

EASA planejando adotar novas regras (em regulamentação) pertinentes à pressão (calibragem) mínima de pneus de aviões de grande porte e ajustar regra atual exigindo compartimentos de bagagem separados para atender aos padrões de prevenção de incêndio para compartimentos de carga da Classe D em determinados aeronaves, incluindo jatos executivos, conforme tipo de utilização, em 20.02.22

A autoridade de segurança na aviação europeia EASA planeja adotar novas regras em regulamentação pertinentes a pressão (calibragem) mínima de pneus de aviões de grande porte e à capacidade de compartimentos de carga – de conversão de compartimentos Classe D, isentar os operadores de determinados aviões de grande porte em serviço utilizados para operações comerciais, conforme parecer (Opinião, ou nota de entendimento) expressando esta intenção

Parecer - *Opinion* nº 01/2022, de 07/02/2022:

<https://www.easa.europa.eu/downloads/135895/en>

Considerando os comentários públicos de apresentados quando da proposição das novas regras para Consulta Pública, entre 2020 e 2021, as novas regras serão adotadas essencialmente como propostas e entrarão em vigor ainda neste ano, informa o parecer.

Novas regras (em regulamentação) pertinentes à pressão (calibragem) mínima de pneus de aviões de grande porte

No caso das novas regras em regulamentação pertinentes à pressão (calibragem) mínima de pneus de aviões de grande porte, a NPA 2020-05 – de “*Tyre pressure monitoring*”/monitoramento de pressão de pneus” – recebeu 104 comentários de todas as partes interessadas, incluindo a indústria e as autoridades nacionais competentes.

As regras de aeronavegabilidade de certificação de aviões de grande porte (PART CS-25) serão alteradas para fornecer um meio de garantir que nenhum pneu fique abaixo de sua pressão de enchimento (calibragem) mínima útil durante a operação. Isso pode ser alcançado exigindo que os operadores realizem verificações de pressão dos pneus em determinados intervalos de tempo ou instalando um sistema de monitoramento de pressão dos pneus que alerta a tripulação de voo sobre uma pressão insegura dos pneus. Com relação ao monitoramento da pressão dos pneus de grandes aviões, a nova regra visa diminuir o risco de falhas perigosas ou catastróficas dos pneus causadas por pressão inadequada dos pneus

O parecer da EASA também inclui regulamentos que se somam à lista de estruturas de aeronaves comerciais que estão isentas das regras atuais que exigem compartimentos de bagagem separados para atender aos padrões de prevenção de incêndio para compartimentos de carga da Classe D. Isso inclui as séries dos jatos executivos Gulfstream G100 e G200, Cessna *Citation* série 500/550/S550/560/560XL e *Citation* 750, e a série Hawker. Cerca de 300 aeronaves certificadas pela EASA serão isentas.

O parecer da EASA justifica e apresenta as alterações.

Na questão de monitoramento da pressão dos pneus, a EASA sustenta que a pressão (calibragem) incorreta dos pneus e, em particular, a pressão insuficiente (baixa calibragem) dos pneus, é um fator que contribui para acidentes ou incidentes relacionados a falhas de rodas e pneus de grandes aviões. Esses tipos de ocorrências continuaram a surgir, apesar das várias ações tomadas pela indústria e reguladores nos últimos 40 anos. Essas várias ações incluem melhorias nas práticas de manutenção de pneus, inúmeras comunicações sobre boas práticas para verificações de pressão de pneus e melhorias na robustez de pneus e rodas; ações também foram tomadas para mitigar a gravidade das ocorrências, ou seja, a melhoria da proteção de grandes aeronaves contra os efeitos de falhas de pneus. No entanto, a revisão das ocorrências

reportadas indica que é necessária uma redução adicional do risco representado por falha de pneu.

O objetivo da alteração regulatória é a redução dos riscos de falhas perigosas ou catastróficas dos pneus de grandes aviões que são causadas por pressão inadequada dos pneus. Isso deve ser alcançado por meio de melhorias que garantam que a pressão de enchimento dos pneus permaneça dentro dos níveis seguros definidos pelo fabricante da aeronave.

Para nova regra, propõe-se alterar o Regulamento (UE) 2015/640 (e em particular o seu Anexo I (PART-26) para exigir que os operadores de aviões de grande porte minimizem o risco de um pneu estar abaixo da sua pressão (calibragem) mínima útil durante a operação. Os meios aceitáveis para cumprir este requisito serão fornecidos em uma emenda do regulamento CS-26 – de “*Additional airworthiness specifications for operations*”/Especificações de aeronavegabilidade adicionais para operações. A flexibilidade será fornecida aos operadores que possam optar por incluir uma tarefa no programa de manutenção do avião (AMP - *Aeroplane Maintenance Programme*) para realizar verificações de pressão (calibragem) dos pneus em um intervalo de tempo adequado e/ou instalar um sistema que monitore a pressão dos pneus. Uma especificação semelhante e meios aceitáveis de conformidade também foram introduzidos no regulamento CS-25, na Emenda 26, para tratar da certificação de novos projetos de aeronaves de grande porte.

A resposta e receptividade à proposição de nova regra – a EASA avalia que, no geral, a proposta foi bem recebida pela maioria dos participantes de comentários à Consulta Pública, com apresentação de várias sugestões que permitiram melhorar as alterações propostas aos itens de regulamento PART-26 e CS-26.

No entanto, alguns comentários encaminhados sugeriram contar com o processo MRB (*Maintenance Review Board* – Conselho revisão de manutenção) para resolver o problema. A EASA deseja lembrar que processo MRB é um meio opcional e que alguns aviões de grande porte foram certificados sem usar esse processo. Além disso, a EASA não pode impor medidas em tarefas relacionadas com a pressão dos pneus se os outros usuários de processo MRB não concordarem. A EASA também está ciente de que processos MRB recentes de modelos de avião não-europeus decidiram por intervalos de verificação da pressão dos pneus que estão além do que a EASA considera razoavelmente seguro. Portanto, a EASA não deseja contar com processo MRB para resolver esse problema.

Vários comentários também destacaram que o novo ponto 26.201 proposto do Anexo I (PART-26) era muito prescritivo e que deveria permitir maior flexibilidade aos operadores quanto aos meios possíveis para atingir o objetivo pretendido, ou seja, minimizar o risco de operar um avião com pressão inadequada dos pneus. A EASA alterou a proposta para atender a essas expectativas: o objetivo é fornecido no ponto 26.201 do Anexo I (PART-26), enquanto uma nova especificação CS 26.201 prevê opções que podem ser usadas para demonstrar conformidade.

Alguns comentários encaminhados pediram para a aceitação também dos sistemas de indicação da pressão dos pneus no solo, juntamente com os procedimentos operacionais, como um meio potencial para atingir o objetivo intencionado da alteração, uma vez que esta alternativa não foi oferecida no ponto 26.201 proposto do Anexo I (PART-26). Tais sistemas são agora mencionados nas opções que seriam fornecidas pela nova especificação CS 26.201.

Por fim, alguns comentários explicaram que a opção de verificação diária prevista na proposta CS 26.201 pode criar preocupações para os operadores que não operam diariamente (por exemplo, operações de aviões executivos). A EASA lembra que a proposta CS 26.201 oferece a possibilidade de fundamentar um intervalo diferente. Entretanto, o intervalo de verificação de pressão recomendado só deve ser estabelecido para garantir a condição de aeronavegabilidade dos pneus. Se um avião voa regularmente ou não, é um fator operacional. Se o avião não voar regularmente, o operador deve decidir fazer a manutenção dos pneus regularmente (para

garantir que a pressão permaneça acima da pressão mínima de manutenção) ou tomar as medidas apropriadas para retornar os pneus à condição de aeronavegabilidade após o nível de pressão ter caído abaixo a pressão mínima útil.

Quanto a benefícios e desvantagens da proposta previstos, a EASA aponta que regra proposta assegura a pressão (calibragem) dos pneus ser verificada em intervalos de tempo adequados, minimizando assim o risco de operação de voo com uma pressão (calibragem) dos pneus insegura. Isso melhorará a segurança (reduzindo o número de falhas de pneus) sem nenhum impacto econômico significativo e sem impacto ambiental ou social. A EASA define a emenda proposta ao Anexo I (PART-26) como orientada a objetivos, flexível e não exigindo mudanças de projeto.

Quanto ao acompanhamento e avaliação da eficiência da nova regra, os efeitos criados pela regra (com alteração ao Anexo I/PART-26 e do CS-26) serão analisados, a longo prazo, em termos da direção da tendência dos números de acidentes e incidentes desencadeados por falhas de pneus, em particular as causadas por pressão insuficiente (baixa calibragem) dos pneus.

Isso poderá ser realizado quando os operadores de aviões de grande porte cumprirem os requisitos do Anexo I/PART-26 alterado e estes aparelhos tiverem sido operados por um tempo de voo suficiente, o que exigirá vários anos (pelo menos 5 anos para obtenção de dados estatísticas relevantes, para uma amostragem representativa).

Além disso, a alteração feita à aos regulamentos PART-26 e CS-26 poderá estar sujeita a avaliação provisória/contínua que mostrará o resultado obtido após a aplicação dos novos regulamentos, levando em consideração as previsões anteriores feitas na avaliação de impacto da NPA 2020-05. A avaliação poderá prover um julgamento baseado em evidências sobre até que ponto a proposta foi relevante (dadas as necessidades e seus objetivos), eficaz e eficiente, coerente e alcançou valor agregado para a EU (União Européia). A decisão sobre a necessidade de uma avaliação também deve ser tomada com base nos resultados deste monitoramento dos efeitos criados pela nova regra.

Na questão de conversão de compartimentos Classe D, a EASA sustenta que o Regulamento de Execução da Comissão (EU) 2020/1159 inseriu o ponto 26.157 – de Conversão de compartimentos de classe D - no anexo I (PART-26) do Regulamento (EU) 2015/640, que estabelece requisitos de aeronavegabilidade adicionais para a conversão de compartimentos de carga ou bagagem de classe D de aviões de grande porte, a fim de mitigar o risco de incêndio nesses compartimentos.

Todos os grandes aviões em serviço certificados pela EASA e operados no transporte aéreo comercial a partir de 26/08/2023 devem cumprir o ponto 26.157. No entanto, uma análise mais aprofundada mostra que, devido ao seu perfil de operações (principalmente operações comerciais), certos aviões de grande porte não são carregados com carga, mas com bagagem de passageiros e, portanto, estão menos sujeitos ao risco de incêndio em voo em seus compartimentos de classe D tornando-se um fogo incontrolável.

Embora o transporte de baterias de lítio nos compartimentos de carga ou bagagem tenha aumentado nos últimos anos, nas operações comerciais, os dispositivos eletrônicos de passageiros equipados com baterias de lítio são transportados principalmente pelos passageiros na cabine, o que reduz substancialmente o risco da não identificação e da falta de reação com antecedência suficiente para uma fuga térmica e o subsequente incêndio relacionado a essas baterias. Além disso, a configuração dos modelos de aviões identificados (o compartimento de bagagem é despressurizado durante voo) reduz a possibilidade de ocorrer um incêndio naquele compartimento (devido à falta de oxigênio).

O requisito atual também introduziu uma desarmonia com a aplicabilidade do regulamento equivalente da autoridade de aviação americana FAA sobre a conversão de compartimentos de carga ou bagagem de Classe D, uma vez que o requisito da FAA não se aplica a operações comerciais. Hoje, estima-se que a frota impactada seja de cerca de 300 aviões registrados na Europa.

O objetivo da alteração regulatória é [i] assegurar que o requisito introduzido com o ponto 26.157 para mitigar o risco de um incidente ou acidente grave causado por um incêndio que se inicia no compartimento da Classe D de um grande avião é proporcional e rentável, e [ii] aumentar a harmonização com o regulamento equivalente da FAA.

Para revisão de adequação de regra, propõe-se alterar o ponto 26.157 do Anexo I (PART-26) para indicar que o requisito (de conversão) não se aplica aos modelos de avião constantes da lista de modelos de avião que não estão sujeitos a determinadas disposições do Anexo I (PART-26), havendo exceções. Propõe-se a alteração do apêndice 1 – de “*List of aeroplane models not subject to certain provisions of Annex I (PART-26)*”/Lista de modelos de aviões não sujeitos a determinadas disposições do anexo I (PART-26) -, incluindo os modelos de aviões identificados que não estão sujeitos ao ponto 26.157 nomeadamente:

- Gulfstream G100 e G200,
- Cessna 500/550/S550/560/560XL,
- Cessna 750 (*Citation X*), e,
- Série Hawker.

Na sequência da publicação do Regulamento de Execução da Comissão (EU) 2020/1159 da Comissão, alguns operadores e fabricantes de aeronaves e a associações representantes destes manifestaram suas opiniões e preocupações sobre a aplicabilidade do ponto 26.157 aos operadores de todos os grandes aviões utilizados no transporte aéreo comercial. Na opinião deles, o requisito não era econômico para todos os grandes aviões, especialmente aqueles que realizam operações do transporte executivo. A EASA analisou ainda o impacto do ponto 26.157, em coordenação com as partes interessadas. A proposta é o resultado dessa análise.

Quanto a benefícios e desvantagens da proposta previstos, a EASA espera que a proposta proporcione condições de concorrência equitativas e evite impor encargos desproporcionados e efeitos não-rentáveis aos operadores de determinados aviões de grande porte (para o transporte executivo). Uma avaliação adicional concluiu que, para esses aviões, o risco de um incêndio em vôo começar em um compartimento de Classe D e evoluir para um incêndio incontrolável é muito baixo e que existe um nível aceitável de segurança sem a conversão de compartimentos de Classe D existentes para esses aviões. A proposta também deverá aumentar a harmonização com o regulamento FAA equivalente.

A tarefa de monitoramento dos efeitos provocados pelas alterações propostas ao Anexo I/PART-26 e CS-26 consistirá em acompanhar a evolução do número de acidentes e incidentes causados por incêndio em vôo em compartimentos de aeronaves de grande porte da Classe D após a final do período de transição.

NPA 2020-05 – de “*Tyre pressure monitoring*”/monitoramento de pressão de pneus”

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiFnrN04f2AhWMIrkGHfCwDZAQFnoECDsQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.easa.europa.eu%2Fdownloads%2F111034%2Fen&usq=AOvVaw3pZl20vZPkcRyYYHp0l7s7>

A NPA (*Notice of Proposed Amendment* – Nota de proposição de emenda) é um documento de 60 páginas, de um tema iniciado em maio de 2017 – na área de ação de melhorias em projeto, fabricação e manutenção, afetando os regulamentos CS-25, CS-26 e PART-26, os agentes de fabricantes e seus fornecedores, operadores e organizações de manutenção de aviões de grande porte.

Os regulamentos da EASA CS-25, PART-26 e CS-26 são:

- CS-25 – Especificações de Certificação para Aeronaves de Grande Porte,
- CS-26 – Especificações de Aeronavegabilidade Adicionais para operações,
- PART-26 – Requisitos de suporte para Aeronavegabilidade Continuada e melhoramentos de segurança de Aeronaves de Grande Porte.

A EASA conceitua/define aviões de grande porte como aqueles de MTOW certificado acima de 5.700 kg (12.500 lb.), não incluindo aviões-transportadores (*commuter aeroplane*), este regidos pelo regulamento CS-23).

O objetivo da NPA é diminuir o risco de falha perigosa ou catastrófica dos pneus de avião de grande porte por pressão (calibragem) inadequada dos pneus. Este NPA propõe alterar o CS-25 para exigir que os requerentes forneçam meios para garantir que nenhum pneu fique abaixo de sua pressão de inflação (calibragem) mínima útil durante a operação. Isso pode ser alcançado fornecendo uma tarefa nas instruções para aeronavegabilidade continuada (ICA - *Instruction for Continued Airworthiness*) exigindo dos operadores a realização de verificação da pressão dos pneus em um intervalo de tempo adequado (ou seja, diariamente ou em outro intervalo comprovado), ou instalando um sistema de monitoramento da pressão dos pneus que alerte a tripulação de vôo no caso de um pneu com pressão insegura. A NPA propõe também alterar os regulamentos PART-26 e CS-26 para exigir que o mesmo objetivo seja implementado pelos operadores de grandes aviões, ou seja, incluindo no programa de manutenção do avião (AMP - *Aeroplane Maintenance Programme*) verificações da pressão/calibragem dos pneus em um intervalo de tempo adequado, ou instalação de um sistema de monitoramento da pressão dos pneus.

A expectativa é que as mudanças propostas aumentem a segurança sem nenhum impacto econômico significativo e sem impacto ambiental ou social.

No sumário, a NPA apresenta [i] as razões, [ii] objetivos, [iii] os meios para atingimento dos objetivos e [iv] benefícios e eventuais desvantagens para as regras propostas.

Nas razões, a NPA argumenta que pressão (calibragem) incorreta dos pneus, em particular, a pressão insuficiente (baixa calibragem) dos pneus, é um fator que contribui para acidentes ou incidentes relacionados a falhas de pneus e rodas de grandes aviões. Esses tipos de ocorrências continuaram a surgir, apesar das várias ações tomadas pela indústria e reguladores nos últimos 40 anos. Essas ações incluem melhorias nas práticas de manutenção de pneus, inúmeras comunicações sobre boas práticas para verificações de pressão de pneus e melhorias na robustez de pneus e rodas. Ações também foram tomadas para mitigar a gravidade das ocorrências, ou seja, a melhoria da proteção das aeronaves contra os efeitos de falhas de pneus. No entanto, a revisão das ocorrências relatadas indica que é necessária uma redução adicional do risco de falha do pneu.

Nos objetivos, a EASA apresenta que o objetivo específico é diminuir o risco de falhas perigosas ou catastróficas dos pneus de grandes aviões que são causadas por pressões inadequadas dos pneus. Isso deve ser alcançado por meio de melhorias que garantam que a pressão de enchimento dos pneus permaneça dentro dos níveis seguros definidos pelo fabricante do avião.

Quanto aos meios para atingimento dos objetivos, a NPA propõe alterar o CS-25 para exigir que os requerentes forneçam meios para garantir que nenhum pneu fique abaixo de sua pressão de inflação (calibragem) mínima útil durante a operação. Isso pode ser alcançado fornecendo uma tarefa nas instruções para aeronavegabilidade continuada (ICA - *Instruction for Continued Airworthiness*) exigindo dos operadores a realização de verificação da pressão dos pneus em um intervalo de tempo adequado (ou seja, diariamente ou em outro intervalo comprovado), ou instalando um sistema de monitoramento da pressão dos pneus que alerte a tripulação de vôo no caso de um pneu com pressão insegura (ie, inferior à pressão mínima de serviço).

Como a emenda ao regulamento CS-25 só abordaria novos projetos de aviões de grande porte, a NPA também propõe também alterar os regulamentos PART-26 e CS-26 para exigir que o mesmo objetivo seja implementado pelos operadores de grandes aviões. Nesse caso, isso pode ser alcançado incluindo tarefas no programa de manutenção do avião (AMP) para realizar verificações da pressão/calibragem dos pneus em um intervalo de tempo adequado ou instalando um sistema de monitoramento da pressão dos pneus.

Quanto aos benefícios e desvantagens esperados, as propostas garantiriam a pressão/calibragem dos pneus ser verificada em intervalos de tempo adequados, minimizando assim o risco de operar com uma pressão/calibragem de pneus insegura. Isso melhoraria a segurança (reduzindo o número de falhas de pneus) sem nenhum impacto econômico significativo e sem impacto ambiental ou social. As propostas são simples de implementar e não exigem mudanças de projeto.

Basicamente, as alterações propostas, detalhadamente, são descritas abaixo, conforme o regulamento afetado:

[1] Minuta de especificações de certificação e meios de conformidade aceitáveis para grandes aviões (CS-25) – minuta de decisão da EASA:

1.1 – item CS-25.733 – Pneus (novo texto):

25.733 (f) - devem ser providenciados meios para assegurar que nenhum pneu está abaixo da sua pressão de inflagem/calibragem mínima útil durante a operação, seja:

- (1) fornecendo uma tarefa nas instruções para aeronavegabilidade continuada que requer a realização de verificações da pressão de enchimento dos pneus em um intervalo de tempo adequado, ou,*
- (2) instalar um sistema de monitoramento de pressão dos pneus a bordo que alerta a tripulação de voo sempre que a pressão de inflação do pneu estiver abaixo da pressão de inflação mínima útil.*

AMC (Acceptable Means of Compliance/Meios aceitáveis de conformidade) ao item CS-25.733(f) – de “Verificação da pressão/calibragem dos pneus”:

Ao demonstrar a conformidade com o item CS 25.733(f), o requerente deve levar em conta os seguintes elementos:

- 1. “Pressão/calibragem mínima útil” significa uma pressão de inflagem (enchimento) do pneu especificada pelo detentor do certificado de Tipo de avião abaixo da qual danos ao pneu, potencialmente levando à falha do pneu, podem ocorrer.*
- 2. “Intervalo de tempo adequado” é o intervalo de tempo máximo entre duas verificações consecutivas da pressão/calibragem dos pneus. As verificações devem ser realizadas diariamente para garantir que o tempo decorrido entre duas verificações consecutivas da pressão dos pneus não exceda 48 horas. Podem ser utilizados intervalos de tempo superiores a 48 horas, desde que comprovados e acordados pela EASA. Essa comprovação deve incluir, no mínimo, uma análise da perda esperada de pressão dos pneus durante a operação, levando em consideração os fatores ambientais e operacionais. Se disponíveis, dados estatísticos relacionados às perdas de pressão obtidos da experiência de serviço de aviões equipados com projetos de rodas equivalentes também devem ser usados. A comprovação deve ser feita em cooperação com fabricante(s) de pneus.*
- 3. Se estiver instalado a bordo um sistema de monitoramento da pressão dos pneus, o seu nível de garantia de desenvolvimento deve ser proporcional às potenciais consequências da não prestação de um alerta, bem como às consequências de alertas falsos. Se o sistema incluir a indicação dos níveis de pressão dos pneus, a consequência de uma falsa indicação também deve ser levada em consideração. A avaliação dessas consequências deve incluir os efeitos da falha de um ou mais pneus (incluindo falhas simultâneas de*

pneus) que podem ser causadas pela operação do avião com pneus com pressão insuficiente.

Instruções para aeronavegabilidade contínua devem ser fornecidas para garantir que o sistema de monitoramento da pressão dos pneus seja calibrado em um intervalo de tempo apropriado.

A justificativa para estas regras, a NPA sustenta que o requerente pode escolher entre duas opções para atingir o objetivo da regra, ou seja, garantir que o avião seja operado com pneus inflados em níveis de pressão seguros.

Em relação às verificações da pressão dos pneus, uma verificação diária é recomendada há muito tempo por várias partes interessadas do setor e autoridades da aviação como um padrão seguro devido à possível perda de pressão dos pneus durante a operação. O padrão de calibragem retida (retenção/manutenção de pressão) da TSO (*Technical Standard Order/Ordem de Norma Técnica*) europeia (E)TSO-C62e (*"Aircraft Tyres"/Pneus de aeronaves*) permite uma perda de pressão dos pneus de até 5% da pressão inicial após 24 horas. Portanto, esse intervalo deve ser considerado como uma linha base. Se um requerente desejar fornecer um intervalo mais longo, isso deve ser devidamente fundamentado e acordado com a EASA.

Também será possível contar com um sistema de bordo capaz de alertar uma tripulação de vôo sempre que a pressão de inflação do pneu estiver abaixo da pressão de inflação mínima útil

[2] Minuta de especificações de aeronavegabilidade adicionais para um determinado tipo de operação (PART-26) – minuta de decisão da EASA:

2.1 – item 26.201 – *"Tyre inflation pressure"* (pressão de inflagem/calibragem) de pneus, na subparte "B", - *"Large Aeroplanes"/grandes aviões/aviões de grande porte* - (novo texto):

26.201 - Pressão de enchimento dos pneus - os operadores de grandes aviões devem assegurar que nenhum pneu esteja abaixo de sua pressão de enchimento mínima útil durante a operação:

- (a) incorporando uma tarefa no programa de manutenção do avião (AMP) exigindo que os operadores realizem verificações da pressão de enchimento em intervalo de tempo, ou,*
- (b) instalar um sistema de monitoramento de pressão dos pneus a bordo que alerte a tripulação de vôo sempre que a pressão de inflagem do pneu estiver abaixo da pressão de inflagem mínima útil.*

[3] Minuta de especificações de aeronavegabilidade adicionais por operações (CS-26) – minuta de decisão da EASA:

3.1 – item 26.201 – *"Tyre inflation pressure"* (pressão de inflagem/calibragem) de pneus, na subparte "B", - *"Large Aeroplanes"/grandes aviões/aviões de grande porte* - (novo texto):

26.201 - Pressão de enchimento dos pneus

A conformidade com o item 26.201 do PART-26 é demonstrada pelo cumprimento do item CS-25.733(f) ou seu equivalente, ou com o seguinte:

- 1. "Pressão/calibragem mínima útil" significa uma pressão de inflagem (enchimento) do pneu especificada pelo detentor do certificado de Tipo de avião abaixo da qual danos ao pneu, potencialmente levando à falha do pneu, podem ocorrer.*
- 2. "Intervalo de tempo adequado" é o intervalo de tempo máximo entre duas verificações consecutivas da pressão/calibragem dos pneus. As verificações devem ser realizadas diariamente para garantir que o tempo decorrido entre duas verificações consecutivas da pressão dos pneus não exceda 48 horas. Podem ser utilizados intervalos de tempo superiores a 48 horas, desde que comprovados e acordados pela EASA. Essa comprovação deve incluir, no mínimo, uma análise da perda esperada de pressão dos*

pneus durante a operação, levando em consideração os fatores ambientais e operacionais. Se disponíveis, dados estatísticos relacionados às perdas de pressão obtidos da experiência de serviço de aviões equipados com projetos de rodas equivalentes também devem ser usados. A comprovação deve ser feita em cooperação com fabricante(s) de pneus. O intervalo de tempo não deverá exceder o valor fornecido pelo detentor do certificado de Tipo nas instruções de aeronavegabilidade continuada.

3. *Se estiver instalado a bordo um sistema de monitoramento da pressão dos pneus, o seu nível de garantia de desenvolvimento deve ser proporcional às potenciais consequências da não prestação de um alerta, bem como às consequências de alertas falsos. Se o sistema incluir a indicação dos níveis de pressão dos pneus, a consequência de uma falsa indicação também deve ser levada em consideração. A avaliação dessas consequências deve incluir os efeitos da falha de um ou mais pneus (incluindo falhas simultâneas de pneus) que podem ser causadas pela operação do avião com pneus com pressão insuficiente.*

As tarefas são incluídas no programa de manutenção do avião (levando em consideração as instruções para aeronavegabilidade contínua fornecidas pelo titular da aprovação do projeto) para garantir que o sistema de monitoramento da pressão dos pneus seja aferido em um intervalo de tempo adequado.

No extenso capítulo de avaliação de impacto das novas regras, a NPA aborda entre as questões mais importantes (ao âmbito do presente texto de síntese) para destaque:

[a] na definição do problema

A pressão (calibragem) incorreta dos pneus, em particular baixa pressão, é um fator que contribui para acidentes ou incidentes relacionados a falhas de pneus e rodas de grandes aviões. Esses tipos de ocorrências continuaram a surgir apesar das várias ações tomadas pela indústria e reguladores nos últimos 40 anos. Essas ações incluem melhorias nas práticas de manutenção de pneus, inúmeras comunicações sobre boas práticas para verificações de pressão de pneus, melhorias na robustez de pneus e rodas e melhorias na proteção do avião contra os efeitos de falhas de pneus.

É amplamente reconhecido que garantir a pressão correta dos pneus do avião é o fator mais importante relacionado aos pneus para uma operação segura. A operação de um avião com pneus com pressão insuficiente pode causar danos aos pneus do avião e causar ruptura dos pneus, direta ou indiretamente. Em um conjunto de várias rodas, um pneu com pressão insuficiente ou estouro de um pneu pode levar à falha do pneu auxiliar no mesmo eixo.

Em geral, os conjuntos pneu/roda de um avião têm vários 'caminhos' de vazamento possíveis (na ordem de 10). A calibragem insuficiente de um único pneu (mesmo uma significativa baixa pressão) em um conjunto de várias rodas é quase impossível de ser detectada por uma verificação visual (por exemplo, durante uma verificação pré-vôo), porque o pneu inflado corretamente (par de eixo) responderia por carga e, portanto, evitaria o achatamento do pneu com pressão insuficiente.

Embora calibragem excessiva de pneu ocorra com menos frequência, sabe-se que o excesso de pressão causa problemas de fadiga nas rodas. O modo de falha resultante é uma rachadura de fadiga no tubo da roda, que, se não for detectada durante uma troca de pneu ou revisão de roda, pode resultar em perda de pressão do pneu.

[b] estrutura legal quanto à utilização e manutenção de pneus

[b.1] Perda de pressão (esvaziamento) admissível: o padrão de calibragem retida (retenção/manutenção de pressão) da TSO (*Technical Standard Order*/Ordem de Norma Técnica) europeia (E)TSO-C62e ("*Aircraft Tyres*"/Pneus de aeronaves) permite uma perda de pressão dos pneus de até 5% da pressão inicial após 24 horas

[b.2] verificação de pressão: o padrão de calibragem retida:

A Parte “M” (Anexo I do Regulamento (EU) nº 1321/2014), item M.A.302(d), exige que o programa de manutenção de aeronaves (AMP) seja estabelecido em conformidade com:

(i) instruções emitidas pela autoridade competente; e,

(ii) instruções para aeronavegabilidade continuada (permanente):

- emitidas por titulares do Certificado Tipo, de Certificado Tipo Restrito, de Certificado Tipo Suplementar, de aprovação para grandes reparos, de autorização ETSO ou de qualquer outra homologação relevante emitida sob Regulamento (EU) nº 748/2012 e respetivo anexo I (PART-21), e,
- incluídas nas especificações de certificação referidas no item 21A.90B ou 21A.431B do anexo I (PART-21) do Regulamento (EU) nº 748/2012, se aplicável.

(iii) instruções adicionais ou alternativas propostas por detentor/proprietário ou organização de gestão da aeronavegabilidade continuada, uma vez aprovadas em conformidade com quesito MA302, exceto para intervalos de tarefas relacionadas com a segurança determinados (alínea “e”), que podem ser escalonados, sob reserva de revisões suficientes efetuada em determinada conformidade (com a alínea “g”) e apenas quando sujeita à aprovação direta em determinada conformidade (com a alínea “b”) do item MA302(b).

Os intervalos adotados nos relatórios do Conselho de Revisão de Manutenção (MRBR - *Maintenance Review Board Report*) e depois refletidos no AMM (*Aircraft Maintenance Manual*)/MPD (*Maintenance Planning Document*) – Manual de Manutenção de Aeronave e Documento de Planejamento de Manutenção - são estabelecidos levando em consideração as entradas e a experiência dos operadores, fabricantes e autoridades, com o objetivo de garantir um programa de manutenção eficiente e econômico. Como as verificações da pressão dos pneus não são um candidato a requisito de manutenção de certificação (CMR - *Certification Maintenance Requirement*), o processo torna possível acordar intervalos de verificação da pressão dos pneus que são mais longos do que com a verificação diária recomendada. Além disso, os operadores podem desviar-se dos valores previstos no ICA (instrução de aeronavegabilidade continuada) quando desenvolvem o seu próprio AMP (*Aircraft Maintenance Programme*/Programa de Manutenção de Aeronave), sujeito à aprovação por autoridade competente.

Além disso, é evidente que um processo MRB normalmente não classifica uma falha de pneu como um item de segurança. Alguns relatórios dentro de processo MRB podem não fornecer tarefas para verificações de pressão dos pneus (como foi encontrado em alguns aviões). Além disso, é notável que alguns aviões em serviço foram certificados sem subordinação com processo MRB.

[c] prática da indústria

[c.1] calibragem de pneu: a verificação diária da pressão tem sido recomendada há muito tempo por vários agentes interessados e meios de comunicação, no entanto, essa prática continua sendo apenas uma recomendação.

Existem variações na forma da verificação da pressão de pneus de grandes aviões. Alguns operadores aderem a uma verificação diária da pressão, mas alguns outros operadores usam intervalos de tempo mais longos. Embora alguns deles não tenham enfrentado grandes problemas de segurança, em alguns casos, as verificações de pressão foram realizadas com um intervalo muito longo, levando à operação com níveis inadequados de pressão dos pneus e a incidentes ou acidentes reportados, incluindo fatais.

Os manuais de manutenção de aeronaves (AMM) ou documentos de planejamento de manutenção (MPD) não são harmonizados e fornecem intervalos de verificação de pressão diferentes, dependendo do tipo de avião/fabricante. Reconhecidamente, por exemplo, alguns MPD (ou para alguns aviões, o capítulo AMM que fornece o intervalo de agendamento de tarefas) apresentam um determinado valor (por exemplo, 72 horas), mas no capítulo AMM que detalha as instruções de tarefas de manutenção, uma recomendação é fornecida para uma verificação diária da pressão.

Os sistemas integrados de monitoramento da pressão de pneus (OBTPMS - *On-board Integrated Tyre Pressure Monitoring System*) e os sistemas de indicação da pressão de pneus no solo (GTPIS - *Ground Tyre Pressure Indication System*) foram desenvolvidos, certificados e estão disponíveis em vários tipos de grandes aviões. Esses sistemas não são obrigatórios pelos regulamentos da EASA ou FAA, portanto, são opcionais e nem todos os aviões estão equipados com estes recursos.

[c.2] perda de pressão dos pneus: na prática, a magnitude das perdas “normais” de pressão dos pneus varia entre os grandes tipos de aviões. Uma perda de pressão de 1-2% por dia parece ser uma tendência comum em grandes aviões de transporte, o que corresponde à especificação típica adicionada por alguns fabricantes de aviões no topo das especificações do (E)TSO-C62e (“*Aircraft Tyres*”/Pneus de aeronaves).

[d] ações/práticas anteriores já adotadas pela indústria

A NPA registra que várias ações já foram tomadas ao longo dos anos para melhorar a manutenção dos pneus (em particular, a calibragem dos pneus), aumentar a robustez das rodas e dos pneus e mitigar as consequências das falhas das rodas e dos pneus.

São citadas, entre outras:

[d.1] ações tomadas para melhorar a manutenção dos pneus ou detectar calibragem inadequada dos pneus:

- divulgação informes específicos sempre quando de uma ocorrência aeronáutica em que demonstradamente a pressão de pneus não foi devidamente controlada;
- cooperação entre fabricantes de pneus e de aviões no desenvolvimento de recomendações de manutenção de pneus;
- elaboração de carta de serviço fabricante de aeronave destacando as possíveis consequências da inflagem incorreta dos pneus e recomendação de verificações da pressão dos pneus “tão frequentemente quanto razoavelmente possível”;
- desenvolvimento, certificação e disponibilização no mercado de sistemas integrados de monitoramento da pressão de pneus (OBTPMS - *On-board Integrated Tyre Pressure Monitoring System*). Um OBTPMS é considerado uma rede de segurança útil que pode detectar e alertar tripulação sobre condições inseguras da inflagem de pneus;
- disponibilização no mercado, para alguns aviões, de sistemas de indicação da pressão de pneus no solo (GTPIS - *Ground Tyre Pressure Indication System*) .

Um sistema GTPIS pode indicar um nível de pressão abaixo do nível mínimo de serviço em qualquer um dos pneus no solo antes do despacho de um avião. Tal sistema varia em seus projetos desde aquele que fornece indicações visuais simples na roda afetada até aquela mais sofisticado com uso de transmissor de dados remotos de roda acoplados a equipamentos eletrônicos usados por pessoal de manutenção/despacho de voo, como:

- válvulas de inflar com relógios comparadores integrados, que estão disponíveis como opção em alguns aviões ou como Certificados Tipo Suplementar. Esses dispositivos fornecem informações consultivas apenas durante as inspeções, e têm precisão e confiabilidade limitadas. Portanto, não se destinam a realizar a tarefa programada de manutenção da pressão dos pneus, mas podem ser usados para detectar qualquer baixa pressão (calibragem) significativa.
- sistemas remotos de indicação da pressão de pneus que podem ser usados por pessoal de manutenção e também por pilotos (de jatos executivos) para verificar a pressão de pneu no solo. Os sensores são instalados nas rodas e se comunicam por meio de sinais sem fio com um dispositivo eletrônico portátil que indica a pressão de cada pneu.
- outras tecnologias mais avançadas que estão sendo desenvolvidas pela indústria com o objetivo de prover indicação simultânea e remotamente todas as pressões dos pneus de uma aeronave em um dispositivo portátil (por exemplo, *tablet* ou *smartphone*).

- Publicação de diversos documentos, com orientações práticas para o controle de pressão de pneus. Por exemplo:
 - ARP (*Aerospace Recommended Practice*/Prática Recomendada Aeroespacial) 5265, da SAE (Sociedade de Engenheiros Automobilísticos – “*Minimum Operational and Maintenance Responsibilities for Aircraft Tire Usage*”/Responsabilidades Mínimas Operacionais e de Manutenção para Uso de Pneus de Aeronaves, emitido em 1990 e revisado, provendo critérios para instalação, calibragem (inflagem/enchimento), inspeção e manutenção de pneus aeronáuticos. A recomendação padrão é a verificação de pressão diariamente usando o manômetro calibrado (aferido), com a dilatação do intervalo para vários dias para esta verificação não sendo recomendada e desconsiderada das melhores práticas do setor.

SAE/ARP 5265:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiJi_GzvYz2AhV0HbkGHbmvDsQQFnoECAQQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.sae.org%2Fstandards%2Fcontent%2Farp5265b%2F&usq=AOvVaw0AXecx0LhGDNBkOo1xkYW6

- Circular de Informação Aeronáutica (AC - *Advisory Circular*) da FAA 20-97B, datada de 18/04/2005, provendo guia de orientação para verificação diária de calibragem de pneus utilizando um manômetro calibrado cuja escala seja adequada à faixa de pressão que está sendo monitorada.

FAA/AC 20-97B – “*Aircraft Tire Maintenance and Operational Practices*”, de 18/04/2005 e alteração em 11/09/2018:

https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_20-97B_CHG_1.pdf

- Circular de Informação Aeronáutica (AC - *Advisory Circular*) da FAA 145-4A, datada de 10/07/2006, provendo guia de orientação para desenvolvimento, qualificação e aprovação de lonas diagonais (*bia ply - cross-ply*) em pneus, ie, pneus de aeronaves sulcados e telonados radiais, suas especificações de reparo e processo e o uso de técnicas especiais de inspeção não destrutiva (NDI - *Non-Destructive Inspection*). A Circular registra que “a integridade e a confiabilidade a longo prazo do pneu reformado são significativamente influenciadas pelo cronograma de pressão de inflagem, a frequência das verificações da pressão do pneu e a identificação de condições de remoção de pneus que podem afetar a aeronavegabilidade contínua do pneu”.
- Alerta de Segurança para operadores (SAFO – *Safety Alert for Operators*) da FAA enfatizando a importância de garantir que pneus de aeronave sejam inflados adequadamente e detalhando as possíveis consequências que pressão (calibragem) dos pneus incorreta pode ter no desempenho da aeronave durante o taxiamento, decolagem e pouso. Os SAFO são o 09012, de 12/06/2009, e o SAFO 11001, de 06/01/2011 (que foi endossado pela EASA no seu SIB (*Safety Information Bulletin*/Boletim de Informação de Segurança) 2013-10, de 10/07/2013.

FAA/SAFO 09012 – “*Dangers of Improperly Inflated Tires*”/Perigos da calibragem impropriamente de pneus”, de 12/06/2009:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiNIN_hiZn2AhW7r5UCHR3nDhAQFnoECACQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.faa.gov%2Fother_visit%2Faviation_industry%2Fairline_operators%2Fairline_safety%2Fsafo%2Fall_safos%2Fmedia%2F2009%2FSAFO09012.pdf&usq=AOvVaw0mOeEDO1lo4f5mS2d3YLfp

FAA/SAFO 11001 – “*The Importance of Properly Inflated Aircraft Tires*”/A importância da correta calibragem de pneus de aeronaves”, de 06/01/2011:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjom_n8jZn2AhXZFrkGHYnhALsQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.faa.gov%2Fother_visit%2Faviation_industry%2Fairline_operators%2Fairline_safety%2Fsafo%2Fall_safos%2Fmedia%2F2011%2FSAFO11001.pdf&usq=AOvVaw2js_3rZtTWB4DChS-xXYOv

[d.2] ações tomadas para melhorar a robustez de pneus e rodas

[d.3] ações tomadas para melhorar a proteção dos aviões contra os efeitos nocivos das falhas de pneus, por agências regulatórias e por fabricantes aeronáuticos (aeronaves)

Autoridades regulatórias trabalharam para adoção em projetos de medidas para proteção contra uma ameaça - por ex., um pneu estourado - como compromisso sempre, considerando fatores como restrições de espaço, a localização de trem de pouso, a necessidade de fornecer energia e monitoramento aos sistemas no trem de pouso e a necessidade para evitar outros riscos. A possibilidade de uma condição insegura nunca pode ser completamente erradicada pelo projeto de um avião, e um meio para reduzir o risco de falha do pneu deve ser implementado. O atual estado da arte assume a falha de um pneu mais o "par" de eixo, em trem de pouso de múltiplas rodas, e não considera o cenário de múltiplos estouros de pneus, em eixos diferentes, que podem ser consequência da operação com pneu com pressão insuficiente.

Do lado da indústria, ficou latente e houve a conscientização da tendência crescente de grandes aviões serem dotados de com pneus sulcados e lonados radiais (em vez de pneus de lona diagonal).

Em caso de falha, os pneus radiais tendem a lançar detritos consistindo da banda de rodagem do pneu mais externa e sulcada. Os produtos de detritos podem ser grandes, no entanto, os detritos normalmente partindo (desprendendo-se) em baixa velocidade; mas detritos de alta velocidade também são liberados, mas estes sendo relativamente pequenos.

Pneus de lona radial também podem liberar esses detritos, mas também podem liberar detritos que compreendem a banda de rodagem do pneu e partes inteiras da carcaça, que são mais rígidas. Esses detritos têm o potencial de serem liberados em alta velocidade.

Portanto, pode ser possível considerar que as falhas dos pneus de lona radial resultam em menos danos do que as falhas dos pneus de lona diagonal.

[e] avaliação de riscos

Para avaliação de riscos, foram observados eventos aeronáuticos envolvendo problemas de pneus.

No segmento da aviação geral/executiva, a NPA cita o acidente (com fatalidades), em 18/09/2008, de um Learjet 60 (o de prefixo N999LJ), durante rejeição de decolagem do aeródromo de Columbia (KCAE), na Carolina do Sul/EUA. Na sequência da tentativa de abortagem da decolagem, o jato excursionou a pista, sofrendo danos no escape por terreno e um barranco, com fogo pós-choque extensivo, que destruiu o jato. Dos seis ocupantes (quatro passageiros e dois pilotos), quatro faleceram (dois passageiros e os dois pilotos) e dois passageiros tiveram ferimentos graves.

Em altitude de 236 pés, o aeródromo de Columbia (KCAE) tem duas pistas cruzadas, a 11/29, de concreto, de 46 x 2.622 m., e a 05/23, de asfalto/concreto, de 46 x 2.439 m.

A investigação do NTSB revelou que as pressões dos pneus do avião não foram verificadas por aproximadamente três semanas, e que os pneus do avião sofreram uma perda de pressão de aproximadamente 2% por dia. O NTSB determinou que a pressão dos pneus no momento do acidente era de aproximadamente 140 psi, ante a pressão recomendada dos pneus de 219 psi, ie, uma baixa calibragem com diferença de 79 psi (-36%). A pressão insuficiente dos quatro pneus do trem de pouso principal (MLG) resultou na falha de todos os quatro pneus.

O NTSB encontrou fragmentos dos pneus com defeito que revelaram, dos materiais utilizados para a confecção dos pneus, a borracha dobrada e o nylon derretido.

A investigação constatou a presença de fluido hidráulico em alguns fragmentos de pneus, confirmando que a falha do pneu também comprometeu alguns elementos do sistema hidráulico do avião.

A investigação do NTSB identificou que havia uma inconsistência significativa na comunidade de operação aérea em relação ao papel de piloto em garantir as pressões corretas dos pneus antes da decolagem. Inspeções visuais de pneus de alta pressão, como as do avião envolvido no acidente, não ajudarão a detectar um pneu inflado incorretamente. Ao momento em que um pneu mostra sinais visuais de baixa pressão, a posição da fabricante do pneu é da exigência da troca de um pneu com pressão insuficiente e do “par” de eixo (o outro pneu no mesmo trem de pouso).

Estatísticas de eventos aeronáuticos foram pesquisadas pela SAE International, no banco de dados do NTSB, e pela EASA.

Em 2007, o Comitê Aeroespacial de Sistemas de Trem de Pouso da SAE, o SAE A-5 realizou uma revisão dos efeitos de danos em falhas de pneus e rodas e emitiu Relatório de Informações Aeroespaciais (AIR - *Aerospace Information Report*) 5699, em novembro de 2007 e revisado em outubro de 2013. O relatório fornece uma análise de dados operacionais de serviço com base em bancos de dados do NTSB durante um período de aproximadamente 40 anos (de 1966 a 2005) e dos principais fabricantes de aviões (período de tempo não indicado).

Os dados do NTSB (de ocorrências registradas com algum nível de dano ao avião) mostraram que os eventos de falha de pneus e rodas resultaram em 11 acidentes fatais, 8 perdas de casco sem fatalidades, 11 eventos em que detritos entraram em um tanque de combustível ou foram ingeridos por motor, 36 eventos em que houve danos na fuselagem e 7 eventos em que houve uma descompressão (perda de pressurização) da fuselagem.

Os dados das fabricantes de aeronaves (cuja fonte não é comprovada) incluíam um grande número de ocorrências classificadas como “sem danos”. É provável que isso represente uma melhor distribuição da gravidade do perigo para uma frota de aeronaves, pois não exclui eventos em que não ocorreram danos. A análise dos dados mostra que as ocorrências relacionadas com a pressão dos pneus representam 65 % das ocorrências. Em termos de gravidade dos danos, a análise revelou a seguinte distribuição da classificação das ocorrências: 8 % substancial, 15 % grave, 27 % menor e 50 % sem dano.

A combinação dos dados disponíveis indica novamente que as ocorrências relacionadas à pressão dos pneus são preponderantes, representando 65% de todas as ocorrências. Uma avaliação dos dados combinados para determinar o grau de dano ao avião não foi realizada devido às diferenças de escopo (dados NTSB excluem eventos sem danos).

Além disso, o Comitê SAE A-5 avaliou como possíveis mudanças na regulamentação ou práticas aprimoradas do setor poderiam mitigar qualquer um dos eventos associados com pressão dos pneus. O resultado foi que a ação futura mais promissora (além da implementação da manutenção dos pneus com nitrogênio) é a implementação de um sistema de monitoramento da pressão dos pneus (TPMS - *Tyre Pressure Monitoring System*). Na opinião da SAE International/Comitê A-5 isso poderia mitigar potencialmente 38% de todos os eventos que foram revisados.

A EASA realizou uma revisão das ocorrências contidas no seu banco de dados de ocorrências que são colhidas através do IORS - *Internal Occurrence Reporting System* (Sistema de Reporte de Ocorrência Interno) e na base de dados da ECR - *European Central Repository*. A revisão inicial abrangeu as ocorrências cujas principais causas envolveram uma falha de pneu ou roda, e que aconteceram com aviões com MTOW superiores a 2.250 kg (5.000 lb.) durante operações de transporte aéreo comercial (incluindo vôos do transporte corporativo/executivo) entre 2002 e 2016 (15 anos). Foram encontradas 848 ocorrências, classificadas da seguinte forma: 57 acidentes (6,7%), 73 incidentes graves (8,6%) e 718 incidentes (84,7%).

Fig. 1: número geral de ocorrências de falhas de pneus e rodas reportadas por ano

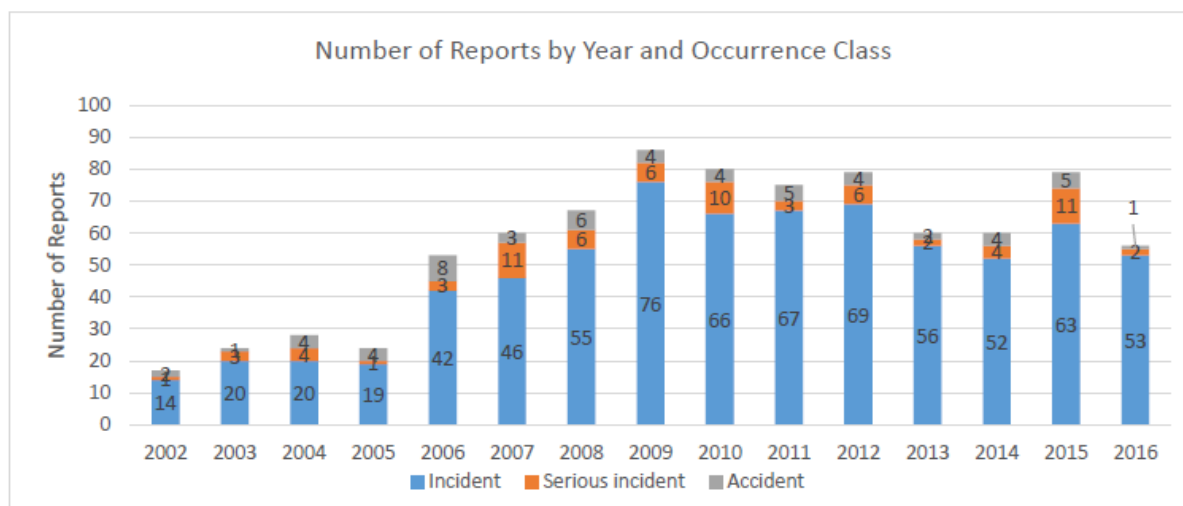
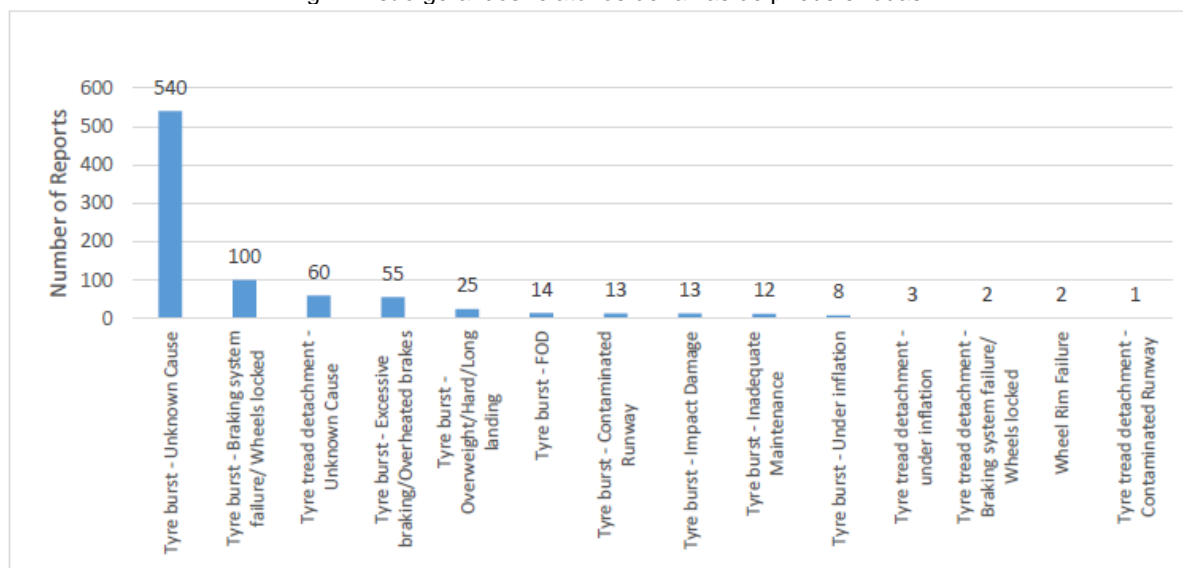


Fig. 2: visão geral dos relatórios de falhas de pneus e rodas



Com base nos números e discriminação das ocorrências, uma revisão mais detalhada foi realizada para identificar as ocorrências relativas a “grandes aviões” em que a calibragem (pressão) inadequada dos pneus estava presente ou altamente provável entre os fatores causais.

Eventos em que um pneu estourou no solo durante a enchimento (ou seja, ações de manutenção) foram excluídos.

A análise incidiu sobre os incidentes e acidentes sérios notificados (130 ocorrências). Foi finalmente determinado que houve 8 ocorrências (ou seja, 6,1% de todas as ocorrências) entre 2002 e 2016, incluindo 2 acidentes, sendo 1 fatal (com 4 mortes e 2 ferimentos graves – com o Learjet 60 de prefixo em Columbia-Carolina do Sul/EUA, em 2008) e 1 não-fatal com danos substanciais (um Boeing 747, em 2005) e 6 incidentes graves. Todas essas oito ocorrências (de 130 ocorrências) foram relacionadas a uma ou mais falhas de pneus associadas com pressão insuficiente do pneu (7 estouros de pneu – 88% - e 1 descolamento da banda de rodagem). Os fatores causais incluíram:

- vazamento no fusível-*plug* (1) – 12,5%
- instalação incorreta da válvula de enchimento (2) – 25%,
- verificação da pressão dos pneus e calibragem inadequada-insuficiente (4) – 50%, e,
- parafusos da roda não apertados adequadamente (1) – 12,5%.

Em todos os 8 casos, a(s) falha(s) de pneu(s) ocorreu(ram) durante a decolagem.

Adicionalmente, é do conhecimento que pelo menos 3 outros acidentes ocorreram antes de 2002 que também foram causados por pressão inadequada dos pneus.

O relatório anual de “Revisão Anual de Segurança da EASA” na edição 2018 incluiu a “condição de pressão dos pneus” na lista de questões de segurança no portfólio de riscos de segurança para grandes aviões (*CAT-Airlines/Aeronaves do transporte comercial e NCC-Business/Aeronaves executivas-Não comerciais*). A revisão das ocorrências de alto risco para grandes aeronaves, entre 2013 e 2017, não identificou nenhuma ocorrência desencadeada por essa questão de segurança. A carteira de riscos de segurança considera 4 níveis de prioridade, e esta questão faz parte do nível de prioridade 4. A Revisão Anual de Segurança da EASA 2019 não incluiu este item na carteira de riscos de segurança.

Os fabricantes de aviões e de pneus envolvidos no grupo de regulamentação foram solicitados a revisar seus bancos de dados de ocorrências de pneus/rodas para identificar, na medida do possível, as ocorrências em que a inflagem (enchimento) inadequada dos pneus estava presente entre os fatores causais. Os dados mostram diferenças entre as fontes em termos de número de ocorrências e análise de causa raiz. Dois conjuntos de dados são fornecidos a seguir para ilustrar a situação:

(1) dados de uma fabricante de aviões (uma das maiores frotas do mundo): a fabricante revisou os relatórios de falhas de pneus em todos os seus Tipos entre maio de 2004 e dezembro de 2013 (10 anos e sete meses).

Das 595 ocorrências, houve 141 ocorrências (23,7%) relacionadas à pressão insuficiente de pneu, 64 ocorrências (10,8%) por defeitos de fabricação ou remanufatura e 43 ocorrências (7,2%) por danos de objetos estranhos (FOD); no entanto, houve 286 ocorrências (48,1%) com causas desconhecidas.

Observando as razões para os casos de baixa pressão de pneu (141 ocorrências – 23,7% de 595 ocorrências), à EASA parece que:

- 73 casos (51,8%) foram causados por razões desconhecidas,
- 26 casos (18,5 %) foram causados por um defeito do pneu que não foi detectado e não corrigido durante o processo de recauchutagem,
- 18 casos (12,8%) foram causados por vazamento da roda (por trinca, falha de O-ring, fratura de parafuso de fixação),
- 11 casos (7,8%) foram causados por um fusível com vazamento ou derretido,
- 9 casos (6,4%) foram causados por vazamento de pneus (revestimento interno ou separação interna), e,
- 4 casos (2,8%) foram causados por pressão de inflagem (suspeitamente) incorreta-baixa calibragem.

(2) dados de uma fabricante de pneu: os dados abrangem ocorrências de estouro de pneus relatadas para [i] operações da aviação comercial, regional e geral, [ii] período com lesões e fatalidades de cerca de 30 anos, e [iii] período de danos a avião entre jan./2010 e out./2017 (sete anos e dez meses). A base de dados não incluiu incidentes envolvendo a separação da banda de rodagem – a fabricante de pneus não os revisou devido ao alto número de ocorrências (de demorada análise) e pelo seu entendimento que a maioria casos não se deve à baixa pressão.

Nos últimos 30 anos, foram reportadas 3 ocorrências do tipo resultando morte ou ferimentos durante as tarefas de inflagem de pneu.

Nos últimos 7 anos, houve 69 eventos de estouro de pneu que causaram danos a avião. Os pneus que estiveram envolvidos nestas ocorrências foram 43% pneus de lona diagonal e 57% com lona radial.

As estatísticas recolhidas confirmam que a baixa pressão (calibragem) foi identificada em 10% das ocorrências. Em 51% das ocorrências, a calibragem estava correta e em 39% das ocorrências a condição do pneu em termos de pressão é desconhecida.

Em termos de causa-raiz, em 52% dos casos são de “causa desconhecida” e em 36% dos casos fator-causal determinado ou provável é FOD. Outras causas-raiz incluem fatores operacionais e outros problemas ao nível do conjunto roda/pneu.

[f] sumário da avaliação de riscos

A NPA estabelece que, no geral, os dados disponíveis mostram que falha de pneu é uma ocorrência relativamente comum, enquanto falha de roda raramente ocorre. Mas, em cerca de metade dos casos, relatórios de investigação de ocorrência aeronáutica disponíveis não identificam a causa-raiz para a falha envolvendo o conjunto.

Dependendo da fonte de dados, a proporção de ocorrências em que pressão inadequada dos pneus foi identificada como fator causal variou entre 7% e 65%, portanto, não sendo possível dispor de um valor confiável. Em termos de pressão de inflagem/enchimento (calibragem) inflacionária inadequada, a baixa pressão (calibragem) representa a grande maioria dos casos. Quanto aos motivos para uma calibragem inadequada, são múltiplos e incluem tanto erros humanos quanto questões técnicas que levam a vazamentos ou valores de calibragem inadequados.

Entre 2002 e 2016, houve pelo menos 2 acidentes (incluindo 1 fatal) e 7 incidentes graves com a causa-raiz confirmada ou altamente provável como sendo a pressão (calibragem) inadequada dos pneus.

O número real de ocorrências é provavelmente maior do que isso, devido à falta de dados em vários relatórios resultando causa-raiz desconhecida. Entre estas ocorrências desencadeadas por avaria de um pneu (rompimento ou descolamento da banda de rodagem) por motivo desconhecido (entre 2002 e 2016), a EASA identificou 18 acidentes, incluindo 2 acidentes fatais, com vários tipos de aviões envolvidos.

O caso emblemático do acidente (com fatalidades) com o Learjet 60 em Columbia, na Carolina do Sul/EUA, em setembro de 2008, demonstrou a potencial ameaça de falhas múltiplas e simultâneas de pneus para diversos componentes de trem de pouso, bem como a possível falta de conscientização de alguns técnicos de aviação sobre a importância de manutenção da pressão dos pneus.

As estatísticas mostram que o número total de ocorrência de falha de pneu e roda não diminuiu nos últimos anos, com um número anual de falhas na faixa de 60-80 eventos registrados no banco de dados de ocorrências aeronáuticas da EASA.

A NPA destaca que o risco não é o mesmo para todos os aviões. Aviões equipados com sistemas integrados de monitoramento da pressão de pneus (OBTPMS), que podem detectar pneus calibrados de forma insegura e alertar a tripulação esta condição, estão protegidos contra a maioria dos cenários que levam a uma pressão significativamente inadequada; em particular, um OBTPMS pode evitar erros de enchimento que levem a uma baixa pressão em vários pneus, como ocorreu nos dois acidentes fatais representativos de pleno conhecimento.

Esses dois acidentes fatais também poderiam ter sido evitados realizando a manutenção adequada da pressão dos pneus em um intervalo apropriado. Aviões não equipados com OBTPMS permanecem expostos a todos os cenários, e o risco de segurança aumenta com o intervalo de tempo entre as verificações de pressão.

As consequências de uma falha de pneu ou roda também não são as mesmas, dependendo do design (projeto) do avião. Projetos mais antigos, que não foram certificados de acordo com requisitos de regulamentos/normas como *JAA Temporary Guidance Material TGM/25/8*, a nova regra CS 25.734 (criada na emenda 14 do regulamento CS-25), ou padrões equivalentes, são menos protegidos contra os efeitos danosos e falhas de pneus e rodas. No entanto, mesmo a conformidade com CS 25.734 não fornece necessariamente proteção total contra os danos causados por uma falha de pneu.

[g] o alvo de novas regras, meios para solução do problema, objetivos
Novas regras quanto ao estado de conservação e operação de pneus são endereçadas a aviões de grande porte – seus fabricantes e fornecedores, os operadores aéreos e as organizações de manutenção aeronáutica.

A NPA reconhece que várias ações foram implementadas para tratar falhas de pneus no passado e que estas melhoraram a segurança de grandes aviões. Nos próximos anos, a proporção de aviões em conformidade com CS 25.734 aumentará e, portanto, o número de aviões mais vulneráveis (em termos de gravidade e probabilidade de danos) como resultado de uma falha de pneu deverá diminuir. No entanto, o risco de uma condição insegura devido à operação com pneus mal mantidos/conservados ou com vazamento não foi completamente eliminado e não se espera que diminua drasticamente sem uma mudança regulatória que exija medidas de proteção adicionais.

A EASA sustenta que, se nenhuma ação for tomada para melhor garantir a correta calibragem de pneus, o número anual de ocorrências de falhas de pneus e rodas pode não diminuir se a indústria não aumentar voluntariamente o número de aeronaves que possuem sistemas de alerta de pressão dos pneus instalados e/ou não tomar medidas para verificar melhor a pressão de pneus. Com o crescimento esperado da frota de grandes aviões em todo o mundo, esse número de ocorrências pode, ao contrário, aumentar. Portanto, embora as consequências de uma falha de pneu ou roda sejam melhor mitigadas em projetos modernos, o número total dessas ocorrências classificadas como acidentes ou incidentes graves pode não diminuir.

O objetivo específico na adoção de nova(s) regra(s), com medidas de proteção adicionais, é diminuir o risco de falhas perigosas ou catastróficas de pneus de grandes aeronaves causadas por pressão inadequada de pneus por meio de melhorias que garantirão que a pressão de pneus permaneça dentro dos níveis seguros definidos pelo fabricante do avião.

Pela análise de ocorrências, há uma variedade de fatores causais que podem levar um pneu a uma baixa pressão (calibragem) – pressão insuficiente -, e todas as gerações de aviões são suscetíveis a este problema. Esses fatores incluem manutenção inadequada da pressão dos pneus (intervalo muito longo entre as verificações, uso de um valor incorreto da pressão de enchimento) e vazamento de ar do pneu ou da roda (causado por erros humanos, falhas técnicas durante a manutenção ou produção ou danos por objetos estranhos-FOD).

Qualquer que seja o fator causal envolvido, a EASA determina que a maneira de detectar um problema potencial de pneu é monitorar constantemente a pressão (calibragem) e/ou realizar uma verificação da pressão (calibragem) sempre que possível.

Segundo a EASA, acredita-se que a maioria dos grandes aviões em serviço tem a pressão dos pneus verificada diariamente (com base, por exemplo, 70% dos operadores que responderam a um questionário da EASA); no entanto, algumas restrições operacionais podem impedir a verificação de conformidade de calibragem diária. Portanto, a EASA não prevê a obrigatoriedade universal de uma verificação diária da pressão dos pneus para todos os grandes aviões.

A EASA então considera como possível de aplicação exigir que as fabricantes de aeronaves forneçam instruções para aeronavegabilidade continuada (ICA) que incluam uma tarefa de verificação periódica da pressão dos pneus, e exigir que o intervalo de tempo de verificação da

pressão dos pneus seja fundamentado e limitado a um valor máximo. Isso estaria sujeito à aceitação da EASA. Também seria obrigatório para operadoras o cumprimento desse valor máximo de intervalo de tempo.

As ocorrências que foram observadas também poderiam ter sido evitadas pelo uso de um sistema de alerta para tripulação ou de indicação de uma pressão de pneu insegura antes do despacho do avião ou durante a operação do avião.

A EASA indica que duas categorias de sistemas podem ser adotadas:

- sistema integrado de monitorização da pressão de pneu a bordo (OBTPMS), ou
- sistema de indicação da pressão de pneu no solo (GTPIS).

Um OBTPMS tem a vantagem de monitorar constantemente a pressão dos pneus. Pode, portanto, alertar tripulação de vôo a qualquer momento, exceto durante as fases de vôo em que os alertas são inibidos (por exemplo, durante a decolagem além de uma determinada velocidade). Em vôo, o sistema pode informar a tripulação de uma pressão anormal dos pneus para planeamento de um pouso com os procedimentos operacionais aplicáveis.

Um GTPIS oferece a possibilidade de verificar a pressão dos pneus em algum momento antes da partida. Portanto, se uma condição de baixa ou excessiva pressão se desenvolver após esta verificação ter sido realizada, esse problema não será identificado previamente pelo sistema GTPIS (que não é dotado de capacidade preditiva).

Pneus aeronáuticos

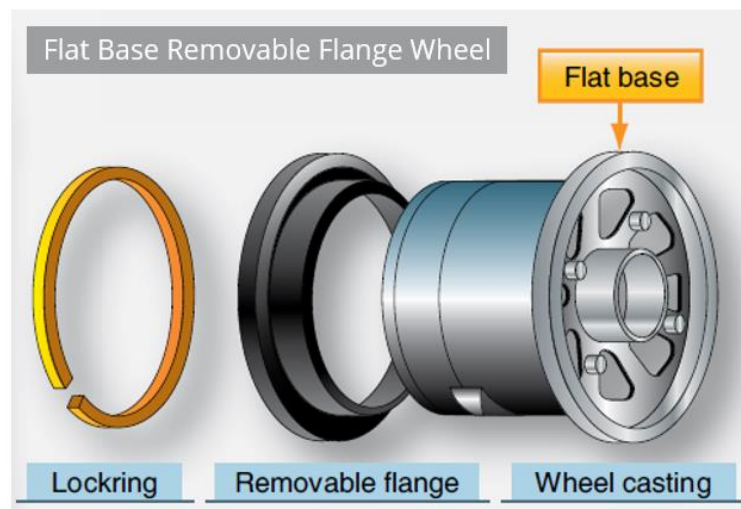
Basicamente, o conjunto das rodas de um avião tem a finalidade de permitir o apoio e o deslocamento – “rolagem” - do avião no solo, e a sua frenagem, constituindo-se de pneu, roda e os freio.

Rodas e pneus aeronáuticos são semelhantes aos componentes automobilísticos, com as seguintes características básicas específicas:

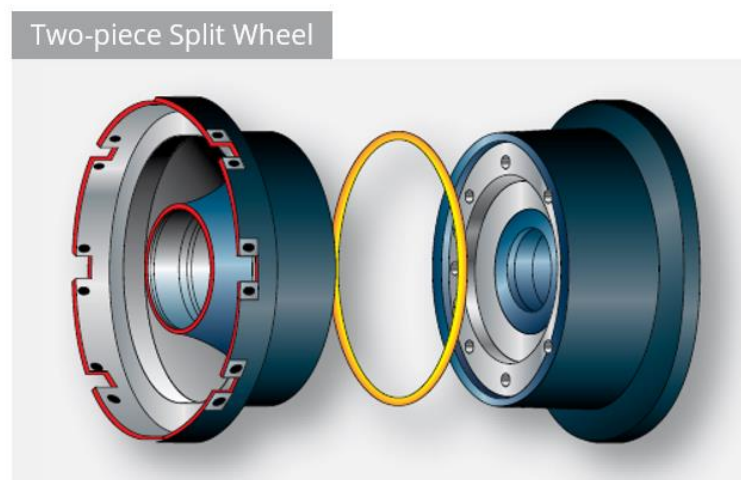
- rodas – geralmente fabricadas com liga de metal leve. Existem três tipos de roda para avião, conforme seu modelo de desmontagem para permitir a retirada/colocação de pneu:

(i) de flanges independentes – a roda se compõe de um cubo (peça central) e dois flanges (peças laterais), sendo um tipo incomum

(ii) “Cubo e flange” (*Removable Flange Wheel/Roda com flange removível*) – a roda se compõe de duas peças, sendo um conjunto flange/cubo e uma segunda peça simples de um flange (removível), com a ligação sendo feita por meio de um (anel) *o-ring* de fixação (*lockring*), sendo tipo menos comum.



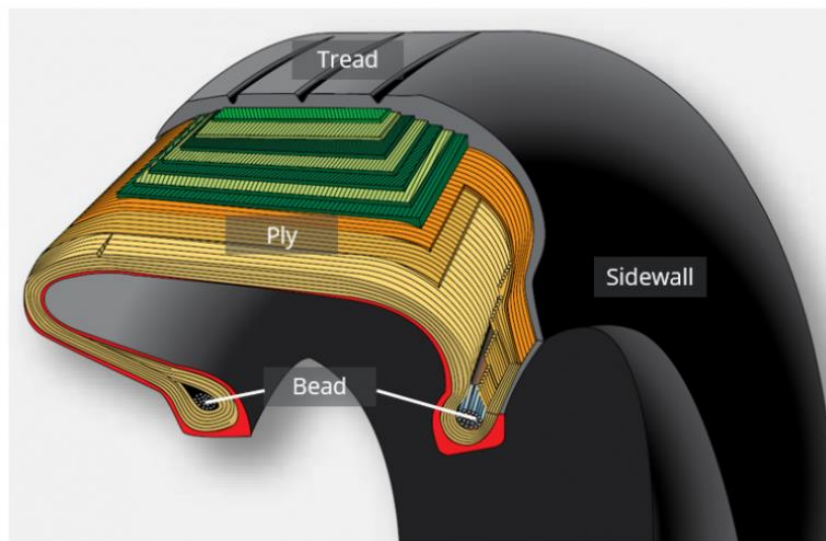
(iii) “meias rodas” (*Two-piece Wheel*) – a roda se compõe de duas peças, cada uma com flange e cubo parcial, que se justapõem pelos cubos, sendo o tipo mais comum. Uma “meia roda” (a externa) será dotada da válvula de inflagem.



É uma evolução mais moderna da roda do tipo “Cubo e flange” (*Removable Flange Wheel/Roda com flange removível*), com solução de roda dividida em duas metades quase iguais e aparafusada com um (anel) *o-ring* de fixação (*lockring*) no centro para formar uma vedação apertada. Os dois flanges formam a região de assentamento do talão onde o pneu entra em

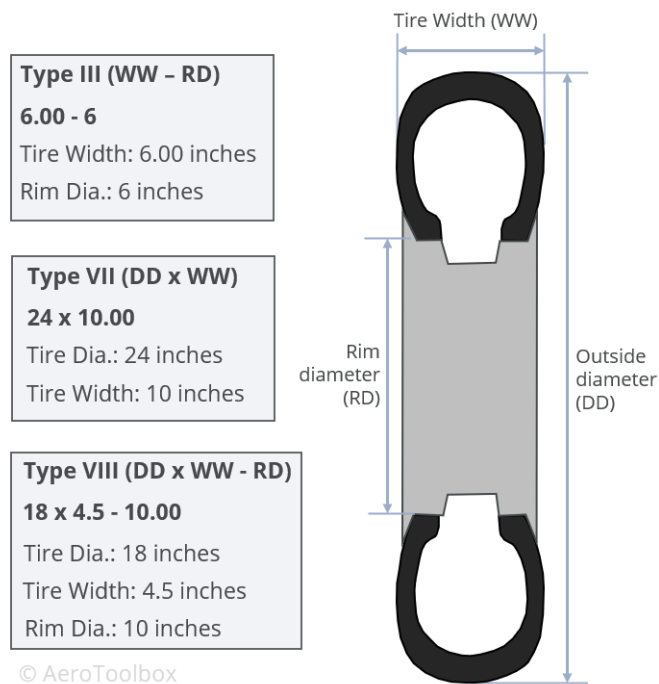
contato com a roda. Durante o toque, o pneu comprime rapidamente, exercendo uma grande carga de tração nos flanges. Os flanges são projetados para suportar essa carga e também para evitar que o pneu deslize em relação à roda em frenagens fortes.

- pneus – lonas (*ply* – lona) formando a “carcaça” como a parte resistente do pneu, a banda de rodagem (*Tread*) sendo a camada superficial desgastável, sendo dotada de sulcos para fuga de água (para evitar deslizamentos numa pista/pavimento molhado). O pneu tem de ser resistente também à pressão de enchimento (calibragem), independente do não uso de câmara de ar (que serve apenas para a vedação internamente – pneus sem câmara devendo ser suficiente vedados para evitar fuga do ar de enchimento). Além da divisão entre pneus “com câmara de ar” (*tubed*) e “sem câmara de ar” (*tubeless*), os pneus podem ser: de “alta pressão” – para pistas com pavimento rígido ou de superfície endurecida – e de “baixa pressão” – para pistas de piso macio (como terra e grama).



Os pneus são normalmente classificados de acordo com suas dimensões, resistência – da carcaça pela estrutura de lona (*ply*) e configuração do pneu (*tubed ou tubeless/com ou sem câmara*). Para garantir uma operação segura, o pneu correto deve sempre ser instalado em uma aeronave específica de acordo com o manual de operação.

Um sistema de classificação comum em uso hoje é o Associação de Aros e Pneus do EUA (*United States Tire and Rim Association*), dividindo os pneus entre nove tipos. Hoje, três classificações de pneus cobrem quase todas as classes de aeronaves em uso, desde aeronaves leves até aviões a jato modernos. Essas três classificações (*Type III, Type VII e Type VIII*) usam uma maneira ligeiramente diferente de designar dimensões dos pneus, conforme largura do pneu (*tire width*) [WW], diâmetro do aro (diâmetro interno da roda) (*Rim Dia.*) [RD] e o diâmetro do pneu ou diâmetro nominal total do pneu (diâmetro externo/*outside diameter*) [DD]



O pneu Tipo III (*Type III*) é o pneu aeronáutico comum, destinado para aviação geral, de baixa pressão, usado predominantemente em aeronaves leves com velocidade de pouso razoavelmente baixa. É um pneu facilmente identificado, pois tem um diâmetro de aro (diâmetro interno da roda) reduzido em comparação com sua largura. O pneu Tipo III é designado por um sistema de dois números: o primeiro número descreve a largura nominal do pneu [WW] e o segundo o diâmetro do aro [RD] no qual o pneu pode ser montado. Os dois números são separados por um traço – (WW – RD).

O pneu Tipo VII (*Type VII*) é o pneu aeronáutico de alta pressão e alto desempenho para instalação em aeronaves a jato. É um pneu dimensionado de acordo com um sistema de dois números (DD x RD) – o primeiro número designando diâmetro nominal total do pneu [DD], enquanto o segundo número, separado do primeiro por um sinal de multiplicação, fornece a largura nominal da seção [WW].

O pneu Tipo VIII (*Type VIII*) é o pneu aeronáutico projetado para operar com alta pressão e alta velocidade, sendo o pneu mais avançado em uso em grandes aeronaves a jato atualmente. O pneu é designado por três números (DD x WW – RD), incorporando as convenções dos pneus adotadas para os pneus Tipo III e VII - o primeiro número especificando o diâmetro externo do pneu [DD], o segundo é a largura nominal do pneu [WW] do pneu e o terceiro o diâmetro do aro [RD].

Comparativamente ao uso automobilístico, os pneus de aeronaves gastam menos tempo operando, mas devem absorver carga de impacto muito elevada e lidar com alta velocidade com grandes acelerações quando em contato com a pista. Os pneus de aeronaves são projetados para flexionar muito mais do que os pneus automotivos, o que auxilia no amortecimento de grandes cargas de impacto envolvidas.

A classificação da estrutura de lona da carcaça (“ply rating”) fornece uma indicação da resistência relativa do pneu. A resistência dos primeiros pneus era diretamente proporcional ao número de lonas de reforço presentes no projeto, que foi a origem do sistema de classificação de lona. Hoje em dia, o uso de materiais modernos e técnicas de fabricação complexas tornaram a contagem real de camadas de lona um tanto irrelevante quando se discute a resistência de um pneu. No entanto, um sistema de classificação de lona (agora desacoplado da contagem real de lona)

ainda é usado para descrever a resistência relativa de um pneu em relação a outro e continua sendo um importante indicador da resistência do pneu.

O pneu aeronáutico é projetado para usar uma válvula (tubo) de inflagem para fornecer a pressão necessária ou vedar o pneu diretamente na roda (sem uma câmara de ar). Um pneu sem câmara de ar é fabricado com um revestimento interno para evitar vazamentos de ar (e garantir a vedação), sendo identificado com a palavra “*tubeless*” (sem câmara) na parede lateral do pneu (*sidewall*). Pneu sem câmara de ar é mais leve que pneu com câmara (“*tubed*”) e é menos suscetível à deformação, que ocorre quando o pneu se desloca em relação à roda durante um choque/impacto forte.

O processo de fabricação de um pneu é baseado numa superposição de camadas, onde cada nível (por região do pneu) serve para um propósito diferente. De um modo geral, um pneu pode ser dividido em quatro regiões específicas: anel/feixe anelar (*bead*), lona (*ply*), banda de rodagem (*tread*) e a parede latera (*sidewall*).

O anel-talão (*bead*) é um reforço com uma cinta-feixe de arame de aço de alta resistência envolto em borracha. Isso confere ao pneu resistência lateral, ancorando as lonas estruturais e transferindo as cargas de impacto geradas no pneu para o aro da roda. Os pneus projetados para operar em velocidades e cargas mais altas podem demandar uma cinta de vários feixes de arames para transferir efetivamente as cargas e resistir às grandes deformações resultantes do pneu.

A lona (*ply*) – um pneu é produzido a partir de várias camadas de lona que são superpostas (colocadas umas sobre as outras) para dar ao pneu sua estrutura e forma. As lonas são geralmente fabricadas com tecido de nylon prensado entre camadas de borracha. Esses membros estruturais são às vezes chamados de “*lonas de carcaça*” (*carcass plies*) pois formam a estrutura – o “esqueleto” - do pneu. O conceito de classificação de lonas refere-se à resistência relativa da disposição de lonas do pneu. As extremidades de cada camada são ancoradas pela parede lateral, até o anel interno do pneu, para transferir a carga do pneu para a roda.

As lonas são caracterizadas de acordo com sua orientação (inclinação) em relação à direção do movimento do pneu.

Tradicionalmente, as lonas eram orientadas predominantemente na direção do movimento do pneu (com uma inclinação entre 30° e 60°). Esse esquema é denominado de “*bias ply layup*” (disposição da inclinação da lona), pois a lona é orientada com uma inclinação relativa à direção de rotação. A disposição/orientação inclinada das lonas resulta em um pneu flexível e capaz de absorver as cargas normais produzidas em pouso e decolagem.

Uma disposição de lona radial (“*radial ply layup*”) é a de lonas colocadas perpendicularmente à direção do movimento do pneu. Isso resulta em um pneu mais forte (resistente), mais rígido, mas que não é capaz de deformar tanto quanto ao pneu de lonas inclinadas (“*bias ply layup*”).

A banda de rodagem (*tread*) refere-se à camada externa do pneu projetada a superfície de contato pneu-piso; a banda de rodagem está localizada na “coroa” do pneu e deve resistir ao desgaste por fricção, abrasão, corte e rasgos que ocorrem como resultado da rolagem da aeronave e condição da pista. O padrão da superfície da banda de rodagem difere de acordo com os requisitos operacionais do pneu.

A maior parte dos pneus são ranhurados (sulcados) na direção circunferencial (*Rib Tread*), um esquema fornecendo boas características de desempenho para aeronaves que geralmente operam em pistas de piso preparado. Os sulcos que caracterizam um pneu com banda de rodagem ranhurada na direção circunferencial (*Rib Tread*) auxiliam no resfriamento do pneu e fornecem um meio para a água se afastar do pneu em condição de piso molhado.



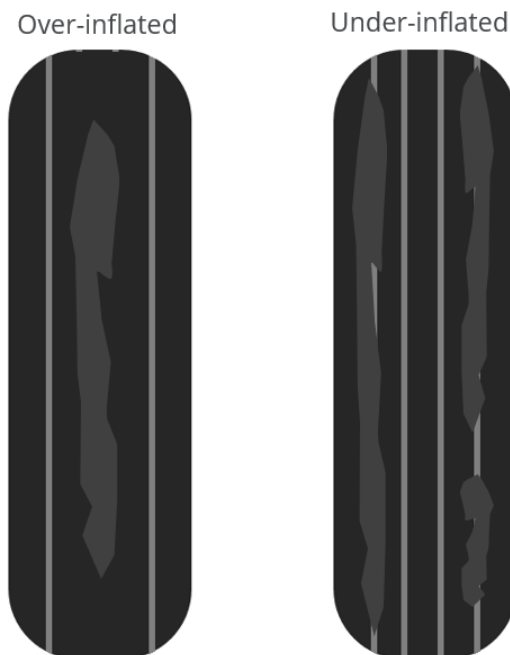
Aeronaves que operam em pistas com piso não-pavimentado ou não-preparado podem ser equipadas com um padrão de ranhuras/sulcos “cruzado” - como uma malha, ou rede, ou na forma “colméia” – (*Cross Tread*). Neste padrão o sulco é profundo no pneu e proporciona mais tração do que banda de rodagem ranhurada na direção circunferencial (*Rib Tread*) na operação em pista de solo “macio”. Em uma superfície “dura” (como pista de asfalto), o pneu fornecerá menos tração do que um pneu de banda de rodagem ranhurada na direção circunferencial (*Rib Tread*) por causa da menor área de contato total.

Algumas aeronaves mais antigas podem ser encontradas com pneu com banda de rodagem lisa (*Smooth Tread*) – ie, sem ranhuras/sulcos. Esse pneu fornece maior tração, maior área de contato e a maior força de atrito (contribuindo para maior desaceleração de uma aeronave), não sendo datado de maior capacidade para operação em pista úmida/molhada.

A parede lateral (*sidewall*) de um pneu é projetada para proteger as lonas (da “carcaça”) que dão ao pneu sua resistência. Informações sobre o pneu: suas dimensões, classificação de velocidade, classificação de camada, direção de rotação, fabricante, etc., são impressas na parede lateral para facilitar a identificação. A parede lateral internamente é coberta por um forro de borracha fino projetado para evitar danos às lonas (da “carcaça”). Pequenos orifícios de ventilação (*sidewall vent*) na parede lateral inferiormente são embutidos para permitir o escape do ar preso nas lonas, isso ajudando para evitar a formação de delaminações entre as camadas como resultado da expansão do ar preso devido às mudanças de altitude e temperatura.

Pneus que são operados com pressão de enchimento (inflagem), ou calibragem, incorreta resultam em um desgaste irregular da banda de rodagem que pode ser prejudicial à segurança do pneu. A natureza e a gravidade do desgaste podem alertar se o pneu está com pressão excessiva ou insuficiente. Tração considerável é perdida quando um pneu se desgasta além de seus limites e deve sempre ser substituído ou remanufaturado, em vez de se mantido em uso para operar em más condições.

Um pneu com pressão (calibragem) excessiva (“*over inflated*”) tenderá a se desgastar no centro da banda de rodagem. Isso ocorre porque, em calibrações mais elevadas, uma área menor do pneu (central) fica em contato com o piso, portanto o desgaste sendo maior nessa região.

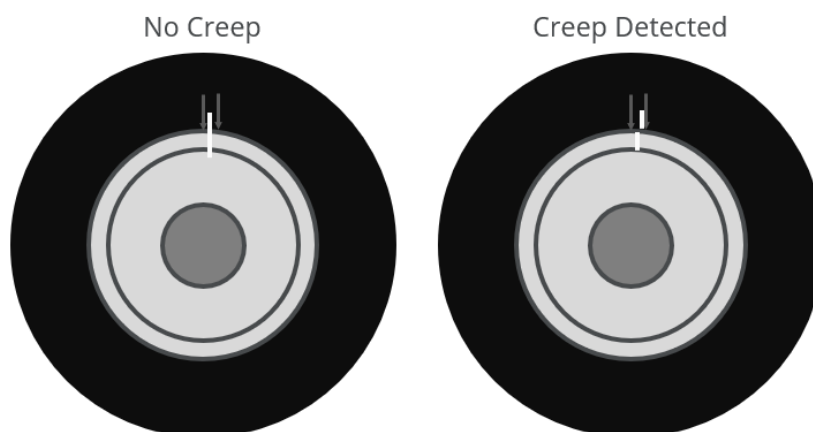


© AeroToolbox

Por outro lado, um pneu com pressão (calibragem) insuficiente (“*under inflated*”) tenderá a se desgastar nos bordos da banda de rodagem (ou ‘ombreiras’ do pneu) à medida que o pneu cede ao piso com um aumento correspondente no atrito. Isso pode levar ao superaquecimento do pneu, danos à “carcaça” e deformação (escorregamento/deslizamento) ou compressão (enrugamento) do pneu na parede lateral.

Pouso “duro” e frenagem “forte”, principalmente se o pneu estiver com baixa (insuficiente) pressão, podem levar ao movimento do pneu em relação à roda no sentido de rotação. A rotação do pneu ao redor do aro é chamada de escorregamento ou deslizamento do pneu relativamente à roda (*tire creep* ou *tire slip*) e deve ser evitada. O escorregamento ou deslizamento do pneu (relativamente à roda) com câmara é particularmente indesejável, pois isso pode causar a ruptura da válvula da câmara, resultando em um estouro (*blow out*).

Creep Marks



© AeroToolbox

O escorregamento ou deslizamento do pneu (relativamente à roda) é frequentemente monitorada pintando uma única linha branca sobre o pneu e a roda, uma vez que o pneu é instalado e inflado com a pressão correta. Qualquer escorregamento ou deslizamento é facilmente identificado à medida que a linha do pneu e da roda saem do alinhamento (pela linha branca) – denunciado pelo deslocamento das duas marcações (no pneu e na roda/banda lateral). Limites de

escorregamento ou deslizamento aceitáveis são estabelecidos pelo fabricante do pneu e muitas vezes as marcações são moldadas na parede lateral entre a qual a linha entre a roda e o pneu é desenhada. Uma vez que o alinhamento ultrapasse os limites delimitados pelas marcações, a escorregamento ou deslizamento é considerada muito severo e deve ser tratada.

FAA/SAFO 09012 – “Dangers of Improperly Inflated Tires”/Perigos da calibragem impropriamente de pneus”, de 12/06/2009:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiNIN_hiZn2AhW7r5UCHR3nDhAQFnoECAcQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.faa.gov%2Fother_visit%2Faviation_industry%2Fairline_operators%2Fairline_safety%2Fsafo%2Fall_safos%2Fmedia%2F2009%2FSAFO09012.pdf&usg=AOvVaw0mOeEDO1Io4f5mS2d3YLfp

O SAFO enfatiza a necessidade dos operadores de todas as aeronaves, e especialmente do Learjet 60, da manutenção da pressão correta dos pneus, a ser feita com a medição de pressão dos pneus frios nos intervalos recomendados por fabricante.

O SAFO retrospectiva o acidente em 19/09/2008 de um Learjet 60 durante decolagem do Aeroporto de Columbia, na Carolina do Sul/EUA, que acabou excursionando pista durante tentativa da tripulação de abortagem da decolagem. O jato tinha seis ocupantes, sendo dois tripulantes/pilotos e quatro passageiros; os dois tripulantes e dois passageiros foram feridos fatalmente, os outros dois passageiros sofreram ferimentos graves. A aeronave foi destruída por um extenso incêndio pós-acidente. A investigação inicial revelou detritos de pneus e partes de componentes do avião na pista e levantou a possibilidade que a baixa pressão dos pneus possa ter levado a falha de pneus.

Na discussão, o SAFO apresenta que pneus de aeronaves em média são compostos por 50% de borracha, 45% de manta e 5% de aço. Estes pneus são projetados para transportar cargas pesadas em altas velocidades. Problemas causados por pressão incorreta de pneu podem levar a falhas catastróficas do(s) pneu(s). A pressão excessiva de um pneu pode causar desgaste irregular da banda de rodagem, tornar a banda de rodagem mais suscetível a cortes, reduzir tração e aumentar o estresse nas rodas da aeronave. A pressão insuficiente de um pneu pode causar desgaste desigual do pneu e aumentar muito o estresse e o aquecimento flexível no pneu, o que reduz a vida útil do pneu e pode levar à ruptura do pneu.

O SAFO indica que é imperativo que os pilotos compreendam os perigos dos pneus calibrados (inflados) incorretamente. As verificações de pressão dos pneus são mais significativas à temperatura ambiente quando os pneus estão parados por pelo menos duas horas desde o último uso. Quando a pressão dos pneus é verificada com um manômetro, o manômetro deve ser calibrado.

Como ação recomendada, o SAFO indica que o acidente do LJ-60 na Carolina do Sul é um dos muitos em que pneus de aeronaves com defeito podem ter sido um problema de segurança. Todo pessoal envolvido apropriado deve verificar a pressão dos pneus usando os intervalos e procedimentos recomendados por fabricante.

FAA/SAFO 11001 – “The Importance of Properly Inflated Aircraft Tires”/A importância da correta calibragem de pneus de aeronaves”, de 06/01/2011:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjom_n8jZn2AhXZFrkGHYnhALsQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.faa.gov%2Fother_visit%2Faviation_industry%2Fairline_operators%2Fairline_safety%2Fsafo%2Fall_safos%2Fmedia%2F2011%2FSAFO11001.pdf&usg=AOvVaw2js_3rZiTWB4DChS-xXYOv

O SAFO enfatiza a importância de garantir pneus calibrados (inflados) adequadamente e as possíveis consequências que a pressão inadequada do pneu pode ter no desempenho das operações da aeronave durante o táxi, decolagem e pouso.

Numa retrospectiva, o SAFO registra que as prováveis causas de inúmeros acidentes destacaram a importância de garantir a pressão adequada de pneus das aeronaves.

O SAFO cita o acidente em 19/09/2008 de um Learjet 60 durante decolagem do Aeroporto de Columbia, na Carolina do Sul/EUA, que acabou excursionando pista durante tentativa da

tripulação de abortagem da decolagem. O jato tinha seis ocupantes, sendo dois tripulantes/pilotos e quatro passageiros; os dois tripulantes e dois passageiros faleceram, os outros dois passageiros sofreram ferimentos graves. O NTSB determinou que a manutenção inadequada dos pneus do avião foi a causa provável do acidente - a manutenção inadequada dos pneus resultou em várias falhas de pneus durante a decolagem devido à grave falta de calibragem (baixa pressão).

O SAFO também faz referência ao acidente de um Douglas DC-8-61 logo após a decolagem de Jeddah, na Arábia Saudita, matando todos os 261 ocupantes. A causa provável do acidente foram pneus com pressão insuficiente, o que por sua vez causou a explosão de um pneu superaquecido durante o táxi, o que fez com que outros pneus pegassem fogo durante a decolagem. O fogo continuou quando as rodas foram recolhidas no compartimento de roda, causando danos ao sistema hidráulico, com perda de controle hidráulico, e, finalmente, uma ruptura em vôo. O acidente também revelou vários problemas de fatores humanos que contribuíram para calibragem insuficiente dos pneus.

Na discussão, o SAFO apresenta que pneus de aeronaves são projetados para transportar cargas especificadas numa variedade de condição combinada de temperatura e velocidade de roda. Quando objeto de manutenção inadequada, os pneus de aeronaves eles ficam gravemente comprometidos e podem ocorrer consequências catastróficas. A FAA sugere que qualquer técnico associado à operação de aeronaves sob o Título 14 do Códigos de Regulamento Federal (14 CFR), conforme categoria de transporte, PART-91/subparte K, PART-121, PART-125, PART-129 e PART-135, incluindo aqueles que realizam funções de manutenção e serviço numa organização de manutenção aeronáutica homologada ou não-homologada, certifique-se que seus procedimentos promovam de certo verificações frequentes da pressão dos pneus para garantir que os pneus permaneçam calibrados (inflados) dentro da faixa de pressão (calibragem) especificada no manual de manutenção.

Pesquisa mostrou que os aviões da categoria de transporte podem perder até 5% da pressão dos pneus por dia em operações típicas. Com uma perda de pressão à taxa de 5% ao dia, apenas alguns dias serão necessários para um pneu ser requerido de serviço. Pneus sem passar por serviços, dentro de uma faixa aceitável, podem demandar a sua substituição devido a limites de baixa pressão (calibragem) especificados em manual de manutenção. Além disso, a utilização de pneu com baixa pressão (calibragem), sem a proteção adequada, como uma tela ou outros dispositivos de proteção, pode causar danos à aeronave ou ferimentos ao indivíduo que estiver fazendo um serviço no pneu com pressão insuficiente.

A intenção do SAFO é garantir que o pessoal apropriado esteja ciente da importância da pressão adequada dos pneus, de medidores de pressão de pneus adequadamente calibrados e precauções de segurança de manutenção/serviços. As verificações do intervalo de pressão dos pneus do manual de manutenção são seguidas para garantir que a pressão adequada dos pneus seja mantida com precisão. O não cumprimento dos procedimentos publicados com pneus de aeronaves pode resultar em ferimentos pessoais ou perda catastrófica da aeronave.

Como ação recomendada, o SAFO indica que o seu conteúdo seja endereçado para conhecimento e familiarização por detentores de certificados de transportadora aérea, gerentes de programas de propriedade compartilhada, gerentes de centros de treinamento, diretores de manutenção, fornecedores de manutenção e outros elementos envolvidos com responsabilidade por manutenção de aeronaves.

[FAA/AC 20-97B – “Aircraft Tire Maintenance and Operational Practices”/“Práticas de Operação e manutenção de pneus de aeronaves”, de 18/04/2005 e alteração em 11/09/2018:](https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_20-97B_CHG_1.pdf)
https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_20-97B_CHG_1.pdf

A Circular apresenta cuidados e práticas de manutenção de pneus recomendáveis para garantir segurança da aeronavegabilidade continuada de aeronaves e do pessoal de apoio. Especificamente, a Circular fornece orientação sobre a instalação, enchimento (inflagem/calibragem), manutenção e remoção de pneus de aeronaves. Além disso, a Circular fornece orientação sobre as práticas operacionais necessárias para manter as operações seguras das aeronaves. A Circular não é obrigatória e não constitui um regulamento, com sua emissão tendo fins para orientar e delinear práticas aceitáveis de manutenção e operação de pneus. Em vez de seguir este(s) procedimento(s) sem desvios, os operadores podem optar por seguir um método alternativo que também seja considerado aceitável pela FAA.

A Circular preambula que pneus de aeronaves são caracterizados por altas deflexões (32-35%) e elevado nível de pressão de enchimento (inflagem) para responder às cargas necessárias com um tamanho físico e peso mínimos. O intervalo de serviço (operação) de um pneu de aeronave é relativamente curto (táxi e decolagem, pouso e táxi) e intermitente, com períodos sem utilização (durante vôo) entre as fases da sua operação (aeronave em solo). O desempenho seguro e confiável é alcançado quando o pneu da aeronave é operado no ambiente previsto em projeto. No entanto, o desempenho seguro de um pneu é prejudicado quando o mesmo sofre superaquecimento ou danos por objetos estranhos (FOD). Ambas as condições podem ser diretamente influenciadas pelas práticas operacionais do operador e de autoridade aeroportuária.

Na questão de manutenção do conjunto pneu-roda em serviço, a Circular fornece as seguintes orientações:

- (1) controle de pressão de enchimento (inflagem), ou calibragem – a pressão de enchimento (inflagem), ou calibragem, de um pneu deve ser verificada diariamente usando um manômetro cuja escala é adequada à faixa de pressão que está sendo aplicada e monitorada. A precisão da medição do manômetro deve estar dentro de 2% para toda a faixa de pressão operacional do pneu. A Circular destaca que manter com precisão a pressão de inflagem correta é a única tarefa mais eficaz no regime de manutenção preventiva para operações seguras de pneus.
- (2) controle de pressão de enchimento (inflagem), ou calibragem, em serviço - as verificações de pressão são mais significativas em conjunto a “frio” – que se define como o conjunto que está à temperatura ambiente ou que estejam “em repouso” (fora do uso pela operação da aeronave) por pelo menos 2 horas desde o último serviço. Quando possível, verificações diárias de pressão devem ser feitas no conjunto “a frio”.
- (3) pressão (calibragem) de serviço - pressão (calibragem) de serviço é a pressão de enchimento/ (inflagem), ou calibragem, necessária para suportar a carga operacional máxima para uma roda em posição. A pressão de serviço é medida com o conjunto sob carga. Ao testar a pressão de um conjunto carregado, dever-se-á inflar e manter os pneus montados com nitrogênio. A pressão manométrica deverá indicar uma faixa entre 100% e 105% da pressão de serviço especificada, desde que a pressão nominal do pneu e a pressão de qualificação pelo TSO da roda não sejam excedidas.
- (4) recalibragem:
 - (4.a) qualquer conjunto encontrado com carga de 90% e 100% da pressão de serviço deverá ser recalibrado para a pressão de serviço especificada.
 - (4.b) qualquer conjunto que esteja operando com carga de 90% da pressão mínima de serviço carregada deverá ser retirado de serviço.
 - (4.c) qualquer conjunto que tenha sido operado com carga de menos de 80% da pressão mínima de serviço, e seu eventual “par” no eixo, ambos deverão ser retirados de serviço.
 - (4.d) se operador não descartar pneus não-conformes retirados de serviço, os mesmos deverão ser devolvidos a uma oficina de reparo com uma descrição do motivo da remoção de aeronave.
- (5) ambiente operacional do pneu – como pneus de aeronaves operam com elevados valores de carga e pressão de inflagem, podem ser facilmente danificados quando rolarem sobre objetos duros que se projetam acima de uma superfície pavimentada. Os danos nos pneus produzidos por esses objetos podem variar de uma marca superficial a um defeito grave. A penetração na caixa/carcaça pode resultar em perda da banda de rodagem durante as operações. A penetração total resultará na perda da integridade da inflagem e na deflexão excessiva do pneu. Sendo

assim, pneus devem ser inspecionados após cada ciclo de trabalho. Quando isso for impraticável, pneus devem ser inspecionados o mais rápido possível, como na próxima troca de tripulação; no mínimo, pneus devem ser inspecionados diariamente.

No tocante a práticas operacionais (por tripulantes e pessoal de solo) - enquanto no solo, as tripulações de vôo e as equipes de assistência em solo podem ter uma influência substancial no desempenho seguro de pneus da aeronave.

Em se tratando de (i) manobras de curvas, a Circular apresenta e orienta:

- aeronaves são capazes de serem manobradas através de curvas fechadas que resultam altas cargas laterais nos pneus. Quando submetido a tais condições, o pneu pode sofrer danos externamente na banda de rodagem ou na parede lateral, danos internamente na estrutura da carcaça (conjunto de lonas) ou deslocamento do talão reforçado (*bead* – anel/cinta-feixe de arame de aço de alta resistência envolto em borracha) com conseqüente perda de pressão.
- manobras no solo devem ser feitas no maior raio de curva possível, quando possível. Para o pneu do trem de pouso de ‘nariz’, a aeronave deve começar a rolar com o pneu alinhado em uma posição reta antes de iniciar a manobra de curva. O raio mínimo de curva ainda deve permitir que o pneu mais próximo do centro da curva continue girando (rolando).

Em se tratando do fator (ii) temperatura, a Circular apresenta e orienta:

- pneus de aeronaves geram calor internamente durante as operações normais. Sob altas cargas da aeronave (particularmente sob condições de *sideload* – carregamento lateral), o acúmulo de calor é acelerado por velocidade excessiva de taxiamento e/ou distância excessiva de taxiamento. A integridade e confiabilidade do pneu podem ser comprometida quando ocorre uma combinação dessas condições.

Na questão de inspeções em serviço por operador (da aeronave), a Circular fornece as seguintes recomendações:

- (1) de remoção de pneu por danos na banda de rodagem: pneus que exibam uma qualquer das seguintes características de danos devem ser retirados de serviço:
 - (1.a) rasgos e/ou cortes em uma ranhura (sulco) da banda de rodagem, que esteja fraturando material adjacente (ao rasgo ou corte) a ponto de levantar (soltar) o material, numa direção paralela à estrutura de lona(s). Corte ou um FOD encravado não deve ser mexido enquanto o pneu estiver inflado.
 - (1.b) fratura de borracha progredindo por banda de rodagem/ranhura numa direção paralela à estrutura de lona(s).
 - (1.c) rasgo transversal na banda de rodagem visível na superfície e mostrando progressão ao longo de uma trajetória angular para baixo na camada de borracha.
- (2) de caráter geral para remoção de pneus: pneus com uma qualquer das seguintes condições devem ser retirados de serviço:
 - (2.a) cortes na parede lateral que penetram na camada estrutural (lona), na “carcaça”, mais externa.
 - (2.b) segregações internas caracterizadas por saliências ou distorções na carcaça ou nas paredes laterais.
 - (2.c) aquecimento ou deslizamento evidenciado por borracha carbonizada ou enrugada acima do flange da roda.
 - (2.d) marcas de desgaste ou manchas planas na camada da carcaça, lona diagonal ou radial, mais externa
- (3) de remoção para eventos operacionais atípicos: pneus que tenham sido submetidos a eventos operacionais não-normais, como decolagem rejeitada de alta energia ou pouso com alta velocidade e de alta energia - onde os fusíveis térmicos ativaram - devem ser removidos e descartados. Os pneus que tenham permanecido inflados devem ser removidos e devolvidos a um fornecedor de serviço de pneus com uma descrição do motivo da remoção.

Na inspeção pós-remoção, os pneus retirados de serviço antes do desgaste da banda de rodagem devem ter as áreas danificadas demarcadas antes do esvaziamento. Os conjuntos

removidos antecipadamente quanto à perda de pressão do pneu devem ser testados antes que o pneu seja desmontado. Cada conjunto com carga de baixa pressão deve ser reinflado (recalibrado) em uma gaiola de segurança a uma pressão que não exceda 50% da pressão de serviço e causa da perda de pressão deve ser determinada.

Na remoção antecipada, pneus que tenham desgaste diferente do normal devem ter o motivo da remoção especificado e incluído na documentação que acompanha cada pneu quando for devolvido ao fornecedor. Além disso, os pneus devem ter algumas marcações previamente acordadas para auxiliar em sua disposição final.