

Eficiência das Barreiras Humanas de Segurança Diante da Tolerância ao Desvio na Aviação: Estudo de Caso

Efficiency of Safety Human Barriers in Front of the Deviation Tolerance in the Aviation: Case Study

DOI:10.34117/bjdv8n1-454

Recebimento dos originais: 09/12/2021

Aceitação para publicação: 25/01/2022

Carlos André Vaz Junior

Especialista em Gerenciamento de Segurança de Processos
Engenheiro de Segurança do Trabalho, Engenheiro Químico e Doutor em Engenharia de
Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola de Química / 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

RESUMO

Considerado um dos meios de transporte mais seguros, a aviação não é, contudo, livre de acidentes. Embora raros, estes eventos frequentemente resultam em múltiplas fatalidades. Compreender acidentes passados na busca por evitar eventos futuros é parte de qualquer sistema de gestão de segurança. Com este objetivo, o presente texto analisa os fatores contribuintes presentes em acidente envolvendo aeronave modelo Gulfstream G-IV de transporte executivo de passageiros. O evento ocorreu em maio de 2014 nos EUA. Embora uma falha técnica no projeto da aeronave esteja entre os pontos apontados pela investigação da NTSB, diversos fatores ligados aos comportamentos humanos também estão presentes. Este texto se foca na compreensão de como avaliações e tomada de decisão ruins criaram cenário propício a um acidente. Diversas avaliações aqui realizadas podem ser aplicadas em diferentes setores da indústria, onde a ação humana é também crucial na garantia da segurança. Para que a aviação alcance o elevado índice de segurança operacional que lhe é característico nos dias atuais, diversas atividades humanas tiveram de ser padronizadas e normatizadas. O rigor em seguir procedimentos permitiu reduzir fortemente inúmeros tipos de falhas humanas, especialmente aquelas relacionadas ao esquecimento. Apesar deste avanço, a falta de aderência às regras ainda hoje está presente em diversos acidentes. Mas o que leva um profissional com ampla formação e experiência a abandonar as operações padronizadas e, deliberadamente, abrir mão de executar algumas checagens de segurança recomendadas pelo próprio fabricante da aeronave? Fatores como excesso de confiança, complacência, tolerância ao desvio, falhas de CRM, estão entre as possíveis e variadas explicações -algumas destas presentes no acidente aqui analisado. Se é certo afirmar que falhas humanas estão presentes, também não podem ser desprezadas as falhas organizacionais. Qual o papel das empresas e dos órgãos de governo para o cumprimento dos procedimentos e na garantia de uma rotina operacional segura?

Este acidente revela que a atual política de escrever procedimentos e realizar treinamentos por si só não garante um voo seguro. A melhoria dos indicadores de segurança operacional demanda encontrar novas soluções.

Palavras-Chave: comportamento humano, tolerância ao desvio, tomada de decisão, segurança na aviação

ABSTRACT

Considered one of the safest means of transportation, the aviation is not, however, free of accidents. Although rare, these events frequently result in multiple fatalities. Understand accidents occurred in search for avoid future events is part of any safety management system. With this objective, the following text assesses the contributing factors present in accident involving the aircraft model Gulfstream G-IV, of passengers executive transportation. The event occurred in May, 2014 in the USA. Although a technical failure in the aircraft project is among the pointed aspects by the investigation of NTSB, numerous factors linked to human behaviors are also present. This text focus in comprehending how assessments and bad decision making create the proper scenery for an accident. Many assessments hereby can be applied in different branches of the industry, where the human action is also critical in assurance of safety. For the aviation to reach a high level of operational safety, which is its characteristic nowadays, various human activities had to be standardized and regulated. The accuracy in following procedures allowed to strongly reduce many types of human failures, specially those related to omission. Despite this advance, the lack of adhesion to rules is still today present in many accidents. But what leads a professional with wide formation and experience to abandon the standard operations and, deliberately, give up performing some safety checking recommended by the own aircraft manufacturer? Factors as overconfidence, complacency, tolerance to deviation, CRM failures are among the possible and varied explanations - some of those present in the accident here assessed. If it is right to affirm that human failures are present, It can't be despised too the organizational failures. What part do the companies and governmental organs have in the accomplishment of procedures and the assurance of a safe operational routine? This accident reveals the current policy of writing procedures and trainings by itself doesn't ensure a safe flight. The improvement of operational safety indicators demands finding new solutions.

Keywords: human behavior, deviation tolerance, decision making, aviation safety

1 INTRODUÇÃO

Frequentemente usada como exemplo de obediência aos padrões, a aviação inspira profissionais de diversos setores quando o tema é “segurança”. Essa imagem gera respeito e admiração em profissionais de diversas outras áreas onde a segurança segue sendo deixada em segundo plano. Infelizmente tal percepção de aderência e respeito absolutos pelas regras não reflete por completo o dia a dia da aviação. Tripulações que deliberadamente optam por deixar de seguir procedimentos, e abandonar verificações de segurança não são fatos raros (NTSB, 2015). O desvio é algo frequente no modo como

os seres humanos realizam tarefas, e pilotos não são diferentes de operadores da indústria química, médicos e motoristas de ônibus. Embora mudanças e adaptações possam ser benéficas, o desvio em relação ao preestabelecido, sem qualquer análise mais profunda, tem potencial de impactar severamente no risco.

O presente texto detalha acidente ocorrido em maio de 2014 nos Estados Unidos (NTSB, 2015), envolvendo aeronave de transporte executivo operando sobre regras Part 91, equivalente no Brasil a RBAC 91. O evento ocorreu em condições meteorológicas favoráveis ao voo, com todos os sistemas da aeronave em pleno funcionamento, e envolvendo uma tripulação experiente e bem treinada. Todos estes fatores não foram suficientes para compensar a pouca visão daqueles tripulantes em relação a necessidade de seguir padrões e regras. O desvio em relação aos procedimentos operacionais havia se tornado habitual, sem que os impactos na segurança fossem conhecidos – até a data do acidente.

A análise deste acidente permite discutir, com riqueza de detalhes, o comportamento humano diante de padrões rígidos de operação, a tolerância ao desvio e o processo de tomada de decisão. Estes três fatores, presentes no acidente aqui analisado, ocorrem diariamente nas mais diferentes indústrias. Deste modo, as reflexões geradas por este acidente ultrapassam o campo da aviação civil, tornando-se úteis para todos os ambientes onde o comportamento humano pode ser fator contribuinte para acidentes. A prevenção de futuros acidentes é o único propósito deste estudo, não tendo sido desenvolvido com o objetivo de encontrar eventuais culpados.

2 O VOO

O acidente envolvendo aeronave modelo Gulfstream G-IV, prefixo N121JM, registrada em nome da empresa SK Travel, ocorreu em 31 de maio de 2014. A aeronave colidiu violentamente contra obstáculos no solo, logo após uma tentativa frustrada de decolagem. Após o choque, o Gulfstream foi rapidamente consumido pelo fogo, resultando na morte dos dois pilotos, uma comissária e os quatro passageiros. A aeronave foi projetada para ser comandada por dois tripulantes, normalmente conhecidos como “PF”, ou “*pilot flying*”, e “PM”, ou “*pilot monitoring*”, algumas vezes relacionados com os termos “piloto” e “copiloto”, embora tal associação não seja correta. No caso deste voo ambos os tripulantes possuíam capacitação e habilitação para atuar como piloto. Deste modo, optou-se por denominar o tripulante que efetivamente estava comandando a aeronave de PF. O tripulante responsável por monitorar e assessorar é denominado PM.

Entre um voo e outro era comum que os dois tripulantes alternassem suas posições, de modo que em alguns voos assumia a posição de PF, e em outros a posição de PM. Por padrão, o PF se senta a esquerda na cabine, configuração vista no voo aqui analisado.

A descrição aqui apresentada possui como base o relatório oficial da investigação, emitido pela NTSB (*National Transportation Safety Board*) e publicado em 9 de setembro de 2015 (NTSB, 2015).

No dia 31 de maio de 2014 o PF acordou, em casa, por volta de 8h00 da manhã. Às 11h30 saiu em direção ao New Castle Airport, próximo da cidade de Wilmington, no estado americano de Delaware, para iniciar seu dia de trabalho. De forma análoga, o PM acordou por volta das 6h00 da manhã e saiu de casa com destino ao aeroporto às 8h50.

O primeiro voo do dia para essa tripulação era levar a aeronave de Wilmington para Atlantic City, no estado de New Jersey (EUA), onde os passageiros embarcariam com destino a Bedford, Massachusetts (EUA). De acordo com a programação, o retorno de Bedford para Atlantic City deveria acontecer ainda no mesmo dia, assim que os passageiros cumprissem suas atividades no destino. A decolagem de New Castle Airport ocorreu às 13h25, pousando sem maiores problemas em Atlantic City. Após o embarque dos passageiros, decolaram novamente, agora com destino a Massachusetts, onde chegaram às 15h44.

No aeroporto Laurence G. Hanscom Field (BED), Bedford, a aeronave permaneceu no pátio, aguardando o retorno dos passageiros, que ocorreu somente às 21h28. Segundo as informações levantadas pelos investigadores, durante este período os tripulantes permaneceram por perto. Não foram requisitados serviços de abastecimento ou manutenção. Dois minutos após o retorno dos passageiros os motores da aeronave foram acionados (21h30).

De acordo com os dados do *Flight Data Record* (FDR) da aeronave, os flaps foram configurados para decolagem às 21h31:45. Os flaps são partes móveis das asas, que auxiliam na sustentação da aeronave, sendo usados principalmente durante o pouso e a decolagem. A configuração dos flaps marca um momento importante na configuração da aeronave para a partida. O táxi teve início dois minutos depois (21h33). A pista em uso no aeroporto Laurence G. Hanscom Field naquele momento era a 11, e a aeronave atingiu a cabeceira às 21h39. Durante o alinhamento uma mensagem de advertência, na cor azul, surgiu no painel: “*RUDDER LIMIT*”, assim como uma indicação luminosa, denominada “*rudder limit light*”. *Rudder*, ou leme, é uma superfície móvel vertical localizada na cauda. Em voo o leme e o aileron podem atuar em conjunto para execução

de curvas, porém no solo o seu emprego é incomum – embora o acionamento involuntário, durante uma curva, seja frequente. Essa mensagem, às 21h39:21, desencadeou um rápido diálogo na cabine, reproduzido conforme o original:

21h39:24, PF: “The rudder limit light is on”

21h39:26, PM: “Are you using your rudders?”

21h39:27, PF: No.

Após este diálogo, já com a aeronave alinhada na pista, a tripulação inicia a decolagem, acelerando os motores (21h39:34).

O movimento do PF de deslocar as manetes para frente, promovendo a aceleração da aeronave foi bloqueado quando a aceleração de ambos os motores atingiu uma potência (EPR ou *engine pressure ratio*) de 1,42 em 4 segundos (21h39:38). Esse bloqueio das manetes impediu o PF de alcançar a potência desejada. A potência permaneceu constante pelos próximos 5 segundos (até 21h39:43). Esse comportamento não é normal no Gulfstream, onde os motores devem atingir rapidamente a potência necessária para a decolagem, sem observar qualquer bloqueio físico no deslocamento das manetes. Para tentar aumentar a aceleração o PF aciona o *Autothrottle* (AT) às 21h39:43. Este recurso de aceleração automática faz com que a potencia dos motores cresça, atingindo um máximo de 1,6 (EPR) às 21h39:46. Porém, logo a aceleração cai para 1,53, levando o PF a afirmar: “*Couldn’t get (it manually any further)*” (21h39:46). A partir deste ponto a aceleração permanece constante em 1,53, enquanto a aeronave ganha velocidade ao longo da pista do aeroporto.

O PM anuncia “80” (21h39:51), o que significa que tinham atingido a velocidade de 80 nós. Logo após, às 21h39:57 o PM faz novo anúncio: “V1”, e às 21h39:58 declara: “*rotate*”. O código “V1” refere-se ao instante a partir do qual já não é mais possível iniciar um procedimento de abortar a decolagem (RTO, ou *reject takeoff*) e parar antes do final da pista (AOPA, 2011). Já a expressão “*rotate*” refere-se a velocidade de rotação (VR), indicando a velocidade ótima para iniciar a subida.

Quando o PM informa que a VR foi atingida, cabe ao PF puxar o manche para iniciar a subida. Contudo, ao tentar executar essa ação, o PF percebe não ser possível mover os profundos (*elevators*). Essa superfície móvel horizontal, localizada na cauda da aeronave, é responsável pelo movimento de subida e descida. Com os profundos travados, a decolagem se torna inviável. Surpreendido, e compreendendo o problema, o

PF exclama “*lock is on*” sete vezes entre 21h39:59 e 21h40:12. A frase “*lock is on*” provavelmente se referia ao *Gust Lock* estar acionado. A *Gust Lock* é uma trava usada no solo para proteger as superfícies móveis, como ailerons, lemes e profundores, de rajadas de vento, por isso o nome de “*gust lock*”. Embora importante enquanto a aeronave está estacionada no pátio, esse recurso impede a decolagem, e deve ser destravado antes do acionamento dos motores.

Os dados gravados revelam que enquanto o PF falava “*lock is on*” um dos pilotos ativou a válvula FPSOV (*Flight Power Shut Off Valve*). A ativação se faz movimentando a alavanca FPSOV Handle localizada no console central da cabine de comando. A FPSOV remove a pressão do sistema hidráulico usado para movimentação dos profundores e outros recursos. Os tripulantes tinham a esperança que assim fosse possível destravar o *Gust Lock* e realizar a decolagem.

Aparentemente mover a alavanca não resolveu o problema, e o PF continuou repetindo a mesma frase. Sem encontrar uma solução, a tripulação aciona os freios às 21h40:10, sendo essa a primeira ação para abortar a decolagem. Às 21h40:14 a aceleração dos motores é reduzida. A aeronave contava ainda com Ground Speed, superfícies móveis na asa que, quando acionadas, elevam o atrito com o ar e auxiliam a reduzir a velocidade. Porém, este dispositivo não foi acionado automaticamente pois depende do sistema hidráulico estar pressurizado.

Percebendo que a aeronave não iria parar antes do final da pista, o PF exclama: “*I can’t stop it*”, às 21h40:14. Um segundo após, a aeronave ultrapassa a cabeceira oposta, ainda com uma velocidade de 151 nós. Após sair da pista o Gulfstream ingressa em uma área de segurança, RSA (*runway safety area*), pavimentada, localizada logo após a cabeceira. Somente no momento que a aeronave sai da pista é que os reversores, outro dispositivo de auxílio no processo de frenagem, são acionados.

Ainda muito veloz, a aeronave ultrapassa a RSA, ingressando em uma área gramada. Essa área, embora alinhada com a pista, não é classificada como área de segurança, e deste modo contém obstáculos, como postes de iluminação, antenas, etc. Um segundo após deixar a RSA a aeronave colide contra uma dessas construções.

Após a colisão, a aeronave prossegue por mais alguns metros, atingindo e ultrapassando uma cerca que limita a área do aeroporto. A aeronave finalmente para em meio a vegetação, nas margens de um pequeno rio (Shawsheen River).

Os controladores, localizados na Torre de Controle do aeroporto, observaram o acidente e acionaram o serviço de socorro de emergência. Todavia, o fogo rapidamente

tomou conta da aeronave, inviabilizando o rápido acesso dos socorristas ao seu interior. Todos a bordo morreram antes de serem socorridos.

3 TRIPULAÇÃO

Ambos os tripulantes estavam legalmente habilitados para atuar como piloto do Gulfstream, de modo que era comum que alternassem a posição de PF e PM entre diferentes voos. Ambos possuíam vasta experiência na aeronave voada, além de estarem bastante habituados a voar juntos.

3.1 PF

O PF tinha 45 anos de idade na data do acidente. Os investigadores não conseguiram confirmar a quantidade exata de horas de voo que o tripulante possuía. Em setembro de 2013, durante um treinamento, o profissional declarou possuir 8275 horas de voo como PF, e em abril de 2014, durante um exame médico, declarou possuir 11250 horas de voo totais.

Trabalhando para a SK Travel nos últimos 12 anos, o tripulante comandava a aeronave acidentada desde que a mesma foi adquirida pela empresa, em junho de 2007.

O treinamento mais recente realizado pelo piloto tinha sido em setembro de 2013, nas instalações da FlightSafety International.

3.2 PM

O PM era mais velho que o PF, possuindo 61 anos de idade. Já contava com 18.530 horas de voo no total. Trabalhava na SK Travel a 27 anos, e, do mesmo modo que o colega, pilotava aquela aeronave desde que a mesma foi adquirida pela empresa. Seu treinamento mais recente foi também na FlightSafety International em setembro de 2013.

Diante do perfil do PF e PM, Robert L. Sumwalt, um dos investigadores que atuaram neste acidente, destaca duas qualidades da SK Travel (NTSB, 2015): (i) manter um mesmo quadro de pilotos contratados por um longo período de tempo, (ii) investir na formação de seus tripulantes, contratando os serviços de empresas de treinamento de primeira linha. Sumwalt explica que é comum observar empresas de pequeno porte, como a SK Travel, contratando treinamentos apenas com base no preço, inclusive em função da elevada rotatividade dos funcionários. Para alguns pilotos a aviação executiva é vista apenas como uma etapa intermediária na carreira, permitindo o acúmulo de horas de voo suficientes para ser contratado por uma grande linha aérea.

Tripulantes considerando o trabalho atual como um degrau na carreira e empresas pouco interessadas em investir na capacitação de seus profissionais – este ciclo vicioso é percebido em algumas pequenas empresas de aviação, sendo bastante desfavorável para a segurança operacional. A SK Travel se destacava por adotar uma política oposta, com investimentos reais na formação de seu quadro. Contudo, a estabilidade do quadro de funcionários também foi fator contribuinte para este acidente, como será detalhado posteriormente.

4 AERONAVE

A aeronave envolvida no acidente, um jato executivo modelo Gulfstream G-IV, prefixo N121JM, foi fabricada em janeiro de 2000, e adquirida pela SK Travel em junho de 2007. No momento do acidente acumulava 4945 horas de voo, com 2745 ciclos (decolagem / pouso). O tempo reduzido de cada ciclo, menos de duas horas por voo em média, é uma característica da aviação executiva.

O N121JM possuía gravador de voz na cabine (CVR: *cockpit voice recorder*) e gravador de dados (FDR: *flight data recorder*). Dispunha ainda de QAR (*Quick Access Recorder*) que grava em um simples cartão de memória, similar aqueles usados em câmeras fotográficas, os mesmos dados enviados para a FDR. Este cartão foi recuperado intacto pela equipe de investigação, permitindo o acesso aos dados de mais de 300 horas de voo, incluindo as 176 decolagens anteriores. A partir desta longa série temporal de dados, e sabendo que a aeronave era pilotada sempre pela mesma dupla de tripulantes, foi possível para os investigadores estabelecer o padrão operacional existente antes do acidente.

Para compreender este acidente é necessário, primeiro, entender o motivo pelo qual foi impossível para o PF mover os profundores durante a corrida para decolagem. Este tópico é abordado no item a seguinte. Outros fatores contribuintes, assim como o processo decisório adotado, são tratados na sequência

5 GUST LOCK SYSTEM

Quando uma aeronave se encontra estacionada no pátio de um aeródromo, a mesma fica sujeita as condições meteorológicas locais, especialmente rajadas de vento. Estas podem impor elevadas pressões sobre as superfícies móveis da aeronave, gerando movimentos que podem danificar os sistemas. Por essa razão o Gulfstream dispõe de uma

trava mecânica, denominada *Gust Lock System*, que, quando acionada, impede qualquer movimentação das superfícies móveis.

O acionamento do *Gust Lock System* se faz por meio de alavanca (*Gust Lock Handle*) localizada no console central do *cockpit*, próximo da alavanca de flapes e do assento da direita. A alavanca é pintada de vermelho. Sua cor e posição foram cuidadosamente estudados pelo fabricante da aeronave, e visam alertar a tripulação sobre sua posição no momento que se preparam para decolar, uma vez que seria impossível decolar com as superfícies móveis travadas. Ao regular os flapes para configuração de decolagem, o tripulante teria elevada probabilidade de notar se o *Gust Lock System* ainda está acionado, podendo então corrigir essa condição. A proximidade entre as duas alavancas, *Gust Lock System* e Flapes, é tão elevada que, com o *Gust Lock System* acionado, a configuração dos flapes por parte do tripulante da direita fica bastante dificultada – embora a configuração dos flapes pelo tripulante da esquerda não seja tão impactada.

Uma vez que o acionamento indevido do *Gust Lock System* representa risco para a decolagem, durante a certificação da aeronave o fabricante precisou garantir que os pilotos estariam sempre cientes que o sistema estaria desativado antes de iniciar a decolagem. A norma americana 14 CFR 25.679 detalha algumas opções para cumprir essa exigência:

“a) There must be a device to prevent damage to the control surfaces (including tabs), and to the control system, from gusts striking the airplane while it is on the ground or water. If the device, when engaged, prevents normal operation of the control surfaces by the pilot, it must—

(1) Automatically disengage when the pilot operates the primary flight controls in a normal manner; or

(2) Limit the operation of the airplane so that the pilot receives unmistakable warning at the start of takeoff.”

No caso do Gulfstream G-IV, o *Gust Lock System* foi certificado junto a FAA (*Federal Aviation Administration*) com base no item “(2)” acima. Para compreender o entendimento exato que a FAA possui sobre este item, os investigadores solicitaram a Agência a interpretação oficial.

A resposta foi:

“To comply with this paragraph applicants use various means to limit the operation. Examples include gust locks that when they are engaged, also prevent throttle lever/actuator advance. Some airplanes incorporate gust locks that hold the nose wheel offset such that if throttles are advanced the airplane will tend to circle on the ground. Both of these means of compliance limit the operation of the airplane. The FAA emphasizes the rule language that states, “must—(2) Limit the operation of the airplane” to prevent pilots from ignoring or mistaking visual and aural take off warnings.”

Os investigadores questionaram então o fabricante sobre como o projeto atendia tal exigência normativa. A Gulfstream declarou existência de três recursos:

*“-it restricts the operation of the pilot controls (yoke, column, rudder pedals);
-it limits the operation of the throttle levers; and
-as an additional warning feature, the gust lock handle is painted red and located prominently adjacent to the flap handle such that there is phyPMal contact with the pilot’s hand during the selecting of flap position.”*

Na visão do fabricante, estes três itens garantiriam de modo inequívoco que qualquer tripulação ficasse ciente da ativação do *Gust Lock System*: *“these features limit the operation of the airplane and would provide an unmistakable warning to the crew.”*

Inicialmente é possível entender os três itens citados pelo fabricante como “camadas de proteção” ou “barreiras preventivas”, cuja representação gráfica pode ser facilmente compreendida por meio da técnica de *Bow Tie* (CCPS, 2018) ou do *Swiss Cheese* (CSB, 2011). É preciso, contudo, considerar a real eficácia dessas linhas de defesa na prevenção do cenário acidental “iniciar decolagem com *Gust Lock* acionado”.

Em uma situação ideal a tripulação destravaria o *Gust Lock* logo no início dos procedimentos de preparação para decolagem, quando aplicassem o *checklist* “*Starting Engines*”, item “*Gust Lock System*”. Caso este item fosse esquecido e não executado, as três barreiras de proteção previstas pelo fabricante deveriam evitar a concretização do cenário acidental.

A primeira barreira (“*restricts the operation of pilot controls*”) somente se torna eficaz caso a tripulação efetivamente perceba que as superfícies estão travadas. Para que isto ocorra existe o item “*flight control check*”, pertencente ao *checklist* “*After Starting Engines*”, requerendo que a tripulação teste a movimentação completa das superfícies móveis.

Caso os pilotos ignorem a checagem anterior, a segunda barreira age limitando fisicamente a 6° o ângulo de movimentação das manetes de potência. Com tal limitação, seria impossível impor aceleração adequada para executar a decolagem. Esta barreira, ao

contrário da anterior, independe da ação humana, uma vez que a trava mecânica na manete é acionada sempre que o *Gust Lock* está ativo.

Finalmente, a terceira barreira declarada pelo fabricante é a cor e o posicionamento da alavanca de acionamento do *Gust Lock*, pintada de vermelho e estrategicamente posicionada próxima da alavanca de flapes. Do mesmo modo que a primeira barreira, esta também pode ser considerada uma “barreira humana”, já que depende da percepção humana para funcionar.

6 DINÂMICA DO ACIDENTE

Uma vez entendido o contexto geral do acidente, é necessário estudar sua dinâmica detalhada, avaliando cada passo. Encontra-se assim a cadeia de eventos e o conjunto de fatores contribuintes que permitem compreender não apenas como os fatos aconteceram, mas também como toda a sequência poderia ter sido interrompida e o acidente evitado.

O primeiro fator contribuinte, em termos cronológicos, é representado pela forma não convencional de lidar com os *checklists* pré-decolagem. O manual emitido pelo fabricante previa a realização de cinco *checklists* nessa fase: “*Before starting engines*”, “*Starting engines*”, “*After starting engines*”, “*Taxi / before takeoff*”, “*Lineup*”. Por padrão, os *checklists* devem ser cumpridos de forma ordenada e sequencial. O início da execução de um *checklist* por parte de um dos membros da tripulação deve ser anunciado em voz alta, possibilitando que ambos estejam cientes. Neste acidente, o gravador de voz da cabine permitiu entender que nenhum *checklist* foi anunciado em voz alta. Não é possível observar também a aplicação de cada um dos passos, na ordem, de cada *checklist* previsto. A simples falta de aderência aos procedimentos não gera um acidente, mas prejudica a integridade das barreiras de segurança. Por exemplo, o *checklist* pré-decolagem “*Starting Engines*” contém o item “*Gust Lock System*”, momento no qual a tripulação deve efetuar o destravamento do sistema anti-rajada. Porém, este item não foi executado. Na sequência, a tripulação também não testou as superfícies móveis (“*flight control check*”), item do *checklist* “*After Starting Engines*”.

A oportunidade seguinte para interromper a cadeia de eventos ocorreu ao ingressar na cabeceira da pista. Neste momento, luz de advertência (“*rudder light*”) foi acionada, juntamente com mensagens de advertência. Embora este alarme não sirva para indicar que *Gust Lock System* está ativo, estudos mostram que o travamento aumenta a chance de geração deste alarme. Os tripulantes não entenderam o motivo do alerta, e sem maior

avaliação, optaram por prosseguir a decolagem. Essa decisão, embora venha se mostrar equivocada na sequência, é indicada no próprio manual da aeronave - o alarme “*rudder limit*” não representa impedimento para a decolagem.

Uma vez alinhado na cabeceira da pista 11, o PF inicia a aceleração, porém não consegue empurrar as manetes até a posição de 30° (PLA, *power level angle*). O travamento da manete no ângulo de 17,5° ocorreu em função do *Gust Lock* estar acionado. Essa era uma das barreiras de proteção projetadas pelo fabricante para evitar a decolagem com o *Gust Lock* ativo. De acordo com o projeto apresentado as autoridades americanas, a manete deveria ter sido bloqueada em um ângulo de apenas 6°, tornando realmente impossível decolar. O travamento tardio em 17,5° representa uma falha que contribuiu para o acidente.

Segundo os investigadores, o projeto de trava usado nesta aeronave se basava em modelos anteriores do fabricante. O projeto foi adaptado pela Gulfstream para o novo G-IV, mas, confiando na similaridade, o fabricante realizou apenas um número bastante reduzido de testes. Do mesmo modo, a FAA, agência certificadora, acreditando na similaridade de projetos, também exigiu apenas testes básicos. Se fosse uma aeronave totalmente nova, os testes seriam mais rigorosos e longos. Deste modo, por falha de projeto, as manetes só foram bloqueadas ao atingir um grau de 17,5° (PLA), em um comportamento não previsto nos manuais e treinamentos, logo mais difícil de ser identificado por parte dos tripulantes como estando associado a *Gust Lock* ativa.

Falhas de projeto e certificação de aeronaves cujo projeto é derivado de modelos já existentes também estiveram presentes nos acidentes envolvendo o Boeing 737 MAX (VAZ JUNIOR, C. A., 2019B). Do mesmo modo, comportamento atípico, dificultando a rápida identificação e diagnóstico por parte da tripulação, também pode ser observado no acidente envolvendo aeronave Fokker 100 durante decolagem de São Paulo, Brasil (VAZ JUNIOR, C. A., 2019A).

Independente da falha, o PLA de 17,5° representava uma potência de apenas 1,42 (EPR), o que não seria suficiente para continuar a decolagem. Depois de cinco segundos nessa posição, o PF aciona o *Autothrottle*, e consegue elevar o PLA da manete da direita para 25,7° e 24,3° para a manete da esquerda. A nova posição das manetes produziu um EPR de 1,6, mais próximo do valor pré-definido para decolagem. Neste momento, incapaz de deslocar ainda mais a manete, o *Autothrottle* entra em *hold*, e as manetes foram levemente recuadas (PLA de 21°, com EPR de 1,53). Com este ajuste o PF prosseguiu a decolagem.

Uma vez que a trava nas manetes é mecânica (barreira física), a mesma deveria impedir o deslocamento mesmo com o acionamento do *Autothrottle*. Para os investigadores, o único meio de conseguir alcançar 25° seria por meio da quebra do pino de bloqueio físico. Porém, a equipe da NTSB não conseguiu definir se a peça se quebrou devido a ação simultânea do PF e do *Autothrottle* exercendo pressão sobre a manete, ou se o pino já se encontrava fragilizado antes do voo. Independente do motivo, o fato é que, unindo a falha de projeto com a quebra da trava mecânica, o PF conseguiu impor uma aceleração suficiente para continuar a decolagem – mesmo com o *Gust Lock* ativo.

Pouco mais de dez segundos depois a aeronave atingiu a V1, e logo após a VR. O PF então tenta puxar o manche, para que a aeronave inicie a subida. É neste momento que o tripulante percebe que as superfícies móveis estão travadas, sendo impossível comandar a subida. O piloto em comando declara, em voz alta: “*Lock is on*”, em clara referência ao *Gust Lock*.

Considerando a posição e a velocidade da aeronave, os investigadores calcularam que se a tripulação tivesse optado por interromper a decolagem neste momento, não seria mais possível parar o Gulfstream ainda dentro da pista, mas a parada completa ocorreria dentro da área de segurança (*runway safety area*, RSA). A tripulação, porém, decidiu tentar resolver o problema enquanto continuavam a corrida de decolagem.

De acordo com os manuais do fabricante, com os motores acionados a pressão imposta no sistema hidráulico do Gulfstream impede o destravamento do *Gust Lock*, ou seja, é impossível mover manualmente a *Gust Lock Handle*. O procedimento indicado pelo fabricante seria desligar ambos os motores, reduzindo assim a pressão do sistema hidráulico e tornando possível mover a alavanca. Este procedimento obviamente exigia interromper a decolagem, algo que aparentemente a tripulação não gostaria de fazer. Foi tentado então um método alternativo, não indicado nos manuais e nem recomendado pelo fabricante: desligar o sistema hidráulico do Gulfstream por meio de alavanca específica (FPSOV). Existem relatos dessa solução já ter sido empregada com sucesso por pilotos que, por engano, acionaram os motores antes de destravarem o *Gust Lock*. Porém, isso sempre foi tentado com a aeronave parada no pátio do aeroporto, e nunca durante a corrida para decolagem. Na velocidade de decolagem, mesmo com o sistema hidráulico desligado, a pressão exercida pelo ar contra as superfícies móveis impede o destravamento do *Gust Lock*.

Uma vez que a solução do FPSOV falhou, a tripulação se viu incapaz de resolver o problema, iniciando, ainda que de forma tímida, o processo de abortar a decolagem.

Inicialmente foram aplicados os freios, e apenas alguns segundos depois a aceleração dos motores foi reduzida. O sistema de reverso só veio a ser acionado ainda mais tarde. Os *spoilers*, freios aerodinâmicos localizados nas asas, não foram automaticamente acionados em função do sistema hidráulico estar sem pressão.

7 FALHAS EM SEQUÊNCIA

A partir do detalhamento da dinâmica do acidente fica evidente que duas falhas humanas ocorreram em sequência: manter ativa a trava Gust Lock e deixar de checar o funcionamento das superfícies móveis ainda no pátio. Embora ambas sejam falhas humanas, suas origens são profundamente distintas. Entender essa diferença é primordial para sua prevenção.

7.1 GUST LOCK ATIVA

Uma característica da aviação executiva é a realização de uma série de voos curtos, o que pode significar realizar vários ciclos de decolagem/pouso ao longo de um único dia. Por exemplo, antes do dia 31 de maio de 2014, o serviço anterior daquela tripulação tinha sido em 20 de maio do mesmo ano. O voo de 20 de maio foi composto de quatro etapas, com duração total de apenas 2,7 horas. Ou seja, cada etapa durou cerca de 40 minutos. No dia 31 de maio, o acidente ocorreu na terceira decolagem do dia.

Independente do número de decolagens realizadas no mesmo dia, o manual de operação da aeronave estabelece que inúmeros procedimentos (*checklists*) devem ser repetidos antes de cada nova etapa, sempre com o mesmo grau de atenção, seriedade e detalhamento. O fato de já ter repetido a mesma sequência de checagens e ações outras vezes ao longo do dia não reduz a importância de seguir tais procedimentos novamente. Por mais experiente que seja o tripulante, e por mais vezes que as instruções já tenham sido executadas, existe sempre a possibilidade de esquecimento caso uma rotina rigorosa e padronizada não seja seguida. Tentar seguir os passos de memória, aumenta a chance de que alguma etapa seja esquecida, realizada de forma parcial ou na ordem inversa. O esquecimento de uma das etapas em uma longa lista de tarefas muitas vezes passa despercebido, pois o cérebro “completa” a ação, como se ela tivesse sido efetivamente realizada. Por exemplo, quando alguém sai de casa sem levar as chaves do carro ou a carteira. Essa característica da mente humana torna o erro de esquecimento muito difícil de ser detectado (MORIARTY, D., 2014).

Moriarty (2014) compara dois erros similares: quando uma ação foi realizada porém de forma incorreta, e quando a tarefa foi simplesmente esquecida. O primeiro erro tende a ser mais facilmente detectado, enquanto o segundo raramente será notado. Uma vez que a ação já foi executada várias vezes no passado, a mente humana confunde a execução de hoje daquela feita ontem.

O esquecimento e a dificuldade mental de diferenciar uma memória atual ou passada, reforçam a importância de manter a aderência ao *checklist*. Mas o simples uso dessas listas de itens não basta para garantir que todos os itens do procedimento serão efetivamente realizados. O esquecimento pode ocorrer mesmo quando a tripulação segue uma lista de tarefas, especialmente quando a realização dos itens é interrompida antes do final. Ou seja, uma chamada pelo rádio, um alarme inesperado, a demanda de um colega, podem levar a interrupção do procedimento. No momento que sua execução for retomada, a possibilidade de “pular uma linha” é enorme: “onde mesmo eu parei?”. Interromper a execução de um *checklist* aumenta fortemente a probabilidade de que algum dos seus itens seja esquecido, ou realizado em dobro quando possível. Assim, é importante evitar interrupções e contar com algum recurso que permita marcar quais comandos já foram cumpridos.

No caso do acidente analisado, nada indica que os procedimentos estavam sendo formalmente seguidos. Não existe registro no gravador de voz da cabine que revele a execução, por parte da tripulação, de uma série de checagens obedecendo aos procedimentos do fabricante da aeronave, ou ao menos o anúncio do início ou término da execução de um dado procedimento. Deste modo, não parece que o esquecimento por parte da tripulação em desarmar o Gust Lock esteja associado a interrupção durante a execução formal de uma lista regulamentar de verificações. Mais provável é que a execução dos procedimentos pré-voo estivesse sendo realizada “de memória”, sendo este o motivo do esquecimento.

7.2 TESTE DAS SUPERFÍCIES MÓVEIS

De acordo com os registros do gravador de dados da aeronave é possível verificar que, durante os procedimentos pré-voo, a tripulação não verificou a movimentação livre e desimpedida das superfícies móveis da aeronave. Essa checagem antes da decolagem consta nos *checklists* emitidos pela fabricante, e, caso tivesse sido realizada, teria possibilitado aos pilotos detectarem o *Gust Lock* ativo ainda durante o táxi. Poderia a

razão pela qual a tripulação deste voo não realizou essa testagem ser similar aquela que levou a manter o *Gust Lock* acionado? Seria simples esquecimento?

No caso do esquecimento do *Gust Lock* acionado, observando-se os registros de dezenas de decolagens anteriores realizadas na mesma aeronave pela mesma tripulação, fica claro que isto jamais havia ocorrido. Em todas as decolagens anteriores as superfícies móveis se movimentaram corretamente quando a velocidade de decolagem (VR) foi atingida. Logo, seja realizando o procedimento “de memória”, seja acompanhando item por item na lista, o fato é que esquecer o *Gust Lock* acionado não era algo frequente.

Por outro lado, em grande parte das decolagens anteriores aquela tripulação não realizou a verificação completa da movimentação das superfícies móveis antes de iniciar a decolagem. Das 176 decolagens avaliadas, em duas foi feita a checagem completa e em 16 a checagem foi parcial. Nas restantes, nenhuma checagem teria sido efetuada. A partir deste padrão comportamental percebe-se que a falha na checagem da movimentação das superfícies móveis não teria sido um esquecimento pontual em virtude da não aplicação formal de *checklist*, mas sim um desvio intencional.

A decisão de não checar a movimentação das superfícies móveis antes da decolagem teria sido tomada, mesmo que de forma informal e desapercibida, em algum momento no passado. A partir daquele momento, o desvio foi repetido em outros voos. A repetição frequente do desvio acaba por gerar um hábito, que se concretiza e se torna “o novo normal”. Em uma condição limite, o desvio se torna tão comum e normal que deixa de ser percebido (MORIARTY, D., 2014).

Tolerância ao desvio é fator contribuinte observado em inúmeros acidentes, mesmo fora do setor aéreo. Grave acidente ocorrido em 2005 na refinaria da BP em Texas City, Texas, EUA, ilustra este ponto (CSB, 2007). Procedimentos de partida das unidades de produção não eram habitualmente seguidos, desvios vinham sendo inseridos, com mudanças implementadas sem maiores estudos.

Finalmente, Moriarty (2014) discute que muitos desvios não resultam em acidentes na primeira vez que são realizados. Um piloto que realiza uma aproximação não-estabilizada e consegue pousar com sucesso, realizou um grave desvio, embora não tenha gerado um acidente. Assim, cria-se uma visão equivocada de que o desvio não gera impacto para a segurança, não eleva o risco operacional e não contribui para um acidente. O desvio aos poucos passa a ser visto como algo normal, aceitável, tolerável ou até vantajoso – a não execução de algumas etapas de verificação, por exemplo, reduz a carga

de trabalho da tripulação. Cria-se o caminho para que este comportamento se perpetue – até o acidente.

8 DESVIO INTENCIONAL

O relatório final da investigação traça inúmeras reflexões sobre a atitude da tripulação em relação ao teste de movimentação das superfícies móveis, e algumas delas se aplicam também ao não cumprimento do passo do procedimento que menciona o destravamento da *Gust Lock*. Existe, porém, uma diferença significativa:

“A troubling aspect of this accident is the flight crew’s pattern of noncompliance with an important step in the manufacturer’s After Starting Engines checklist—the flight control check—which appears to have been intentional.”

Enquanto manter a *Gust Lock* acionada não foi uma escolha consciente, não executar os testes das superfícies móveis pode ter sido intencional. Mas por que uma tripulação optaria, livremente, por não cumprir uma rápida e simples verificação de segurança prevista nos manuais de operação da aeronave? Embora possa parecer surpreendente, deixar de cumprir procedimentos está longe de ser algo raro na aviação:

*“Research observations and airline industry data indicate that procedural noncompliance is not uncommon in professional aviation.”
(...) “Line operations safety audit data from more than 20,000 airline flights conducted between 1996 and 2013 revealed that 49% of such flights involved at least one instance of intentional noncompliance.”
(...) “Thus, procedural noncompliance occurs during normal operations, even among the flight crews of major airlines.”*

Procedimentos existem, especialmente, por razões de padronização e segurança, buscando não apenas reduzir a chance de erros, mas também reduzir a variabilidade destes. Logo, não é absurdo supor que tripulantes que deliberadamente escolhem não seguir os procedimentos estão mais sujeitos a acidentes. Vaz Junior (2021) detalha outro acidente, neste caso envolvendo empresa de táxi-aéreo, onde desvios intencionais também agiram como fatores contribuintes.

Não seguir procedimentos é tão frequente, e se tornou algo tão relevante para a segurança na aviação que, em 2015, a NTSB incluiu a ação de fortalecer a aderência aos procedimentos na sua lista de prioridades (*“Most Wanted List of Transportation Safety Improvements”*).

Embora o uso de *checklists* e a aderência aos procedimentos sejam comportamentos reforçados desde o início da formação de qualquer tripulante, os números mostram um quadro distinto. No caso dos pilotos do Gulfstream, os investigadores não foram capazes de indicar o motivo exato que levou aquela tripulação a abandonar, ou minimizar, os procedimentos formais de checagem ao longo dos anos de trabalho. É certo que este comportamento começou muito tempo antes, e que aos poucos foi se tornando um padrão entre aqueles dois tripulantes.

O perfil operacional típico das missões realizadas pela tripulação, vários voos curtos executados em um único dia, sempre com a mesma aeronave e a mesma dupla de pilotos, pode ter contribuído para o desvio de comportamento da equipe. Repetir a checagem das superfícies móveis incontáveis vezes em um mesmo dia, e sem jamais ter detectado qualquer problema, pode ter induzido os tripulantes a desvalorizá-la. Talvez este comportamento tenha se iniciado durante uma preparação para decolagem apressada, com tempo reduzido para fazer todas as checagens conforme o manual. Ou então começou por mero esquecimento ou descuido. Mas o fato é que esse primeiro desvio, ainda pontual, ocorrido muitos meses antes, não trouxe qualquer consequência imediata. Ou seja, a decolagem seguiu conforme o esperado. A remoção do item aparentemente não criou qualquer problema para os tripulantes, e ainda representava uma simplificação do trabalho. Por que, então, não fazer deste o “novo padrão”?

O desvio em relação ao procedimento não é algo exclusivo da aviação executiva, podendo afetar mesmo as grandes linhas aéreas da aviação comercial. Enquanto a tripulação do Gulfstream era composta sempre pelos mesmos dois pilotos, em uma empresa com vasta malha aérea este fato não ocorre. A variação das duplas piloto / copiloto inibe os desvios e, especialmente, a criação de um hábito ou padrão não documentado. Quando dois profissionais voam sempre juntos, se torna viável criar um padrão próprio de comportamento, mas quando a composição da equipe muda constantemente, isso se torna improvável. Neste caso, a tendência é seguir o procedimento emitido pela própria empresa aérea ou pelo fabricante da aeronave.

O desvio intencional em relação ao padrão cria um desafio novo para fabricantes, operadoras e órgãos reguladores. Acidentes deste tipo revelam que a simples criação de manuais, regras, *checklists* e procedimentos não resulta em um padrão de segurança adequado quando diferentes desvios são aplicados pelas tripulações. Ou seja, a falta de aderência com aos procedimentos estabelecidos compromete a integridade das barreiras

de segurança. Este problema é tão mais relevante quanto maior for o número de tripulações que cronicamente se desviam, intencionalmente, dos procedimentos.

É importante observar que o acidente com o Gulfstream somente ocorreu pois ambos os desvios, um involuntário, outro intencional, aconteceram no mesmo voo. Caso o item de destravamento do *Gust Lock* tivesse sido executado, o acidente teria sido evitado, mesmo sem a checagem das superfícies móveis. O mesmo para o caso da checagem ter sido realizada mas o destravamento não. A falha dupla colocou a tripulação em um cenário potencialmente crítico.

Robert L. Sumwalt, um dos investigadores da NTSB que colaboraram nesta investigação, destaca que a empresa operava uma aeronave de primeira linha; treinava seus pilotos na FlightSafty International, um dos centros de treinamento mais respeitados no mundo; e conseguia manter seu quadro de funcionários estável por muitos anos, algo raro no campo da aviação executiva, onde a rotatividade de tripulantes tende a se elevada (NTSB, 2015). Apesar de experientes e bem treinados, os dois tripulantes se desviavam cronicamente de um dos princípios mais básicos da operação aeronáutica: seguir os manuais, procedimentos e *checklists*. Robert L. Sumwalt destaca que, obviamente, os tripulantes sabiam como operar a aeronave, até porque agiam de forma correta durante as seções de treinamento e checagem. Porém, nos voos de rotina, longe de supervisores, a operação seguia outro padrão – ou a falta dele. Sumwalt aponta a complacência e confiança excessiva em suas próprias habilidades como sendo possíveis razões para o modo como os pilotos agiam durante suas rotinas de trabalho (NTSB, 2015).

9 DECOLAGEM: ABORTAR OU CONTINUAR?

Uma vez entendidos os fatores que levaram as duas falhas que possibilitaram aquela tripulação iniciar a corrida de decolagem ainda com o *Gust Lock* ativado, a investigação se volta para compreender as razões que levaram aqueles pilotos a não interromperem a decolagem assim que a falha se tornou evidente. A investigação revelou três oportunidades para a tripulação interromper a decolagem em curso. Analisando cada uma é possível entender o contexto no qual a decisão foi tomada e as suas consequências.

A primeira oportunidade ocorreu entre 21h39:21 e 21h39:31, durante o alinhamento na cabeceira 11. A mensagem de advertência (*“rudder limit”*), mesmo sem o leme ter sido usado, era um primeiro sinal de que algo não estava correto. De fato, hoje se sabe que a mensagem refletia o travamento das superfícies móveis em função da *Gust Lock* estar ativa. Os pilotos não compreenderam, e optaram por desconsiderar.

Embora, em função do acidente ocorrido logo depois, se saiba que tal decisão foi equivocada, analisando as informações disponíveis no momento, a decisão se mostra lógica e coerente com o manual de operação do Gulfstream. A mensagem não era associada, seja no manual, nos treinamentos, ou nos procedimentos, com o acionamento indevido da *Gust Lock*. Logo, não havia motivo para desconfiar deste problema diante do surgimento da mensagem. Além disso, pelo padrão do fabricante, este tipo de mensagem de advertência não é impedimento para a decolagem.

A segunda oportunidade ocorreu poucos segundos depois, às 21h39:38. Neste instante, a manete de potência teve seu movimento bloqueado ao atingir 17,5° (PLA). Este bloqueio jamais havia ocorrido ao longo das dezenas de decolagens anteriores. Neste momento a aeronave havia iniciado a corrida para decolagem a apenas 4 segundos, de modo que interromper a decolagem era algo seguro.

A decisão do PF, porém, foi distinta: após cinco segundos com a manete travada em 17,5°, o *Autothrottle* foi acionado. Essa solução é pouco convencional, já que antecipa o momento de acionamento deste recurso, porém serviu para conseguir um pouco mais de aceleração (PLA de 25°). O fato é que o tripulante não entendeu o motivo pelo qual a manete foi bloqueada. Essa dificuldade em estabelecer o diagnóstico se deve, em parte, a falha do projeto do sistema de trava deste modelo de Gulfstream. Conforme o manual, com o *Gust Lock* ativado o bloqueio da manete deveria ocorrer logo no início do seu deslocamento, em PLA de 6°. Esse bloqueio, logo no início do seu curso, deveria permitir um diagnóstico rápido e preciso, até por ser uma condição prevista nos treinamentos e manuais. Porém, o travamento tardio, apenas em PLA 17,5°, não era um cenário conhecido, dificultando enormemente o diagnóstico. O fato da manete travada ter se deslocado quando o *Autothrottle* foi acionado também se diferencia do comportamento esperado para *Gust Lock* ativo, dificultando ainda mais a tomada de decisão. Falhas que se comportam de forma distinta daquela descrita nos manuais e reproduzidas nos simuladores são de mais difícil detecção (VAZ JUNIOR, C. A., 2019A).

Diante de uma anomalia inesperada em um sistema crítico para condução das operações, a opção por insistir na decolagem parece mais relacionada a tendência humana de “manter a decisão tomada anteriormente” (MORIARTY, 2014) (VAZ JUNIOR, C. A., 2021). Ou seja, uma vez tendo decidido por iniciar a decolagem, a tendência mental é manter esta decisão, buscando, inclusive, razões diversas para justificar tal opção.

O *Autothrottle* foi ativado aos 21h39:43, e às 21h39:57 o Gulfstream atingiu a V1. A VR foi atingida um segundo após (21h39:58). Neste instante o PF percebe que os comandos estão travados, surgindo mais um momento de decisão: “interromper a decolagem ou tentar corrigir o problema e continuar”? Neste instante a aeronave se encontra em alta velocidade e grande parte da pista de decolagem já foi consumida. Existe enorme pressão temporal para tomada dessa decisão crítica.

Pode parecer que, uma vez que os comandos estavam travados, a melhor decisão seria abortar a decolagem, já que o voo nessas condições seria impossível. Todavia, no momento que a falha foi detectada a aeronave já havia ultrapassado a V1. É importante lembrar que a V1 representa o instante máximo no qual o procedimento de interromper a decolagem já deveria ter sido iniciado, de modo que seja possível parar a aeronave ainda dentro dos limites da pista. Ou seja, a decisão de abortar a decolagem deve ser, por padrão, tomada antes que a V1 seja atingida. Uma vez atingida e, especialmente, ultrapassada, significa que não é mais possível parar a aeronave antes de atingir a cabeceira oposta (FAA, 2021) (AOPA, 2011). Logo, em muitos cenários pós-V1 é mais conveniente prosseguir com a decolagem – e estes casos são bastante enfatizados e treinados durante a formação das tripulações. Interromper uma decolagem (RTO, *rejected takeoff*) não apenas após a V1, mas também após a VR, é algo bastante crítico, e que deve ser feito exclusivamente quando se tem certeza que o voo é impossível, pois compulsoriamente significa que a aeronave ultrapassará a cabeceira oposta.

Durante as investigações a equipe da NTSB estimou que, embora realmente a aeronave não fosse capaz de parar dentro dos limites da pista, a mesma seria contida ainda no interior da RSA, em total segurança. Logo, a partir dessa estimativa, seria possível dizer que a tripulação deveria ter optado por interromper a decolagem mesmo após a V1. É importante ressaltar, contudo, que essa estimativa teria que ser efetuada pela aquela tripulação em frações de segundo, logo após ter sido surpreendida por uma falha incomum.

Ao se perceber a pressão temporal e a informação apenas parcial disponível no contexto da tomada de decisão, torna-se possível compreender a atitude da tripulação e sua opção. Obviamente que, após o acidente, ficam evidentes as falhas neste processo, porém, avaliar a decisão com base em conhecimentos não disponíveis no momento, com tempo para analisar e calcular alternativas, é inadequado. Quem estuda acidentes deve se colocar no contexto do tomador de decisão.

10 TOMADA DE DECISÃO

Moriarty (2014) detalha dois sistemas distintos de tomada de decisão empregados pelo cérebro humano. O chamado “sistema 1” atua principalmente em momentos de elevada carga de trabalho mental, especialmente em situações onde o tempo para a tomada de decisão é curto, inviabilizando a realização de avaliações mais profundas. Já o “sistema 2” proporciona um estudo mais profundo, completo e amplo, todavia necessita de elevada capacidade de processamento mental. A segunda abordagem tende a avaliar melhor o problema, suas características e particularidades específicas, frequentemente gerando respostas mais adequadas a situação enfrentada – porém é mais lenta que o “sistema 1”. Deste modo, quando a carga de trabalho está elevada, ou o tempo é curto, o “sistema 2” se torna inviável, e a decisão do “sistema 1” tende a ser prontamente aceita.

É interessante entender que o mecanismo de tomada de decisão humano sempre passa pelo chamado “sistema 1”, independente da carga de trabalho e do tempo disponível para encontrar a solução - é a chamada “decisão instintiva”. Usando modelos mentais simplificados, essa primeira decisão frequentemente não é a melhor, por tal razão é importante promover condições para que o “sistema 2” atue, e assim se reduza a possibilidade de escolha errada (MORIARTY, 2014).

Usar a FPSOV para conseguir deslocar a alavanca do Gust Lock mesmo com os motores acionados é uma abordagem não documentada nos manuais da aeronave, porém, conforme os investigadores verificaram, é uma técnica adotada por alguns pilotos. Contudo, uma análise mais profunda da situação permite perceber que tal improvisado funciona somente quando a aeronave ainda se encontra estacionada, ou em deslocamento lento no pátio. Durante a corrida para decolagem, em função da pressão que o rápido deslocamento de ar gera sobre as superfícies móveis da aeronave, a força necessária para mover manualmente a Gust Lock Handle se torna tão elevada que é praticamente impossível para um tripulante realizar tal ação. É provável que o modelo mental do “sistema 1” dos tripulantes não fosse completo o suficiente para contemplar este detalhe. É possível que nem mesmo dominassem os aspectos construtivos do Gust Lock, algo em geral restrito ao pessoal de manutenção. Ao mesmo tempo, os tripulantes possivelmente sabiam que essa técnica funcionava em alguns casos, não exatamente quais.

Em resumo, percebe-se que a tomada de decisão de tentar resolver o problema desligando o sistema hidráulico, para, na sequência, mover a alavanca de Gust Lock, e assim destravar as superfícies móveis, tomou como base um modelo mental incompleto. Além de desconhecer aspectos construtivos, o modelo também desconsiderava e

simplificava a realidade, deixando de considerar as diferenças em termos contextuais, especialmente a velocidade da aeronave no momento no qual a solução estivesse sendo empregada. A simplificação excessiva com o objetivo de encontrar rapidamente uma solução para o problema é causa frequente de decisões ruins.

Um meio para reduzir a carga de trabalho daquela tripulação, e assim elevar a chance de uso do “sistema 2”, seria o compartilhamento do problema entre ambos os tripulantes. O compartilhamento permite que a capacidade mental de ambos seja empregada simultaneamente na busca por uma solução adequada (COLANTUONO, F., 2020) (MORIARTY, 2014). No caso deste acidente, o compartilhamento realizado foi bastante restrito, com pouco diálogo entre os membros. Além do baixo compartilhamento, outro fator agravante é que a tomada de decisão durante a corrida de decolagem sempre traz consigo o fator tempo – sendo evidente a necessidade de agir o mais rapidamente possível. Tentar compreender o problema encontrado, achar uma solução, efetuar a correção e continuar a decolagem, gera gigantesca pressão mental sobre os membros da tripulação – condição mais do que propícia para a tomada de decisões baseada apenas no “sistema 1”.

11 CRM

Durante a corrida de decolagem, a primeira vez que ocorre comunicação entre os tripulantes é às 21h39:46, quando o PF avisa que não está conseguindo obter a aceleração prevista: “*couldn't get (it manually any further)*”. Embora trate-se de uma situação anormal e especialmente crítica por ocorrer durante a decolagem, o PM parece ignorar o colega, apenas mencionando o cruzamento de 80 nós às 21h39:51. É interessante notar que as dificuldades iniciais do PF em impor a aceleração, e na sequência a ativação do *Autothrottle*, não geraram qualquer diálogo na cabine. A comunicação é peça-chave do CRM e da segurança (COLANTUONO, F., 2020), estando envolvida em diversos acidentes e incidentes (VAZ JUNIOR, C. A., 2019B) (VAZ JUNIOR, C. A., 2021).

O silêncio no *cockpit*, além de revelar um CRM (*crew resource management*) fraco, praticamente elimina a chance de que força excessiva ou desproporcional tenha sido empregada PF, ou mesmo por ambos os tripulantes para empurrar a manete de potencial acima de PLA 17,5°. Uma ação dessa natureza, de força bruta, bastante incomum durante o voo, provavelmente teria gerado inúmeras vocalizações entre os membros da tripulação – algo que não aconteceu. Deste modo, a quebra do pino de Lock

não parece estar relacionada a força excessiva aplicada pela tripulação sob os comandos – embora possa ter sido a força do *Autothrottle* somada a do PF.

Por outro lado, a aplicação de força bruta por parte dos membros da cabine levando ao rompimento de peça e agravamento da situação não seria algo totalmente inédito. Investigadores do acidente envolvendo aeronave Fokker 100 (prefixo PT-MRK) em procedimento de decolagem do Aeroporto de Congonhas (São Paulo, Brasil), acreditam que a força aplicada por aquela tripulação causou o rompimento de um dos cabos de trava (VAZ JUNIOR, C. A., 2019A). Destaca-se que no caso do PT-MRK, a aplicação conjunta de força desproporcional sob os comandos foi claramente vocalizada, em um padrão bastante distinto daquele observado neste acidente.

Surpreende que durante a aceleração manual, que deveria seguir até PLA 30° mas foi interrompida pouco depois da metade, não tenha sido gerado qualquer comentário por parte do PF. Do mesmo modo, durante os cinco segundos posteriores, um intervalo de tempo bastante longo no contexto da decolagem de uma aeronave, o PLA se manteve constante, e novamente nada foi dito. O próprio acionamento do *Autothrottle* não é anunciado. O PF, ao não compartilhar os problemas e sua própria surpresa, parece dispensar a ajuda e opinião do colega da direita, abrindo mão de recursos preciosos em um momento crítico.

Por outro lado, o tripulante da direita, em sua tarefa de monitorar, também deveria ser capaz de perceber a anomalia e intervir, de forma positiva, para auxiliar e apoiar do piloto em comando. O PM não apenas deixa de colaborar espontaneamente, como também ignora a frase do PF declarando haver um problema.

A anomalia observada durante essa decolagem estava longe de ser algo rotineiro e habitual. Por essa razão, a ausência de diálogo se revela ainda mais surpreendente. O simples diagnóstico de “CRM fraco” não parece ser suficiente aqui. Expressões de surpresa, questionamentos, pedidos de ajuda e opinião seriam esperados mesmo entre profissionais não formalmente treinados em CRM.

Os investigadores da NTSB não exploram mais profundamente as razões deste comportamento, se limitando a apontar para “falha de CRM”. A fadiga é um dos fatores contribuintes que levam a redução das comunicações entre indivíduos, e será analisada no próximo item. Um problema de relacionamento entre ambos os pilotos, surgido antes do último voo, ou mesmo uma relação desgastada após anos voando juntos, são outros fatores a serem considerados. Nenhuma discussão neste sentido é apresentada no relatório.

Finalmente, sabe-se que ambos os tripulantes alternavam suas posições, de PF e PM, entre um voo e outro. No caso do voo onde o acidente ocorreu, o PM era o piloto mais velho, com 61 anos, enquanto o PF tinha 45 anos. O número de horas de voo contabilizadas pelo PM também era maior. Poderia essa diferença de idade e experiência terem transformado o tripulante mais velho em uma espécie de “instrutor”, deixando o “aluno” aprender com os próprios erros? Ou essa diferença de experiência poderia ser capaz de inibir o mais jovem de debater sobre o que estava ocorrendo? Comportamentos assim não são raros no campo da aviação (VAZ JUNIOR, C. A., 2018) (VAZ JUNIOR, C. A., 2021), porém a parceria constante e de longa data da dupla de pilotos tornam este cenário improvável.

Embora nenhuma das hipóteses aqui apresentadas possa ser comprovada ou descartada, trata-se de uma discussão válida. O estudo de acidentes apresenta como principal foco a prevenção de eventos futuros (RODEGUERO, M.A., BRANCO, H., 2013). Entender os motivos pelos quais dois pilotos experientes foram totalmente incapazes de discutir um problema crítico que colocava em risco a operação é algo que deve ser considerado. O simples diagnóstico de falha na aplicação dos princípios de CRM em pouco colabora na prevenção de acidentes. Revisar a dinâmica dos treinamentos de CRM talvez seja uma proposta simples, mas se pilotos que voam juntos ao longo de anos podem falhar tão miseravelmente no simples estabelecimento de um diálogo no momento em que isto era mais necessário, surge uma importante questão: os treinamentos atuais são realmente efetivos? Apresentam alguma valia além de acrescentar uma linha no currículo tripulante? Moriarty (2014) discute a real eficácia deste tipo de treinamento.

12 FADIGA

De acordo com os investigadores, ambos os tripulantes teriam trabalhado de casa e dormido normalmente ao longo dos três dias que antecederam o acidente, conforme foi possível verificar com os respectivos familiares. Esta baixa carga de trabalho, a princípio, reduz a probabilidade da fadiga ter sido um dos fatores contribuintes para o acidente. O relatório final da investigação, contudo, não avalia a sequência de atividades desenvolvidas no dia do evento. Observa-se que, embora nos dias anteriores ao acidente os tripulantes não tenham realizado qualquer voo, e que ambos tenham dormido adequadamente na noite anterior, algumas características do trabalho desenvolvido em 31 de maio de 2014 podem contribuir para a formação de um quadro de fadiga.

O primeiro fator a ser analisado é o tempo total de trabalho acumulado ao longo do dia do acidente. A primeira decolagem ocorreu às 13h25, enquanto o acidente aconteceu pouco depois de 21h30, ou seja, mais de 8 horas depois. Considerando que tripulantes devem chegar ao aeroporto antes do horário previsto para decolagem, o que é especialmente verdade para profissionais de empresas pequenas, isso reforça ainda mais que o fato de que, no momento do acidente, ambos os pilotos já trabalhavam a mais de 8 horas.

O relatório final da investigação não informa os horários nos quais cada tripulante chegou no aeroporto de New Castle, constando apenas o horário que teriam saído de casa. Usando este horário, verifica-se que no momento do acidente o PF já estava a 10 horas fora de casa, e o PM estava a mais de 12 horas.

O tempo acordado é outra informação relevante para a discussão sobre uma possível influência da fadiga. Conforme informação dos familiares, o PF acordou às 8h00, enquanto o PM às 6h00. Ou seja, no momento do acidente o primeiro estava acordado a mais de 13h, enquanto o segundo já ultrapassava 15h. Segundo Moriarty (2014), essa extensão de tempo acordado já cria prejuízo para o desempenho humano.

Entre 15h44 e 21h28, um intervalo de quase 6 horas, os tripulantes permaneceram aguardando, no solo, o retorno dos passageiros. Os investigadores não detalham as atividades desenvolvidas durante este período, sendo possível que tenham usado parte do tempo para descansar no interior da aeronave. O descanso durante o dia, quando corretamente dimensionado, se mostra bastante eficiente na redução do cansaço proveniente da longa jornada de trabalho (MORIARTY, 2014). A espera pelos passageiros é algo frequente na rotina de pilotos da aviação de negócios, sendo comum que ocorra em locais desprovidos de maiores confortos, o que pode elevar o desgaste e contribuir com a fadiga.

É importante lembrar que o desempenho mental pode ficar prejudicado nos momentos seguintes ao despertar (MORIARTY, 2014). Assim, caso tenham acordado pouco antes da chegada dos passageiros no aeroporto para o voo de retorno, isso teria o potencial de prejudicar o desempenho da equipe nos minutos seguintes. O relatório da NTSB não detalha as atividades desenvolvidas pelos pilotos durante sua permanência no solo, não sendo assim possível comprovar essa hipótese.

Finalmente, o acidente ocorreu pouco depois das 21h30, horário próximo daquele que habitualmente ambos os tripulantes iniciavam suas noites de sono. Moriarty (2014) discute como a proximidade com o horário habitual de repouso é capaz de prejudicar o

desempenho humano. Este fator pode ter sido minimizado caso os tripulantes tenham aproveitado as horas no solo para repousar.

Todos estes fatores, desde o tempo total acordado, a duração da jornada de trabalho, a longa espera pelo retorno e o horário do voo similar ao horário do repouso, podem contribuir para que a tripulação desenvolva algum grau de fadiga. Se por um lado é certo que a fadiga prejudica a comunicação, dificulta a formação de modelos mentais, compromete as capacidades de percepção, análise de riscos e a tomada de decisão, por outro lado parece improvável que ela, isoladamente, possa explicar o comportamento da tripulação durante o voo.

13 CONCLUSÕES

A segurança operacional pode ser pensada como uma combinação entre tecnologia, fatores organizacionais e comportamento humano. O estudo de acidentes passados permite entender que falhas em um ou mais pilares cria condições propícias para que eventos catastróficos ocorram. A análise do acidente aqui desenvolvida demonstra com clareza o papel de cada um destes fundamentos.

No campo da tecnologia, a falha de projeto fez com que a trava de bloqueio mecânico das manetes não atuasse da forma esperada. Embora seja este um fator relevante, tal não conformidade não ocasionaria, isoladamente, qualquer acidente. É neste ponto que se mostra importante considerar também a influência dos fatores organizacionais e humanos na dinâmica do evento.

Em termos de fatores humanos destaca-se não somente a tolerância ao desvio, mas também sua promoção. Parte importante da segurança na aviação possui como base a aderência aos procedimentos e regras. Procedimentos foram criados a partir de extensos e detalhados estudos, sempre com o objetivo de padronizar as operações e minimizar seus riscos. Contudo, um documento, por mais bem elaborado que seja, não é capaz de tornar uma atividade mais segura. Para que o procedimento possa ser considerado uma barreira efetiva de segurança ele depende da ação humana – por essa razão barreiras como alarmes e procedimentos são frequentemente chamadas de “barreiras humanas”. É a aplicação do procedimento, por parte dos pilotos, que torna o voo mais seguro, e não a sua simples existência. A investigação descrita neste trabalho revelou uma tripulação que cronicamente não seguia os procedimentos, optando por executá-los “de memória”. Esse comportamento pode facilmente levar ao erro de omissão, quando o esquecimento faz com que uma determinada etapa crítica não seja executada. Outro comportamento

observado ao longo das investigações era a decisão de, deliberadamente, deixar de realizar algumas checagens de segurança. Ou seja, julgar que alguns itens, embora indicados pelo fabricante, não precisavam ser realizados. Ambas as atitudes enfraqueceram as barreiras de segurança projetadas pela fabricante da aeronave e consideradas pela FAA na sua certificação. Falta de aderência aos padrões, normas e regras é fator contribuinte para acidentes em diversos setores, por exemplo, Meirelles e Pinheiro (2021) analisam o uso de EPI na construção civil.

Embora compreender as falhas humanas seja relevante para a construção de uma aviação civil mais segura, este não é o único aspecto a ser considerado, pois o papel das organizações também deve ser avaliado. Observa-se que a empresa aérea acreditava que todos os voos ocorriam conforme o padrão preestabelecido, assumindo que treinamentos e checagens ocasionais eram suficientes para garantir isso. A investigação demonstrou que desvios de longa data vinham sendo realizados de forma constante e intencional. A simples observação dos dados dos voos, juntamente com a gravação do FDR, teriam revelado este desvio. Um sistema de gestão de segurança operacional maduro consideraria avaliar os voos passados como um processo de busca pela melhoria contínua. Santos *et al.* (2020) discutem ferramentas para registro de acidentes passados, porém, a postura organizacional de aguardar o próximo acidente para somente neste momento avaliar o comportamento das tripulações e propor mudanças não é eficiente. Cabe apenas ressaltar que o acompanhamento do desempenho das tripulações ao longo de suas jornadas de trabalho somente faz sentido em um contexto de cultura justa, que se afasta do ineficaz viés puramente punitivo.

Finalmente, a compreensão dos diversos fatores contribuintes atuantes no acidente aqui analisado, assim como sua distribuição ao longo dos ramos de tecnologia, fatores humanos e fatores organizacionais, se mostra de grande valia na promoção da segurança operacional. Perceber que desvios semelhantes podem estar presentes em outros setores e organizações é o primeiro passo para evitar novos acidentes.

REFERÊNCIAS

- (AOPA, 2011): Aircraft Owners & Pilots Association "Understanding V1 Once It's Reached, It's Too Late To Abort", 2011, Disponível em: <https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2011/february/01/understandingv1#:~:text=Clearly%2C%20if%20the%20pilot%20must,failure%20and%20initiate%20the%20abort>.
- (CCPS, 2018): Center for Chemical Process Safety (CCPS), "Bow Ties in Risk Management: A Concept Book for Process Safety", 2018, Wiley-Aiche; ISBN-13: 978-1119490395
- (COLANTUONO, F., 2020): Fernando Colantuono, "Plane Inteligência Aérea", 2020, Ed. Novvus 3. ISBN-13: 978-6558540427
- (CSB, 2007): Chemical Safety Board (CSB), "BP America Refinery Explosion", 2007, Disponível em: <https://www.csb.gov/bp-america-refinery-explosion/>
- (CSB, 2011): Chemical Safety Board (CSB), "Texas Tech University Chemistry Lab Explosion", 2011, Disponível em: <https://www.csb.gov/texas-tech-university-chemistry-lab-explosion/>
- (FAA, 2021): Federal Aviation Administration (FAA), "Pilot Guide to Takeoff Safety", Disponível em: https://www.faa.gov/other_visit/aviation_industry/airline_operators/training/media/takeoff_safety.pdf
- (MEIRELLES, W.V., PINHEIRO, E.C.N.M., 2021): Willian V. Meirelles e Erika C.N.M. Pinheiro, "EPI uma forma de evitar acidentes na construção civil – NR6 e NR18". Brazilian Journal of Development, v.7, n.11, p.108882-108892, 2021.
- (MORIARTY, D., 2014): David Moriarty, "Practical Human Factors for Pilots", 1ª Ed., 2014, Elsevier Science, ISBN: 9780128007860
- (NTSB, 2015): National Transportation Safety Board, "Runway Overrun During Rejected Takeoff - Gulfstream Aerospace Corporation G-IV, N121JM", 2015, Disponível em: <https://www.nts.gov/investigations/accidentreports/reports/aar1503.pdf>
- (RODEGUERO, M.A., BRANCO, H., 2013): Miguel Angelo Rodeguero e Humberto Branco, "Gerenciando o Risco na Aviação Geral", 1ª Ed., 2013, Editora Bianchi, ISBN: 978-85-66282-11-5
- (SANTOS et. al.): A.T.P. Santos, M. Ansilago, M.R.L. Bonfá, S. Simionatto, E.M. Carvalho, "Análise da Elaboração de um Protocolo para Registro de Acidentes em Laboratórios de Pesquisa e Ensino". Brazilian Journal of Development, v.6, n.5, p.28209 - 28223, 2020.
- (VAZ JUNIOR, C. A., 2018): Carlos André Vaz Junior, "Remembering Tenerife: 40 Years Later", SF Journal of Aviation and Aeronautical Science, Volume 1, Edition 2, Article 1012 11, 2018.

Disponível em: <https://scienceforecastoa.com/Articles/SJAAS-V1-E2-1012.pdf>

(VAZ JUNIOR, C. A., 2019A): Carlos André Vaz Junior,
"Comportamento humano e automação como fatores contribuintes em acidentes: estudo de caso de acidente aéreo em São Paulo, Brasil", *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 9, p. 15134-15150, 2019. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/3214/3099>

(VAZ JUNIOR, C. A., 2019B): Carlos André Vaz Junior,
"Lições aprendidas de incidente envolvendo aeronave modelo Boeing 737-8 (MAX): estudo de caso do voo LNI043", *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n.12 p. 295524-29551, 2019. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/5252/4790>

(VAZ JUNIOR, C. A., 2021): Carlos André Vaz Junior,
"Comportamento Humano e Tomada de Decisão: Estudo de Caso de Acidente em Empresa de Táxi Aéreo", *Brazilian Journal of Development*, v.7, n.3, p.25971-26004, 2021. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/26348/20890>