a aeronave tenha feito um pouso brusco. Na quarta seção, apresentar-se-ão as precauções que se deve ter para a montagem, desmontagem e estocagem dos pneus, como a checagem da roda antes da montagem, a pulverização com talco para pneus, antes da câmara de ar ser instalada, a inflação e o balanceamento adequado e a importância da estocagem.

No terceiro capítulo, será analisado o perigo que o FOD pode causar para os pneus aeronáuticos.

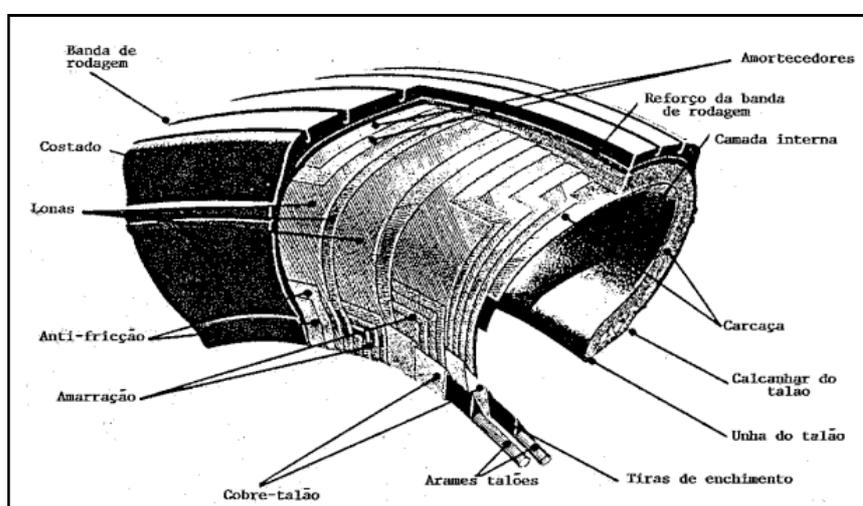
No quarto capítulo, serão detalhadas as conclusões relativas às informações levantadas sobre os pneus aeronáuticos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CONSTRUÇÃO DE PNEUS DE AERONAVES

Observando atentamente um pneu de aeronave, você encontrará um dos mais fortes e resistentes pneumáticos já fabricados. Ele é feito para sustentar altas velocidades e pesadas cargas estáticas e dinâmicas.

Figura2 – Construção de pneu de aeronave



Fonte: Manual ANAC, MMA, Cap.09, 2004

Cada pneu do trem de pouso principal de um jato quadrimotor é requisitado a suportar velocidades de até 250 MPH, tanto quanto cargas estáticas e dinâmicas de 22 a 33 toneladas, respectivamente.

- Banda de Rodagem

Feita de um composto de borracha natural, para oferecer resistência e durabilidade, a rodagem é modelada de acordo com os requisitos operacionais da aeronave. O modelo circunferencial raiado é largamente usado, atualmente em virtude de oferecer boa tração em pistas nas mais variadas condições.

- Reforço da Banda de Rodagem

Uma ou mais camadas de cordonéis de nylon reforçado fortificam a rodagem para operação em alta velocidade. Tal reforço é usado principalmente em pneus qualificados para altas velocidades.

- Amortecedores

Nem sempre usadas, estas camadas extras de cordonéis de nylon reforçado são colocadas sob a borracha da rodagem, a fim de proteger o envoltório de lonas e reforçar a área da rodagem. Os amortecedores são considerados parte integral da construção da carcaça.

- Carcaça

São camadas diagonais de cordonéis de nylon cobertos por borracha, montadas em ângulos opostos, cuja função é dar forma e resistência ao pneu. Circundando completamente o corpo do pneu, as lonas são dobradas em volta dos talões, inserindo-se novamente na carcaça.

Elas isolam a carcaça do calor dos freios e proporcionam uma boa selagem contra o movimento, durante as operações dinâmicas.

- Linha do Talão

É a borda interna do talão, próxima à linha central do pneu.

- Calcanhar do Talão

É a borda externa do talão, que se ajusta ao flange da roda.

- Camada Interna

Nos pneus sem câmara, esta camada de borracha menos permeável atua como uma câmara de ar embutida, e impede que o ar penetre através das lonas.

Nos pneus com câmara, uma camada mais fina de borracha é usada para evitar o atrito entre a câmara de ar e a lona interna.

- Camada de Reforço da Banda de Rodagem

Uma almofada de borracha composta entre a banda de rodagem e a cobertura de lona proporciona resistência e durabilidade. Isto adiciona proteção contra cortes e danos, durante o tempo de vida da banda de rodagem.

- Talões

Feitos de arame de aço cobreado, incrustado em borracha e cobertos com tecido, os talões ancoram as lonas da carcaça e proporcionam superfícies firmes para montagem na roda.

- Cobre-talão

Estas camadas de cordonéis e borracha isolam a carcaça dos arames do talão e aumentam a durabilidade do pneu.

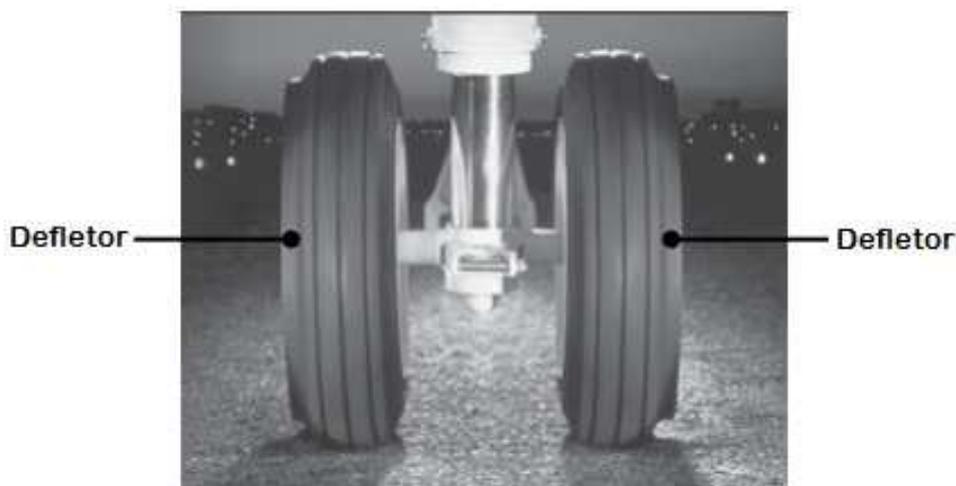
- Anti-fricção

São camadas de tecido e borracha que protegem a carcaça de danos durante a montagem e desmontagem.

- Costado

Os costados são primariamente coberturas sobre as laterais dos cordóneis do corpo para protegê-los de danos e exposição à luz, calor, frio etc. Pequena resistência é dada aos cordonéis do corpo pelo costado. Uma construção especial de costado, o “*CHINE TIRE*”, é um pneu de roda de nariz desenhada com a construção de um defletor para desviar a água da pista para os lados, assim reduzindo os jatos de água nas áreas da frente dos motores a jato.

Fotografia 3 – Defletor para desviar a água



Fonte: Aircraft Tire Care & Maintenance, 2017

- Tiras de Enchimento

A tira de enchimento é um adicional, formado de borracha ao redor do talão para dar contorno à ancoragem da amarração.

## 2.2 MANUTENÇÃO DE PNEUS DE AERONAVES

Para o SERIPA II (2012), os pneus de aeronaves são itens críticos para a segurança, porque além de suportar o peso da aeronave no solo, devem absorver grande parte do choque com a pista, no pouso, acelerações e desacelerações súbitas.

Nas aeronaves, a resistência ao desgaste é secundária, enquanto que a aderência e a flexibilidade são essenciais. Estes pneus são submetidos a grandes variações de temperatura, especialmente em aeronaves a jato. Em grandes altitudes, suportam temperaturas que podem chegar a 55 graus negativos, por outro lado, atingem temperaturas de mais de 80 graus positivos durante o pouso.

Essas variações extremas de temperatura criam um problema: o ar se expande fortemente com o aumento de temperatura podendo causar explosões dos pneus com o súbito aumento de temperatura no pouso. Esse problema é solucionado substituindo-se o ar pelo nitrogênio seco. O uso do nitrogênio também soluciona outro problema que o uso do ar trás às câmaras de ar, que é a oxidação interna da borracha das mesmas. O nitrogênio puro e seco se expande muito pouco com o aumento da temperatura, diminuindo o risco de explosões, e é pouco reativo quimicamente, eliminando o risco de oxidação interna. Desde 1987, os pneus de aeronaves de transporte comercial devem, obrigatoriamente, ser inflados exclusivamente com nitrogênio. (BRASIL, 2012, p.2).

Figura 2 – Pneus do Boeing 777 durante o pouso



Fonte: SERIPA II (2012)

As ranhuras da banda de rodagem precisam ser profundas o bastante para permitir que a água passe embaixo do pneu, minimizando os perigos de drenagens e sustentação hidrodinâmicas também conhecidas como hidroplanagem em pistas molhadas.

Fotografia 6 – Pouso em pista molhada



Fonte: SERIPA II (2015)

### 2.2.1 Pressão Adequada para um Serviço Satisfatório

A pressão de inflação é, sem dúvida, a função de manutenção mais necessária para segurança e longo tempo de serviço dos pneus de aeronaves.

Segundo o MCA 58-13 (BRASIL, 2004), mesmo usando um calibrador de pneus, único caminho preciso para um cheque de pressão, uma rápida verificação visual da banda de rodagem pode revelar se a pressão de ar está alta ou baixa. Excesso de uso na faixa lateral do pneu é uma indicação de baixa pressão. Excesso de uso no centro do pneu sugere alta pressão.

Entretanto, se um pequeno vazamento se desenvolver, poderá causar perda de ar dentro de dois ou três dias, resultando em danos ao pneu e à câmara de ar. Por este motivo, as pressões de ar devem ser inspecionadas quando os pneus estão frescos. É aguardado pelo menos duas horas após o voo antes de verificar as pressões (três horas em tempo quente). Também é recomendado que sejam verificados antes de cada voo (MCA 58-13, 2004, p. 9-38).

Uma nova montagem de pneu e/ou câmara de ar deve ser inspecionada pelo menos diariamente por alguns dias, após o que deverá ser seguida uma lista de controle de inflação.

Diferentes pressões de ar em pneus montados em conjuntos duplos no mesmo trem de pouso, principal ou de nariz podem ser preocupantes, pois um daqueles pneus estará suportando mais peso do que o outro. Se houver uma diferença de mais de 5 libras, deverá ser anotado no “Log-book” (Livro de Manutenção), e deverão ser feitas referências a cada verificação de inflação subsequente.

Fotografia 8 – Verificação de Pressão



Fonte: SERIPA II (2015)

A pressão será sempre mantida como especificada no manual de manutenção da aeronave ou de acordo com a informação disponível nos dados do pneu.

Fotografia 5 – Incrições em um pneu, indicando seus limites



Fonte: SERIPA II (2012)

### 2.2.2 Efeitos de Baixa Inflação

Inflação baixa resulta em efeitos nocivos e perigos em potencial. Os pneus de aeronave que têm inflação baixa são muito mais prováveis de “patinar” e deslizar na roda durante o pouso, ou quando os freios forem aplicados. A câmara de ar pode ser cortada e o pneu completo, câmara e conjunto de roda, podem ser destruídos devido a tais condições. Uma pressão muito baixa pode também causar desgaste rápido e desigual na/ou perto da borda da banda de rodagem.

Fotografia 9 – Desgaste no costado causado por baixa inflação



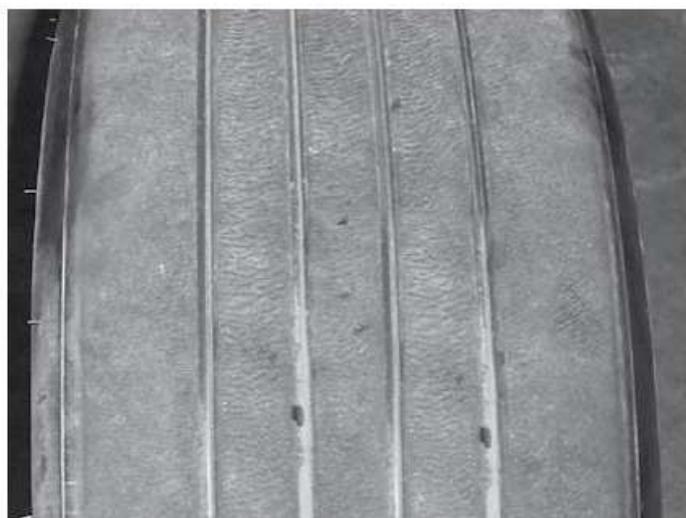
Fonte: Dunlop Aircraft Tyres Limited, 2018

### 2.2.3 Remoção para Recauchutagem

A Recauchutagem é uma expressão geral em que o significado é o acondicionamento de um pneu pela restauração da banda de rodagem ou restauração de uma ou ambas as laterais.

Para se ter uma ideia do uso extremo ao qual é submetido um pneu de avião, imagine que um Boeing 737NG, por exemplo, utiliza seis pneus, com vida útil de cerca de 200 pousos. Em aeronaves que fazem percursos curtos, há uma média de 12 pousos diários, logo, os pneus são trocados a cada 16 dias! A vida curta dos pneus de avião se dá porque, apesar da baixa quilometragem, eles sofrem um forte desgaste. Todo o processo de reforma de pneus aeronáuticos é certificado por regulamentos internacionais e pela ANAC. A prática é adotada em todos os países do mundo, reduz custos e ajuda a diminuir a quantidade de lixo no meio ambiente. (Revista Pnews, 2019, p. 14).

#### Fotografia 12–Desgaste da banda de rodagem por derrapagem



Fonte: Aircraft Tire Care & Maintenance, 2017

A recauchutagem e reparo de pneus de aeronaves têm sido praticados durante muitos anos, fazendo com que os operadores das aeronaves economizem consideráveis somas em dinheiro. Os pneus que foram descartados são acondicionados com segurança (repetidas vezes) para continuar em serviço.

### 2.2.4 Reparos de Pneus

Muitos pneus e câmaras de ar de aeronaves, que tiveram danos durante o serviço podem ser reparados satisfatoriamente. Da mesma forma, os pneus de aeronaves muito usados em serviços, ou deformados e removidos prematuramente, podem ser recauchutados, de modo

que uma nova banda de rodagem dê uma condição de serviço semelhante à banda de rodagem original. Porém, existem pneus que com alguns poucos cortes na rodagem, tornam o seu reparo antieconômico.

Fotografia 4 – Pneu destruído por aplicação inadequada de freio



Fonte: SERIPA II (2012)

### 2.3 INSPEÇÃO DO PNEU DESMONTADO

Segundo o MCA 58-13 (BRASIL, 2004), uma determinada lista pode ser implantada com os procedimentos para inspeções regulares dos pneus e câmaras, após certo número de horas ou pousos, e para que cada pneu e câmara sejam retirados da roda para inspeção. Entretanto, se uma aeronave tiver feito um pouso brusco, o pneu e a câmara devem ser desmontados e inspecionados, para determinar se existe algum dano oculto. A roda também deve ser inspecionada na mesma ocasião.

#### 2.3.1 Condições das Laterais

Ainda segundo o MCA 58-13 (BRASIL, 2004), inspecionam-se ambas as laterais do pneu quanto à evidência de desgaste por tempo ou ressecamento da borracha provocado pelo gás ozônio presente na atmosfera, rachaduras radiais, cortes e protuberâncias. Nestes casos, deve-se descartar qualquer pneu com cortes radiais e também pneus com desgaste por tempo, ozônio ou rachadura, o que estende-se aos cordonéis. O desgaste por tempo é uma condição normal afetando todos os pneus e, antes dos cordonéis serem expostos, não há dano

à disponibilidade e a segurança. Pneus com cortes ou protuberâncias nas laterais e danificados no exterior da lona devem ser descartados.

Fotografia 14 – Corte na lateral do pneu

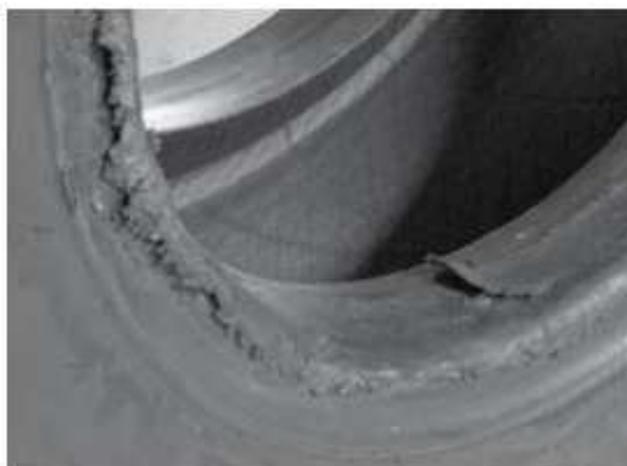


Fonte: Aircraft Tire Care & Maintenance, 2017

### 2.3.2 Dano no Talão

Inspeciona-se o talão interior e a área sobre o calcanhar do talão do lado de fora do pneu, quanto a esfolamento da roda ou danos por ferramentas de pneu. Se existe bolha ou separação da borda externa do pneu que fica em contato direto com a roda chamada de anti-fricção, verifica-se a necessidade de reparo ou troca desta anti-fricção. Se os cordoneis da primeira lona sob o anti-fricção estiverem danificados, o pneu deverá ser descartado. (MCA 58-13, BRASIL, 2004).

Fotografia 15 – Área do talão danificada por aquecimento de freio



Fonte: Aircraft Tire Care & Maintenance, 2017

### 2.3.3 Saliências - Cordonéis Quebrados

Removem-se os pneus que mostram sinais de saliências na banda de rodagem ou laterais. Isto pode ser resultado de uma fenda nos cordonéis, ou pode indicar separação da banda de rodagem ou de camadas; as saliências devem ser sempre marcadas com giz, antes de esvaziar o pneu. De outra forma, pode ser muito difícil, se não impossível, localizar a área após o pneu estar vazio. (MCA 58-13, 2004, p. 9-41).

Inspecionam-se os pneus cujas saliências foram marcadas quando montados e inflados. Se nenhuma ruptura for encontrada no interior do pneu, sonda-se com um furador para ver se existe separação. Se a separação for encontrada, o pneu deve ser descartado, a menos que haja somente uma pequena separação localizada entre a rodagem ou a borracha das laterais e o corpo de cordonéis. Neste caso, um pequeno reparo ou uma recauchutagem pode ser satisfatório. Se for encontrado um pneu com cordonéis soltos, desgastados ou rachados no interior, deverá ser descartado.

Fotografia 11 – Separação da banda de rodagem



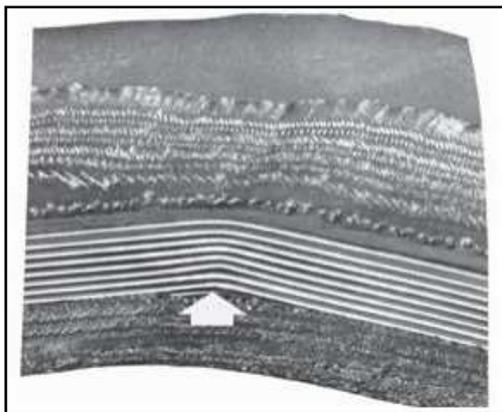
Fonte: Aircraft Tire Care & Maintenance, 2017

### 2.3.4 Pneus sem câmaras - Área do talão

Um pneu sem câmara é adequadamente mais apertado na roda do que um pneu com câmara, para reter apropriadamente a pressão do ar, portanto, a face do talão (a superfície plana entre a unha e o calcanhar do talão) não pode estar danificada para não causar um vazamento do pneu.

A superfície principal de selagem de um pneu sem câmara é esta área. Ela é examinada cuidadosamente quanto a evidências de danos por ferramentas de pneus e falta de aderência, enquanto em serviço, ou danos que permitirão ao ar escapar do interior do pneu. Cordonéis desencapados na face do talão, normalmente não causarão problema.

Fotografia 16 – Dano no talão causado por ferramenta



Fonte: Aircraft Tire Care & Maintenance, 2017

### 2.3.5 Fusível Térmico

Algumas rodas de aeronaves dispõem de um dispositivo que se destina a detectar temperaturas elevadas, e baixar a pressão de ar para evitar que o pneu estoure ou agarre na roda. O ar deve sair devido ao derretimento de um dos sensores deste dispositivo, e é recomendado que o pneu envolvido seja descartado. Entretanto, um esforço deve ser feito para determinar se o sensor derreteu a uma temperatura mais baixa do que a prevista, ou se o ar pode ter saído ao redor do sensor, devido a uma instalação imprópria.

Se um pneu foi sujeito a uma alta temperatura, o bastante para derreter um dos sensores, deve ser cuidadosamente inspecionado quanto às evidências de reversão da cobertura de borracha ao redor da área de contato com o aro.

Fotografia 17 – Pneus esvaziados através de sensores de temperatura



Fonte: [www.g1.globo](http://www.g1.globo), 2018

### 2.3.6 Inspeção da Câmara

A este propósito “em pneus com câmara, falhas na câmara de ar podem facilmente causar danos irreparáveis ao pneu onde está montada, bem como à roda da aeronave ou a ela mesma.” (MCA 58-13, 2004, p. 9-44).

É muito importante que as câmaras de ar tenham o tamanho adequado e estejam equipadas com as válvulas corretas, se a câmara for muito grande para ser submergida no tanque de água disponível, água é vaporizada sobre a superfície, e a câmara é inspecionada quanto à formação de bolhas.

As câmaras com muitas rugas devem ser retiradas de serviço e descartadas. Estas rugas são evidências de montagem imprópria dentro do pneu, e sempre que ocorrer um enrugamento, poderá surgir um aquecimento por fricção, podendo ocorrer um estouro.

Também inspeciona-se as câmaras quanto ao afinamento do tecido devido ao aquecimento do tambor durante as frenagens na área onde elas tem contato com a roda e a unha do talão.

Fotografia 18 – Câmara para pneu



Fonte: [www.chiefaircraft.com](http://www.chiefaircraft.com), 2018

## 2.4 MONTAGEM, DESMONTAGEM E ESTOCAGEM

Conforme o MCA 58-13 (BRASIL, 2004), antes de montar qualquer pneu, a roda é examinada cuidadosamente para detectar a existência de rachaduras, trincas, ou qualquer parte danificada que possa colocar em risco a segurança das pessoas e da aeronave.

Fotografia 19 – Roda de aeronave com rachadura



Fonte: [www.cessnaowner.com](http://www.cessnaowner.com), 2015

Ainda conforme o MCA 58-13 (BRASIL, 2004), naturalmente, o pneu e a câmara de ar deverão ser cuidadosamente inspecionados, uma checagem rápida deverá ser feita sempre, para que nenhum material estranho fique dentro do pneu ou preso dentro da câmara de ar.

Fotografia 20 – Pneu e câmara de ar



Fonte: [www.infinityaerospace.com](http://www.infinityaerospace.com), 2019

A parte interna do pneu, e toda a parte externa da câmara de ar, são pulverizados com talco para pneus, antes da câmara de ar ser instalada. Isto evita que a câmara cole na parte interna do pneu ou na sua borda. A pulverização de talco também auxilia a câmara de ar a assumir a sua forma normal dentro do pneu durante a inflação e removendo a possibilidade de enrugamento ou adelgaçamento. (MCA 58-13, 2004).

Fotografia21 – Talco para pneus



Fonte: Manual FAA, Airframe, 2012

#### 2.4.1 Balanceamento

Observando-se o disposto na publicação técnica, “o não balanceamento dos pneus pode causar fortes vibrações, as quais podem afetar a operação da aeronave. Na verdade, pilotos têm reportado, algumas vezes, que alguns instrumentos passam informações não confiáveis, por causa da vibração”. (MCA 58-13, 2004, p. 9-47).

As marcas de balanceamento aparecem nas câmaras de ar das aeronaves para indicar a posição adequada. Quando a câmara é introduzida no pneu, a marca de balanceamento da câmara deverá estar coincidindo com a marca de balanceamento do pneu.

Fotografia 22 - Balanceamento de pneu e roda de aeronave



Fonte: Manual FAA, Airframe, 2012

#### 2.4.2 Precauções na Inflação

Após o pneu e a câmara de ar estarem montados na roda, o conjunto deverá ser colocado em uma gaiola de segurança para a calibração.

Para ajustar as bordas do pneu corretamente na roda, primeiramente o pneu deve ser inflado até a pressão recomendada, para o particular tipo de pneu e para a aeronave na qual ele será montado. Então, o pneu deverá ser completamente esvaziado e finalmente reinflado para a pressão correta.

Segundo Sérgio Novato, diretor de manutenção da empresa aérea TAM (2014), as câmaras de ar dentro dos novos pneus, recém instalados em rodas que já passaram por manutenção, são infladas dentro de uma gaiola metálica para prevenir possíveis acidentes e explosões causadas pela alta pressão a que elas são submetidas.

Fotografia 23 – Gaiola metálica para inflar pneus



Fonte: [www.exame.abril](http://www.exame.abril), 2014

### 2.4.3 Estocagem de Pneus e Câmaras de Ar

Pneus e câmaras devem ser bem cuidados, tanto em uso, quanto armazenados. A localização ideal é um ambiente frio, seco e razoavelmente escuro ou pelo menos livre da iluminação direta do sol. Deve ser dada às janelas uma cobertura de tinta azul ou cobertura com plástico preto para prevenir a difusão de luz durante o dia. O plástico preto é preferido porque mantém a temperatura baixa na sala durante os meses quentes, e permite que os pneus sejam estocados com as janelas fechadas, livre de correntes de ar e de sujeira. Enquanto baixas temperaturas (não abaixo de 0°C, ou 32°F) não são prejudiciais, altas temperaturas (23°C, ou 80°F) são danosas e deverão ser evitadas, pois a borracha natural sofre com corrosão fotoquímica, especialmente por raio ultravioleta, que dá um aspecto "ressecado" para o pneu e compromete sua durabilidade, que normalmente é limitada a no máximo 5 anos, em uso ou não. Outro poderoso agente corrosivo de pneus é o gás ozônio, presente em atmosferas poluídas e em locais onde estão instalados equipamentos elétricos de alta tensão. O uso de lâmpadas fluorescentes em locais de armazenamento de pneus deve ser evitado, pois sempre emitem radiação ultravioleta.

Em aeronaves armazenadas, alguns cuidados devem ser tomados: proteger os pneus com capas metalizadas e movimentar o avião frequentemente para evitar o "achatamento" da banda de rodagem. Qualquer tipo de contaminação por combustível, óleo lubrificante e fluido hidráulico deve ser imediatamente removido com sabão neutro (sabão de coco ou, eventualmente, detergente doméstico de cozinha).

Fotografia 24 – Pneus protegidos contra corrosão fotoquímica



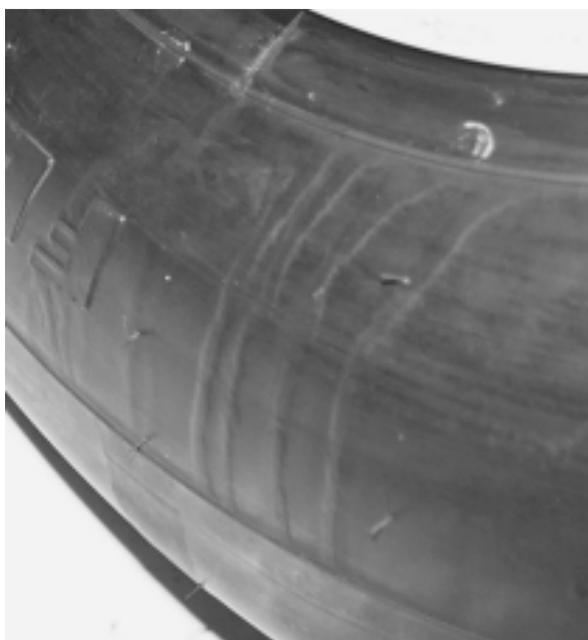
Fonte: Manual FAA, Airframe, 2012

#### 2.4.4 Perigos dos Combustíveis e Solventes

Deve ser tomado cuidado com pneus para não terem contato com óleo, gasolina, querosene, fluídos hidráulicos ou outro tipo de solvente de borracha que, antes de tudo, são inimigos naturais e causam a desintegração rapidamente.

Um especial cuidado está em não colocar os pneus em pisos que estejam sujos de óleo e/ou graxa. Quando trabalhando em motores ou trem de pouso, os pneus devem ser cobertos para que não pingue óleo sobre eles.

Fotografia 25 – Pneu sujo com contaminante líquido



Fonte: Aircraft Tire Care & Maintenance, 2017

#### 2.4.5 Suportes Sugeridos para Pneu

Sempre que possível, os pneus devem ser estocados em suportes regulares, que os mantenham na vertical. A superfície do suporte contra qual o peso do pneu incida, deve ser plana, se possível com 3 a 4 polegadas de largura, de modo que não sejam causados defeitos permanentes.

Fotografia 26 – Suporte para armazenagem de pneus



Fonte: [www.navybmr](http://www.navybmr), 2004

#### 2.4.6 Estocagem de Segurança de Câmaras

Câmaras devem ser sempre estocadas em suas embalagens originais, caixas grandes ou prateleiras, sem serem embrulhas. Podem ser estocadas dentro do pneu, inflando-as levemente até que tomem o formato dos mesmos, está claro que devem ser feitas medições temporárias. Entretanto, antes do uso de tal conjunto, a câmara deve ser removida e o interior do pneu cuidadosamente inspecionado, já que frequentemente materiais estranhos se alojam entre os dois e, se não forem removidos, podem causar danos irreparáveis a ambos, pneu e câmara.

Em hipótese nenhuma as câmaras devem ser penduradas em pregos ou pregadores, ou sobre qualquer objeto que possa deformá-las, uma vez que uma eventual deformação pode causar rachaduras no corpo delas.

### 3 ANÁLISE DO PERIGO DO FOD PARA OS PNEUS DE AERONAVES

Além dos cuidados necessários que se deve ter com as aeronaves, do ponto de vista da tripulação e manutenção, há necessidade também de se cuidar dos ambientes operacionais, principalmente dos pátios e pistas de pousos e decolagens, pois um simples objeto estranho, *Foreign Object Damage* (FOD), pode causar uma grande tragédia.

De acordo com a Petrobrás (2017), objetos como copos plásticos, parafusos, bonés, papéis, crachás, plugs podem causar sérios danos às aeronaves. Como na grande maioria dos processos causais de incidentes ou acidentes aeronáuticos, o problema FOD se caracteriza pelo grande paradoxo entre a simplicidade do fator causador e o gigantismo de suas consequências.

Dessa forma, se um pequeno parafuso, de baixo valor comercial, esquecido na entrada de ar do motor, for sugado pela turbina em funcionamento, poderá destruir o grupo motopropulsor, cujo valor excede centenas de milhares de dólares. Essa condição desencadeia uma sequência de eventos, podendo dar origem a um acidente aeronáutico com a destruição da aeronave e a morte de seus ocupantes.

Felizmente, são raros os acidentes associados a problemas de FOD, porque, geralmente, o problema pode ser percebido na operação ou inspeção da aeronave antes que uma falha catastrófica do sistema atingido venha a ocorrer.

Mas nem por isso o assunto deve ser menosprezado. Embora com baixo índice na estatística de acidentes, o fator F.O.D. aparece com números bem expressivos na categoria dos incidentes. Um grande número de incidentes pode significar duas coisas: a primeira, que é a nossa preocupação maior, é o aumento da probabilidade de virmos a ter um acidente ao invés de um mero incidente; e a segunda, mas não menos importante, a certeza de custos de manutenção elevadíssimos. No Brasil, diversos fatores propiciam a ocorrência de F.O.D. tais como operação em pistas não preparadas, voo em regiões de alta salinidade, ou grande incidência de pássaros nas áreas de tráfego, onde uma doutrina para a sua prevenção se torna mais importante a ser realizada pelos operadores, INFRAERO, entre outros. A atividade de prevenção de F.O.D. pode resultar não somente numa significativa redução de custos, mas, antes de tudo, no decréscimo da possibilidade de ocorrência de acidentes aeronáuticos. (BRASIL, 2014, p.2).

Fotografia 27 – Exemplo de pneu danificado por FOD



Fonte: [www.comancheflyer-eur](http://www.comancheflyer-eur), 2018

Consoante o MCA 3-3 (BRASIL, 2012), a prevenção de acidentes, por sua natureza, não produz os efeitos desejados senão sob a forma de mobilização geral. Para alcançar seus objetivos, todos, sem distinção têm que se integrar no esforço global, com a consciência de que segurança deve ser algo inerente a tudo que se faz, deve ser integrante de todas as tarefas desenvolvidas em aviação.

A falha de um pneu em alta velocidade pode implicar um evento violento e explosivo. Partes de um pneu podem ser lançadas contra as asas ou a fuselagem de uma aeronave com força suficiente para ultrapassar a resistência das estruturas e causar danos graves, em razão das forças e da velocidade envolvidas nesse tipo de evento, um pneu pode ser esfacelado em muitos pedaços levando a uma condição de irreversibilidade para o controle da aeronave. (BRASIL, 2017, p. 137).

Um exemplo disso foi o acidente envolvendo o Concorde da Air France em 25 de julho de 2000 na França.

Fotografia 28 – Acidente com o concorde em 2000, França.



Fonte: MCA 3-6, p. 138, 2015

O Concorde que partiu do aeroporto Charles de Gaulle, em Paris, com destino a Nova York, nos Estados Unidos, faria uma viagem com duração de três horas e meia. Durante a corrida de decolagem, o Concorde passou sobre um pedaço de metal, causando um estouro de um dos pneus. Pedacos do pneu perfuraram o tanque de combustível logo a frente dos motores, causando uma sequência de eventos catastróficos, fazendo com que a aeronave colidisse com o solo matando 113 pessoas.

Como explanado pelo MCA 3-6 (BRASIL, 2017), apesar de ter havido uma colisão com um FOD que se encontrava na pista, o dano causado a um dos pneus levou a aeronave a uma condição de não controlabilidade parcial para total.

Fotografia 29 – Concorde em chamas



Fonte: Toshihiko Sato/AP, 2015

## 4 CONCLUSÃO

Após a descoberta da elasticidade da borracha no frio e no calor por Charles Goodyear, por volta de 1830, o desenvolvimento do pneu pneumático tornou-se possível de fato, pois além de Goodyear, inventores como Robert Thompson, John Boyd Dunlop, os irmãos Édouard e André Michelin, dentre outros, dedicaram suas vidas no aperfeiçoamento deste componente muito utilizado até os dias de hoje.

A pesquisa teve como objetivo compreender a necessidade de se realizar periódicas inspeções e manutenções em pneus aeronáuticos, pois trata-se de um item pouco lembrado, mas de grande importância para o voo seguro.

Sendo assim, além de identificar as partes básicas da construção de um pneu aeronáutico, ao longo deste trabalho, foram descritas as manutenções que consistem de diversos processos como, a verificação de pressão e os problemas de baixa inflação e quando remover para recauchutagem, pois, como sabe-se, o bom estado das rodas e pneus significa segurança para a aviação, e os devidos cuidados são ignorados, como, por exemplo, se manter um determinado pneu desgastado ainda em operação na aeronave, isso poderá ter como consequência, um acidente com perda de vidas humanas e bens materiais.

Foram também descritas as inspeções, as quais consistem de diversos processos, que vão desde observações feitas pela tripulação ou inspetor, até inspeções regularmente programadas, bem como a importância de se examinar a roda, pneu e câmara durante a montagem e desmontagem, a influência do ambiente e a forma adequada de estocagem destes componentes.

Por fim, foi analisada a prevenção contra FOD, e as consequências catastróficas que estes simples objetos deixados, esquecidos ou até mesmo caídos próximos às áreas de operações de aeronaves podem causar, como foi o caso do acidente com o concorde descrito no trabalho.

Com o intuito de conscientização, com métodos básicos de preservação, o objetivo geral deste trabalho foi atingido, pois, o pneu aeronáutico é necessário à aviação e deve ser dada atenção especial a este item, através de inspeções e manutenções, sejam elas preventivas ou corretivas, em prol da atividade aérea segura.

## REFERÊNCIAS

- AUTOMOTIVE HALL OF FAME. **John Dunlop**. 2019. Disponível em: <<https://www.automotivehalloffame.org/honoree/john-dunlop/>> Acesso em: 08 fev. 2019.
- AVIATION MAINTENANCE TECHNICIAN HANDBOOK - AIRFRAME, VOLUME 2. 2012. Disponível em: <[https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/)> Acesso em 12 fev.2019.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Guia do Operador Aeroagrícola**. 2015. Disponível em: <<http://sindag.org.br/wp-content/uploads/2017/02/Manual-do-Operador-Aeroagr%C3%ADcola.pdf>> Acesso em: 07 mai. 2019.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Manual de manutenção de aeronaves Grupo Célula Cap. 09 Sistemas de Trem de pouso**. 2004. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/208280033/Apostila-Celula-MMA>> Acesso em: 12 fev. 2019.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Manual de manutenção de aeronaves Grupo Célula Cap. 10 Princípios da inspeção**. 2004. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/208280033/Apostila-Celula-MMA>> Acesso em: 12 fev. 2019.
- BRASIL. FIESP. **A história do pneu**. 2019. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/sinpec/sobre-o-sinpec/historia-do-pneu/>> Acesso em: 14 fev. 2019.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Manual do Comando da Aeronáutica 3-3 - Manual de Investigação SIPAER, p. 15**. 2012. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/mca-manual-do-comando-da-aeronautica>> Acesso em: 14 fev. 2019.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Manual do Comando da Aeronáutica 3-6 - Manual de Investigação SIPAER, p. 137**. 2017. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/mca-manual-do-comando-da-aeronautica>> Acesso em: 14 fev. 2019.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Primeiro Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Informe SERIPA I – Periódico de Prevenção**, 2014. Disponível em: <<http://catuleve.com.br/wp-content/uploads/2014/11/INFORME-SERIPA-I-F.O.D..pdf>> Acesso em: 15 fev. 2019.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Segundo Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Boletim Informativo de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos da Região Nordeste**. 2012. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/seripa2/images/previne/Previne-n-06---Pneus-de-avies---vitais-mas-quase-esquecidos.pdf>> Acesso em: 15 fev. 2019.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Segundo Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Boletim Informativo de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos da Região Nordeste**. 2015. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/seripa2/images/previne/PREVINE-21-FINAL.pdf>> Acesso em: 18 fev. 2019.

BRASIL. INMETRO. **Pneus Novos e Reformados**. 2012. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/imprensa/releases/pneusRefor.asp>> Acesso em: 18 fev. 2019.

BRASIL. PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. – PETROBRAS. **Programa de Prevenção a Acidentes Aeronáuticos, p. 10-19**. 2017. Disponível em: <[http://www.consultaesic.cgu.gov.br/busca/dados/Lists/Pedido/Attachments/645422/RESPOSTA\\_PEDIDO\\_20110609%20-%20BHS%20-%20Contrato%202050.0071088.11.2%20-%20Aditivo%2003.pdf](http://www.consultaesic.cgu.gov.br/busca/dados/Lists/Pedido/Attachments/645422/RESPOSTA_PEDIDO_20110609%20-%20BHS%20-%20Contrato%202050.0071088.11.2%20-%20Aditivo%2003.pdf)> Acesso em: 18 fev. 2019.

CESSNA OWNER ORGANIZATION. **What's Shakin'?**. 2015. Disponível em: <<http://cessnaowner.org/whats-shakin/>> Acesso em: 20 fev. 2019.

CHIEF AIRCRAFT. **Michelin 650-10 Inner Tube**. 2018. Disponível em: <<http://www.chiefaircraft.com/mt-650-10.html>> Acesso em: 18 fev. 2019.

CIMM. **A história da borracha**. 2010. Disponível em: <[https://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir\\_noticia/7436-a-historia-da-borracha](https://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/7436-a-historia-da-borracha)> Acesso em: 08 fev. 2019.

COMANCHE FLYER. **Aircraft Tyres – Construction and Maintenance**. 2018. Disponível em: <<http://www.comancheflyer-eur.com/public/Tyres.pdf>> Acesso em: 15 abr. 2019.

CORREIO BRAZILIENSE. **Relembre tragédia com o Concorde, último grande acidente em solo francês**. 2015. Disponível em: <[https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/mundo/2015/03/24/interna\\_mundo,476729/relembre-tragedia-com-o-concorde-ultimo-grande-acidente-em-solo-franc.shtml](https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/mundo/2015/03/24/interna_mundo,476729/relembre-tragedia-com-o-concorde-ultimo-grande-acidente-em-solo-franc.shtml)> Acesso em: 18 fev. 2019.

DUNLOP AIRCRAFT TYRES LIMITED. **General Practices Manual For Aircraft tyres and tubes**. 2018. Disponível em: <<https://skybrary.aero/bookshelf/books/369.pdf>> Acesso em: 08 fev. 2019.

EXAME.COM. **Por dentro da oficina de aviões da TAM em São Paulo**. 2014. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/negocios/por-dentro-da-oficina-e-da-sede-da-tam-em-sao-paulo/>> Acesso em: 18 fev. 2019.

FIND A GRAVE. **John Boyd Dunlop**. 2019. Disponível em: <<https://www.findagrave.com/memorial/14739352/john-boyd-dunlop>> Acesso em: 08 fev. 2019.

GOODYEAR. **Aircraft Tire Care & Maintenance**. 2017. Disponível em:  
<[https://www.goodyearaviation.com/resources/pdf/aviation\\_tire\\_care\\_3\\_2017.pdf](https://www.goodyearaviation.com/resources/pdf/aviation_tire_care_3_2017.pdf)> Acesso em: 08 fev. 2019.

\_\_\_\_\_. **The Charles Goodyear History**. 2019. Disponível em:  
<<https://corporate.goodyear.com/en-US/about/history/charles-goodyear-story.html>> Acesso em: 08 fev. 2019.

\_\_\_\_\_. **Fábricas Goodyear**. Disponível em:  
<<http://gy.digihosting.com.br/institucional/fabrica-goodyear/>> Acesso em: 08 fev. 2019.

G1. **CENIPA investiga causas do pouso de emergência de Boeing 777 no aeroporto de Confins**. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2018/12/21/cenipa-investiga-causas-do-pouso-de-emergencia-de-boeing-777-no-aeroporto-de-confins.ghtml>> Acesso em 18 fev. 2019.

INFINITY AEROSPACE. **Michelin Aircraft Tires & Their Leak Proof Tubes**. 2019. Disponível em: <<http://infinityaerospace.com/product/other/michelin/>> Acesso em: 20 fev. 2019.

MICHELIN AIRCRAFT TIRE. **Care & service manual**. 2016. Disponível em:  
<[https://aircraft.michelin.com/wp-content/uploads/sites/15/2018/01/2016\\_CSM\\_Print.pdf](https://aircraft.michelin.com/wp-content/uploads/sites/15/2018/01/2016_CSM_Print.pdf)> Acesso em: 07 fev. 2019.

\_\_\_\_\_. **Linha do Tempo 1914/1918**. Disponível em:  
<[https://corporativo.michelin.com.br/sobre\\_nos/timeline/](https://corporativo.michelin.com.br/sobre_nos/timeline/)> Acesso em: 07 fev. 2019.

\_\_\_\_\_. **Care & service manual**. Disponível em:  
<<http://www.smartcockpit.com/docs/michelin-care-and-service-manual.pdf>> Acesso em: 07 fev. 2019.

MANUTENÇÃO E SUPRIMENTOS. **Invenção da Borracha Vulcanizada**. 2018. Disponível em: <<https://www.manutencaoесuprimentos.com.br/invencao-da-borracha-vulcanizada/>> Acesso em: 25 abr. 2019.

MÖDERLER Catrin. 1845. **Patenteado a roda pneumática**. Disponível em:  
<<https://www.dw.com/pt-br/1845-patenteada-a-roda-pneum%C3%AItica-que-revolucionaria-os-transportes/a-686295>> Acesso em: 18 fev. 2019.

PORTAL FATOR BRASIL. **Goodyear Aviação celebra centésimo aniversário**. 2009. Disponível em: <<http://www.revistafatorbrasil.com.br/imprimir.php?not=76718>> Acesso em: 12 fev. 2019.

REVISTA PNEWS. **Energias verdes e renováveis**. 105 ed. 2019. Disponível em:  
<<http://abr.org.br/wp-content/uploads/2019/01/Pnews105.pdf>> Acesso em: 06 abr. 2019.

REVISTA PNEUS E CIA. **A história do pneu no Brasil**. 14 ed. 2010. Disponível em:  
<[http://sindipneus.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2013/04/revista\\_14.pdf](http://sindipneus.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2013/04/revista_14.pdf)> Acesso em  
29 abr. 2019.

REVISTA O MECÂNICO. **Escola de restauração**. 2017. Disponível em:  
<<https://www.omecanico.com.br/escola-da-restauracao-pneu-vira-e-mexe-esta-mudando/>> Acesso em 06 mai. 2019.

TIRE STORAGE. **Aircraft wheels, tires, and tubes**. 2004. Disponível em:  
<[http://navybmr.com/study%20material/14315a/14315A\\_ch7.pdf](http://navybmr.com/study%20material/14315a/14315A_ch7.pdf)> Acesso em 22 mai.2019.