

EBOOK Gratuito

Por Sergio Duarte

OS SEGREDOS POR TRÁS DO SAFETY ASSESSMENT

TODOS OS PASSOS PARA ENTENDER TUDO SOBRE AVALIAÇÕES DE SEGURANÇA EM PROJETOS AERONÁUTICOS



Engenharia
Aeronáutica

www.EngenhariaAeronautica.com.br

SUMÁRIO

01 *INTRODUÇÃO*

*O CAMINHO PARA O
SAFETY ASSESSMENT* **02**

03 *A AC 25.1309 NO PROCESSO
DE CERTIFICAÇÃO*

*AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA,
PROBABILIDADES* **04**

05 *ELABORANDO UM
SAFETY ASSESSMENT*

CONSIDERAÇÕES FINAIS **06**



01 INTRODUÇÃO

Poucos conhecem, e menos ainda entendem. Mas em miúdos, o que é Safety Assessment? Uma avaliação de segurança é, de maneira simplória, uma análise onde o engenheiro precisa demonstrar uma relação inversamente proporcional entre a chance de um problema ocorrer, e o tamanho desse problema.

Falando assim parece simples, certo? Pois é verdade. A dificuldade maior não é a Avaliação de Safety em si, mas o entendimento da integração dos sistemas de uma aeronave e a interpretação dos requisitos, para que sejam cumpridos e a documentação apresentada para a autoridade certificadora.

Qual a importância disso para um engenheiro aeronáutico? Bom, não adianta projetar uma super asa, ter uma estrutura otimizada e uma aviônica avançada, se a sua aeronave não possui uma Avaliação de Segurança satisfatória.

A Avaliação de Segurança foi "importada" da indústria nuclear, e provou-se extremamente eficaz no projeto de aeronaves. Além disso, acidentes históricos foram, apesar de tudo, de grande importância para o entendimento da aplicação de uma Avaliação de Segurança;

Então prepare-se, pois o que você vai aprender aqui, é único, e vai te proporcionar um conhecimento sobre Safety Assessment inigualável!



02

O CAMINHO PARA O SAFETY ASSESSMENT

Fala-se muito em avaliação de segurança (do Ing.: Safety Assessment), na comunidade aeronáutica civil e militar, mas quem já realizou avaliações dessa natureza ou trabalhou como analista dessas avaliações, em um organismo de certificação civil ou militar, sabe que o tema não é tão simples.

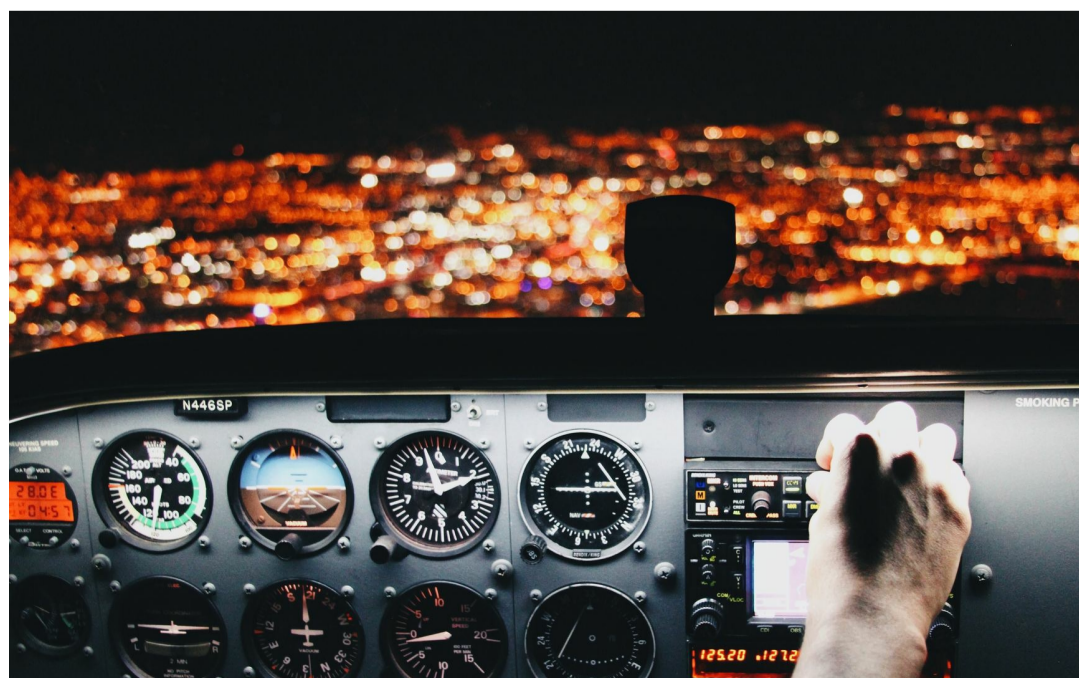
A avaliação de segurança é mais conhecida por requerentes e organismos certificadores pelo termo inglês Safety Assessment (SA). Da mesma forma, assim será tratada neste trabalho.

As normas e procedimentos civis para SA são apropriadas também para o meio militar, mas a autoridade de certificação militar pode ou não aceitar essas normas e procedimentos civis, uma vez que a regulamentação militar pertinente não se submete obrigatoriamente à regulamentação da aeronáutica civil.

Regulamentação

Vamos tratar aqui, em especial, dos requisitos contidos em CFR 14 Part 25 § 1309-1A, o popular FAR 25.1309: Equipment, Systems, and Installations.

Como qualquer outro documento que estabelece requisitos, só se registra ali o que tem de ser, mas não como fazer para verificar a conformidade com esses requisitos.





A FAA criou as chamadas Advisory Circulars (AC), procurando orientar com sugestões a maneira de verificar essa conformidade. São documentos que sugerem uma metodologia para realizar essa verificação de conformidade, mas não são de utilização obrigatória pelos requerentes. Procuram também evitar que os requerentes interpretem diferentemente os requisitos.

A AC correspondente ao FAR 25.1309 é a AC 25.1309-1A, de 21/6/1988, mas como foi dito, a AC é apenas uma sugestão. Desse modo, o requerente pode usar outra metodologia, desde que consiga demonstrar a conformidade com os requisitos. Assim, ele pode usar também sugestões de outras AC, como por exemplo a AC 23.1309-1E (System Safety Analysis and Assessment for Part 23 Airplanes), dedicada a SA pertinente aos requisitos do FAR 23.1309 (Aviões Leves) e até mesmo versões anteriores de uma mesma AC.

ENTENDENDO DEFINIÇÕES

Os termos "analysis" e "assessment" são usados, ao longo da AC. Cada um tem uma conotação ampla e os dois termos são, até certo ponto, intercambiáveis. No entanto, o termo "analysis" geralmente implica em uma abordagem mais específica e detalhada. O termo "assessment" pode ser tratado como uma avaliação mais geral ou ampla, podendo incluir um ou mais tipos de análises. Na prática, o significado vem da aplicação específica (por exemplo, Análise por Árvore de Falhas ("Fault Tree Analysis – FTA"), Análise de Markov, AMPS, etc.).



O FAR 25.1309 estabelece cinco requisitos: (a), (b), (c), (d), (e) e (f). Mas a AC trata apenas dos meios para demonstrar a conformidade com os requisitos (b), (c) e (d), exatamente aqueles requisitos que, de alguma forma, requerem uma SA.

Os requisitos (a), (b), (c), (d) são aplicáveis à instalação de todos os equipamentos e sistemas (pneumáticos, hidráulicos, elétrico/eletrônicos, mecânicos e de propulsão), mas não se aplicam a elementos estruturais.

O requisito (b) trata das condições de falha catastrófica e das condições de falha que, de alguma forma, reduzem a capacidade da aeronave ou da tripulação de lidar com esses efeitos.

A verificação da conformidade com o requisito (b) é tratada no requisito (d), que exige que tal demonstração de conformidade seja feita por análise (SA) e, por ensaios no solo, em voo ou em simuladores. Mas a AC 25.1309-1A deixa bem claro que não se requer ensaios para verificar condições de falha catastróficas. Essa verificação deve ser só por análise (SA). A sequência da SA começa com uma Safety Analysis denominada Functional Hazard Assessment (Análise de Perigo Funcional). Trata-se de uma análise qualitativa para verificar os efeitos da falha de um sistema nas funções de outros sistemas da aeronave.

Condições de falha

- Menor (Minor);
- Maior (Major);
- Maior severa (Severe Major) ou Perigosa (Hazardous); e
- Catastrófica (Catastrophic).





Tal gradação leva em consideração a capacidade da aeronave de voar e pousar com segurança, a capacidade da tripulação em lidar com as condições de falha e o conforto dos ocupantes. Num extremo está a severidade Menor, que não traria problemas preocupantes; noutra, está a catastrófica, que não permitiria a continuidade do voo e o pouso seguros, podendo resultar em perda da aeronave e de vidas.

A AC 25.1309-1A admite que a severidade Menor seja provável, ou seja, que possa ocorrer. A Maior deve ser improvável. A Maior Severa ou Perigosa (Hazardous) deve ser extremamente remota. Já a catastrófica deve ser extremamente improvável.

Condições de falha em números

- Severidade Maior
 1×10^{-7} e 1×10^{-5}
- Severidade Maior Severa ou Perigosa
 10^{-9} e 10^{-7}
- Severidade Catastrófica:
 10^{-9}



03

AC 25.1309 no Processo de Certificação

Sobre a AC 25.1309

A AC não é uma metodologia que deve ser obrigatoriamente seguida pelo requerente. É apenas uma ajuda da Autoridade para o requerente desenvolver seu trabalho de verificação de conformidade com os requisitos, de maneira aceitável pela Autoridade.

Mas essa não obrigatoriedade tem seus pontos controversos porque há orientações na AC que têm de ser seguidas, sim, constituindo-se assim em uma espécie de requisitos, isto é, são obrigatórios.

Como veremos mais adiante, a AC define o binômio Severidade da Condição de Falha e Probabilidade da Condição de Falha, estabelecendo para a primeira um ranking de situações de gravidade das condições de falha e, para a segunda, faixas de probabilidade com limites definidos. O requerente tem de seguir isso. Portanto, é requisito.



A AC 25.1309-1A se aplica aos requerentes de Type Certificate (TC), Amended Type Certificate (ATC), Supplemental Type Certificate (STC) ou Parts Manufacturer Approval (PMA), para a aprovação inicial de um novo projeto de tipo ou de uma modificação no projeto de tipo aprovado. Estamos mantendo aqui a nomenclatura adotada pela FAA, uma vez que estamos tratando de documentação daquela Autoridade. Com relação à nomenclatura adotada pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), o leitor pode dirigir-se ao site da autoridade brasileira. escrever.

Peculiaridades da AC 25.1309

Naturalmente, o emprego da AC depende da aplicabilidade do §25.1309. Em decorrência, ela se aplica aos sistemas da aeronave e a seus componentes associados, bem como à instalação desses itens. Mas procurando deixar mais claro, estão incluídos os sistemas pneumáticos, hidráulicos, elétrico/eletrônicos, mecânicos e de propulsão (motores e hélices).

Mas existem algumas exceções que precisam ser evidenciadas, para evitar que o requerente adote caminhos indesejáveis. No caso de uma certificação de projeto de tipo de uma aeronave, estão excluídos equipamentos e sistemas aprovados como partes de um motor ou de uma hélice com certificados de tipo.

O requisito §25.1309 não se aplica a elementos estruturais nem desempenho e de características de voo. Mas, aqui vai a sutileza: o § 25.1309 aplica-se aos equipamentos e sistemas que exercem funções que levam esses itens a incorporarem essas características, atendendo aos requisitos estabelecidos no §25.201. Assim, por exemplo, o §25.1309 não se aplica às características de stall inerentes à aeronave. Mas se aplica ao sistema de Alarme de Stall (Stick Pusher) ou Barreira de Stall (stall barrier).



O início de uma Avaliação de Segurança

Quais são os pontos básicos que temos de considerar numa SA? A resposta é: “falha”, “condição de falha”, “severidade da condição de falha” e “probabilidade de ocorrência da falha que leva à respectiva condição de falha”.



Falha (Failure) é uma ocorrência ou evento que afeta a operação de um item de tal modo que ele não consiga mais realizar sua função (isso inclui a perda funcional ou um mau funcionamento - defeito). Mas erros não são considerados falhas, embora possam causar falhas.

Nota-se que há alguma confusão entre os Termos failure e fault.

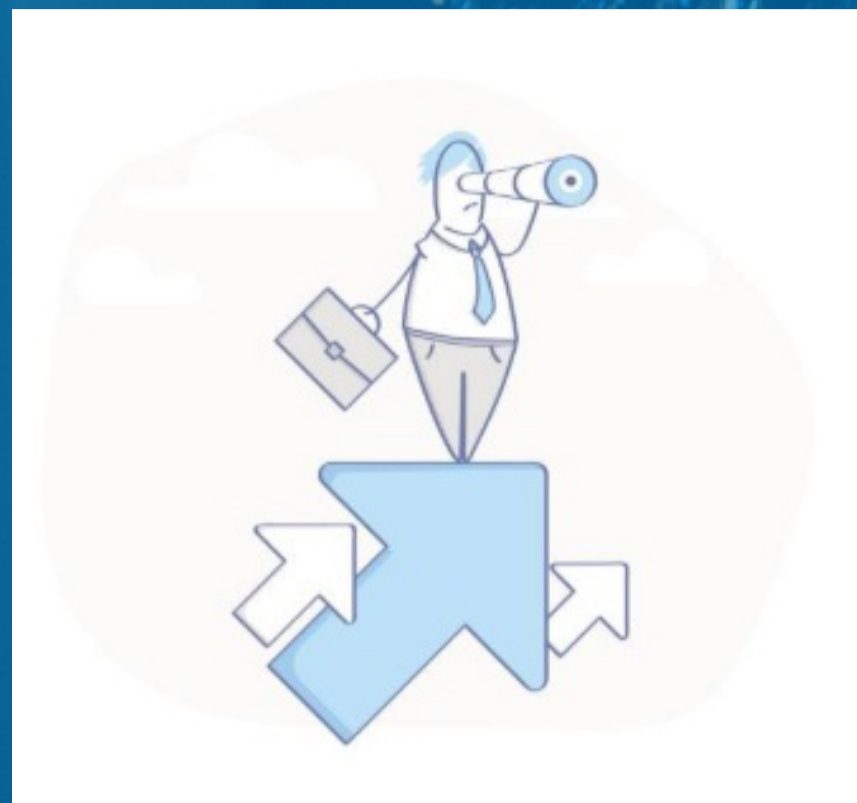
Seguindo algumas entidades internacionais, failure é um evento e fault é um estado. Após uma failure, o item entra em fault. É exatamente o que diz a NBR 5462, que traduz fault por pane. O pessoal de manutenção usa os termos exatamente com este significado.

Condição de Falha é uma tradução literal de Failure Condition. Melhor, para nós brasileiros, seria Failure Effect porque é exatamente esse o significado do termo inglês. Trata-se do efeito potencial tanto na aeronave quanto em seus ocupantes, causado ou contribuído por uma ou mais falhas (incluindo defeitos) ou erros. Leva-se em conta a fase do voo e as condições operacionais ou ambientais adversas (variações de temperatura, gelo, raios, condições de pistas, condições para a comunicação, navegação e serviços de controle de tráfego no solo, exposição a HIRF, etc.).

Defeito de qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos (NBR 5462). Esse conceito está bem próximo do termo inglês Malfunction.

O termo Severidade (uma tradução livre de Severity) refere-se à gravidade de uma condição de falha. O FAR 25.1309 não trata disso. É a AC que detalha os chamados níveis de severidade.

Embora a AC não deva estabelecer requisitos (porque é uma sugestão), essa escala, ali estabelecida, acaba sendo um requisito, ou seja, as condições de falha têm de ser enquadradas nessa escala. Por isso, é prudente que o requerente adote essa escala.



O enquadramento em cada graduação pode gerar uma bela discussão com a Autoridade, em virtude da subjetividade na interpretação da graduação a ser utilizada para uma determinada condição de falha. Nesse ponto, a experiência do analista do Requerente é importante.

Recomenda-se inclusive que sejam envolvidas, nesse enquadramento, todas as equipes de projeto e o pessoal operacional de ensaio em voo.



Condições e Permissibilidades

Primeiramente, é necessário ter em mente que não existe avião à prova de acidente fatal. Probabilidade zero de ocorrência desse tipo de acidente é mera quimera. Podem-se usar milhares de redundâncias para um sistema e, ainda assim, a probabilidade de acidente fatal não é nula. Além de tal prática poder levar os custos de projeto às alturas.

Por isso, foi necessário estabelecer um aceitável nível de segurança (Acceptable Safety level). Esse nível, na aviação civil, decorreu do que se intitulou de taxa aceitável de acidentes (Acceptable Accident Rate).

Essa taxa derivou da análise da taxa de acidentes de toda a frota de aviões comerciais ocidentais, no período de 1970 a 1980. Observou-se que, nesse período, a taxa de acidentes catastróficos foi pouco menor que 1×10^{-6} .



O número Mágico: 0,0000000001

O famigerado número 10^{-9} . De onde ele surgiu?

Assumindo que N_C seja o número de eventos catastróficos, e que, 10^6 seja um número grande o suficiente de horas de voo.

Temos então:

$$\frac{N_C}{10^6} < 1 \cdot 10^{-6}$$

O valor acima pode ser considerado como probabilidade, obtida segundo o conceito empírico de probabilidade:

$$P = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{n}{N}$$

Supondo que 10^6 horas seja um número suficientemente grande, onde:

- n seja o número de falhas observadas; e
- N seja o número de horas computadas

A análise das causas desses acidentes evidenciou que apenas 10% foram causados por falhas de sistemas. Em números:

$$\frac{N_c}{10^6} = \frac{N_s + N_0}{10^6} = \frac{0,1N_c + 0,9N_c}{10^6}$$

onde N_s é o número de acidentes atribuídos a sistemas, e N_0 é o número de acidentes atribuídos a outros itens.

Desse modo, a parte atribuída a sistemas foi:

$$\frac{N_s}{10^6} = \frac{0,1N_c}{10^6} < 0,1(1 \cdot 10^{-6}) = 1 \cdot 10^{-7}$$

Partindo de uma hipótese arbitrária, estabeleceu-se que uma grande aeronave comercial poderia apresentar cerca de 100 potenciais condições de falhas catastróficas atribuíveis a sistemas.



Desse modo, ter-se-ia um subconjunto de eventos do espaço amostral das condições de falhas catastróficas constituído por 100 eventos. Cada um para cada condição de falha catastrófica atribuível a sistemas. Poder-se-ia então representar tal subconjunto por:

$$C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_{99}, C_{100}\}$$

Teríamos então:

$$P(C) = P(C_1) + P(C_2) + P(C_3) + \dots + P(C_{99}) + P(C_{100}) < 1 \cdot 10^{-7}$$

Admite-se que C seja um conjunto equiprovável, ou seja, que cada um de seus 100 eventos tenha a mesma probabilidade de ocorrência.

Rigorosamente, isso não é verdade. Mas tendo em conta que para nossa análise o interesse está na faixa atribuída a cada severidade, podemos considerar um único e genérico valor representativo de probabilidade para cada evento de cada faixa. Neste caso, é a faixa dos eventos catastróficos. Sendo assim, teríamos:

$$P(C_1) = P(C_2) = P(C_3) = \dots = P(C_{99}) = P(C_{100}) = P(C_i)$$

Portanto:

$$P(C) = P(C_1) + P(C_2) + P(C_3) + \dots + P(C_{99}) + P(C_{100}) = 100P(C_i)$$

$$100 \cdot P(C_i) < 1 \cdot 10^{-7} \Rightarrow P(C_i) < \frac{1 \cdot 10^{-7}}{10^2}$$

Resultando no famigerado número:

$$P(C_i) < 1 \cdot 10^{-9}$$

Esta é a faixa registrada na AC, para as condições de falha Catastrófica.



Entendendo o Regulamento

Uma vez estabelecido esse valor máximo do intervalo aberto de probabilidade, para as condições de falhas catastróficas, foram estabelecidos também os outros limites máximos de intervalos para as demais severidades. Não temos informações de que esses limites tenham se baseado em dados históricos ou se foram arbitrados.

Com base nos resultados numéricos acima, a AC estabelece então, para a condição de falha Catastrófica, a faixa de probabilidade $P < 10^{-9}$. Em consequência, essa é a faixa de valores que o item (b)(1) do § 25.1309 diz que tem de ser extremamente improvável.

Já a condição de falha Maior, que o item (b)(2) do § 25.1309 estabelece que tem de ser improvável, a AC a situa no intervalo aberto de probabilidade $10^{-9} < P < 10^{-5}$.

Finalmente, para a condição de falha Menor, a AC a situa na faixa $P > 10^{-5}$, estabelecendo para os valores aí contidos o nível provável. Esta condição de falha não é enquadrada no § 25.1309 porque é aceitável que ocorra.

É importante observar que a AC estabelece também duas possibilidades para o enquadramento na severidade Maior, uma mais grave que a outra. Fala de uma severidade, digamos, Maior Normal, ou simplesmente Normal, e de uma severidade Maior Severa. Esses dois casos estão enquadrados, sem distinção na AC, na já mencionada faixa de probabilidades $10^{-9} < P < 10^{-5}$.

Com relação a esse detalhe da severidade Maior, registra-se que a AC 23.1309-1E, para pequenos aviões, e a AMC 25.1309, da EASA, para grandes aeronaves, denominam as duas condições de severidade Maior da AC 25.1309- 1A de Maior e Perigosa (Hazardous), caracterizando-as da seguinte maneira:

- Maior: Remota - $10^{-9} < P < 10^{-7}$.
- Perigosa (Hazardous): Extremamente Remota - $10^{-7} < P < 10^{-5}$.

05 ELABORANDO UM SAFETY ASSESSMENT

Lembrando a você que a AC é uma sugestão, uma tentativa de ajudar o requerente no desenvolvimento de sua SA, para fins de certificação.

A SAE (Society of Automotive Engineers) elaborou o documento ARP 4761 (AEROSPACE RECOMMENDED PRACTICE), que ajuda os fabricantes de aeronaves a realizar uma SA com vistas a cumprir os requisitos do parágrafo 25.1309.

Mas é conveniente salientar que a SA desenvolvida, segundo esse documento, visa identificar os requisitos de segurança, em nível aeronave, para depois alocá-los ao nível sistema e daí, ao nível equipamentos. Ou seja, é uma ferramenta de projeto, sob o ponto de vista de geração de requisitos de segurança do projeto. No entanto, é também um procedimento que permite mostrar a conformidade com os requisitos do dito parágrafo.

Assim, nem todos os documentos gerados nesse processo vai para a Autoridade de certificação, permanecendo apenas nos arquivos da empresa relativos ao processo de desenvolvimento da aeronave.

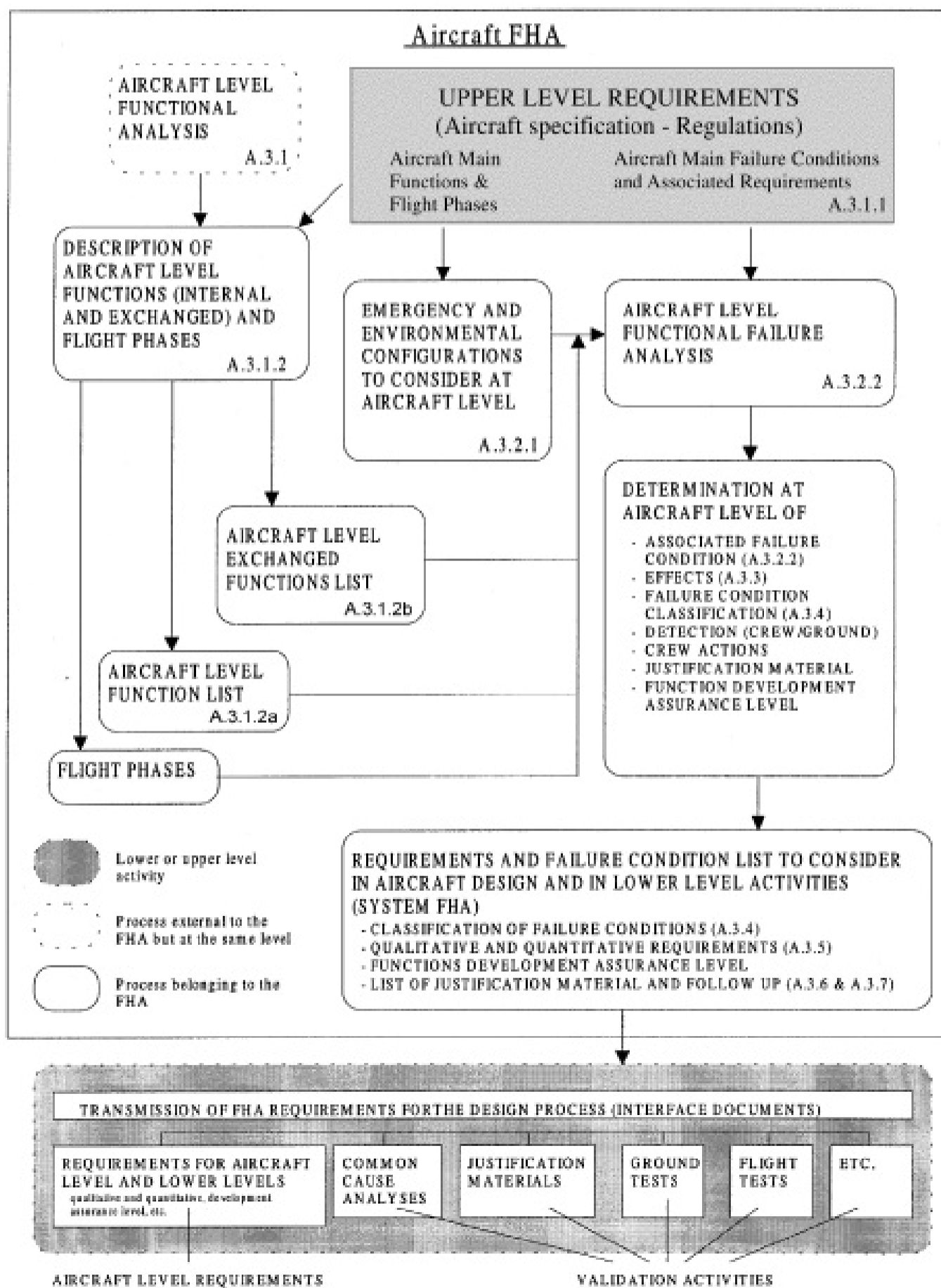
A FAA, em sua documentação, considera a ARP 4761, onde aplicável à certificação, adequada para a verificação da conformidade com os requisitos parágrafo 25.1309 (Ref 3). Mas, sem dúvida, uma avaliação baseada na ARP 4761 tem também aplicabilidade aos parágrafos 23.1309, 27.1309 e 29.1309..



Você tem de saber até que ponto deve aplicar esse processo porque as atividades de SA costumam muito caro, em função do substancial número de homens horas que, em geral, é empregado.

Mas como geradora de requisitos para o projeto, a SA começa na chamada Fase (ou Projeto) Conceitual do ciclo de vida da aeronave. Nessa fase, são estabelecidas apenas as funções que a aeronave deverá realizar, razão pela qual a SA concentra-se apenas nessas funções. Uma vez identificadas as funções da aeronave, a empresa identifica os requisitos ou atributos (ou características) desejáveis para essas funções, sob o ponto de vista de desempenho e segurança. Obviamente, é no aspecto de segurança que estamos interessados.

Para identificar esses requisitos, é recomendável utilizar a avaliação denominada Avaliação de Perigo (Risco) Funcional (Functional Hazard Assessment – FHA).



Essa avaliação identifica as condições de falhas que afetam as funções da aeronave, ou seja, que ocasionam a perda dessas funções ou que as deterioram, com efeitos adversos na aeronave, na tripulação e em outros ocupantes.

O objetivo é enquadrar a severidade desses efeitos na classificação de Menor, Maior, Maior Severa ou Catastrófica, conforme a AC 25.1309-1A, impondo as faixas de probabilidade estabelecidas pela AC para cada uma dessas severidades.

Esses requisitos ou atributos desejáveis para as funções da aeronave são reunidos numa especificação técnica, que vai orientar os projetistas, no projeto dos sistemas que, em última análise, realizarão as funções da aeronave.

É a chamada alocação funcional nível sistema. A SA prossegue depois com a alocação de requisitos para o nível dos equipamentos que constituirão os sistemas.



FHA nível Aeronave

Objetivo: identificar condições de falhas funcionais na aeronave e a severidade das mesmas, na tripulação e nos passageiros, enquadrando-as nas respectivas faixas de probabilidades.

Uma função apresenta perda total, quando não existe mais nenhum outro meio que a execute. A perda é dita parcial, quando ainda é possível executar a função, utilizando outro meio. É o caso de uma função que é realizada por um meio primário e, na ausência deste, por um meio secundário. Neste caso, quando se fala em falha total, está-se falando de falha dos dois meios. A perda total pode conduzir a uma severidade Maior Severa ou Catastrófica. Mas quando se perde apenas o meio principal, a severidade pode ser, por exemplo, no máximo Maior.

Não se pode perder de vista que condições de falha podem também decorrer do ambiente em que a aeronave estará imersa. Desse modo, é necessário considerar as condições ambientais que podem gerar perigos.

A fase do voo pode também influenciar na severidade de uma falha porque, às vezes, uma função não é tão importante numa ou noutra fase, mas é fundamental em outras.

O período do dia em que ocorre o voo também pode influenciar na severidade de uma condição de falha. Por exemplo, perder a iluminação de um painel, no período noturno, é bem mais grave do que no período diurno.

Condições de falha identificadas com severidade Menor não são objeto de análises posteriores; basta que sejam registradas e tenham essa severidade devidamente justificada. Mas as condições de falha com severidade Maior, Maior Severa e Catastrófica devem continuar em análise, no nível de sistemas.

Terminada a avaliação no nível aeronave, é aconselhável registrar os resultados de forma tabular.

Análise de Conceitos

Função – Por ser uma ação, a função costuma ser descrita por uma frase verbal com o verbo no infinitivo, como por exemplo: “Desacelerar a aeronave no solo”.

Condição de Falha – A condição de falha é caracterizada pelo efeito da falha ou defeito sobre a função, podendo conduzir a sua perda parcial ou total. Esse efeito é, em geral, descrito por uma expressão substantiva, como por exemplo: “Perda da capacidade de desaceleração”.

Fase – Fase do voo (Ex.: Cruzeiro, Aproximação).

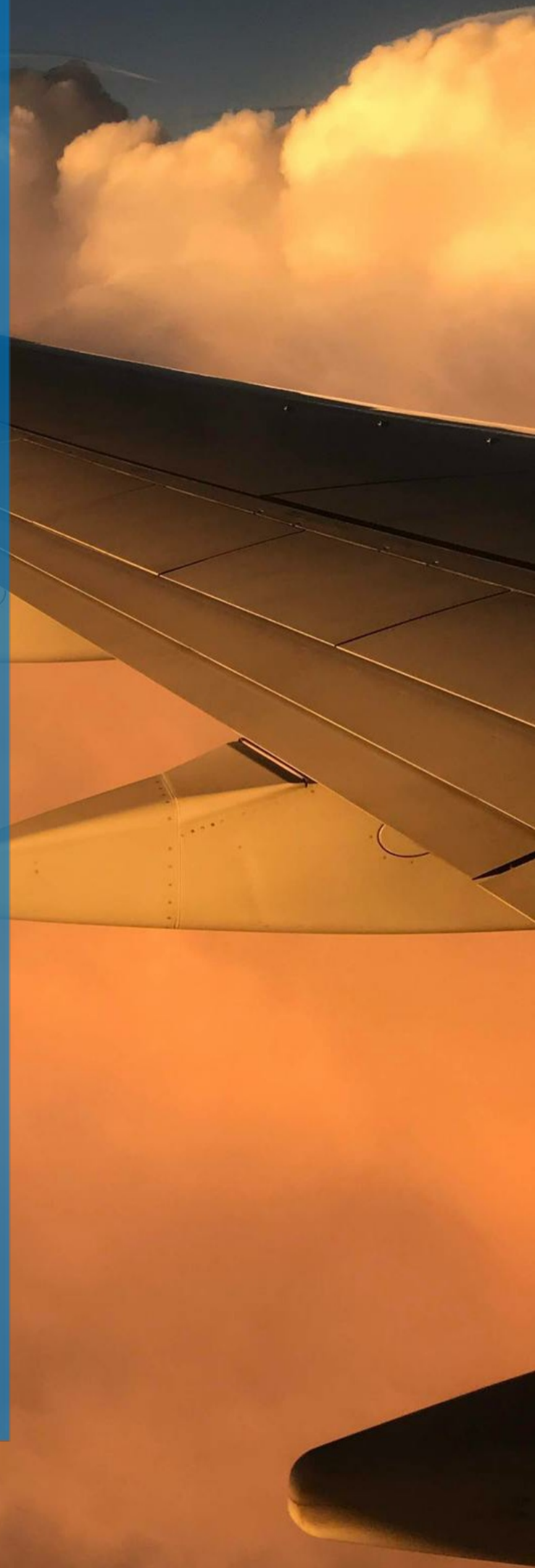
Efeito na Aeronave, Tripulação e Passageiros – Possíveis consequências adversas na aeronave, na tripulação e nos outros ocupantes, ou seja, a severidade.

Severidade – Menor, Maior, Maior Severa ou Catastrófica.

Referência para Material de Ajuda – Pode ser uma sugestão passada ao projetista para inseri-los, por exemplo, num manual ou num programa de treinamento da tripulação.

Verificação – Estabelecer numa análise de funções de segundo nível, os requisitos de probabilidades a serem alocados para esses sistemas. Tais sistemas, em última análise, vão gerar as funções nível aeronave. Todas as condições de falhas classificadas como Maior Severa e Catastrófica devem ser levadas para esse nível de análise.

A Análise por Árvore de Panes (Fault Tree Analysis - FTA) é uma boa ferramenta para essa análise.



FHA nível Sistema

A FTA utilizada na FHA nível aeronave é dita preliminar porque, mais adiante, na FHA nível sistemas, as condições de falha e os requisitos estabelecidos nível aeronave serão confirmados e/ou atualizados.

A partir dos requisitos de segurança estabelecidos para os sistemas responsáveis pela função em análise, os projetistas deverão obter uma arquitetura para os mesmos, tal que a probabilidade de cada um, como um todo, fique dentro desses requisitos.

Observe que, com esse procedimento, os projetistas começam a configurar os sistemas, de acordo com os requisitos de segurança da Autoridade de Certificação.





06 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da FHA nível sistemas são os inputs para a PSSA (Preliminary System Safety Analysis). Contudo, a decisão de levar a efeito uma PSSA depende da arquitetura do projeto, de sua complexidade, além de outras considerações. Chegamos até aqui, mas vale lembrar a você que cada sistema, cada integração, e cada aeronave, tem características peculiares e únicas, e mesmo que semelhantes à outros projetos, ainda vai demandar muito estudo.

Apesar de apresentados aqui os segredos por trás do Safety Assessment, familiarizando você com o assunto tratado, incentivamos também a se aprofundar na matéria, por meio de consulta às referências citadas, nas quais encontrará também outras referências. É um estudo continuado.

Confiabilidade

Confiabilidade, conhecida mais popularmente pela letra R (do Ing.: Reliability), é uma função complementar de uma distribuição cumulativa de probabilidades, conhecida pela sigla CDF (do Ing.: Cumulative Distribution Function), denominada Falibilidade (Ing.: Unrealibility), representada pela letra F (derivada do inglês Failure). A exponencial negativa tem uma propriedade interessante, conhecida por Propriedade do Esquecimento ou da Perda de Memória. Com isso queremos dizer que quando o item que segue essa função é desligado e ligado novamente, tudo se passa como se estivesse começando a operar pela primeira vez, ou seja, o item não se “lembra” de ter operado antes.



Engenharia
Aeronáutica



www.EngenhariaAeronautica.com.br