

Tomada de decisão em condição de informação parcial: estudo de caso em acidente aéreo

Decision making under partial information: case study in aviation accident

DOI:10.34117/bjdv8n4-206

Recebimento dos originais: 21/02/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

Carlos André Vaz Junior

Doutor em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro

Endereço: Sala E-209, Departamento de Engenharia Química, Bloco E, Centro de Tecnologia, UFRJ, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mail: cavazjunior@eq.ufrj.br

RESUMO

Em pouco mais de cem anos as aeronaves passaram de sonhos para máquinas modernas que cruzam oceanos e transportam milhares de pessoas todos os dias. A difusão do transporte aéreo somente foi possível graças ao desempenho crescente em termos de segurança, levando o risco de acidentes aéreos para valores realmente baixos. Redundâncias e equipamentos de segurança foram incorporados aos projetos, funcionando como camadas preventivas e mitigadoras na busca pela redução máxima do risco. Embora tecnologicamente sofisticados, anomalias em equipamentos, seja por erro de projeto, falhas de manutenção ou eventos aleatórios podem sempre ocorrer. E quando uma falha acontece a última camada de proteção é a tripulação. Piloto e copiloto se tornam responsáveis por reestabelecer a ordem e conduzir aeronave e passageiros de volta ao solo em segurança. Porém, nessas situações normalmente os tripulantes não dispõem de todas as informações necessárias para entender o que está ocorrendo e assim tomar decisões. A decisão precisa ser realizada em um contexto de informação parcial e com enorme pressão temporal, condições típicas para a ocorrência dos chamados “erros humanos”. Neste artigo analisou-se acidente ocorrido em setembro de 2008 envolvendo aeronave executiva Learjet 60. Durante tentativa de decolagem no aeroporto da cidade de Columbia, na Carolina do Sul, nos Estados Unidos, um dos pneus do trem de pouso principal colapsou, gerando enorme trepidação e desviando a aeronave de seu rumo. Surpreendidos pela falha já em alta velocidade, a tripulação inicialmente diverge sobre a melhor ação a ser adotada, mas rapidamente opta por interromper a corrida de decolagem. Todavia na sequência os demais pneus também colapsam, projetando detritos contra o dorso do Learjet e danificando equipamentos críticos – inclusive um sensor fundamental para o acionamento dos reversos. A falha nos reversos surpreende pela segunda vez a tripulação, que se vê sem opções para conter a aeronave ainda no interior da pista. O Learjet cruza a cabeceira oposta e colide com inúmeros obstáculos, matando quatro dos seis ocupantes. Falhas de manutenção e de projeto prepararam terreno para que este acidente viesse a ocorrer, porém foram as decisões da tripulação, tomadas a partir de informações parciais e enorme pressão temporal, que completaram a cadeia de eventos.

Palavras-chave: tomada de decisão, informação parcial, erro humano, segurança na aviação.

ABSTRACT

In just over a hundred years, aircraft have gone from dreams to modern machines that cross oceans and transport thousands of people every day. The diffusion of air transport was only possible thanks to the increasing performance in terms of safety, taking the risk of accidents to really low values. Redundancies and safety equipment were incorporated into the projects, functioning as preventive and mitigating layers in the search for maximum risk reduction. Although technologically sophisticated, equipment anomalies, whether due to design errors, maintenance failures or random events, can always occur. And when a failure happens, the last layer of protection is the crew. Pilot and co-pilot become responsible for re-establishing order and bringing aircraft and passengers back to the ground – safety. However, in these situations, crew members usually do not have all the information necessary to understand what is happening and thus make decisions. The decision needs to be made in a context of partial information and with enormous time pressure, typical conditions for the occurrence of “human errors”. In this article, an accident occurred in September 2008 involving an executive aircraft Learjet 60 was analyzed. During an attempt to take off at the airport in the city of Columbia, in South Carolina, in the United States, one of the tires on the main landing gear collapsed, generating enormous vibration and deflecting the aircraft from its course. Surprised by the failure already at high speed, the crew initially disagrees on the best action to take, but quickly chooses to interrupt the take-off run. However, in the sequence, the other tires also collapse, projecting debris against the back of the Learjet and damaging critical equipment - including a fundamental sensor for activating the reverses. The failure in the reverses surprises the crew for the second time, who find themselves without options to contain the aircraft still inside the runway. The Learjet overruns the end of the runway and crashes into some obstacles, killing four of the six occupants. Maintenance and design failures paved the way for this accident to occur, but the crew's decisions, taken from partial information and enormous time pressure, completed the chain of events.

Keywords: decision making, partial information, human error, aviation safety.

1 INTRODUÇÃO

Em apenas um século de existência a aviação passou de uma aventura para visionários que desafiavam as leis da natureza para se tornar parte fundamental da cadeia logística mundial. A aviação revolucionou o meio como pessoas e cargas se deslocam pelo mundo (SILVA BRAVO JALIL E PASCHOAL DA SILVA, 2021). Grande parte da globalização se deve a construção de uma ampla malha aérea ao redor do planeta. Contudo, dos tempos dos Irmãos Wright e Santos Dumont até os dias atuais, as leis da natureza não foram modificadas, e fazer o mais pesado que o ar deixar o solo continua sendo, em última análise, desafiar o meio. Por maior que seja a tecnologia, qualquer falha pode ainda levar a cenários acidentais com graves consequências.

Uma vez que acidentes frequentes tornariam o transporte aéreo inaceitável para a grande maioria da opinião pública, massivos investimentos são feitos todos os anos na construção de aeronaves e sistemas cada vez mais seguros (ASIAS / FAA, 2022). Princípios de segurança intrínseca, segurança inerente, redundância e camadas de segurança são explorados ao limite, tornando a aviação atual um dos meios de transporte mais seguros em operação.

Se por um lado é certo afirmar que projetos de aeronaves mais seguras reduzem o risco do voo, também é importante ressaltar a importância de manter o equipamento íntegro ao longo de toda a sua vida útil. Aeronaves, como qualquer outro equipamento, sofrem degradação ao longo do uso, e sem manutenção adequada caminham indubitavelmente para a falha. Para evitar que falhas gerem acidentes, a manutenção é um dos campos mais valorizados no universo da aviação. Falhas de manutenção precisam ser reduzidas ao máximo se precisamos reduzir também o risco de acidentes.

Tecnologias mais seguras e modernas, aliadas com programas de manutenção cuidadosamente escalonados para garantir baixa taxa de falha, são dois pilares básicos sobre os quais a segurança na aviação se deposita. Porém, o controle de uma aeronave não depende única e exclusivamente das tecnologias e dos equipamentos empregados, depende também da ação humana. Mecânicos, despachantes, controladores de tráfego e tripulantes desempenham papel fundamental na redução do risco. Enquanto investimento em novas tecnologias tende a tornar as aeronaves mais seguras, o desempenho humano pode ser melhorado a partir da construção de treinamentos mais eficazes e interfaces homem-máquina (MMI: *man machine interface* ou HMI: *human machine interface*) mais amigáveis.

Mas o que acontece quando os elos da cadeia da segurança na aviação se rompem, quando a manutenção é falha, o treinamento dos tripulantes se revela incompleto e o projeto da interface homem-máquina cria mais incertezas do que colaboração? O que acontece quando a última camada de proteção, os tripulantes, são colocados frente a frente com uma situação nova, dispondo apenas de informações parciais, e cuja tomada de decisão precisa ser feita em frações de segundo? Entender como a dificuldade de se tomar decisões em cenários críticos se mostra, ainda hoje, fator decisivo para acidentes aéreos é o objetivo deste texto.

O presente artigo discute acidente ocorrido em 2008 envolvendo aeronave de transporte executivo de passageiros. Ao tentar realizar uma decolagem de rotina do Columbia Metropolitan Airport, em Columbia, Carolina do Sul, nos Estados Unidos, a

aeronave se chocou contra obstáculos no final da pista, vindo a causar a morte de quatro dos seis ocupantes (NTSB, 2010). Os itens seguintes descrevem a dinâmica do acidente e as características mais relevantes do aeroporto, das condições meteorológicas no momento da decolagem, assim como apresenta a companhia aérea e os tripulantes. Após, fatores específicos são tratados separadamente em cada um dos itens seguintes, começando pelo item 7 que se dedica as falhas de manutenção, o item 8 analisando a decisão da tripulação em não continuar a decolagem e o item 9 discutindo a falha na atuação do reverso e como a tripulação reagiu a este evento. Mais do que uma descrição tecnológica, este texto mostra o desafio na tomada de decisão contando somente com informações parciais. Entender como a tomada de decisão foi peça-chave para este acidente permite que se desenvolvam estratégias para que eventos similares não voltem a ocorrer.

2 DESCRIÇÃO GERAL DO VOO

Este item descreve a dinâmica do acidente ocorrido em 19 de setembro de 2008, envolvendo aeronave modelo Bombardier Learjet 60, prefixo N999LJ, operada pela empresa Global Exec Aviation. O detalhamento aqui apresentado tomou como base o relatório oficial da investigação do acidente, emitido pela NTSB (NTSB, 2010).

Na noite do dia 19 para 20 de setembro de 2008 a tripulação da aeronave N999LJ iniciou os procedimentos para decolagem do Columbia Metropolitan Airport, em Columbia, Carolina do Sul, nos Estados Unidos. O voo executivo, operado conforme norma 14 Code of Federal Regulations Part 135 (Part 135), teria como destino a cidade de Van Nuys, na Califórnia. O Learjet é comandado por dois tripulantes, piloto e copiloto. Neste voo, a comandante, sentada à esquerda, era a Pilot-Flying (PF). O copiloto, sentado à direita, assumiu a função de Pilot-Monitoring (PM). O PF efetivamente comanda a aeronave, enquanto o PM monitora a situação, comunica-se pelo rádio e oferece completo suporte e apoio ao PF.

Já com os passageiros embarcados a tripulação recebeu autorização para o táxi às 23h47:04. Durante o táxi os tripulantes parecem confusos em relação a quais taxiways devem seguir, sendo, inclusive, corrigidos pelo controlador. Posteriormente o controlador informou para os investigadores que grande parte do pátio do aeroporto estava em obras naquele momento, o que realmente dificultava bastante o procedimento de táxi, especialmente para tripulações pouco habituadas a operar naquele aeródromo.

Com um vento de 8 nós, com rajadas de até 14 nós, e direção de 070°, a decolagem foi iniciada. Às 23h54:51 a velocidade é de 12 nós, revelando o início da corrida. Às 23h55:00 o PM informa uma velocidade de 80 nós, e dez segundos após (23h55:10), já a 131 nós de velocidade, o PM anuncia que a velocidade V1 (AOPA, 2011)(VAZ JUNIOR, 2022), calculada em 136 nós, foi atingida.

Um segundo após, às 23h55:11, um ruído elevado é ouvido, junto com enorme vibração. Neste momento a aeronave já se encontrava a 137 nós. Imediatamente o PM declara: “go!”, e repete “go, go, go” (23h55:13), numa clara sinalização que considerava que apesar do ruído e vibração, deveriam continuar a decolagem. A partir de estimativas de velocidade, aceleração, tempo e da posição onde os primeiros detritos foram encontrados, estima-se que neste momento a aeronave já havia gasto 762 metros da pista, restando aproximadamente 1860 metros.

Às 23h55:14 a PF responde: “go?”, mostrando dúvida e insegurança diante da proposta do colega. Neste momento a velocidade da aeronave foi estimada em 144 nós, possivelmente atingindo 150 nós logo na sequência. Simultaneamente a fala da PF é possível observar a potência dos motores sendo reduzida por um segundo, crescer novamente e voltar a cair em uma rápida sequência de comandos opostos.

O PM percebe a decisão e imediatamente passa a trabalhar neste sentido: “No? Ar... alright. Get ah what the ??? was that?”. A PF responde: “I don’t know. We’re not goin’ though” (23h55:17). A investigação mostrou que o ruído e vibração inicial foram resultantes do colapso de um dos pneus do trem de pouso principal. Na sequência os demais pneus também colapsaram.

Às 23h55:20 existe ruído semelhante a aplicação dos freios. A partir deste instante o procedimento de RTO (*rejected takeoff*) prossegue com a PF acionando os reversos.

A redução da potência dos motores, o uso dos freios e agora o acionamento dos reversos fez com que a aeronave desacelerasse fortemente em um primeiro momento. Mas logo na sequência o Learjet 60 volta a ganhar velocidade mesmo sem os pilotos atuarem na potência dos motores. Com a velocidade aumentando inexplicavelmente, o PM comanda o desligamento dos motores às 23h55:28.

Apesar de todo o esforço da tripulação em parar a aeronave em segurança ainda dentro dos limites da pista, logo fica evidente que isso não irá ocorrer. Às 23h55:36 o PM informa ao controlador pelo rádio: “roll the equipment we’re goin’ off the end”. Depois de atravessar o final da pista a aeronave cruzou os 1000 pés da área de segurança (RSA: *runway safety area*), vindo a colidir então com inúmeros obstáculos. Na sequência

atravessou uma rodovia próxima, onde finalmente parou, em chamas. Dois tripulantes e dois passageiros morreram no local, enquanto dois passageiros, embora feridos, sobreviveram.

3 AEROPORTO E PISTA

A pista utilizada pela aeronave dispunha de 2620 metros de extensão e 45 pés de largura. Após a cabeceira oposta havia uma RSA com 305 metros de extensão e 150 metros de largura.

O aeroporto se encontrava em reforma, assim inúmeras *taxiways* e a pista 5/23 estavam interditadas para obras. Essas alterações temporárias tornavam o processo de taxiamento especialmente difícil para pilotos baseados em outros aeródromos.

As condições do aeroporto e pista não exerceram influência na dinâmica do acidente.

3.1 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

Conforme ATIS (*automatic terminal information service*) do aeroporto, o vento apresentava direção de 060° com velocidade de 10 nós. A visibilidade era de 10 milhas. Presença de nuvens a 12.000 pés, temperatura de 21°C e pressão local de 30,23 polegadas de mercúrio. As condições meteorológicas não influenciaram no acidente.

4 EMPRESA AÉREA

A Global Exec Aviation foi fundada em 2002 na cidade de Long Beach, no estado americano da Califórnia. Na época do acidente a empresa operava com nove aeronaves: dois Gulfstream GIV, 3 Gulfstream GIII, um Falcon 50, um Cessna 441, um CE-650 e um Learjet 60.

A diversidade de equipamentos permite que a operadora de transporte executivo possa atender diferentes perfis de clientes, com demandas variadas em termos de extensão de trajeto e número de passageiros a bordo. Contudo, essa mesma característica pode fazer com que um tripulante tenha pouco contato com cada modelo de aeronave. A comandante envolvida no acidente aqui analisado, por exemplo, comentou durante o treinamento de simulador na Flight Safety, em agosto de 2008, que já fazia algum tempo que não operava com o Learjet 60.

5 TRIPULAÇÃO

5.1 COMANDANTE (PF)

Contratada em 4 de janeiro de 2008 pela Global Exec Aviation, tinha 31 anos de idade na data do acidente. Era habilitada em Learjet 60 desde 25 de outubro de 2007, possuindo ainda inúmeras outras licenças, inclusive como instrutora de voo, comandante de hidroaviões e despachante. A comandante chegou a estar matriculada em uma faculdade em meados dos anos 90, porém o relatório da NTSB não informa mais detalhes sobre o curso e sua conclusão ou não. Foi ainda instrutora de pilotagem no início dos anos 2000 com o objetivo de ganhar horas de voo.

Durante o processo de contratação na Global Exec Aviation foi dispensada de realizar as checagens em simulador, já que a contratante confiava nas ótimas referências recebidas do operador anterior.

Possuía 3140 horas de voo totais, sendo 2040 destas como PIC (*pilots in command*). Porém, em Learjet 60 a PF só havia realizado 35 horas até então, sendo 8 horas como PIC. Desde que foi contratada pela Global Exec Aviation a comandante já tinha voado 118 horas no Cessna CE-650, outro modelo de aeronave empregado pela empresa.

Antes da viagem de dois dias que resultou no acidente, a comandante havia pilotado o Learjet 60 como PIC pela última vez em 16 de agosto de 2008. Nos últimos 30 dias antes do acidente ela havia voado 19 horas como SIC no Learjet 60 e 15 como PIC no Cessna CE650.

O treinamento mais recente em simulador havia sido na Flight Safety International, em 13 de agosto de 2008. O treinamento na Flight Safety International incluiu cenários de RTO (*rejected takeoff*). A mais recente checagem de proficiência no Learjet 60 ocorreu em 14 de agosto de 2008.

O diretor de operações da Global Exec Aviation voou 30 horas com a comandante, e descreveu a mesma como: “laid back”, algo como tranquila ou relaxada, em uma tradução livre. Ele afirmou que trabalharia com ela para ser mais incisiva em sua autoridade de comando, mas que ela estava “acima do normal” para uma comandante nova.

A FAA (*Federal Aviation Administration*) não possui registro de advertências, incidentes e acidentes envolvendo a tripulante.

A autópsia do piloto revelou a presença de *diphenhydramine* no sangue e no fígado. Esta molécula entra na composição de diversos remédios, vendidos sem receita médica, destinados ao tratamento de alergias ou sedativos.

5.2 COPILOTO (PM)

Foi contratado pela Global Exec Aviation, em 8 de agosto de 2008, para o cargo de tripulante em tempo parcial. Na data do acidente o copiloto tinha 52 anos de idade e era certificado para pilotar o Learjet 60 desde 1º de março de 2007. Possuía 8200 horas de voo totais, sendo 7500 horas como PIC. Em Learjet 60 o tripulante contava com 300 horas totais, sendo quase 200 como PIC.

Sua última checagem de proficiência no Learjet 60 ocorreu em 13 de março de 2008. Ele não tinha registro de advertências, incidentes e acidentes em seu currículo.

O Diretor de operações da Global Exec Aviation voou 5 horas com o copiloto, e descreveu como sendo “piloto bem experiente, com excelentes habilidades de pilotagem”, “boas habilidades de CRM e não teve problemas em falar, mas não foi excessivamente assertivo”.

A autópsia do copiloto revelou a presença de *diphenhydramine* no sangue e na urina, assim como *ibuprofen* na urina. Este último composto encontra-se presente em diversos remédios, de venda livre, destinados ao alívio da dor e febre.

5.3 ROTINA NAS ÚLTIMAS 72 HORAS ANTES DO ACIDENTE

O acidente ocorreu no dia 19 de setembro de 2008, de modo que é importante entender as atividades da tripulação nos dias anteriores, especialmente para avaliar questões de fadiga e estresse.

a) 17 de setembro de 2008:

Os dois tripulantes voaram da Califórnia para New York como passageiros em voo comercial regular. Chegaram no hotel em New Jersey às 22h e pediram para serem despertados às 6h da manhã do dia seguinte. A esposa do copiloto declarou para os investigadores da NTSB que o marido havia comentado que o quarto do hotel era barulhento, e que era difícil de dormir.

b) 18 de setembro de 2008:

Ambos os tripulantes deixam o hotel em New Jersey por volta das 10h da manhã, seguindo em uma van até o aeroporto de Teterboro (Teterboro Airport, na cidade de Teterboro, New Jersey).

Ao meio-dia os tripulantes realizaram um voo de 48 minutos para testar a aeronave, verificando se a manutenção realizada fora efetiva. O Learjet encontrava-se em Teterboro desde 12 de setembro de 2008 para serviços de manutenção.

Às 14h os tripulantes encerraram as atividades do dia e seguiram para um hotel diferente do anterior.

c) 19 de setembro de 2008:

Ambos deixaram o hotel às 20h18, seguindo novamente para o aeroporto de Teterboro. A decolagem do Learjet 60 ocorreu às 21h42, chegando em Columbia Aviation às 23h10. Em Columbia ocorreu o embarque dos passageiros que seriam conduzidos para a Califórnia, quando então ocorreu o acidente.

A significativa diferença de fuso horário entre os dois estados norte-americanos, Califórnia e New Jersey, não poderia ser totalmente compensada em dois dias, mesmo que os tripulantes tenham descansado durante o voo comercial e durante sua estadia no hotel. A dificuldade para dormir na primeira noite, em virtude de ruídos no quarto, torna o problema ainda mais significativo, tendendo a levar ao cansaço e falta de atenção. Embora a tripulação tenha descansado adequadamente nos dias anteriores ao voo, a influência do fuso horário não pode ser descartada.

6 AERONAVE

A aeronave fora certificada em 14 de dezembro de 2006, e no momento do acidente apresentava 108 horas de voo, com 123 ciclos completos.

Em parceria com o fabricante os investigadores estimaram as velocidades de referência para a decolagem neste voo como sendo: 136 nós (V1), 145 nós (VR) e 153 nós (V2).

A aeronave dispunha de CVR (*cockpit voice recorder*), mas não contava com FDR (*flight data recorder*), o que estava em conformidade com os regulamentos vigentes para operações Part 135.

Desde 12 de setembro de 2008 a aeronave se encontrava em manutenção, sem realizar voos por quase uma semana.

7 CALIBRAÇÃO DOS PNEUS

A partir deste item alguns dos principais fatores contribuintes para o acidente são discutidos em detalhes. Neste primeiro item é avaliada a condição dos pneus, cuja falha logo após a V1 desencadeou a cadeia de eventos que culminou no acidente.

Neste modelo de aeronave o trem de pouso principal é composto por quatro pneus no total, dois de cada lado (esquerdo e direito). Todos os pneus eram novos quando foram instalados em dezembro de 2007, e desde então tinham passado por 20 pousos.

7.1 DESTROÇOS

Após o acidente a equipe da NTSB buscou destroços ao longo da pista que pudessem auxiliar nas investigações e revelar o que aconteceu durante a corrida de decolagem. Seguindo a sentido da corrida de decolagem da aeronave, os primeiros fragmentos encontrados pelos investigadores na pista eram referentes ao pneu externo do trem de pouso principal direito. Na sequência foram localizados destroços pertencentes as luzes de pouso. Após, destroços do pneu interno do trem de pouso principal direito. Mais a frente foram localizados destroços do pneu interno esquerdo e finalmente do externo esquerdo.

7.2 INFLUÊNCIA DA PRESSÃO DOS PNEUS

Os investigadores verificaram que nenhuma manutenção nos trens de pouso, inclusive aferição da pressão dos pneus, foi realizada nas três semanas que antecederam ao acidente, embora inúmeros documentos da aeronave ressaltam a necessidade de checar a pressão antes de cada voo. O Aircraft Maintenance Manual (AMM) destaca, no item “*important inflation practices and tips*” a necessidade de medir a pressão dos pneus todos os dias, antes do primeiro voo. O mesmo documento ressalta ainda que “a pressão insuficiente em um pneu geralmente não pode ser detectada visualmente”. A operação com pneus abaixo da pressão ideal pode danificar sua estrutura, comprometendo a resistência e perturbando a segurança operacional nos voos seguintes. Assim, o AMM indica que um pneu operado durante um voo com enchimento 15% abaixo do ideal deve ser imediatamente substituído.

Outros documentos da aeronave que também mencionam a necessidade de checagem diária da pressão dos pneus são: Learjet maintenance publication / Aircraft Tire Care and Maintenance; Learjet product support publication / Everyday Maintenance of Tires and Brakes; assim como recomendações da FAA e da Goodyear, fabricante dos

pneus (“Learjet Tire Maintenance” e “Comprehensive Guide to Aircraft Tire Care and Maintenance”). A Goodyear disponibiliza em seu site documento com informações básicas sobre operação e manutenção de pneus aeronáuticos (GOODYEAR, 2020).

É importante destacar que os pneus de aeronaves funcionam adequadamente apenas quando têm a pressão de enchimento correta. Pressões inferiores ou superiores a ideal causam deformações laterais excessivas quando o pneu é submetido a carga de trabalho (velocidade, temperatura, peso da aeronave durante o táxi, choque contra o solo durante o pouso, etc). Se um pneu se deforma lateralmente de forma intensa em sua parte mais próxima ao solo a cada giro, isso tensiona e fragiliza as fibras de borracha de sua estrutura, elevando rapidamente o desgaste e promovendo a fadiga. A flexão excessiva das fibras a cada giro também contribui para uma maior e mais rápida elevação da temperatura do pneu. Por sua vez, a alta temperatura intensifica ainda mais a degradação da borracha, podendo, em uma situação-limite, causar o derretimento da estrutura interna de *nylon* que compõe uma das camadas do pneu. O fabricante do pneu ressalta que a simples inspeção visual é incapaz de detectar se o seu enchimento está na pressão recomendada ou não, assim como não detecta danos na estrutura interna e quadros de fadiga.

Os destroços dos quatro pneus do trem de pouso principal da aeronave foram encontrados e revelaram elevado dano lateral na borracha. A aparência dos destroços era similar a fotos publicadas pela Goodyear para ilustrar os danos causados por deformação lateral excessiva. O fabricante de pneus alerta que embora tanto a sobrepressão quando a operação com pressão abaixo da ideal contribuam para a deformação lateral, o cenário de colapso do pneu, com seu rompimento, é mais frequente em operações com pressão abaixo da correta.

O fabricante de pneus informa que mesmo pressões apenas levemente abaixo do ideal, tais como um desvio de -5%, já reduzem significativamente a vida útil dos pneus.

Testes realizados pela equipe de investigação mostraram que o nível de dano encontrado nos destroços dos pneus do Learjet somente seriam possíveis caso a pressão estivesse mais de 30% menor que a ideal ou que a aeronave estivesse com um enorme sobrepeso durante a decolagem, conforme detalhado no item seguinte.

Os investigadores localizaram ainda manchas azuis na borracha, que segundo o fabricante dos pneus aparecem quando o mesmo é submetido a temperaturas na faixa de 99°C a 110°C. A equipe da NTSB detectou também pontos onde a camada de *nylon*

apresentava derretimento, o que aponta temperaturas de 177°C a 204°C. Para o fabricante essas temperaturas apenas seriam alcançadas em pneus inflados na pressão incorreta.

A FAA esclarece que para aeronaves operando sob Part 121, 129 ou 135 não é permitido que os próprios tripulantes façam a checagem de pressão dos pneus. Para aeronaves operando sob tais normativas, a checagem de pressão dos pneus é classificada como sendo “manutenção programada”, e não “checagem pré-voo”. Tripulantes podem executar todas as checagens pré-voo, mas apenas pessoal de manutenção pode efetuar as manutenções programadas. Curiosamente, para o mesmo modelo de aeronave, Learjet 60, mas operando fora das Part 121, 129 e 135, os tripulantes estão autorizados a fazer a checagem da pressão dos pneus.

O entendimento da FAA de que a checagem de pressão somente deva ser realizada pelo pessoal de manutenção, não sendo permitido que os tripulantes, em sua inspeção pré-voo façam isso, visava elevar a segurança e a confiabilidade da verificação em operações Part 121, 129 e 135. Ou seja, garantir que uma equipe com treinamento adequado e equipamentos calibrados faria a leitura.

É relevante compreender ainda que a realização da checagem da pressão dos pneus do trem de pouso principal envolve, na prática, que o funcionário lide com a dificuldade de acesso aos pneus. Como é comum em aeronaves executivas de pequeno e médio porte, o trem de pouso principal do Learjet se localiza sobre as asas, e estas são especialmente baixas em uma aeronave deste modelo. Assim, para acessar os pneus era preciso sentar ou mesmo deitar no chão sob as asas. A medição dos pneus externos do trem de pouso principal era especialmente desafiadora, pois a porta do trem de pouso bloqueava quase por completo o acesso a este pneu.

Todavia, essa decisão da FAA pode gerar consequência oposta, reduzindo o nível de segurança operacional. Isso porque na aviação executiva, principal operadora do Learjet 60, a aeronave tende a passar vários dias fora de sua base operacional, fazendo uma viagem longa com um cliente, ou atendendo uma sequência de clientes. Durante este período longe da base, os únicos representantes da operadora no local acabam sendo os tripulantes, o que tornaria mais viável se eles próprios pudessem cuidar de tal verificação.

A partir de documentos apresentados pela operadora, a aeronave encontrava-se a três semanas sem passar por checagem da pressão dos pneus. Segundo a Goodyear é possível estimar uma perda de 2,2% de pressão no pneu por dia. Ou seja, depois de 21 dias sem checagem a perda acumulada seria da ordem de 35%, o que é consistente com os danos observados nos destroços.

7.3 PESO

A tripulação falhou ao não checar o peso dos passageiros e respectivas bagagens antes do voo. Sem esses dados o peso total precisou ser estimado, e possivelmente superava levemente o peso máximo de decolagem do Learjet 60. Embora se trate de um erro dos tripulantes, o possível excesso de peso não teria sido suficiente para resultar nos danos observados pelos investigadores nos pneus.

A partir dos dados de abastecimento da aeronave, considerando a presença de seis pessoas a bordo, e somando bagagens e material de *gallery*, os investigadores estimam um peso durante a decolagem na faixa de 10,7 a 10,8 toneladas. O peso máximo de decolagem do Learjet 60 é 10,6 toneladas (GLOBALAIR.COM, 2022). Porém, para que um pneu corretamente calibrado sofresse os danos exibidos nos destroços, o peso suportado em cada pneu teria que ser da ordem de 5,4 toneladas. Para ter este peso em cada um dos quatro pneus do trem de pouso principal seria necessário que a aeronave apresentasse um peso total de 21 toneladas, o que é notadamente inviável.

8 RTO – REJECT TAKEOFF

Uma vez entendidos os fatores que levaram ao rompimento do pneu logo após a V1, é preciso compreender a reação da tripulação a partir desse ponto. Embora deva ser prevenido ao máximo por meio das boas técnicas de manutenção, o colapso de um ou mais pneus por si só não geraria qualquer efeito catastrófico. Porém, inicia um cenário crítico, que precisa ser gerenciado corretamente pela tripulação de forma a não se agravar. Ou seja, é a resposta ao evento inicializador (colapso do pneu) que definirá a severidade do cenário. Entender como a resposta dessa tripulação levou ao acidente é o objetivo deste item.

8.1 RTO e V1

O manual de operação da Global Exec Aviation declara que o PF é responsável por conduzir o briefing de decolagem antes de cada voo. A execução do briefing pode ser completa ou abreviada, em função da percepção da tripulação sobre o voo seguinte. O manual cita inúmeros itens obrigatórios no briefing completo, entre eles destacam-se: a) procedimento de abortar a decolagem antes da V1; b) procedimento a ser seguido em caso de problema após a V1. O briefing resumido poderia ou não contar com estes dois itens, sendo uma decisão dos tripulantes abordá-los.

Tanto o manual de operação da Global Exec Aviation, quanto o Learjet 60 AFM, Learjet Pilot Manual, Learjet Training Manual e FSI Learjet 60 Pilot Training Manual contém parâmetros para decisão de RTO. Porém, todos os cenários avaliados se referem a anomalias nos motores. Estes manuais apresentam inclusive ilustrações sobre os procedimentos a serem adotados em caso de falha de motor antes e depois da V1, seja realizando a RTO, seja optando por continuar a decolagem.

O Bombardier Learjet 60 Pilot Training Guide é bastante específico em suas instruções: a RTO é indicada em caso de qualquer anormalidade observada em velocidade inferior aos 90 nós. Entre 90 nós e a V1 a RTO é indicada em casos de falha de motor, fogo no motor, perda de controle direcional, abertura do reverso e falhas catastróficas. Para cenários pós-V1 o documento cita apenas a falha de motor, não indicando RTO nestes casos.

A própria dinâmica de gestos físicos dos tripulantes durante a corrida de decolagem já guarda profunda relação com a tomada de decisão de iniciar ou não uma RTO. O Global Exec Aviation Part 135 Training Program Manual indica que o PF deve manter sua mão nas manetes de potência até o momento que o PM anunciar V1. Após este ponto a mão deve ser retirada das manetes. A mão pousada sobre as manetes garante a rápida redução de motores caso algo aconteça e seja necessário interromper a corrida. Por outro lado, o deslocamento da mão para longe das manetes sinaliza que a partir deste ponto a corrida não será mais interrompida, devendo a aeronave alçar voo.

Entrevistas realizadas pela equipe da NTSB com pilotos de Learjet 60 de várias empresas revelaram, como consenso, que após a V1 a decolagem deve ser continuada. O treinamento da Global Exec Aviation também segue essa filosofia.

O QRH (“*Quick Reference Handbook*”), em seu capítulo de procedimentos não-típicos dispõe de um item para *Abort Takeoff*. Os passos a serem seguidos seriam:

- brakes – apply
- thrust levers – idle
- spoilers – extend
- thrust reverses – as required

O AC 120-62 Takeoff Safety Training Aid declara que a lista de cenários a serem simulados em treinamentos deve incluir: “demonstração das respostas adequadas e apropriadas da tripulação para falha de motor, falha de pneu, alertas e falhas críticas que afetam a capacidade de continuar a decolagem com segurança em regimes de alta e baixa

velocidade”. Ou seja, este é um dos raros documentos que menciona RTO em cenário de falha dos pneus, e ressalta a importância de simular esta situação tanto em velocidades menores que V1 (“regimes de baixa velocidade”), quanto acima (“regimes de alta velocidade”).

Apesar de citar regimes de alta velocidade, o documento é explícito sobre a recomendação de não iniciar a RTO após a V1, salvo em casos realmente excepcionais: “Não tente uma RTO depois que a aeronave passar pela V1, a menos que o piloto tenha motivos para concluir que não é seguro ou possível voar. Esta recomendação deve prevalecer independentemente do comprimento da pista que existir após a V1.”

O item 2 do AC 120-62 ressalta ainda a necessidade de se manter proficiente na análise e tomada de decisão relacionada a RTO, mesmo que este seja um evento raro. Por se tratar de um cenário raro, especialmente RTO em alta velocidade, é fácil que as tripulações rapidamente percam sua proficiência neles. O AC 120-62 destaca: “a raridade de eventos RTO pode levar à complacência sobre a manutenção de habilidades de tomada de decisão afiadas e a eficácia do processo. Apesar da confiabilidade do equipamento, deve-se estar preparado para tomar a decisão correta de Go / No Go em cada decolagem - apenas para o caso de ser necessário”.

Com respeito a falha de pneus, a AC 120-62 declara que: “as falhas dos pneus podem ser difíceis de identificar a partir da cabine de comando”, e chama a atenção que a RTO por falha de pneu é especialmente crítica já que o pneu danificado perde poder de frenagem, aumentando as chances de que a aeronave ultrapasse a cabeceira oposta. Ou seja, o raro documento que cita de forma explícita a RTO por falha de pneu também alerta sobre os riscos desta manobra apresentar insucesso. E resume: “neste caso, geralmente é melhor continuar a decolagem”.

Apesar da orientação do AC 120-62 Takeoff Safety Training Aid, o treinamento de RTO, em especial em simuladores, normalmente está mais relacionado com falhas de motor. E grande parte dos procedimentos e manuais sobre o tema também dedicam maior foco para decolagens rejeitadas em função de anomalias nos motores. Segundo gerente da FAA, mesmo simuladores modernos e realistas ainda não conseguem reproduzir de forma exata o comportamento da aeronave em caso de falha de pneu.

Estudo da NTSB na década de 90 demonstrou que pneus são causa mais frequente de RTO pós V1 do que falhas de motor. É possível que falhas de motor após a V1 não resultem em “RTO em alta velocidade” uma vez que as tripulações são vastamente treinadas para lidar com tal cenário, prosseguindo a decolagem conforme procedimento

reforçado em inúmeros documentos. Contudo, ao se deparar com anomalias distintas, tais como falha da pneu, cenários pouco treinados e por tanto de maior dificuldade de identificação, os tripulantes não tenham a mesma confiança em continuar a decolagem. Ao enfrentar algo aparentemente novo e incapazes de identificar rapidamente a origem do problema, diversas tripulações tendem a fazer aquilo que instintivamente lhes parece mais seguro: permanecer no solo – embora tal decisão não encontre respaldo nas estatísticas oficiais.

8.2 TOMADA DE DECISÃO

Assumindo que o conhecimento de ambos os tripulantes nos critérios de RTO fosse adequado, inclusive em função do extenso treinamento dedicado ao tema, se torna então interessante analisar a decisão tomada individualmente no momento da decolagem. Primeiramente é possível supor que nenhum dos tripulantes tivesse sido capaz de identificar a origem do ruído e trepidação durante a decolagem. Incapazes de realizar contato visual com o trem de pouso e a parte inferior da aeronave, os pilotos podiam apenas reagir ao que sentiam.

Diante deste cenário de informação parcial, enfrentando uma falha desconhecida logo após a V1, o PM imediatamente seguiu o treinamento e as estatísticas, indicando que deveriam continuar a decolagem (“go!”). Como PM, era seu papel colaborar com a PF na condução da aeronave e na tomada de decisões, por isso sua preocupação em imediatamente expressar o que, na sua percepção, era o correto a ser feito.

A PF reagiu instintivamente a anomalia, reduzindo a potência dos motores. Ao ouvir o PM recomendar o oposto, ela expressa dúvida: “go?”. A confusão momentânea fez com que primeiro a PF reduzisse a potência dos motores, para logo na sequência elevar novamente seguindo o copiloto, e finalmente voltar a reduzi-la, talvez se arrependendo de ter seguido o PM. A partir dessa segunda redução na potência a decisão final de RTO foi tomada. O PM percebe este fato e, mesmo eventualmente discordando, aceita: “no? ar...right”, e passa então a colaborar com o sucesso da decisão. O comportamento do PM mostra correta compreensão dos ensinamentos de CRM (*crew resource management*), pois seria inadequado prolongar um debate sobre qual a melhor atitude a ser tomada naquele momento, onde o fator tempo era crítico para o sucesso da operação.

Mas por que a PF teria optado por realizar uma RTO em alta velocidade, mesmo ciente das estatísticas desfavoráveis? Primeiro é possível supor que a incapacidade de

identificar a origem do problema tenha criado dúvidas sobre a real capacidade da aeronave voar de forma controlada. Depois, os efeitos físicos, tais como vibrações, ruídos e desvios, são bastante intensos, aumentando a incerteza sobre a capacidade do Learjet 60 se manter no ar. Comparativamente ao PM, a PF é capaz de sentir com mais precisão o impacto desses efeitos na manobrabilidade da aeronave, e isso pode tornar a sua decisão diferente.

Os investigadores da NTSB consideraram inadequada a decisão da PF, contudo, este julgamento parece questionável. Embora seja correto afirmar que a RTO em alta velocidade apresenta elevados riscos, a atitude da PF não é de fácil julgamento. No acidente envolvendo a aeronave prefixo N237WR, voo Execuflight 1526, a pane também só foi percebida após a V1, e a tripulação decidiu inicialmente por continuar a decolagem (NTSB, 2016). Essa decisão, naquele acidente, se mostrou equivocada, uma vez que a anomalia enfrentada impedia por completo o voo. Neste caso os investigadores concluíram que a decisão de continuar a decolagem após a V1 foi equivocada, sendo a RTO em alta velocidade a melhor opção.

Nos dois acidentes as decisões da tripulação foram opostas, em ambas as consequências foram catastróficas, e nas duas os investigadores concluíram que a decisão oposta teria sido a correta. Obviamente existem critérios técnicos para iniciar, ou não, uma RTO após a V1, e a classificação como decisão certa ou errada considera tais parâmetros. Todavia, é importante ressaltar que as consequências posteriores a decisão não podem exercer influência sobre tal julgamento. Ou seja, decisões tecnicamente corretas podem levar a acidentes catastróficos, e não se tornam erradas por essa razão. O principal aqui é evitar o viés de “conhecer o futuro” (MORIARTY, 2014), se ao fazer o julgamento se sabe previamente das consequências, a avaliação se torna tendenciosa. O investigador precisa evitar julgamentos injustos em relação ao tomador de decisão, considerando apenas as informações parciais que existiam no momento que o fato ocorreu, e fatores como tempo e estresse também presentes. Qual o real contexto e universo de informações que a tripulação dispunha no momento da decisão? Este é o ponto central da investigação.

Moriarty (2014) explora os processos mentais humanos de tomada de decisão em diferentes condições, apresentado como diferentes tipos de modelos mentais são elaborados e aplicados. Em condições de informação parcial e pressão temporal a tendência é usar modelos mentais já previamente existentes, simplificando-os, adaptando-os e usando de analogias para que se apliquem a situação atual. Este método de tomada

de decisão em meio a pressão temporal frequentemente leva a erros, uma vez que as analogias e simplificações trazem consigo imprecisões e erros de resposta (MORIARTY, 2014). Com mais tempo para decidir e mais informações disponíveis um novo modelo mental poderia ser elaborado, permitindo uma tomada de decisão com maior potencial de acerto. Porém, a construção de um novo modelo mental requer elevado esforço, foco, dedicação e tempo, algo não disponível em inúmeros cenários acidentais reais. Bugallo de Araujo, Fossatti e Marlon Monticelli discutem o processo de tomada de decisão no ambiente administrativo e empresarial (2020).

O relatório final da investigação do acidente envolvendo Boeing 737-8 (MAX) da empresa Lion Air (voo LNI610) também permite discutir importantes aspectos sobre o processo de tomada de decisão, construção de modelo mental e tomada de decisões. Vaz Junior (2019A) apresenta o desempenho da tripulação do voo LNI043, que ao enfrentar a mesma pane causadora do acidente do LNI610, conseguiu, dividindo as tarefas, solucionar o problema mesmo com informações parciais.

9 FALHA NO SISTEMA DE REVERSO

A falha de enchimento dos pneus e a tomada de decisão sobre a RTO não foram os únicos fatores contribuintes presentes neste evento. O comportamento anormal dos reversos, fazendo com que após alguns segundos a aeronave voltasse a ganhar velocidade também precisa ser analisado. Este comportamento atípico precisa ser entendido tanto por seu viés técnico quanto pela abordagem de comportamento humano – como os tripulantes reagiram diante da falha?

Durante a investigação deste acidente ficou claro que o dano não se limitou aos quatro pneus do trem de pouso principal. O colapso dos pneus durante a corrida de decolagem projetou inúmeros detritos não apenas na pista, mas também contra a parte inferior da aeronave, danificando equipamentos ali instalados. O farol de pouso foi atingido por um desses detritos, sendo projetado para longe e posteriormente encontrado na pista do aeroporto.

Além do farol, sensores próximos também foram severamente afetados, gerando perda de sinais críticos para a operação da aeronave. Um dos sensores danificados se mostrou especialmente relevante para compreender a dinâmica do evento. Com a finalidade de evitar que os reversos sejam abertos durante o voo, uma situação potencialmente letal, é comum equipar as aeronaves com sensores que indicam se o trem de pouso está em contato com o solo ou não. Ou seja, um sensor instalado fisicamente

próximo ao trem de pouso “lê” se a aeronave encontra-se em contato com o solo ou não. Essa informação é processada eletronicamente e a abertura dos reversos somente se torna possível quando o sensor confirma que aeronave está no solo. Trata-se de um recurso de segurança valioso, contribuindo para evitar acidentes semelhantes ao ocorrido com Fokker 100 no aeroporto de Congonhas, São Paulo, Brasil (VAZ JUNIOR, 2019B). Caso o sensor informe que a aeronave se encontra sem contato com o solo, o sistema impede a abertura dos reversos, ou comanda o seu recolhimento caso os mesmos já estejam abertos.

Uma vez que o cenário de abertura do reverso com a aeronave em voo é potencialmente catastrófico, existe uma programação específica para o caso de falha do sensor. Caso exista falha no sinal emitido pelo sensor, e o mesmo deixe de ser enviado, o reverso será imediatamente recolhido ou sua abertura será impedida. Em resumo, em caso de falha no sensor o sistema eletrônico do Learjet 60 assume que a aeronave se encontra em voo. Trata-se de uma solução de projeto que visa promover maior segurança operacional.

Finalmente destaca-se que a certificação da aeronave em termos de capacidade de frenagem no solo é feita sem o uso dos reversos, contando apenas com o uso dos freios. Logo, para fins de certificação da aeronave quanto a extensão de pista necessária para o pouso, por exemplo, os reversos não são empregados. Os reversos são vistos como meios complementares de frenagem no solo.

A abertura ou fechamento das conchas do reverso apenas modificam o sentido de deslocamento do jato de ar liberado pelos motores. Com os reversos abertos, quanto maior a potência dos motores, maior a frenagem imposta pelos reversos. Caso os reversos não estejam acionados a potência dos motores resulta em aceleração – quanto maior a potência dos motores maior a aceleração sendo gerada, ganhando velocidade rapidamente. E este é um ponto crítico para a compreensão do acidente: caso o reverso já esteja acionado e o sensor falhe, o reverso é recolhido, porém a potência dos motores não é alterada. Assim, uma aeronave em frenagem intensa, usando reversos, com motores em alta potência para parar o mais brevemente possível, rapidamente passará a ser uma aeronave em aceleração, ganhando velocidade – ou seja, exatamente o oposto ao desejado. E foi isso que aconteceu com o Learjet 60 neste acidente: danificado por detritos, o sensor deixou de enviar sinal para o sistema eletrônico da aeronave, que então comandou o recolhimento dos reversos mantendo, contudo, a aceleração.

Outro fator crítico negligenciado durante o projeto do Learjet 60 é o comportamento dinâmico das manetes de aceleração e acionamento dos reversos. As

manetes são peças físicas instaladas no console central da cabine de comando, porém nesta aeronave elas geram apenas sinal elétrico para o sistema eletrônico. Não existem cabos de aço ligando fisicamente as manetes aos motores ou ao reverso, tal qual existia no Fokker 100 (VAZ JUNIOR, 2019B). Sistemas eletrônicos, fly by wire, reduzem fortemente o peso total da aeronave e simplificam a manutenção, sendo usados nas aeronaves mais modernas. Embora vantajosos, seu projeto precisa considerar situações anormais. No Learjet 60 caso a tripulação deseje acionar os reversos é necessário puxar as manetes para trás e posicionar a alavanca de reverso na sequência. Essa posição física das alavancas indica, para os pilotos, que o reverso está acionado, já que não existe contato visual dos tripulantes com os motores. Todavia, caso o reverso já esteja acionado quando o sensor falhar, o sistema eletrônico cuidará de recolher os reversos, movendo suas conchas, porém sem alterar a posição das manetes na cabine. Nesta circunstância, o reverso estará recolhido mas as manetes na cabine estarão fisicamente posicionadas como se o reverso estivesse aberto. Neste caso a aeronave começa a ganhar velocidade sem que os pilotos tenham qualquer indicação visual do que ocorreu. Trata-se de cenário de difícil compreensão para os tripulantes, especialmente quando existe pouco tempo disponível para identificar e tomar uma decisão.

O cenário enfrentado pelos pilotos é bastante específico: na tentativa de parar a aeronave o mais rapidamente possível após iniciar uma RTO em alta velocidade, a tripulação aciona o reverso em elevada potência dos motores. Inicialmente a ação funciona e a aeronave começa a perder velocidade, contudo, sem aviso a velocidade volta a crescer intensamente, apesar das manetes de potência mostrarem que o reverso continua acionado. Caso consigam identificar este cenário os tripulantes devem reduzir a potência dos motores ou mesmo promover o seu desligamento, ação proposta pelo PM neste voo. Essa resposta é inicialmente pouco intuitiva, pois se desejam reduzir a velocidade usando o reverso, os motores devem está gerando potência.

Uma vez que o PM realizou o desligamento total dos motores o único recurso para reduzir a velocidade da aeronave passou a ser a aplicação dos freios. Contudo, em uma situação onde todos os pneus do trem de pouso principal já tinham sido desfeitos, a eficiência deste sistema era reduzida. Sem mais recursos, o PM alertou o controlador de que iriam ultrapassar a cabeceira oposta.

Os investigadores não foram capazes de afirmar se o correto funcionamento dos reversos teria sido suficiente para evitar o acidente, parando a aeronave ainda na pista ou na área de segurança. O desempenho dos freios ficou extremamente prejudicado pela

perda de todos os pneus do trem de pouso principal, impedindo a realização de uma estimativa sobre sua eficiência.

A falha de um único sensor, atingido por detritos do estouro dos pneus, criou um cenário de difícil identificação e resposta, um desafio para a tripulação.

Durante essa investigação a NTSB entrevistou alguns pilotos de Learjet 60 que tentaram reproduzir o cenário encontrado em simuladores. A maior parte dos pilotos confirmou ter sido incapaz de parar a aeronave ainda dentro dos limites da pista nas primeiras tentativas. Somente após algumas repetições é que foi possível obter êxito. Destaca-se todavia que simulares são incapazes de reproduzir com precisão os efeitos do estouro dos pneus, não apenas em termos das vibrações geradas, mas em especial na perda de eficiência do sistema de frenagem.

10 BRIEFING ANTES DA DECOLAGEM E SOBREVIVÊNCIA

Dos quatro passageiros a bordo apenas dois sobreviveram. Se por um lado a sobrevivência em um evento como este esteja fortemente relacionada a posição na cabine e a própria sorte, outros fatores podem influenciar. Conhecer as saídas de emergência e saber como abri-las pode ser crítico, por exemplo. Este item analisa o papel desempenhado pelos passageiros neste acidente.

Os dois passageiros sobreviventes declararam para os investigadores que não foi feito um briefing de segurança antes da decolagem, e que eles teriam sido orientados apenas a colocar os cintos de segurança e informados sobre a localização dos extintores de incêndio. Um dos passageiros informou ter sido orientado também sobre a localização das saídas de emergência, porém o outro sobrevivente não se recorda disso. A PF teria comentado: “You have all done this before”, dando a entender que considerava o grupo como sendo composto por passageiros frequentes e habituados com estes procedimentos.

O passageiro que recorda ter sido orientado pela comandante sobre a localização das saídas de emergência foi o primeiro a conseguir sair da aeronave após o acidente. Ele declarou que, no momento do acidente, recordou que havia sido informado sobre uma porta de emergência na parte traseira da aeronave, bem próxima do seu assento. O passageiro não se recorda se a comandante também orientou sobre como abrir essa porta, ou se ele apenas seguiu as instruções exibidas na própria saída de emergência. Ao conseguir abrir a porta, este passageiro chamou o outro, e ambos deixaram a aeronave antes que o fogo consumisse todo o seu interior.

Para os investigadores fica evidente que as instruções recebidas antes da decolagem foram fundamentais para a sobrevivência dos dois passageiros. A porta de emergência não estava claramente visível para os passageiros, sendo improvável que os mesmos conseguissem localizá-la rapidamente, em especial em um cenário de acidente. Apesar disto, ambos os passageiros afirmam não ter recebido o briefing de segurança. Provavelmente os passageiros estavam se referindo a ausência de um vídeo formal de segurança, ou uma demonstração clara sobre uso de máscaras de oxigênio, cinto de segurança e coletes salva-vida, formatos típicos usados pelas grandes linhas aéreas em voos regulares. Contudo, a FAA não estabelece a fraseologia a ser usada no briefing para os passageiros em voos Part 135, embora defina os itens a serem abordados:

- proibido fumar
- usar os cintos de segurança
- manter o encosto das poltronas na posição vertical
- informar localização e meio de abrir as portas e demais saídas de emergência
- informar localização do kit de sobrevivência
- informar localização do kit de sobrevivência em caso de pouso na água
- informar localização do kit de oxigênio
- informar localização e meio de uso dos extintores de incêndio

Outra questão fundamental: um dos passageiros parece se lembrar claramente de inúmeras instruções recebidas durante o briefing, enquanto o outro se recorda de poucos detalhes. No diminuto espaço da cabine de passageiros de uma aeronave de transporte executivo é evidente que ambos receberam as mesmas instruções, com as mesmas frases, e no mesmo momento. Por que algumas pessoas retêm mais informação do que outras? Por que alguns são capazes de usar essas informações de forma útil quando necessário enquanto outros agem como se não se lembrassem de nada? Como garantir assimilação adequada do conteúdo? A estrutura do sistema de gestão de segurança de processos do CCPS (Center for Chemical Process Safety), divisão da AIChE (American Institute of Chemical Engineers) voltada para a indústria química, discute este ponto com mais profundidade no elemento “Treinamento”, reforçando a importância de uma boa estratégia de capacitação. Mais recentemente o CCPS lançou livro específico para tratar da definição de competências em segurança de processos, ou seja, quais os treinamentos, e em qual nível, deve ser aplicado para cada cargo da organização (CCPS, 2021).

11 CONCLUSÕES

Os elevados índices de segurança alcançados pela aviação permitiram a sua popularização, se tornando relevante meio de transporte de cargas e pessoas ao redor do planeta. Projetos cada vez mais seguros, certificações com exigência crescente e tecnologia avançada permitem alcançar hoje desempenhos de segurança até então impensáveis. Porém, aeronaves, assim como quaisquer outras máquinas, não estão livres de falhas, e quando estas ocorrem situações limites surgem. Neste contexto piloto e copiloto se tornam a última linha de defesa para evitar que um acidente se concretize.

A ação humana é sempre baseada na tomada de decisões, e decisões são feitas a partir de informações e modelos mentais. Com o volume adequado de informações, um modelo mental que descreva a realidade e tempo para decidir, o erro humano se torna mais raro. Contudo, é exatamente o oposto que se observa em eventos como o descrito ao longo deste texto. Surpreendidos, sem compreender exatamente o que está acontecendo e precisando decidir em frações de segundo, a tomada de decisão dos tripulantes do Learjet 60 se deu em um contexto bastante distante do ideal, e logo mais sujeito ao erro humano.

Uma falha desconhecida ocorrida quando a aeronave já estava em alta velocidade para decolar, seguida de uma segunda falha cuja indicação não é clara, levaram a tripulação ao extremo. Se o papel dos tripulantes foi decisivo para a ocorrência do acidente, este evento também evidência como a ausência de manutenção adequada e falhas de projeto também compõem o cenário.

Enquanto a falha no cronograma de manutenção é relativamente fácil de ser corrigida, o mesmo não pode ser dito sobre os demais fatores contribuintes. Como identificar corretamente a falha ocorrida durante a corrida de decolagem? Como decidir entre prosseguir, ou não, em um contexto de informação parcial? Treinamentos mais detalhados, que tratem cenários diversos, indo além das falhas de motores, poderiam ajudar. Mas é impossível treinar exaustivamente para todas as diferentes anomalias que podem afetar a aeronave, inclusive porque o tempo voltado para a capacitação é limitado. Ressalta-se ainda que treinar para um grande número de cenários reduz a proficiência dos tripulantes em cenários específicos.

Finalmente, a falha de projeto, seja o posicionamento desprotegido de sensores críticos no dorso da aeronave, seja a não indicação visual da posição das manetes quando o reverso foi recolhido, são falhas de projeto que podem ser corrigidas sem grandes restrições. Mas quais outras falhas permanecem ocultas em projetos das dezenas de

diferentes modelos de aeronaves que ocupam os céus atualmente? Como descobri-las antes que um acidente ocorra? A combinação de fatores é infinita, e dificilmente percebida antes que o pior ocorra.

Se a aviação conta hoje com índices fantásticos de segurança operacional, isso se deve ao trabalho incansável de milhares de profissionais e empresas ao longo de décadas. Voar hoje é mais seguro do que nunca, mas o setor não pode parar de evoluir, e aprender com os acidentes continua sendo uma das estratégias. O caminho adiante não é trivial. Falhas ocultas de projetos e tomada de decisão em ambiente de incerteza continuarão a pairar sobre a aviação nas próximas décadas, desafiando todos os profissionais a trabalhar incansavelmente para evitar o próximo acidente.

REFERÊNCIAS

(AOPA, 2011): "Understanding V1 Once It's Reached, It's Too Late To Abort", **Aircraft Owners & Pilots Association**, 2011.

Disponível em:

<https://www.aopa.org/news-and-media/allnews/2011/february/01/understandingv1#:~:text=Clearly%2C%20if%20the%20pilot%20must,failure%20and%20initiate%20the%20abort>

(ASIAS / FAA, 2022): "ASIAS FAA", **FAA Aviation Safety Information Analysis and Sharing (ASIAS) System**, 2022.

Disponível em:

<https://www.asias.faa.gov>

(BUGALLO DE ARAUJO, FOSSATTI E MARLON MONTICELLI, 2020): "Um estudo sobre a produção acadêmica em tomada de decisão: uma meta-análise comparando as áreas de gestão e negócios e gestão educacional", **Eduardo Bugallo de Araujo, Paulo Fossatti e Paulo Fossatti**, DOI:10.34117/bjdv6n12-034, Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 12, p.94133-94143, 2020.

Disponível em:

<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/20898/16685>

(CCPS, 2021): "Diretrizes para Definição de Requisitos de Competência em Segurança de Processo", **CCPS AICHÉ**, 1ª Edição. Interciência, ISBN: 978-6589367017, 2021

(GLOBALAIR.COM, 2022): "Learjet Learjet 60", **GlobalAir.com**

Disponível em:

<https://www.globalair.com/aircraft-for-sale/Specifications?specid=32>

(GOODYEAR, 2020): "Aircraft Tire Care and Maintenance", Revisao 1/20, **Goodyear**, 2020.

Disponível em:

<https://www.goodyearaviation.com/resources/pdf/aviation-tire-care-2020.pdf>

(MORIARTY, 2014): "Practical Human Factors for Pilots", **David Moriarty**, 1ª Edição, Academic Press, ISBN: 978-0124202443, 2014.

(NTSB, 2010): "Accident Report Runway Overrun During Rejected Takeoff / Global Exec Aviation

Bombardier Learjet 60, N999LJ, Columbia, South Carolina, September 19, 2008", **National Transportation Safety Board**, 2010.

Disponível em:

<https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/AAR1002.pdf>

(NTSB, 2016): "Crash During Nonprecision Instrument Approach to Landing, Execuflight Flight 1526, British Aerospace HS 125-700A, N237WR, Akron, Ohio, November 10, 2015" **National Transportation Safety Board**, 2016.

Disponível em:

<https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/AAR1603.pdf>

(SILVA BRAVO JALIL E PASCHOAL DA SILVA, 2021): “Aviação civil e meio ambiente: Identificação dos impactos causados pelo adensamento urbano desordenado no entorno dos aeródromos”, **Yasmin da Silva Bravo Jalil e Walber Paschoal da Silva**, DOI:10.34117/bjdv7n11-139 , Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 11, p.103738-103758, 2021.

Disponível em:

<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/39276/pdf>

(VAZ JUNIOR, 2019A): “Lições aprendidas de incidente envolvendo aeronave modelo Boeing 737-8 (MAX): estudo de caso do voo LNI043”, **Carlos André Vaz Junior**, DOI:10.34117/bjdv5n12-105 , Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 12, p. 295524-29551, 2019.

Disponível em:

<https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/5252/4790>

(VAZ JUNIOR, 2019B):"Comportamento humano e automação como fatores contribuintes em acidentes: estudo de caso de acidente aéreo em São Paulo, Brasil", **Carlos André Vaz Junior**, DOI:10.34117/bjdv5n9-103 , Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 9, p. 15134-15150, 2019.

Disponível em:

<https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/3214/3099>

(VAZ JUNIOR, 2022):"Eficiência das Barreiras Humanas de Segurança Diante da Tolerância ao Desvio na Aviação: Estudo de Caso", **Carlos André Vaz Junior**, DOI:10.34117/bjdv8n1-454 , Brazilian Journal of Development, v.8, n.1, p. 6711-6740, 2022.

Disponível em:

<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/43228/pdf>