



Centro de Investigação e Prevenção
de Acidentes Aeronáuticos

Introdução de **DISPLAYS ELETRÔNICOS DIGITAIS** em Aeronaves de Pequeno Porte

Estudo de Segurança de Voo - traduzido e comentado



2018

Assessoria de Estudos de Segurança de Voo - AESV

Sumário

Comentários Iniciais da AESV	6
Equipe de Elaboração dos Trabalhos	7
Sumario Executivo do Estudo feito pelo NTSB	8
1 Antecedentes	10
1.1 Introdução de displays eletrônicos digitais (glass cockpit) em aeronaves de pequeno porte	10
1.2 História do cockpit com aviônica avançada	13
1.2.1 Aviônica avançada em aviação geral	14
1.2.2 Lições anteriores aprendidas	15
1.3 Pesquisa em aviação geral até agora	17
1.4 Relatório de segurança em aviação geral	19
Comentários da AESV sobre o Capítulo 1	21
2 Plano e metodologia do Estudo	23
2.1 Questões do plano de Estudo	23
2.2 Metodologia	24
2.2.1 Frota de aeronaves do Estudo	25
2.2.2 Pesquisa de atividade	26
2.2.3 Dados de acidente	27
2.3 Análises	27
2.3.1 Comparações estatísticas	28
Comentários da AESV sobre o Capítulo 2	30
3 Resultado da análise quantitativa	31
3.1 Descrição da frota de Estudo	31
3.2 Descrição dos Estudos sobre acidentes	32
3.3 Informação sobre acidentes	32
3.3.1 Envolvimento em acidentes	33
3.3.2 Gravidade dos acidentes	34
3.4 Atividade, dados de exposição e índice de acidentes	35
3.5 Condições de voo	38
3.5.1 Tempo do dia	38
3.5.2 Condições atmosférica do tempo	39
3.5.3 Plano de voo apresentado	41
3.6 Finalidade de voo	42
3.6.1 Distância planejada de voo	43
3.6.2 Fase de voo	44
3.6.3 Tipo de evento do acidente	45
3.7 Informação sobre o piloto envolvido nos acidentes	45
3.7.1 Número de pilotos	45
3.7.2 Idade do piloto	46

3.7.3	Nível de licença do piloto	46
3.7.4	Habilitação de voo por instrumento do piloto	47
3.7.5	Horas de voo do piloto	48
3.8	Resumo dos resultados da análise quantitativa	49
	Comentários da AESV sobre o Capítulo 3	52
4	Avaliação Qualitativa	57
4.1	Requisitos e materiais de orientação da FAA	57
4.2	Treinamento com equipamentos específicos	58
4.3	Programas de treinamento e materiais dos fabricantes	60
4.3.1	Fabricantes de Aeronaves	60
4.3.2	Fabricante de aviônicos	61
4.4	Requisitos para seguros	62
	Comentários da AESV sobre o Capítulo 4	64
5	Revisão de um Estudo de Caso	66
5.1	Expectativas dos pilotos a respeito dos displays digitais (glass cockpit)	66
5.2	Projeto e confiabilidade dos equipamentos	69
5.3	Padronização do projeto e da operação de instrumento	72
5.4	Interpretação de falhas nos equipamentos	74
5.5	Treinamento específico de equipamento	76
5.6	Capacidade de rastreamento da confiabilidade e funcionalidade do equipamento	78
	Comentários da AESV sobre o Capítulo 5	82
6	Registro de Dados em Sistemas Aviônicos	83
	Comentários da AESV sobre o Capítulo 6	86
7	Discussão	92
7.1	Características dos Acidentes e Suas Taxas	92
7.2	Questões de Segurança	94
7.2.1	Requisitos e Recursos de Treinamento	94
7.2.2	Fornecimento de Informações Sobre a Operação e Sobre as Limitações dos Painéis aos Pilotos	95
7.2.3	Requisitos de Treinamento Específico para Equipamentos	96
7.2.4	Treinamento para maus funcionamentos dos equipamentos	96
7.2.5	Rastreamento de Dificuldades em Serviço e de Falhas nos Equipamentos	97
	Comentários da AESV sobre o Capítulo 7	99
8	Sumário	100
9	Conclusões	101
10	Recomendações	102
	Comentários finais da AESV	103

Lista de Figuras

1	Exemplo de um cockpit convencional de aeronave de pequeno porte. . .	12
2	Exemplo de um cockpit convencional de aeronave de pequeno porte. . .	12
3	Acidentes anuais e totais de acidentes fatais em aviação geral, 1999-2008.	19
4	Taxas anuais de acidente e acidente fatal na aviação geral, 1999-2008.	20
5	Taxas anuais de acidente e acidente fatal na aviação geral, 1999-2008.	24
6	Novos registros de frota de aeronaves para Estudo por configuração de cockpit display e ano.	31
7	Tamanho acumulado da frota de aeronaves de Estudo por configuração de cockpit e ano.	32
8	Distribuição das aeronaves do grupo com glass cockpit e acidentes por ano.	34
9	Comparação de acidentes estudados por gravidade do resultado.	35
10	Comparação dos acidentes do Estudo por tempo do dia.	39
11	Distribuição combinada das horas de voo de 2006 e 2007 por tempo do dia e configuração de cockpit.	39
12	Comparação dos acidentes do Estudo por tempo atmosférico.	40
13	Distribuição combinada de horas de voo em 2006 e 2007 por tempo atmosférico e configuração de cockpit.	41
14	Comparação dos acidentes do Estudo por plano de voo apresentado. . .	42
15	Comparação dos acidentes do Estudo por finalidade de voo.	42
16	Distribuição de horas de voo em 2006 e 2007 combinada por finalidade de voo e configuração de cockpit.	43
17	Comparação de acidentes do Estudo por fase de voo.	44
18	Comparações dos acidentes do Estudo por tipo de evento e configuração da aeronave.	45
19	Comparação do número de pilotos a bordo de aeronaves acidentadas do Estudo.	46
20	Comparação dos pilotos acidentados do Estudo por nível de licença. . .	47
21	Comparação dos pilotos acidentados do Estudo por nível de licença. . .	48
22	Ilustração de um mecanismo convencional de indicador de velocidade, copiado do Instrument Flying Handbook da FAA	72
23	Ilustrações dos mecanismos internos que conduzem instrumentos analógicos de atitude e proa, copiados do Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge da FAA	73
24	Ilustração de um AHRS, copiado do Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge da FAA	74
25	Amostra de teste de conhecimento de instrumentos da FAA: interpretação de mau funcionamento de instrumento (entrada de tubo de pitot e bloqueio de drenagem).	75
26	Leitor/Programador universal.	87
27	1ª Geração de RDM.	87
28	2ª Geração de RDM.	88
29	3ª Geração de RDM.	88

Termos e Abreviaturas	Significado
AC	Advisory circular
ADAHRS	Air Data Attitude Heading Reference System
AERI	Airmanship Education Research Initiative
AFM	aircraft flight manual
AGATE	Advanced General Aviation Transport Experiments
AHRS	attitude and heading reference system
AOPA	Aircraft Owners and Pilots Association
ATP	airline transport pilot
CAB	Civil Aeronautics Board
CB	circuit breaker
CFR	Code of Federal Regulations
CPS	certification process study
CRT	cathode ray tube
FAA	Federal Aviation Administration
FITS	FAA Industry Training Standards
GA	general aviation
GAATAA	General Aviation and Air Taxi Activity and Avionics Survey
GAMA	General Aviation Manufacturers Association
GIFD	Garmin Integrated Flight Display
G-LOC	G-induced loss of consciousness
GPS	global positioning system
IFR	instrument flight rules
IMC	instrument meteorological conditions
MFD	multifunction flight display
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NM	nautical miles
NTSB	National Transportation Safety Board

Comentários iniciais da AESV

Em março de 2016, a Assessoria de Estudos de Segurança de Voo - AESV do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos - CENIPA iniciou suas atividades com o objetivo fomentar a produção de conhecimentos relacionados à prevenção e à investigação de acidentes aeronáuticos, bem como divulgar estudos e pesquisas acadêmicas de temas estratégicos afetos à segurança de voo e a outros assuntos julgados de interesse do CENIPA.

Desde o início de suas atividades, a AESV tem trabalhado com parcerias no desenvolvimento dos seus trabalhos, assim como realizado pesquisas para transmitir aos operadores da aviação civil informações relevantes para o gerenciamento da segurança operacional.

Um dos resultados destas pesquisas é este Estudo do NTSB - *National Transportation Safety Board* (Conselho Nacional de Segurança do Transporte), intitulado “*Introduction of Glass Cockpit Avionics into Light Aircraft*”, publicado em setembro de 2010. No Estudo, o NTSB usou registros de fabricantes, informações de investigação e um subconjunto de dados de pesquisas de atividades da aviação geral para avaliar como a transição para a *primary flight* displays (PFD) [displays de voo primários eletrônicos] afetou a segurança da operação de aeronaves de pequeno porte. O Estudo também avaliou os recursos e os requisitos que suportaram a transição para esta nova tecnologia, usando diferentes abordagens. Primeiro, foram feitas análises estatísticas dos registros de fabricante, informação de investigação de aeronave e dados de pesquisa de atividades para comparar a experiência de acidente de aeronaves de pequeno porte de cabine simples equipadas e não equipadas com displays de *glass cockpits*. Segundo, foi feita uma avaliação dos requisitos e recursos de treinamento em *glass cockpit* para caracterizar o treinamento e para identificar áreas de potencial melhoria de segurança. Finalmente, foram examinados casos de acidentes para identificar questões de segurança que surgiram associadas com a introdução de displays de *glass cockpit* nessa classe de aeronaves.

O Estudo, além de complexo, demandou recursos humanos e financeiros de elevados valores, inviabilizando qualquer tentativa atual de realização de Estudo semelhante no âmbito da aviação civil brasileira. Além do custo, a demora na produção de qualquer recomendação ou conclusões poderiam ocasionar perda de vidas humanas desnecessárias devido à não publicação do Estudo para conhecimento de todos. Neste sentido e devido à importância do tema para investigadores e operadores da aviação geral, a AESV optou por realizar uma tradução livre do conteúdo do Estudo, fazendo comentários no final de cada capítulo sobre assuntos que merecem especial atenção por parte da aviação civil brasileira.

Não é intenção deste trabalho tornar aplicáveis à Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC as Recomendações de Segurança encaminhadas pelo NTSB à Federal Aviation Administration (FAA), tendo em vista as diferenças no cenário de operações, a proporção dos acidentes com este modelo de aeronave e os fatores contribuintes. Entretanto, as Recomendações de Segurança encaminhadas à FAA podem servir de balizadores de ações futuras, tanto para a área de regulação como para a de investigação.

Tenha uma boa leitura!

Equipe de Elaboração dos Trabalhos

Coordenação Geral

- Assessoria de Estudos de Segurança de Voo do CENIPA

Desenvolvimento do trabalho e comentários AESV

- Maurício José Antunes Gusman Filho

Coordenação Pedagógica

- Adriana de Barros Nogueira de Mattos

Tradução do estudo

- José Eduardo de Faria
- Henrique Clasen

Organização de conteúdo

- Jorge Luiz Farias

Revisão de conteúdo

- Divisão Operacional (DOP) do CENIPA

Fonte: Safety Study - NTSB/SS-01/10 - PB2010-917001

- Disponível para consulta no link <https://www.nts.gov/safety/safety-studies/Pages/SafetyStudies.aspx>

Todos os direitos são reservados

É proibida a reprodução total ou parcial deste material por procedimentos eletrônicos ou mecânicos sem a permissão por escrito do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos - CENIPA.

Sumario Executivo do Estudo feito pelo NTSB

Em apenas alguns anos, os cockpits das novas aeronaves leves passaram por uma transição de instrumentos de voo analógicos convencionais para displays eletrônicos digitais, comumente chamados de “glass cockpit”. Esses novos mostradores integram os controles da aeronave, piloto automático, comunicação, navegação e funções de monitoramento de sistemas, aplicando tecnologia anteriormente disponível apenas em aeronaves da categoria transporte. A função aprimorada e as capacidades de informação dos glass cockpits representam uma mudança significativa e uma melhoria potencial na forma como os pilotos da aviação geral monitoram as informações necessárias para controlar suas aeronaves. O National Transportation Safety Board (NTSB) iniciou este Estudo para determinar se a transição para glass cockpits em aeronaves leves representou uma melhoria na segurança de voo dessas aeronaves.

Três diferentes abordagens foram utilizadas neste Estudo. Primeiro, uma análise estatística retrospectiva dos registros dos fabricantes, informações sobre investigação de acidentes e dados de pesquisa de atividades foram conduzidas para comparar a experiência com aviões monomotores leves recentemente fabricados equipados e não equipados com displays glass cockpits. Em segundo lugar, uma avaliação dos requisitos e recursos de treinamento em glass cockpits foi realizada para caracterizar o treinamento e identificar áreas para potencial melhoria da segurança de voo. Finalmente, os casos de acidentes foram revisados para identificar questões de segurança emergentes associadas à introdução de glass cockpit nesta classe de aeronaves.

A análise estatística constatou que, entre 2002-2008, aeronaves monomotoras leves equipadas com visores glass cockpit apresentaram taxas de acidentes totais menores - mas taxas de acidentes fatais mais altas - do que o mesmo tipo de aeronave equipada com instrumentação analógica convencional. Acidentes envolvendo aeronaves com glass cockpit eram mais propensos a estarem associados a voos pessoais/comerciais, mais longos, por instrumentos e operados por um único piloto, enquanto acidentes envolvendo aeronaves analógicas convencionais tinham maior probabilidade de estarem associados a voos de instrução, mais curtos e operados por dois pilotos. Foi descoberto que os pilotos de acidentes que pilotavam aeronaves equipadas com glass cockpits tinham níveis mais altos de certificação e mais experiência de voo do que os pilotos que voam aviões convencionais.

A avaliação dos requisitos de treinamento em glass cockpit para aeronaves leves constatou que a Federal Aviation Administration (FAA) vem atualizando seus manuais de treinamento e padrões de testes para incorporar informações genéricas sobre monitores de instrumentos de voo eletrônicos. No entanto, testes atuais escritos de conhecimento para pilotos (como piloto privado, qualificação de instrumentos, piloto comercial e certificados de instrutores de voo) não avaliam seus conhecimentos sobre a funcionalidade dos visores glass cockpit. Além disso, a FAA não possui requisitos específicos de treinamento para pilotos que operam aeronaves leves com glass cockpit. A falta de requisitos de treinamento específicos para este tipo de equipamento por parte da FAA resulta em uma ampla gama de experiências de treinamento inicial e recorrente entre pilotos de aeronaves com glass cockpit. Com a exceção dos treinamentos fornecidos pelos fabricantes com a compra de uma nova aeronave, os pilotos precisam buscar e obter treinamento específico em glass cockpit por conta

própria.

A revisão de acidentes envolvendo aeronaves leves equipadas com glass cockpit descobriu que as experiências dos pilotos e o treinamento em cockpits convencionais não os preparam para operar com segurança os complexos e variados sistemas de glass cockpit que estão sendo instalados atualmente em aeronaves leves. Além disso, a falta de informações fornecidas aos pilotos sobre os sistemas de glass cockpit pode levá-los a entender ou interpretar mal as falhas do sistema. Como resultado, há uma necessidade de novos procedimentos e ferramentas de treinamento para garantir que os pilotos estejam adequadamente preparados para operar com segurança aeronaves equipadas com aviônicos glass cockpit.

Os resultados deste Estudo sugerem que a introdução de glass cockpit não resultou em uma melhoria mensurável da segurança de voo quando comparada a aeronaves similares com instrumentos convencionais. As análises realizadas durante o Estudo identificaram questões de segurança em duas áreas:

- A necessidade de os pilotos possuírem conhecimentos e proficiência suficiente desses equipamentos para operar com segurança aeronaves equipadas com aviônicos glass cockpit; e
- A necessidade de capturar informações operacionais e de manutenção para avaliar a confiabilidade de aviônicos glass cockpit em aeronaves leves.

Como resultado deste Estudo de Segurança de Voo, o NTSB fez seis recomendações para a FAA: cinco sobre requisitos de treinamento e uma sobre requisitos de notificação de relatórios de dificuldades em serviço.

1 Antecedentes

1.1 Introdução de displays eletrônicos digitais (glass cockpit) em aeronaves de pequeno porte

No decurso de apenas alguns anos, os painéis de instrumentos de aeronaves de pequeno porte¹ passaram por uma transição de instrumentos de voos convencionais para displays integrados e computadorizados, comumente conhecidos como glass cockpit². Esta mudança ocorreu rapidamente, sendo que a aviônica glass cockpit apareceu primeiro em aeronaves de pequeno porte como sistemas não certificados instalados em “amateur-built aircraft” (aeronaves de construção amadora)*. Em 2003, a Cirrus Design Corporation começou a transição para painéis glass cockpits certificados pela Federal Aviation Administration (FAA) em aeronaves de pequeno porte, quando começou a entregar aeronaves com motores de um pistão com primary flight displays (PFD) [displays de voo primários] eletrônicos. Os novos displays rapidamente se tornaram equipamento padrão nos modelos SR20 e SR22 da empresa. A Cessna Aircraft Company, Piper Aircraft Incorporated, Mooney, e Hawker Beechcraft logo aderiram e dados da General Aviation Manufacturers Association (GAMA) indicam que em 2006 mais de 90% das aeronaves de pequeno porte com motor com pistão estavam equipadas com displays glass cockpit completos³. Além dos instrumentos de voo, os componentes anteriormente separados para piloto automático, comunicação, navegação e sistemas da aeronave foram integrados em displays glass cockpit para proporcionar melhor gerenciamento de voo, evitar CFIT e conflito de tráfico, obter uma visão sintética e proporcionar capacidade de recuperação em uma desorientação espacial. Pilotos automáticos e sistemas de posicionamento global (GPS), em particular, tornaram-se componentes padrões nos sistemas aviônicos de aeronaves de pequeno porte. Vários fabricantes de displays glass cockpit agora produzem displays com certificação de tipo suplementar para instalação atualizada em aeronaves existentes, sugerindo que o número de aeronaves equipadas com glass cockpits plenos continuará a crescer⁴.

A introdução dessa avançada tecnologia em aeronaves de pequeno porte trouxe consigo um novo conjunto de potenciais preocupações de segurança ao National Transportation Safety Board (NTSB) [Conselho Nacional de Segurança do Transporte], como formato e operação de equipamento, desempenho e treinamento do

¹O termo “aeronave de pequeno porte” é usado muito neste Estudo em referência a aeronave com peso bruto máximo inferior a 5.700 kg e certificada sob o título 14 do CFR (Code of Federal Regulations) Part 23. As comparações estatísticas incluídas neste Estudo limitaram-se o grupo específico de aeronaves com motor de um pistão usadas especialmente em operações gerais de aviação.

²O termo “glass cockpit” [cabine de vidro] refere-se mais ao uso de telas computadorizadas do que a medidores analógicos. * “Amateur-built aircraft” é definido no título 14 citado na nota 1 assim: “a maior parte da aeronave foi fabricada e montada por pessoa(s) que empreendera(m) o projeto de construção sozinha(s) para sua própria educação ou recreação” (N.T.).

³General Aviation Airplane Shipment Report, End-of-Year 2006 (Washington, DC: General Aviation Manufacturers Association, 2007) indica que 92% dos 2.540 aeroplanos com pistão entregues em 2006 estavam equipados com displays glass cockpit eletrônicos de voo.

⁴Este Estudo limitou-se a displays de painéis de instrumentos instalados de fábrica e não inclui qualquer análise de instalações atualizadas de equipamento glass cockpit.

piloto e novas técnicas de investigação de acidente. Este Estudo de Segurança de Voo foi projetado para testar a hipótese de que a transição para aviãoica glass cockpit em aeronaves de pequeno porte aumentará a segurança na operação delas. O Estudo buscou também avaliar os recursos e requisitos que apoiam a transição para essa nova tecnologia.

Para cumprir essas metas, este Estudo incluiu três análises separadas:

- Uma análise estatística retrospectiva de acidentes e dados de atividade de dois grupos⁵ de aeronaves fabricados recentemente produzidos com ou sem PFDs eletrônicos, realizada para identificar qualquer diferença em atividade, taxas de acidente ou circunstâncias de acidente associadas com displays glass cockpit.
- Um exame qualitativo de recursos de treinamento e requisitos da FAA e da indústria relacionados a displays glass cockpit realizado para caracterizar o treinamento e identificar áreas com potencial para implementar a segurança operacional.
- Um exame de estudo de caso de acidentes realizado para identificar questões emergentes de segurança associadas com a introdução de displays glass cockpit nessa classe de aeronave.

A mudança de instrumentos convencionais para displays glass cockpit criou novos desafios para interface e desenho de display, com implicações na maneira de como pilotos monitoram informação no cockpit. No entanto, as diferenças entre displays convencionais e glass cockpit se estendem além das aparências (figuras 1 e 2). Cada um dos instrumentos em forma de mostrador redondo se baseia em componentes eletromecânicos, pneumáticos ou sensíveis à pressão para gerar e mostrar desempenho específico da aeronave e controlar parâmetros como velocidade do ar, altitude, direção, pitch attitude [inclinação de subida] e bank attitude [inclinação lateral],* ângulo de subida e ângulo de curva.

⁵O termo grupo é usado em estatística para se referir a um grupo de sujeitos, neste caso aeronave, que compartilham características semelhantes. Os grupos de aeronave neste Estudo foram todas monomotores, aeroplanos movidos a pistão fabricados durante o mesmo período de 5 anos com instrumentos de cabine glass cockpit ou convencional.



Figura 1: Exemplo de um cockpit convencional de aeronave de pequeno porte.

Por outro lado, os displays glass cockpit dependem de sistemas computadorizados que integram múltiplas entradas de dados e controles. Displays glass cockpit podem apresentar mais informações no espaço exigido para painéis de instrumento convencionais, mas o aumento na informação incrementa a demanda de atenção do piloto e cria um risco de sobrecarregar os pilotos com mais informação do que eles podem de fato acompanhar e processar. A complexidade dos sistemas computadorizados integrados que acionam displays glass cockpit podem também limitar a compreensão do piloto acerca da funcionalidade dos sistemas subjacentes.



Figura 2: Exemplo de um cockpit convencional de aeronave de pequeno porte.

O glass cockpit típico de aeronave de pequeno porte consiste de ao menos dois displays: um primary flight display [tela principal de voo], ou PFD, e um multifunction flight display [display multifuncional] (MFD). Um PFD substitui instrumentos individuais de voo para mostrar a velocidade do ar, altitude, inclinação e informação

de velocidade que os pilotos usam para controlar a aeronave⁶. No caso do MFD, como o nome “multifuncional” sugere, uma ampla gama de informações suplementares e de condições pode ser selecionada para um este tipo de display. Os MFD típicos suplementam ou substituem informações discretas de navegação, comunicação, meteorologia e informação sobre as condições do sistema, como parâmetros do motor e combustível. Podem mostrar também mapas de navegação, diagramas de aeroporto e listas de verificação eletrônicas. Para este Estudo, uma aeronave glass cockpit é definida como tendo pelo menos um PFD⁷.

Os investigadores de acidente do NTSB encontram agora, com mais frequência do que no passado, aeronaves equipadas com glass cockpit e a capacidade de registrar dados a bordo em muitos desses displays possibilitaram que os investigadores obtivessem gravações detalhadas que documentam ações, eventos específicos, ou operações do equipamento que não estariam disponíveis com instrumentos convencionais. No entanto, nem todos os fabricantes incluem capacidade de registro em seu equipamento, de modo que esses registros nem sempre estão disponíveis. Ademais, instrumentos analógicos convencionais podem ser fisicamente examinados⁸ para indicações de operação antes do acidente, mas os sistemas baseados em software que ativam os displays eletrônicos não têm evidência alguma para indicar como estavam funcionando antes ou durante um acidente a não ser que os dados tenham sido intencionalmente registrados⁹.

1.2 História do cockpit com aviônica avançada

Os displays eletrônicos de voo foram inicialmente desenvolvidos para aplicações militares na década de 1960 e, em 1970, displays de tubos de raios catódicos (CRT) computadorizados começaram a substituir instrumentos eletromecânicos em aeronaves de transporte comerciais. O uso dos CRT levou ao apelido “glass cockpit”, que ainda é comumente aplicado a aeronaves que incorporam displays de voo digi-

⁶Os PFD eletrônicos substituem instrumentos mecânicos sensíveis à pressão por um computador com dados sobre o ar para processar valores de pressão dinâmica e estática para velocidade do ar, altitude e informação de velocidade associada. Os PFD computadorizados também substituem instrumentos de voo giroscópios mecânicos convencionais por um sistema de referência de inclinação e direção (AHRS) [attitude and heading reference system], que usa sensores em três eixos para calcular informações de direção, inclinação e guinada. PFD integrados que processam subsistemas estão comumente também integrados com o piloto automático e os sistemas de navegação da aeronave.

⁷ Algumas aeronaves de pequeno porte com instrumentos de voo convencionais foram fabricadas ou atualizadas com equipamentos MFD e/ou GPS com displays de mapas móveis. Neste Estudo, a classificação de um glass cockpit baseia-se no instrumento tela principal de voo de acordo com a definição consensual da indústria de um cockpit/cabine de pilotagem fornecido em GAMA Publication 12 - Recommended Practices and Guidelines for an Integrated Cockpit/Flightdeck in a 14 CFR Part 23 Airplane: “... no mínimo, um cockpit/cabine de pilotagem integrado deve incluir display eletrônico e controle de toda a velocidade aerodinâmica e instrumentos de altitude e inclinação, e todas as funções essenciais de navegação e comunicação”: ver http://www.gama.aero/files/gama_publication_12.p23cockpit_april_2005_pdf_498cadb978.pdf

⁸Essa evidência inclui marcação rotativa em giroscópios ou atesta marcas de agulhas batendo na face dos instrumentos durante o impacto.

⁹O capítulo 6 deste artigo contém mais discussão sobre funções de gravação de dados em displays eletrônicos de voo.

tais, ainda que displays de cristal líquido ou tecnologias de diodo emissor de luz, de menor peso, tenham substituído os CRT.

Em 1974, a National Aeronautics and Space Administration (NASA) começou a testar um glass cockpit completo num Boeing 737 especialmente equipado como parte do projeto Transport Systems Research Vehicle (TSRV). Nessa época, o cockpit de uma aeronave da categoria transporte tinha mais de 100 instrumentos e medidores. Displays integrados foram desenvolvidos em conjunto com maior automação como meio de reduzir algumas tarefas da tripulação, combinando informações de controle aéreo, posição e situação em displays que ocupavam pouco espaço¹⁰. Grande parte do trabalho TSRV da NASA foi usada no formato de cockpits de aeronaves de transporte com a introdução do Boeing 757/767.

Embora os sistemas da célula e motores numa aeronave de pequeno porte não sejam tão complexos, os displays glass cockpit agora usados nessas aeronaves têm semelhanças com as predecessoras da categoria de transporte, tais como as funções de administração de voo e piloto automático, comunicações e displays de navegação detalhados. A gama de características oferecida nos displays de cockpit que agora estão sendo introduzidos em aeronaves de pequeno porte foi além de muitos equivalentes da categoria de transporte para incluir sistemas de imagem infravermelha, visão sintética, navegação a grande altura e capacidade de recuperação em uma desorientação espacial.

1.2.1 Aviônica avançada em aviação geral

Grande parte da pesquisa que levou à recente introdução de displays glass cockpit em aeronaves de pequeno porte foi desenvolvida pelo consórcio Advanced General Aviation Transport Experiments (AGATE) patrocinado pela NASA. Em resposta à atividade geral decrescente e à queda na venda de aeronaves durante as décadas de 1980 e 1990, a NASA, a FAA e a indústria geral de aviação juntaram-se para formar a AGATE como primeiro passo para buscar um novo sistema de transporte baseado em aeronaves de pequeno porte. A meta da AGATE era desenvolver tecnologias novas e acessíveis em aeronaves e aviônica, métodos simplificados de certificação e sistemas de treinamento de voo para a próxima geração de aeronaves de pequeno porte usadas na aviação geral, adaptando tecnologia previamente disponível apenas em aviões de transporte operados por linhas aéreas comerciais¹¹. No centro da iniciativa estava a visão de substituir voos regulares de curta distância e entre cidades por voos pessoais em pequenos aviões que seriam tão fáceis de voar que quase qualquer um “poderia entrar, escolher um destino e ir” com mínimo treinamento e despesa¹². A pesquisa patrocinada pela AGATE resultou em nova certificação e novas recomendações para

¹⁰L. E. Wallace, *Airborne Trailblazer: Two Decades with NASA Langley Boeing 737 Flying Laboratory*, NASA SP-4216 (Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration, 1994).

¹¹Declaração de E. M. Bolen, presidente da General Aviation Manufacturers Association ao Subcomitê de Ciência, Tecnologia e Espaço do Comitê de Comércio do Senado dos Estados Unidos (24 de abril de 2001).

¹²“Affordable Alternative Transportation: AGATE – Revitalizing General Aviation,” NASA Facts, July 2, 1996, FS-1996-07-02-LaRC (Hampton, Virginia: National Aeronautics and Space Administration, 1996), disponível em: <http://www.nasa.gov/centers/langley/news/factsheets/AGATE.html>

materiais compostos, cockpit displays e aviônica que agora são usados em aeronaves tais como a série Cirrus Design Corporation SR20/22, a série Diamond Aircraft DA40 e novos modelos de jatos muito leves¹³. O programa AGATE terminou em 2001 antes que pudessem ser avaliados os reais efeitos de muitas dessas mudanças.

Com a introdução desta nova tecnologia, a FAA e fabricantes de aeronaves anteciparam uma necessidade de dar treinamento específico para pilotos de aviação que estavam fazendo a transição das aeronaves com equipamentos convencionais para as que possuíam displays de voo digitais. Para esse fim, a FAA trabalhou com parceiros acadêmicos, industriais, como a Embry-Riddle Aeronautical University, a University of North Dakota, e fabricantes para desenvolver o programa FAA Industry Training Standards (FITS). O programa FITS original defendia um treinamento de tipo específico para aeronaves e o uso de técnicas baseadas em cenário para ensinar aos pilotos as “habilidades de nível superior” (HOTS – Higher Order Thinking Skills) exigidas para operar com segurança aeronaves de alto desempenho com capacidades avançadas de automação. Até agora, vários fabricantes fornecedores de treinamento nacionais desenvolveram cursos de treinamento que aceitavam FITS. Além disso, a FAA estava incluindo em seu material de treinamento princípios FITS, tais como treinamento baseado em cenário, técnicas de tomada de decisão e avaliação focada no aluno. Ao usar semelhante abordagem participativa, a FAA trabalhou também junto com fabricantes e grupos industriais para produzir manuais novos e/ou atualizados que discutam displays eletrônicos de voo. Esses manuais incluem o Advanced Avionics Handbook¹⁴, Instrument Flying Handbook¹⁵ e Pilot’s Handbook of Aeronautical Knowledge.¹⁶

1.2.2 Lições anteriores aprendidas

A aplicação da experiência em transporte aéreo pode ser limitada devido à diversidade dos equipamentos na aviação em geral, operações e quantidade de pilotos. No entanto, o grande número de investigações sobre a interação homem-máquina e questões de controle aéreo que resultam do crescimento da automação de voo na cabine do avião da categoria de transporte, durante as décadas de 1980 e 1990, têm lições para o que se pode prever o que irá ocorrer nas operações de aeronaves de pequeno porte. Em geral, os avanços em sistemas de controle automatizado levaram a melhorias substanciais em confiabilidade de equipamento e aumentaram a precisão de funções complexas de controle aéreo. As companhias aéreas perceberam rapidamente que a aviônica glass cockpit e o controle automatizado em funções do gerenciamento do voo que as acompanhou, aumentaria a eficiência e diminuiria os custos de operação. Os novos displays também proporcionam às tripulações informação sobre a situação e o planejamento. Ademais, displays glass cockpit são em

¹³K. Gale, The Advanced General Aviation Transport Experiments (AGATE) Alliance, AGATE Alliance Commercialization Impact Report, 1995-2000, NASA AGATE-WP 12.0-120011-114 (San Francisco, California: STARnet, 2002).

¹⁴Advanced Avionics Handbook, FAA-H-8083-6 (Washington, DC: Federal Aviation Administration, 2009).

¹⁵Instrument Flying Handbook, FAA-H-8083-15A (Oklahoma City, Oklahoma: Federal Aviation Administration, AFS-600: 2008).

¹⁶Pilot’s Handbook of Aeronautical Knowledge, FAA-H-8083-25A (Oklahoma City, Oklahoma: Federal Aviation Administration, AFS-600: 2008).

geral mais leves e mais baratos para manter do que os múltiplos sistemas que eles substituíram e a integração da automação com sistemas da aeronave permitiram que a aeronave pudesse ser certificada para operação com uma tripulação de duas pessoas.¹⁷

A resposta da tripulação de voo à nova tecnologia foi também, na maioria, positiva. No entanto, o efeito da maior automação e integração de sistema mudaria a carga de trabalho do desempenho de tarefa para tarefas do nível cognitivo mais alto de planejamento e monitoramento de sistemas. A nova tecnologia reduziu em geral as exigências da carga de trabalho sobre a tripulação, mas, em alguns casos, as maiores reduções se deram durante tempos em que a carga de trabalho já era baixa. Além disso, as tripulações começaram a relatar que equipamentos glass cockpit podiam de fato aumentar a carga de trabalho durante emergências e momentos de alta exigência porque eram muitas vezes forçados a reconfigurar a navegação e os sistemas de gerenciamento durante o voo para modificar o planejamento ou obter informação.¹⁸ Relatos de pilotos e pesquisa observativa também identificaram dificuldades da tripulação ao fazer a transição para aeronaves com glass cockpit¹⁹ e eventualmente confusão com a operação de sistemas integrados, mesmo entre pilotos que relataram sentindo-se como compreendessem bem os seus sistemas²⁰.

Mesmo antes de os displays eletrônicos se tornarem comuns, relatos informais de tripulações de voo, bem como descobertas provindas de investigação de acidentes, revelaram problemas potenciais se os pilotos confiassem demais em sistemas automatizados ou se não entendessem o comportamento do sistema automatizado.²¹ Em suas descobertas da causa provável no acidente da Scandinavian Airlines em 1984, no aeroporto John F. Kennedy,²² o NTSB identificou a confiança excessiva da tripulação no sistema automático de aceleração da aeronave e fez a seguinte recomendação a FAA:

“Aplicar as descobertas dos programas de pesquisa comportamental e das investigações de acidente/incidente acerca da degradação no desempenho do piloto como um resultado da automação para modificar programas de treinamento de piloto e procedimentos de voo, de modo a tirar plena

¹⁷ Uma força tarefa presidencial determinou, em 1981, que aeronaves da categoria de transporte como MD80 e Boeing 757/767 pudesse voar com segurança com uma tripulação de apenas duas pessoas porque a automação podia ser usada para substituir obrigações do engenheiro de voo. Ver J. L. McLucas, F. J. Drinkwater, e H. W. Leaf, Report of the President's Task Force on Aircraft Crew Complement (Washington, DC: 1981).

¹⁸E. L. Wiener, Human Factors and Advanced Technology (Glass Cockpit) Transport Aircraft, NASA-TR 177528 (NASA Ames Research Center: National Aeronautics and Space Administration, 1989).

¹⁹N. B. Sarter, D. D. Woods, e C. E. Billings, “Automation Surprises,” G. Salvendy, ed., Handbook of Human Factors and Ergonomics, 2. ed. (New York: Wiley, 1997).

²⁰N. B. Sarter e D. D. Woods, “How in the World Did We Get Into That Mode? Mode Error and Awareness in Supervisory Control,” Human Factors, vol. 37 (1995), pp. 5-19.

²¹Ver, por exemplo, E. L. Wiener e R. E. Curry, Flight-Deck Automation Promises and Problems, NASA-TM-81206 (NASA Ames Research Center: National Aeronautics and Space Administration, 1980).

²²Scandinavian Airlines System, Flight 90, McDonnell Douglas DC-10-30, John F. Kennedy International Airport, Jamaica, New York, February 28, 1984, Aircraft Accident Report NTSB/AAR-84/15 (Washington, DC: National Transportation Safety Board, 1984).

vantagem dos benefícios de segurança da tecnologia de automatização, (A-84-123).”²³

Os subsequentes acidentes fatais de transportadoras aéreas, como a queda em 26 de abril 1994 de um Airbus 300-600 da China Airlines em Nagoya, Japão, e a queda em 20 de dezembro de 1995 de um Boeing 757 da América Airlines perto de Cali, Colômbia, chamaram mais atenção para as questões de interação humana com sistemas computadorizados de aeronaves, cockpit displays e funções associadas de entrada de dados e comunicação. Em resposta a essas questões, a FAA encomendou um exame abrangente de interfaces da tripulação com sistemas avançados na cabine de avião. Entre as descobertas estavam vulnerabilidades como a compreensão inadequada, por parte da tripulação, de complexos sistemas de voo e, eventualmente, decisões inoportunas acerca de como e quando usar automatização.²⁴

Um Estudo feito pelo laboratório de pesquisas aeromédicas do exército dos Estados Unidos em 2001²⁵ examinou como a mudança para glass cockpits em aeronaves do Exército afetou as operações de segurança no mundo real. O Estudo analisou taxas de acidente de quatro modelos de helicópteros com configuração de cockpit convencional e de glass cockpit. Os resultados dos Estudos indicaram uma taxa significativamente mais alta de acidente para o grupo de configuração glass cockpit. Os autores sugeriram que os resultados forneciam motivo para preocupação e discutiram várias razões possíveis para a diferença, incluindo a possibilidade de missão simultânea e mudanças de equipamento contribuírem mais para taxas mais altas de acidente do que o formato do cockpit. Pesquisas subsequentes sugeriram que, embora os pilotos preferissem o formato glass cockpit e acreditassem que ele melhorava a segurança, achavam mais difícil aprender a usar os displays e manter a sua eficiência e relataram questões de carga de trabalho mais alta em aeronave com glass cockpit do que nas de formato convencional.²⁶

1.3 Pesquisa em aviação geral até agora

Há poucas pesquisas específicas disponíveis sobre as consequências de segurança da aviônica glass cockpit em aeronaves de pequeno porte, sobretudo devido à sua

²³A recomendação foi encerrada em 1991 como “Acceptable Alternate Action,” baseado em várias ações por parte da FAA que incluíam (1) colaborar com representantes da NASA e da indústria de aviação no desenvolvimento de um abrangente Plano Nacional para Fatores Humanos na Aviação; (2) publicar Advisory Circular [circulares consultivas] (AC) 120-35B, Line Operational Simulations: Line-Oriented Flight Training, Special Purpose Operational Training, Line Operational Evaluation; e (3) publicar um programa avançado de habilitação, chamado special federal aviation regulation (SFAR) que estabeleça métodos alternativos de cumprir as exigências de treinamento de 14 CFR Part 121 e Part 135 para incluir métodos e técnicas avançados de treinamento.

²⁴K. Abbott et al., The Interface Between Flightcrews and Modern Flight Deck Systems, Federal Aviation Administration Human Factors Team Report (Washington, DC: Federal Aviation Administration, 1996).

²⁵C. Rash et al., Accident Rates in Glass Cockpit Model U.S. Army Rotary-Wing Aircraft, Army Aeromedical Research Laboratory Final Report (Fort Rucker, Alabama: U.S. Army Aeromedical Research Laboratory, 2001).

²⁶C. Rash et al., A Comparison of AH-64 Pilot Attitudes Toward Traditional and Glass Cockpit Crewstation Designs, Army Aeromedical Research Laboratory Final Report (Fort Rucker, Alabama: U.S. Army Aeromedical Research Laboratory, 2002).

recente introdução e à falta geral de dados disponíveis. Em 2003, um grupo conjunto da FAA e da indústria publicou um Estudo sobre problemas de aeronaves tecnicamente avançadas (TAA)²⁷ baseados em avaliações de peritos no assunto e resenhas de Estudos de caso usando o Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) [Sistema de Análise e Classificação de Fatores Humanos].²⁸ O Estudo foi incentivado por uma observação da indústria de que os números de acidentes das TAA não eram melhores que para aeronaves convencionalmente equipadas – ao contrário do que se esperava. A maioria dos problemas de segurança identificados no Estudo foi atribuída mais a erros de julgamento do piloto do que a questões ligadas com a interação piloto-equipamento. Infelizmente, as descobertas do Estudo têm aplicação limitada para a atual geração de aeronaves porque nenhuma aeronave acidentada incluída no Estudo estava equipada com um PFD.

Uma análise de 2005 feita pela Aircraft Owners and Pilots Association (AOPA) Air Safety Foundation²⁹ chegou a conclusões semelhantes às que constavam do relatório da FAA em 2003 e concluiu que o registro TAA de acidentes na época era geralmente semelhante ao das aeronaves com painel analógico (legacy aircraft). Como o Estudo TAA da FAA, o relatório atribuía a maioria dos acidentes mais a falha de julgamento do piloto do que a problemas com a aviônica ou a interface piloto-aeronave. Num Estudo adicional em 2007,³⁰ a Fundação da AOPA comparou acidentes envolvendo as TAA com acidentes da aviação geral desde 2003 até 2006. Esse Estudo sugeriu que o número das TAA envolvidas em acidentes era menor do que se podia esperar, dada a porcentagem dessas aeronaves na quantidade geral: enquanto as TAA constituíam 2,8% da frota de aviões, estavam envolvidas em 1,5% do total de acidentes e 2,4% dos acidentes fatais. Estudos adicionais sugeriram que as diferenças no uso de aeronaves possam ter contribuído para a distribuição de acidentes. Por exemplo, a porcentagem de acidentes que envolvem condições meteorológicas era mais alta para as TAA, e a porcentagem de acidentes durante decolagem e subida era mais baixo.³¹ Os resultados seriam esperados se as TAA fossem usadas para longa distância, mais para voos de um local a outro, do que para treinamento de voo. Os Estudos de AOPA eram limitados porque foram feitas comparações com diferente grupo de aeronaves usadas em operações de aviação geral e as horas de voo ou dados necessários para determinar diferenças em exposição ou para verificar as

²⁷General Aviation Technically Advanced Aircraft, FAA-Industry Safety Study: Final Report of TAA Safety Study Team, http://www.faa.gov/training_testing/training/fits/research/media/TAAFinalReport.pdf (Washington, DC: Federal Aviation Administration, 2003). Este relatório define uma TAA assim: “Uma aeronave General Aviation que contenha as seguintes características: Cabine avançada automatizada como MFD ou PFD ou outras variações de um Glass Cockpit, ou um cockpit tradicional com capacidade de navegação por GPS, display com mapa móvel e piloto automático”.

²⁸Para uma explicação da classificação HFACS, ver S. A. Shappell e D. A. Wiegmann, *The Human Factors Analysis and Classification System—HFACS*, DOT/FAA/AM-00/7 (Washington, DC: Federal Aviation Administration, 2000).

²⁹Technically Advanced Aircraft: Safety and Training (Frederick, Maryland: Aircraft Owners and Pilots Association, Air Safety Foundation, 2005).

³⁰Technically Advanced Aircraft: Safety and Training (Frederick, Maryland: Aircraft Owners and Pilots Association, Air Safety Foundation, 2007).

³¹O relatório de AOPA Air Safety Foundation baseava-se em dados tirados da base de dados dos acidentes de avião do NTSB; no entanto, as categorias relatadas de acidente são dadas pelos analistas da Air Safety Foundation e pode diferir dos achados do NTSB sobre a causa provável.

conclusões resultantes não estavam disponíveis.

1.4 Relatório de segurança em aviação geral

O número anual de acidentes, acidentes fatais e mortes na aviação geral que ocorreram nos Estados Unidos têm decrescido por muitos anos. Em 2008, a aviação geral dos Estados Unidos experimentou o número mais baixo de acidentes fatais e o seu segundo número mais baixo de total de acidentes desde 1944.³² Como se vê na figura 3, os totais anuais de acidente na aviação geral e de acidente fatal declinaram desde 1999 até 2008. Sem outra informação ulterior, essa tendência pode ser interpretada como devido, em parte, à introdução de novas e avançadas tecnologias de aeronave.

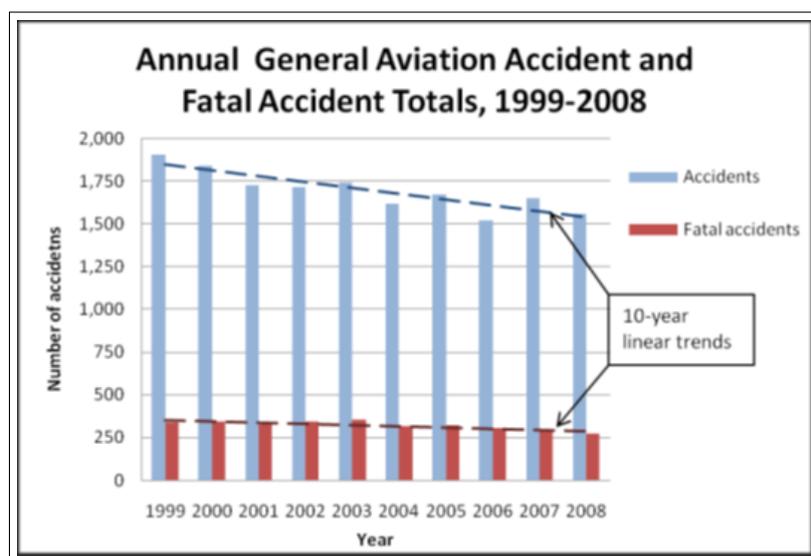


Figura 3: Acidentes anuais e totais de acidentes fatais em aviação geral, 1999-2008.

No entanto, a atividade (voos) da aviação geral também tem diminuído. Comparar o número de acidentes por dados de exposição anual – neste caso cálculos das horas anuais de voo da aviação geral da FAA – resulta numa taxa que representa o risco de segurança de maneira mais exata.³³ Em contraste com os totais anuais de acidente, as taxas de acidente da aviação geral e taxas de acidentes fatais por 100.000 horas de voo permaneceram relativamente estáveis durante a última década. As taxas de acidente anuais e tendências de 1999 até 2008 estão apresentadas na figura 4.

³²Baseado em dados compilados do Annual Review of U.S. General Aviation Accidents Occurring in Calendar Year 1968 (Washington, DC: National Transportation Safety Board, 1969); Annual Review of Aircraft Accident Data, U.S. General Aviation Accidents Calendar Year 1979, NTSB/ARG-81-1 (Washington, DC: National Transportation Safety Board, 1981); Annual Review of Aircraft Accident Data, U.S. General Aviation Accidents Calendar Year 1989, NTSB/ARG-93/01 (Washington, DC: National Transportation Safety Board, 1993); e National Transportation Safety Board, Aviation Accident Statistics: Accidents, Fatalities, and Rates, 1989–2008, U.S. General Aviation (disponível em <http://www.ntsb.gov/aviation/Table10.htm>).

³³Ver capítulo 2 de Study Design and Methodology, para uma discussão detalhada da pesquisa da FAA intitulada: General Aviation and Air Taxi Activity and Avionics (GAATAA).

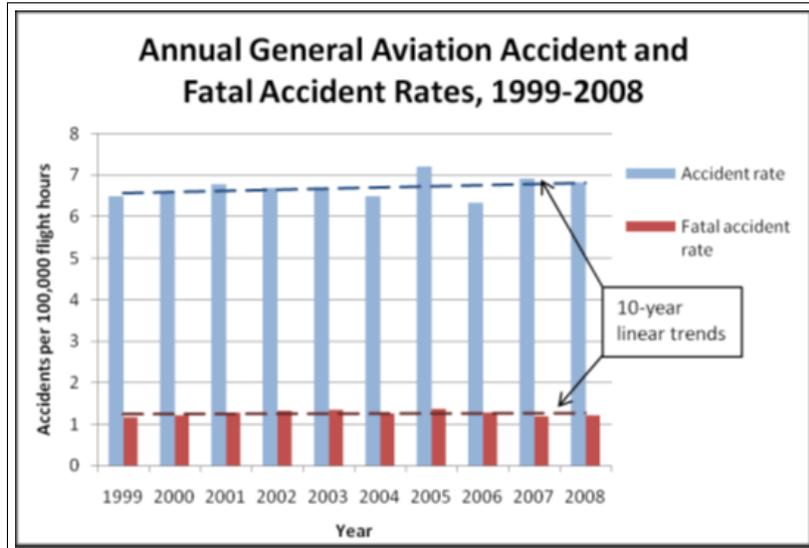


Figura 4: Taxas anuais de acidente e acidente fatal na aviação geral, 1999-2008.

Note-se, no entanto, que a diversidade de aeronaves, operações e pilotos que compõem a aviação geral estadunidense pode facilmente ocultar questões e tendências localizadas de segurança. Ademais, a maioria das análises de dados da atividade agregada carece de especificidade e detalhes necessários para avaliar o efeito dos glass cockpits. Por isso, este Estudo comparou grupos que incluem aeronaves com painel convencional e glass cockpit de idade e tipo semelhantes, e um correspondente subconjunto de dados de atividade para ambos os grupos, para melhor avaliar como a introdução de tecnologia glass cockpit em aeronaves de pequeno porte afetou a operação segura dessas aeronaves.

Comentários da AESV sobre o Capítulo 1

Ao término da leitura deste primeiro capítulo é importante destacar a diferença entre os cenários da aviação geral dos EUA e do Brasil, assim como esclarecer quais dados foram levados em consideração para as análises feitas pela AESV nos demais capítulos.

Inicialmente, em relação à questão da investigação de ocorrências aeronáuticas, no Brasil não existe um Conselho Nacional de Segurança do Transporte [National Transportation Safety Board (NTSB)] tão abrangente como nos Estados Unidos que investiga qualquer tipo de modal de transporte (aéreo, terrestre ou aquaviário). Em território brasileiro, o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos - CENIPA atua como Autoridade de Investigação SIPAER, conforme estabelecido no art 88-G da Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986 que dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica, e realiza investigações apenas de acidentes com aeronaves civis e militares.

Em relação às informações sobre aeronaves para comparar com o cenário da aviação geral dos Estados Unidos utilizada neste Estudo, no início de 2017 foi realizada pesquisa na base de dados do Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB) da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), disponível em <http://www.anac.gov.br/asuntos/setor-regulado/aeronaves/rab/relatorios-estatisticos>, referente ao período de 2006 a 2017, constatando a existência de 4260 aeronaves registradas na classe monomotoras, categoria TPP e com a IAM válida. Deste total, 971 aeronaves foram produzidas e registradas entre 2006 e 2018. Devido ao elevado número de fabricantes de aeronaves com glass cockpit, foi necessário definir algum critério para utilização de comparação com o cenário americano. Sendo assim, limitou-se ao número de 100 aeronaves registradas por fabricante como número de corte. Nesta quantidade se destacam os seguintes fabricantes com aeronaves classe monomotoras, categoria TPP, registradas no RAB entre 2006 e 2017 e com a IAM válida: Air Tractor - 125 aeronaves; Cessna Aircraft - 113 aeronaves; Cirrus Design - 308 aeronaves; Embraer - 140 aeronaves; e Pipper Aircraft - 117 aeronaves. Considerando que os modelos da Air Tractor e Embraer são aeronaves agrícolas, a AESV levou em consideração três fabricantes para fazer os comentários comparativos neste Estudo de Segurança de Voo: Cessna, Cirrus e Pipper. Deste três fabricantes, a Cirrus se destaca pelo volume total. Além disso, todas as suas aeronaves são equipadas com painéis glass cockpit. Este fato é importante porque, assim como no cenário americano, no Brasil não é possível afirmar quais as aeronaves da Cessna e Pipper são equipadas com glass cockpit, tendo em vista que modificações de painel são realizadas porém não existe esta identificação “aeronave com glass cockpit” nos registros da ANAC. É importante esclarecer que, apesar do Cirrus SR ter sido considerada a aeronave modelo neste trabalho pela AESV, o objetivo não é fazer qualquer comparação da sua performance, mas sim comparar a análise da transição da operação de aeronaves com instrumentos convencionais para aeronaves com displays integrados, independentemente do seu modelo ou tipo.

Feitos esses esclarecimentos iniciais, é importante agora fazer uma comparação entre o cenário americano e brasileiro em relação às aeronaves leves equipadas com glass cockpit. Assim como comentado neste capítulo inicial, a perspectiva também é de crescimento deste tipo de aeronave em território brasileiro, com a melhoria da

economia local. Tomando-se como exemplo a aeronaves Cirrus Design, observa-se que, até 2005, o total de aeronaves fabricadas e registradas no RAB deste modelo eram de 57 aeronaves. A partir de 2006 iniciou-se um incremento de importações, chegando ao total de 308 no final de 2017. Deste total, 37 são do modelo SR20; 268 - SR22 e 3 - SR22T. Segundo informações obtidas, este cenário se explica porque, até 2005, a presença destas aeronaves no Brasil era totalmente desprezível, se é que existiam, pois foi neste ano (2005) que as primeiras aqui chegaram e foram sucesso imediato de vendas. As aeronaves de ano de fabricação anterior a 2005 foram trazidas para o Brasil após 2005, importadas do mercado secundário de revenda. Esta tendência (de trazer aeronaves usadas para o Brasil) aumentou muito significativamente para todas as marcas durante o ano de 2008 e nos anos subsequentes, quando a crise no mercado americano inundou o mercado brasileiro de aeronaves com preços muito baixos. Por esta razão é muito provável que não existam registros de acidentes no Brasil com aeronaves de fabricação Cirrus em anos anteriores a 2005.

Neste cenário de aumento de aeronaves na aviação geral com glass cockpit, ainda é pequeno o material de pesquisa sobre como está sendo o reflexo na segurança de voo da introdução e operação desta nova tecnologia nas aeronaves que operam em território brasileiro. O Comitê Nacional de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CNPAA) possui alguns subgrupos estudando o tema, assim como o Brazilian General Aviation Safety Team (BGAST) - <http://www.anac.gov.br/asuntos/paginas-tematicas/gerenciamento-da-seguranca-operacional/bgast-2013-grupo-brasileiro-de-seguranca-operacional-para-a-aviacao-geral>. Devido à falta desses Estudos, existe uma dificuldade natural no gerenciamento do risco assim como nos trabalhos de investigação e melhoria da segurança operacional, o que fundamenta a necessidade do tema começar a ser discutido no âmbito da aviação geral, o que está sendo feito pelo CENIPA ao produzir este trabalho.

2 Plano e metodologia do Estudo

Para determinar como a introdução de aviônica glass cockpit afetou as operações seguras de aeronaves de pequeno porte, o NTSB fez avaliações tanto quantitativas como qualitativas, bem como resenha de estudos de caso. A meta para a parte quantitativa desse Estudo era identificar qualquer diferença nas características operacionais de aeronaves com painel convencional e glass cockpit e determinar como a introdução de aviônica glass cockpit em aeronaves de pequeno porte afetou a segurança. Essas metas foram alcançadas ao comparar os registros de acidentes dos dois grupos de aeronaves produzidos durante os 5 anos que vão de 2002 a 2006, bem como a atividade da aeronave e dados de uso coletados de 2 anos de pesquisas com proprietários. Os grupos escolhidos tinham fuselagem, número de motores e tipos de motor semelhantes, mas diferiam principalmente em seu tipo de instrumentação principal de voo, ou seja, um grupo abrangia aeronaves com glass cockpit e o outro incluía aeronaves equipadas com displays convencionais. Para a avaliação qualitativa, que é discutida no capítulo 4, o NTSB analisou mudanças no treinamento, recursos e requisitos associados com a transição para glass cockpits. Para esse fim, o NTSB analisou materiais de treinamento fornecidos pela FAA e pelo fabricante, visitou fabricantes de aeronaves para observar o treinamento para transição da fábrica [factory transition], e falou com representantes da indústria de seguros acerca das exigências para donos e operadores de aeronaves glass cockpit. Para a análise do Estudo de caso, descrita no capítulo 5, o NTSB analisou as circunstâncias de acidentes envolvendo o grupo glass cockpit para identificar questões de segurança únicas para displays glass cockpit.

2.1 Questões do plano de Estudo

Uma avaliação das consequências de segurança de uma mudança no equipamento específico de aeronave é facilmente confundida³⁴ se essa mudança for associada com diferenças no uso da aeronave, quantidade de pilotos ou mudanças de equipamento adicional. Por exemplo, é sabido que o número médio de horas de voo diminui com a idade da aeronave (ver figura 5).³⁵ Comparações de aeronave recentemente construídas com todas as aeronaves ou com aeronave mais velha de tipos semelhante estão, portanto, propensas a descaracterizar a exposição de risco. Aeronaves novas com equipamentos novos podem também atrair uma nova quantidade de pilotos para aviação geral que possa usar suas aeronaves de maneira diferente que pilotos que voam em modelos mais antigos.

³⁴Confusão estatística é uma variável não explicada em comparações estatísticas correlacionadas para estudar variáveis de tal maneira que pode resultar em conclusões enganosas. Por exemplo, um Estudo pode descobrir que afogamentos aumentam quando aumentam as vendas de sorvete. Sem controles adicionais do Estudo se pode erroneamente concluir que há uma relação causal entre estas duas variáveis. No entanto, a variável confusa neste caso é provavelmente a época do ano porque vendas de sorvete e natação aumentam ambas durante os meses de verão.

³⁵General Aviation and Air Taxi Activity and Avionics Survey, 2006 (Washington, DC: Federal Aviation Administration, 2007), http://www.faa.gov/data_research/aviation_data_statistics/general_aviation/CY2006/.

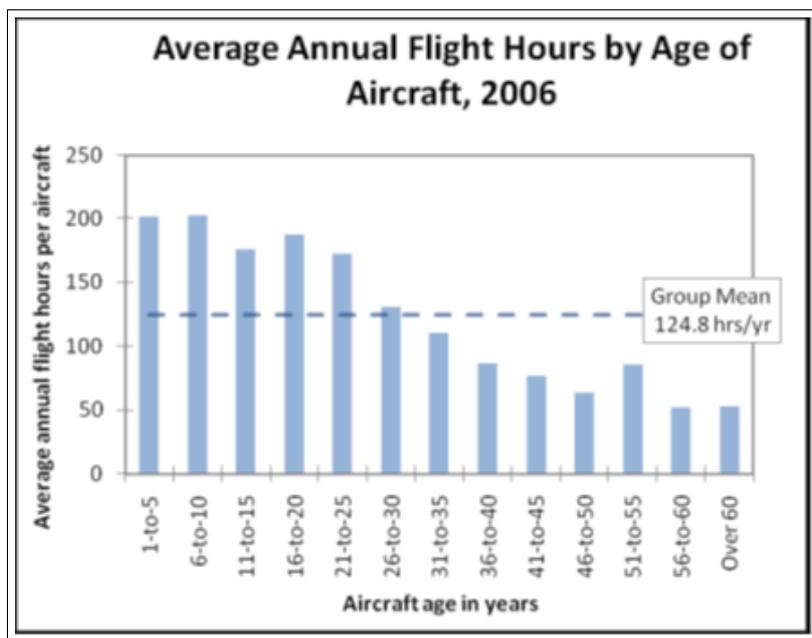


Figura 5: Taxas anuais de acidente e acidente fatal na aviação geral, 1999-2008.

Potenciais confusões relacionadas com a idade da aeronave, equipamento e uso foram controladas na medida do possível³⁶ no presente Estudo por grupos identificadores de aeronaves de idade semelhante, com ou sem glass cockpits, e depois reunindo a informação necessária para identificar mais quaisquer diferenças no uso ou população de usuário.

2.2 Metodologia

Análises quantitativas de dados no presente Estudo incluíam: (1) uma comparação de modelos especificados de aeronaves fabricadas durante os cinco anos de 2002 até 2006, os anos que abrangeram a transição da frota dos displays convencionais para displays glass cockpit, (2) comparações estatísticas de dados retrospectivos de acidente para os anos 2002 até 2008 por tipo de display e (3) uma comparação de dados de aeronaves e atividade de voo dos registros de aeronave da FAA e uma análise dos dados da pesquisa General Aviation and Air Taxi Activity and Avionics (GAATAA) para os anos 2006 e 2007.³⁷ A configuração do display do cockpit da aeronave foi determinada usando registros do fabricante da aeronave. Todos os dados sobre acidente foram tirados da base de dados de acidente de aviação do NTSB. As análises do Estudo limitaram-se a acidentes que envolvem aeronaves registradas nos Estados Unidos.

³⁶Os modelos de aeronaves incluídas no Estudo variam em certa medida com respeito ao desempenho, alcance e capacidade, mas a frota de Estudo representa um grupo mais homogêneo de aeronaves do que é típico das operações de aviação geral como um todo.

³⁷A FAA realiza um levantamento anual de donos de aeronaves para criar informação sobre aviação geral e uso e atividade de aeronaves on-demand 14 CFR Part 135. As finalidades estabelecidas da pesquisa são: (1) antecipar e satisfazer demanda para instalações e serviços para National Airspace System, (2) Avaliar o impacto de iniciativas de segurança e mudanças regulatórias e (3) criar medidas mais exatas da segurança da comunidade de aviação geral.

O NTSB trabalhou com GAMA e fabricantes individuais para identificar as aeronaves de interesse fabricadas entre 2002 e 2006 e classificar a instrumentação de cada avião por número de série. Uma vez identificada a frota para Estudo, o NTSB trabalhou com a FAA e seu agente de pesquisa para criar estimativas de atividade a partir das respostas de pesquisa coletadas dos proprietários dessas aeronaves, agrupadas por tipo de display na cabine. As estimativas de atividade resultantes derivadas do subconjunto de dados da pesquisa GAATAA em 2006 e 2007 foram usadas junto com os registros do NTSB Aviation Accident Database para desenvolver medidas de taxa de acidente por tipo de display na cabine para esses anos.

O período de Estudo representava uma janela única de oportunidade durante o qual estavam disponíveis tanto os registros de informação e atividade do equipamento da aeronave necessários para comparar aeronaves semelhantes, como também com e sem glass cockpits. Antes da FAA mudar sua metodologia de pesquisa GAATAA em 2006, os dados de atividade necessários para comparar aeronaves recém-fabricadas eram insuficientes.³⁸ De maneira semelhante, tais comparações se tornarão cada vez mais desafiadoras no futuro devido ao crescente número de opções de atualização de glass cockpit, o que tornará difícil identificar rapidamente aeronaves equipadas com esta tecnologia.

2.2.1 Frota de aeronaves do Estudo

O Aviation Accident Database do NTSB não contém detalhe suficiente para identificar aeronave acidentada tanto por ano de fabricação como equipamento de cockpit. Por isso o NTSB usou dados suplementares disponíveis no registro de aeronaves da FAA, que inclui a informação da data em que foi construída. Por falta de alguns desses dados, o NTSB trabalhou com GAMA e fabricantes de aeronaves para identificar – pelo número de série – aeronaves monomotores de pistão fabricados nos cinco anos desde 2002 até 2006 e a configuração do display do cockpit de cada aeronave. Além de serem escolhidos porque abarcavam a introdução de PFD neste grupo de aeronaves, os anos 2002-2006 foram escolhidos porque estavam abrangidos por uma metodologia de amostragem ampliada introduzida na pesquisa GAATAA de 2006, que incluía contatar os donos de todas as aeronaves fabricadas durante os cinco anos anteriores para participação na pesquisa.

Uma vez compilada a lista de aeronaves, a informação foi usada para resumir os dados e comparar envolvimento em acidente por tipo de display na cabine. As aeronaves selecionadas para o Estudo incluíam as seguintes marcas e modelos de aeronaves fabricados de 2002 a 2006.

³⁸A partir da pesquisa de 2006, a FAA modificou a sua metodologia da pesquisa GAATAA para incluir uma amostra 100% de aeronaves fabricadas durante os cinco anos anteriores. Em comparação, a amostra da pesquisa de 2005 era somente de cerca de 16% de aeronaves monomotores de pistão. O número final de respostas válidas da pesquisa, contudo, ainda era limitado porque proprietários de aeronaves desistiram de participar e porque aeronaves foram depois exportadas, destruídas, ou se tornaram inativas de outra maneira. Para detalhes específicos associados com a metodologia de amostragem usada em pesquisas anteriores, ver a pesquisa GAATAA de 2005, apêndice A, http://www.faa.gov/data_research/aviation_data_statistics/general_aviation/CY2005/. Washington, DC: Federal Aviation Administration, 2006.

- Cessna Aircraft Corporation
 - 172
 - série 182
 - série 206
- Cirrus Design Corporation
 - SR20
 - SR22
- Diamond Aircraft
 - DA40
- Lancair/Columbia Aircraft/Cessna Aircraft Company
 - 300/350³⁹ e 400
- Mooney
 - série M20
- Piper Aircraft Inc.
 - PA-28-161
 - PA-28-181
 - PA-28-201
 - série PA-32-301
 - PA-46-350P
- Hawker Beechcraft Corporation
 - série 36

Um total de 8.364 aeronaves foi identificado pelos registros para inclusão no Estudo, 2.848 deles foram identificados para inclusão no grupo cockpit com display convencional e 5.516 foram incluídos no grupo glass cockpit.

2.2.2 Pesquisa de atividade

Como foi dito acima, a FAA modificou sua metodologia de pesquisa GAATAA em 2006 ao aumentar sua amostra de pesquisa para incluir todas as aeronaves fabricadas durante os 5 anos anteriores. O NTSB aproveitou-se dessa mudança para obter os dados de atividade e de uso necessários para fazer comparações estatísticas baseadas no tipo cockpit display. Ao trabalhar com a FAA e o contratado responsável por fazer a pesquisa,⁴⁰ o NTSB foi capaz de obter análises de respostas da pesquisa dos modelos seletos de aeronaves fabricadas de 2002 a 2006 que tinham passado por

³⁹O Lancair 300 só foi produzido com displays convencionais de cockpit, mas é semelhante ao Columbia Cessna 350 produzido com displays glass cockpit.

⁴⁰A FAA faz a GAATAA Survey sob contrato com PA Consulting Group, Madison, Wisconsin.

uma mudança em equipamento padrão dos displays convencionais para os displays glass cockpit PFD. Limitar a amostra a um grupo de aeronaves fabricadas dentro de um período de 5 anos também reduzia a probabilidade de confundir efeitos de mudanças que se sabe ocorrem à medida que a aeronave envelhece, como níveis declinantes de horas de voo. A amostra do Estudo foi depois definida para incluir aeronaves monomotores movidos a pistão para permitir comparações diretas entre aeronaves de capacidade de desempenho e operacional relativamente semelhante.

Por que a pesquisa de 2006 incluía aeronaves que foram fabricadas durante 2006 – e por isso não tinham experimentado um ano completo de operação – estimativas de atividade para essas aeronaves foram também calculadas das respostas da pesquisa GAATAA de 2007. Devido à nova metodologia de amostragem da pesquisa, um total de 2.738 respostas da pesquisa de 2006 e um total de 2.357 respostas da pesquisa de 2007 foram identificados para inclusão neste Estudo. Os dados de atividade e uso das aeronaves visadas obtidos para o Estudo foram semelhantes em formato e conteúdo aos resultados da pesquisa publicada de GAATAA com conjuntos de dados separados para aeronave convencional e aeronave equipada com glass cockpit. O NTSB realizou várias análises de resumo de aeronaves ativas, atividade de voo e dados de uso das respostas da pesquisa GAATAA para identificar qualquer diferença associada com o tipo de display de cockpit.

2.2.3 Dados de acidente

Dados Aviation Accident Database do NTSB foram usados junto com o registro e informação do número de série fornecidos pelos fabricantes, para identificar aeronaves em cada grupo que estavam envolvidas em acidentes entre 2002 e 2008 e colher os detalhes desses acidentes. Os dados de acidente do NTSB incluem detalhes do acidente, como tipo de ocorrência, fase de voo e condições ambientais; demografia e experiência dos pilotos; e resultados da investigação do acidente.⁴¹ Esses dados foram usados para comparar a experiência de acidente dos dois grupos e fazer comparações estatísticas dos acidentes que cada um sofreu.

2.3 Análises

Estatísticas resumidas foram calculadas para comparar os grupos de aeronaves em variáveis como o número de aeronaves, horas de voo, detalhes de uso e acidentes. Para aquelas aeronaves na amostra de Estudo que estiveram envolvidas em acidentes,⁴² comparações univariadas foram feitas entre grupos de painel convencional e de glass cockpit com base nos dados coletados durante a investigação do acidente, incluindo ocorrências e descobertas do acidente, tempo e detalhes operacionais, e demografia e experiência dos pilotos.⁴³ Por que o Estudo se concentrava num conjunto relativamente pequeno de aeronaves, o número de comparações que se podia

⁴¹Ver no apêndice do Estudo do NTSB a lista de acidentes incluídos.

⁴²As análises de acidente do Estudo limitaram-se às aeronaves registradas nos Estados Unidos.

⁴³Comparações univariadas são aquelas que comparam diferenças entre dois grupos com base numa variável isolada, por exemplo, porcentagem de acidentes que resultam em mortes por tipo de cockpit.

fazer entre aeronaves com glass cockpit e convencional, como uma função de características operacionais e do piloto, ficou limitado pelo tamanho da amostra (número de casos de acidente) para cada comparação.

Testes estatísticos apropriados às várias variáveis relacionadas a acidente foram usados para determinar em que medida diferiam aos grupos de cockpit convencional e glass cockpit.

2.3.1 Comparações estatísticas

Estatísticas de qui-quadrado⁴⁴ foram usadas para comparar os grupos em variáveis categóricas de acidente como o tempo atmosférico, tempo do dia e finalidade do voo. Testes U de Mann-Whitney⁴⁵ foram usados para comparar diferenças em variáveis contínuas, inclusive distância planejada de voo, idade do piloto e experiência de voo. As seguintes variáveis foram selecionadas para análise:

Informações do acidente

- Severidade do acidente
- Duração planejada do voo
- Finalidade do voo
- Dia/noite e condições meteorológicas visuais
- Condições meteorológicas visual/instrumento
- Voo instrumento/visual previsto no plano de voo
- Fase de acidente de voo e detalhes do acontecimento

Informações do piloto

- Número de pilotos a bordo da aeronave
- Idade por ocasião do acidente
- Nível máximo de certificado
- Qualificação em voo por instrumento

⁴⁴Qui-quadrado é um teste estatístico que pode ser usado para determinar se dois ou mais grupos diferem significativamente com respeito à distribuição proporcional de uma dada característica ou qualidade. A estatística de qui-quadrado compara as contagens observadas de uma variável categórica para um ou mais grupos com as esperadas pela distribuição relativa dos grupos. O teste do qui-quadrado resulta numa medida de significância ou probabilidade que as distribuições observadas de uma variável foram semelhantes para o grupo de Estudo. Uma probabilidade muito baixa, como de 5% ou menos, indica que os grupos provavelmente diferem com respeito à variável de interesse.

⁴⁵U de Mann-Whitney é um teste estatístico para avaliar diferenças entre dois grupos com respeito à distribuição de uma variável contínua. O teste resulta numa medida da probabilidade de que observações de uma variável dos dois grupos são semelhantes, o que é também uma indicação de se as observações dessa variável são maiores para um grupo do que para o outro.

- Horas de voo

Índices de acidente foram calculados por comparação com dados de exposição aplicáveis, com número de aeronaves ou horas de voo. Valores de erro padrão foram incluídos com resultados da pesquisa GAATAA e comparações de índices calculados quando apropriado.⁴⁶

As seguintes comparações de índices foram calculadas:

- Acidentes e acidentes fatais por aeronave ativa
- Acidentes e acidentes fatais por hora de voo
- Acidentes e acidentes fatais por tempo de dia
- Acidentes e acidentes fatais por condição atmosférica
- Acidentes e acidentes fatais por finalidade de voo

O registro de acidentes para o período 2002-2008 abrangidos por este Estudo forneceu dados suficientes para fazer comparações estatisticamente confiáveis entre os dois grupos de Estudo. Enquanto os dados de atividade estavam limitados a dois anos de pesquisas da FAA, as semelhanças entre os padrões de uso de aeronaves relatadas pelos respondentes da pesquisa e os padrões nos dados de acidente para o período de 7 anos de Estudo indica que os índices de acidente derivados de dados de atividade fornecem comparações válidas entre grupo convencional e grupo glass cockpit.

⁴⁶Cálculos de índice, tal como o número de acidentes que ocorrem anualmente por hora de voo, são estimativas do índice “verdadeiro” de um acontecimento em ocorrências históricas desse acontecimento. Índices de acidente estão sujeitos à variação devido ao acaso, particularmente quando o número de eventos e/ou o tamanho da população de interesse é pequeno. Quanto maior a população e/ou o número de eventos sendo estudados, é tanto mais provável que o índice computado estará perto do índice verdadeiro. A variabilidade de um índice pode ser avaliada calculando um erro padrão que inclua tanto o número de eventos como o tamanho do denominador (por exemplo, aeronaves registradas, aeronaves ativas ou horas de voo) medido. Neste relatório, os valores de erro padrão são apresentados como porcentagem do valor associado ou índice. Índices baseados em pequenos números são particularmente instáveis, o que se reflete numa alta porcentagem de erros padrão. Valores de erro padrão foram ou excluídos para índices baseados em menos do que 10 eventos ou notados como tal. Note-se que a maioria dos índices de acidente calculados a partir dos dados de pesquisa GAATAA para 2006 e 2007 estão baseados em números pequenos e que as diferenças resultantes são, portanto, não significativas estatisticamente, mas apresentadas como outra possível explicação da diferença no registro de acidentes 2002-2008 para essas aeronaves.

Comentários da AESV sobre o Capítulo 2

O plano e a metodologia utilizada pelo NTSB sustentam as conclusões finais do Estudo e demonstram não só a qualidade do trabalho, mas a questão da necessidade da disponibilidade de recursos humanos e financeiros para realização deste tipo de pesquisa.

O CENIPA tem buscado parceira junto às Universidades para desenvolver pesquisas com os dados disponíveis. Alguns Estudos de Segurança de Voo precisam ser produzidos. Por exemplo, segundo dados do Painel SIPAER, foram emitidas no período de 10 anos, de 2008 a 2017, 346 (trezentas e quarenta e seis) Recomendações de Segurança para ocorrências envolvendo aeronaves operadas em voo de instrução. Se a maioria das aeronaves são do modelo AB 115 é necessário identificar se os acidentes estão sendo recorrentes e se as Recomendações estão atingido o objetivo de evitar novas ocorrências. Não se pode conviver com este cenário nos próximos anos: ocorre o mesmo acidente, é feita a Recomendação e não se identifica o que está realmente faltando para corrigir uma determinada sequência de acidentes semelhantes.

Para os próximos anos, a AESV já trabalha na elaboração de dois novos Estudos de Segurança de Voo. O primeiro com o objetivo de analisar as ocorrências aeronáuticas com falha de motor(es) nos últimos 20 anos e o segundo com o objetivo de identificar os fatores contribuintes em acidentes envolvendo aeronave multimotoras operadas por empresas de táxi aéreo.

3 Resultado da análise quantitativa

3.1 Descrição da frota de Estudo

Ao comparar dados do número de série das aeronaves fornecidos pelo fabricante com os registros de aeronaves da FAA, o NTSB identificou 2.848 aeronaves monomotores de pistão para o grupo de cockpit display convencional e 5.516 para o grupo de glass cockpit, todos fabricados entre 2002 e 2006.⁴⁷ A figura 6 ilustra a distribuição rapidamente mutável das aeronaves incluídas no Estudo. A maioria das aeronaves de display convencional foi fabricada entre 2002 e 2004, ao passo que as aeronaves no grupo de display glass cockpit apareceram por primeiro no registro da FAA em 2003.

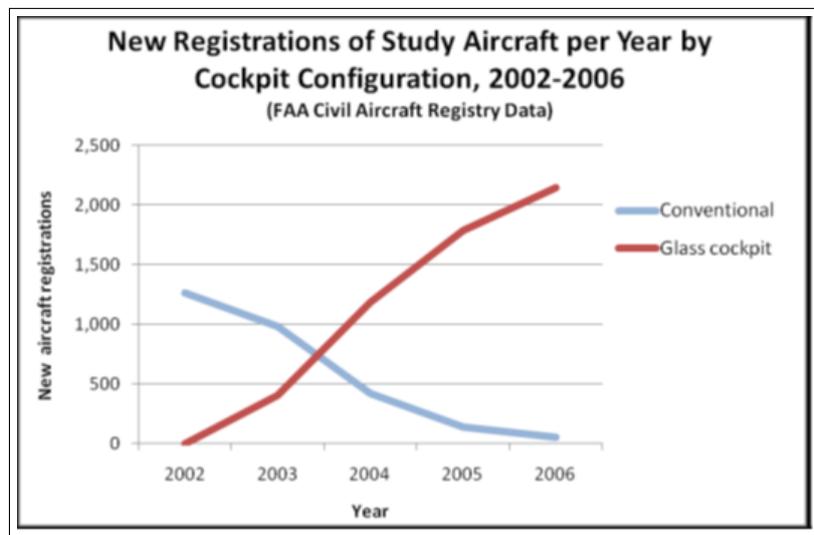


Figura 6: Novos registros de frota de aeronaves para Estudo por configuração de cockpit display e ano.

Após 2004, o tamanho do grupo convencional permaneceu relativamente constante, ao passo que o tamanho do grupo de glass cockpit aumentou rapidamente, ultrapassando o grupo convencional em 2005 e quase dobrando em 2006. A figura 7 mostra o tamanho acumulado da frota de Estudo para cada ano, desde 2002 até 2006, e o número acumulado de aeronaves nos grupos convencional e de glass cockpit para cada ano.

⁴⁷A frota de aeronaves de Estudo foi identificada comparando o número de série da aeronave e dados de display de glass cockpit fornecidos por fabricantes com os dados de registro da aeronave da FAA. Uma aeronave foi incluída na frota de Estudo se apareceu no registro, independentemente de o seu registro ter sido depois cancelado ou ela ter sido exportada, ou ter o registro mais tarde ficado inativo.

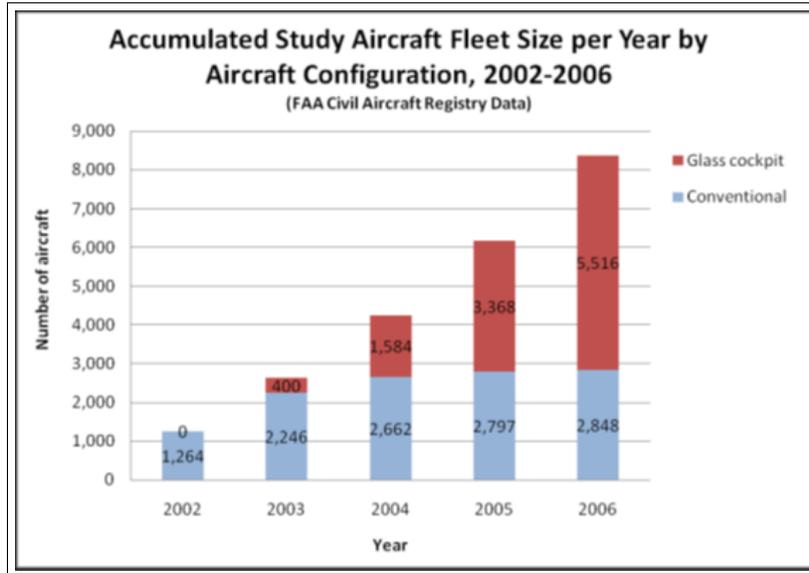


Figura 7: Tamanho acumulado da frota de aeronaves de Estudo por configuração de cockpit e ano.

3.2 Descrição dos Estudos sobre acidentes

O Estudo analisou acidentes ocorridos nos anos de 2002 até 2008. Os anos de fabricação da aeronave de 2002-2006 foram escolhidos para corresponder com a metodologia de amostragem 100 por cento de GAATAA 2006 para aeronaves recentemente construídas. No entanto, embora os dados sobre atividade e acidente incluíssem aeronaves fabricadas durante 2006, o número de aeronaves do Estudo não se estabilizou até o fim daquele ano. Registros de acidentes para 2007 e 2008 foram, portanto, incluídos para representar dois anos completos de acidentes associados com as aeronaves em Estudo, não afetados pelo acréscimo de aeronaves recentemente fabricadas.

3.3 Informação sobre acidentes

Esta seção contém análises resumidas das ocorrências relacionadas a acidentes e índices associados com os grupos convencional e de glass cockpit definidas neste Estudo. As comparações de números de acidente estão limitadas porque as aeronaves podem ser usadas de modo diferente e de maneira que expõem um grupo de aeronaves a menor ou maior risco de sofrerem acidentes severos do que outro grupo. A validade de comparações de acidentes com fabricação e registros de aeronaves é provavelmente limitada pela possibilidade de as aeronaves poderem ser vendidas, exportadas, perderem a matrícula ou serem colocadas em depósito.⁴⁸ Portanto,

⁴⁸Por exemplo, dados fornecidos por GAMA indicam que aproximadamente 30% das aeronaves produzidas em 2007 e 2008 foram exportadas. Dados semelhantes não existem para 2002-2006, mas o número de aeronaves que permaneceram ativas na aviação civil estadunidense está provavelmente bem abaixo do total de 8.354 aeronaves que tinha aparecido no registro de aeronaves da FAA. Um apoio ulterior para esta sugestão vem dos resultados da estimativa de aeronaves ativas da pesquisa

os dados de acidente apresentados nesta seção devem ser considerados dentro do contexto de dados que correspondem à atividade. Informação de aeronaves ativas, atividade de voo e dados sobre uso das aeronaves das pesquisas GAATAA de 2006 e 2007 são apresentados nesta seção por comparação com informação de registro de aeronaves da FAA e registros de acidente do NTSB de 2002 a 2008. Devido ao tamanho desigual de grupo, os dados sobre aeronaves e acidente são apresentados como porcentagens dos totais do respectivo grupo para facilitar a interpretação.

3.3.1 Envolvimento em acidentes

Uma comparação da lista de aeronaves estudadas com registros do NTSB identificou um total de 266 acidentes envolvendo aeronaves estudadas entre 2002 e 2008, sendo que 62 deles resultaram em um ou mais ferimentos fatais.⁴⁹ Dos 266 acidentes estudados, 141 (23 deles fatais) envolveram aeronaves equipadas convencionalmente. O restante total de 125 acidentes (39 deles fatais) envolveram aeronaves com glass cockpit. É importante notar que comparações diretas dos totais gerais de acidente seriam enganosas neste caso por causa das mudanças nos tamanhos dos grupos durante o período de tempo analisado. Comparações de envolvimento em acidentes de 2002 até 2006 devem explicar mudanças no tamanho da frota de Estudo porque a cada ano foram acrescentadas à frota as aeronaves recém-fabricadas. A distribuição das aeronaves estudadas e acidentes associados com o grupo de glass cockpit (como se vê na figura 8) mostra que a porcentagem de acidentes que envolvem aeronaves com glass cockpit foi menor do que se poderia esperar com base na porcentagem da frota de Estudo que essas aeronaves representavam. Durante 2004 e 2005, acidentes fatais para aeronaves de cockpit convencional e glass foram proporcionais à porcentagem da frota estudada que as representavam, mas a partir de 2006, o grupo com glass cockpit começou a experimentar acidentes proporcionalmente mais fatais. Durante todo o período de 2002 até 2008, aeronaves no grupo de glass cockpit mostrou um índice proporcionalmente mais baixo de total de acidentes por aeronave registrada, mas um índice desproporcionalmente mais alto de acidentes fatais por aeronave registrada do que aquelas no grupo convencional.

FAA/GAATAA de 2006 e 2007 citada na tabela 2 da seção “Atividade, dados de exposição e índices de acidente” mais abaixo.

⁴⁹Um acidente (SEA03LA180) foi excluído das análises porque ocorreu durante o teste de voo da fábrica.

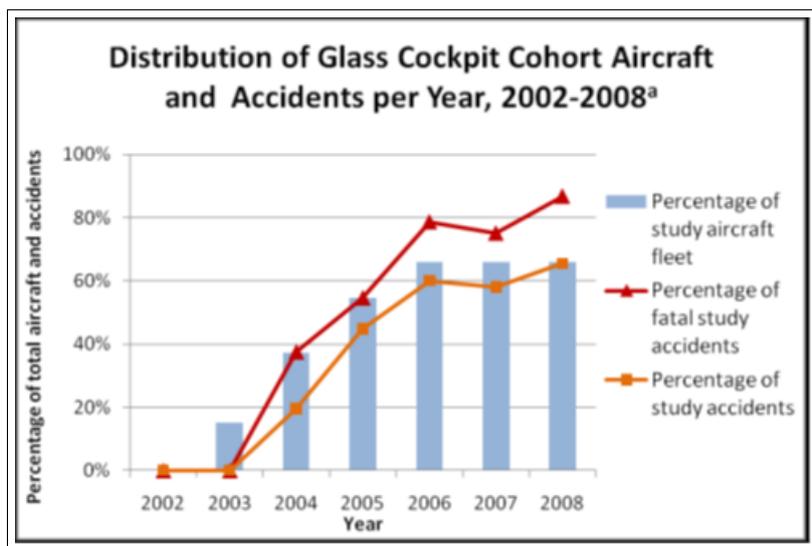


Figura 8: Distribuição das aeronaves do grupo com glass cockpit e acidentes por ano.

NOTA: A frota de aeronaves estudadas incluía aeronaves fabricadas entre 2002 e 2006; portanto, a distribuição de aeronaves de glass cockpit na frota de aeronaves do Estudo permaneceu constante de 2006 até 2008.

3.3.2 Gravidade dos acidentes

Comparações estatísticas dos dados de acidentes de 2002 a 2008, independente do registro ou informação de pesquisa, mostram diferenças na gravidade do acidente por tipo de display de cockpit. Como se vê na figura 9 a seguir, a porcentagem de acidentes que resultaram em fatalidade foi quase duas vezes mais alta para o grupo de glass cockpit do que o grupo de cockpit convencional. Dos 266 acidentes que envolvem aeronaves estudadas entre 2002 e 2008, acidentes que envolvem aeronaves no grupo glass cockpit foram significativamente mais prováveis a serem fatais: $\chi^2(1, N = 266) = 8.216, p = 0.004$.⁵⁰

⁵⁰Em todo este relatório, os resultados dos testes estatísticos do CHI-quadrado (χ^2) incluídos no texto usando a seguinte notação (graus de liberdade, N = número de casos comparados) = valor de qui-quadrado resultante, p = probabilidade (isto é, significância) do resultado. O valor p pode ser interpretado como a probabilidade em porcentagem que o valor observado ocorreu por acaso. Portanto, a diferença que resulta num pequeno valor p é improvável que tenha resultado de acaso e é mais provável o resultado de diferenças entre os dois grupos. Para a finalidade deste Estudo, valores p de 0,05 (5 por cento) e menos são considerados estatisticamente significativos. Conferir na tabela 7 no final deste capítulo um sumário de todas as estatísticas de qui-quadrado dos resultados de testes.

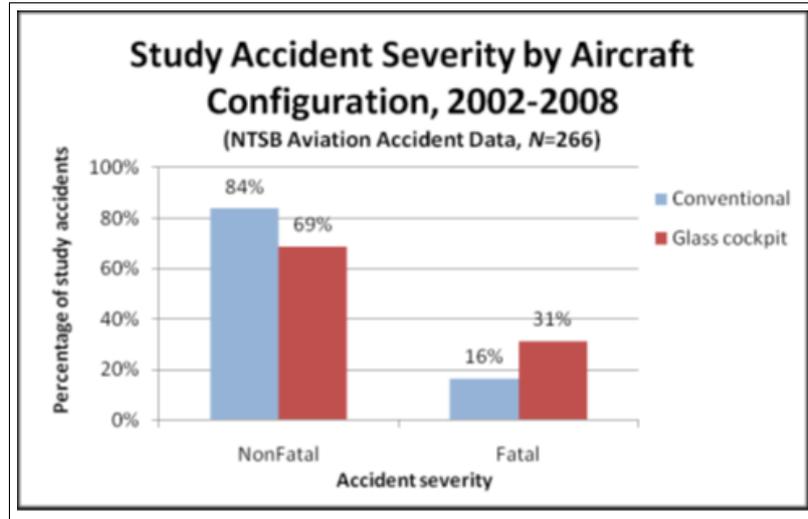


Figura 9: Comparação de acidentes estudados por gravidade do resultado.

Além das comparações estatísticas de dados de acidente de 2002 até 2008, dados da pesquisa GAATAA foram usados para desenvolver índices para os anos 2006 e 2007 que representam risco de acidente fornecendo estimativas do número de aeronaves operadas de forma ativa, do número de horas voadas e de características específicas de como as aeronaves foram operadas. Índices baseados em voo fornecem de forma ativa uma indicação mais clara da segurança relativa das configurações de cockpit convencional e glass, identificando diferenças no número de aeronaves que estavam de fato voando, contra aquelas que podem ter sido vendidas ou colocadas em depósito, ou que podem ter se tornado inativas por outras razões. Diferenças entre compradores de aeronaves que optaram por um avião com glass cockpit podem contribuir para diferenças em risco de acidente, e os pilotos podem usar aeronaves baseados de modo diferente em suas capacidades aviônicas. Os dois anos de dados disponíveis da pesquisa GAATAA foram usados para explorar mais essas possibilidades e fornecer evidência de atividade e diferenças de uso para ajudar na interpretação dos registros de acidente de aeronaves até agora.⁵¹

3.4 Atividade, dados de exposição e índice de acidentes

Das 2.848 aeronaves incluídas no grupo de display convencional, 935 proprietários responderam à pesquisa GAATAA de 2006 e 472 responderam à pesquisa de 2007. Das 5.516 aeronaves do grupo de glass cockpit, 1.803 proprietários responderam à pesquisa GAATAA de 2006 e 1.885 responderam à pesquisa de 2007. Essas respostas foram usadas para calcular estimativas do número de aeronaves ativas e o total de horas voadas, bem como o número de horas voadas por finalidade de voo, operações dia/noite e atividade de voo visual/instrumental de acordo com a metodologia nor-

⁵¹Note-se que o Estudo inclui comparações estatísticas para todos os acidentes que envolvem a frota de aeronaves estudadas de 2002 e 2008. No entanto, dados da pesquisa GAATAA estavam disponíveis apenas para os anos 2006 e 2007. Não se fez nenhuma tentativa para aplicar os resultados das pesquisas de 2006 e 2007 aos anos anteriores de 2002 a 2005.

mal da pesquisa GAATAA.⁵² Os resultados das análises das aeronaves ativas e das horas de voo estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Resultados da análise da pesquisa GAATAA.

Year	Active Aircraft		Flight Hours	
	Conventional	glass cockpit	Conventional	glass cockpit
2006	2,412 (0.2% Std. Error)	4,203 (0.2% Std. Error)	593,853 (2.6% Std. Error)	805,152 (1.6% Std. Error)
2007	2,412 (0.2% Std. Error)	4,203 (0.2% Std. Error)	593,853 (4% Std. Error)	805,152 (1.6% Std. Error)

NOTA: A grande queda no número estimado de aeronaves convencionais ativas em 2007 foi provavelmente devida, em parte, à variabilidade aumentada nas estimativas da pesquisa para este grupo porque as aeronaves fabricadas durante 2002 não estavam incluídas na amostra 100 por cento da pesquisa de 2007. Em seguida isto resultou em menos respostas totais por aeronave construída durante 2002, que eram exclusivamente do formato convencional de cockpit. O efeito desta mudança é que o número de aeronaves convencionalmente equipadas e sua atividade associada foram provavelmente mais altos do que os resultados da pesquisa indicam para 2007. O efeito dessa mudança é evidente também no valor mais alto de erro padrão associado com as horas de voo no grupo convencional em 2007.

Ao dividir as horas de voo da pesquisa GAATAA pelo número de aeronaves ativas dá uma estimativa de número médio de horas voadas por aeronave. Para os anos de 2006 e 2007, a média estimada de horas voadas por aeronave foi 286 para o grupo convencional (246 horas por aeronave em 2006 e 325 horas por aeronave em 2007) e 195 para o grupo glass cockpit (192 horas por aeronave em 2006 e 199 horas por aeronave em 2007).

Como está ilustrado na tabela 2, as taxas de acidente calculadas a partir dos dados dos registros de acidente do NTSB e dos dados da pesquisa GAATAA indicam que a taxa de acidente por 1000 aeronaves ativas em 2006 e 2007 era mais alta para o grupo de display convencional, mas a taxa de acidentes fatais era mais alta para o grupo de glass cockpit para os dois anos.

Porque os grupos de Estudo incluíam apenas alguns milhares de aeronaves e os números de acidentes totais e fatais dentro dos grupos eram relativamente pequenos a cada ano, dados de atividade e acidente de 2006 e 2007 foram somados para comparar as taxas de acidente e detalhes específicos das ocorrências para proporcionar estimativas de taxa mais estáveis e reduzir os efeitos potenciais de distorção de pequenos números de eventos para calcular índices. Mesmo quando se usa esta abordagem, os erros-padrão associados com os índices fatais são altos devido ao número relativamente pequeno de eventos totais.

Como foi dito anteriormente, comparações de taxas de acidente baseadas em aeronaves ativas fornece uma indicação melhor de risco do que aquelas baseadas em números de aeronaves fabricadas porque não incluem aeronaves que foram depois exportadas, postas em depósito ou que não voaram. No entanto, taxas de acidente baseadas em atividade de voo relatada pelo proprietário fornecem a melhor indicação

⁵²Análises do subconjunto dos dados da pesquisa GAATAA foram feitas pelo contratado responsável por realizar a pesquisa de acordo com a metodologia estabelecida da pesquisa; contudo, este é o primeiro uso publicado de um subconjunto de dados da pesquisa GAATAA para análises direcionadas como estas incluídas neste relatório.

Tabela 2: Taxas de acidente para 2006 e 2007 por 1.000 aeronaves ativas, por configuração de cockpit da aeronave.

Year	Acident Rate Per 1,000 Active Aircraft			
	Total		Fatal	
	Active Aircraft	glass cockpit	Flight Hours	glass cockpit
	Conventional		Conventional	
2006	9.12	7.85	1.24*	2.62
2007	12.08	6.9	1.15*	1.43*
Combined 2006-2007	10.36	7.37	1.20*	2.02
	(15.3% Std. Error)	12.7% Std. Error)	(44.9% Std. Error)	(24.3% Std. Error)

*Rate based on fewer than 10 events.

de risco porque incluem tanto a extensão de operações como a maneira como a aeronave foi operada. Índices de acidente calculados a partir das respostas da pesquisa referente ao número de horas voadas anualmente são mostrados na tabela 3, junto com comparação de taxas de acidente para operações de toda a aviação geral.⁵³

Tabela 3: Taxas de acidente de 2006 e 2007 para 100.000 horas de voo por configuração de cockpit.

Year	Acident Rate Per 100,000 Flight Hours					
	Total			Fatal		
	Conventional	Glass Cockpit	All General Aviation ⁺	Conventional	Glass Cockpit	All General Aviation ⁺
2006	3.70	4.10	6.33	0.51*	1.37	1.28
2007	3.71	3.46	6.92	0.35*	0.72*	1.20
Combined 2006-2007	3.71	3.77	6.63	0.43*	1.03	1.24
	(15.3 Std. Error)	(12.7 Std. Error)	-	(44.2 Std. Error)	(19.2 Std. Error)	-

*Rate based on fewer than 10 events.

+ National Transportation Safety Board, Aviation Accident Statistics: Accidents, Fatalities, and Rates, 1989 - 2008, U.S. General Aviation. Available at: <http://www.nts.gov/aviation/Table10.htm>.

Esses resultados indicam que a taxa total de acidente por 100.000 horas de voo era mais alta para o grupo glass cockpit em 2006, porém mais alta para o grupo convencional em 2007. As taxas combinadas das taxas de acidentes de 2 anos por 100.000 horas de voo para 2006 e 2007 foram semelhantes tanto para os grupos de glass cockpit como as convencionais (3,77 e 3,71 respectivamente). O índice total de acidente para ambas os grupos foi menos de 6,63 acidentes por 100.000 horas de voo para as operações de toda a aviação geral para o mesmo período, refletindo a ampla variedade de operações de aeronaves e de voo incluídas na aviação geral.

O índice de acidentes fatais para o grupo glass cockpit excedeu a taxa de acidentes fatais por 100.000 horas para o grupo convencional nos dois anos, e para todas as operações da aviação geral em 2006. Como os índices para aeronaves ativas discutidas antes, as taxas fatais por 100.000 horas de voo para ambos os grupos – especialmente o grupo convencional – têm amplo padrão de erros devido ao pequeno número de eventos. Contudo, as taxas resultantes são consistentes com os resultados de outras análises do Estudo, que indicam que acidentes que envolvem o grupo glass cockpit eram mais propensos a serem fatais. A taxa combinada de acidentes fatais para 2006 e 2007 foi mais alta para o grupo glass cockpit (1,03) do que para o grupo convencional (0,43). As taxas fatais combinadas para 2006 e 2007 para ambos grupos

⁵³Inclui todos os acidentes do Estudo.

estudadas eram menores do que 1,24 acidentes fatais por 100.000 horas de voo para todas as operações da aviação em geral para o mesmo período.

Quando este relatório foi escrito, os dados da pesquisa GAATAA direcionada às horas de voo não estavam disponíveis para calcular índices os acidentes de 2008 para os grupos do Estudo. Se as horas voadas para ambas os grupos durante 2008 foram semelhantes às médias em 2006 e 2007, as taxas totais de acidente para o grupo convencional e para o grupo glass cockpit seria menor que a taxa global da aviação geral. No entanto, com 13 acidentes fatais durante 2008, a taxa fatal de aeronaves no grupo glass cockpit neste Estudo excederia em muito o grupo convencional e as taxas fatais totais da aviação geral para o ano.⁵⁴

3.5 Condições de voo

Detalhes de acidentes e respostas à pesquisa, associados com ambos os grupos, foram comparados para identificar qualquer diferença nas circunstâncias dos acidentes, no uso da aeronave ou em pilotos que pudessem afetar a severidade dos resultados dos acidentes e explicar as diferenças observadas entre as taxas de acidente e de acidente fatal para grupos convencional e de glass cockpit. Por exemplo, acidentes que ocorrem de noite ou em condições meteorológicas com uso de instrumento (instrument meteorological conditions – IMC) têm historicamente sido mais propensas a resultar em fatalidade do que aquelas que ocorrem durante o dia e em tempo bom.⁵⁵

3.5.1 Tempo do dia

Como está ilustrado na figura 10, os dados de acidentes de 2002 a 2008 indicam que uma porcentagem mais alta de acidentes envolvendo aeronaves no grupo glass cockpit ocorreram de noite, mas a diferença não foi estatisticamente significativa: $\chi^2(1, N = 266) = 3,058, p = 0,080$.

⁵⁴Por exemplo, se o total das horas de voo for estimado para os grupos de Estudo pela média dos resultados de 2006 e 2007, o índice fatal de 2008 para o grupo convencional seria 0,35 acidentes fatais por 100.000 horas de voo e o índice para o grupo glass cockpit seria de 1,58, comparado com o índice fatal da aviação geral global de 1,20 em 2008.

⁵⁵Risk Factors Associated with Weather-Related General Aviation Accidents, Safety Study NTSB/SS-05/01 (Washington, DC: National Transportation Safety Board, 2005).

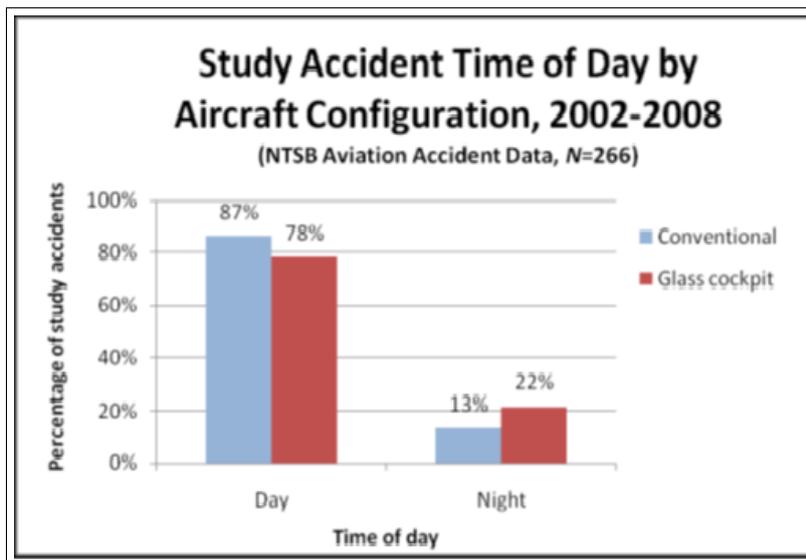


Figura 10: Comparação dos acidentes do Estudo por tempo do dia.

Na figura 11 se vê que as estimativas das horas de voo da distribuição da pesquisa GAATAA por tempo do dia para 2006 e 2007 foram semelhantes para ambos os grupos. No entanto, quando comparadas com os dados de acidente para aqueles anos, as taxas de acidentes totais e fatais por hora de voo de noite foram mais altas para o grupo glass cockpit (ver tabela 4).

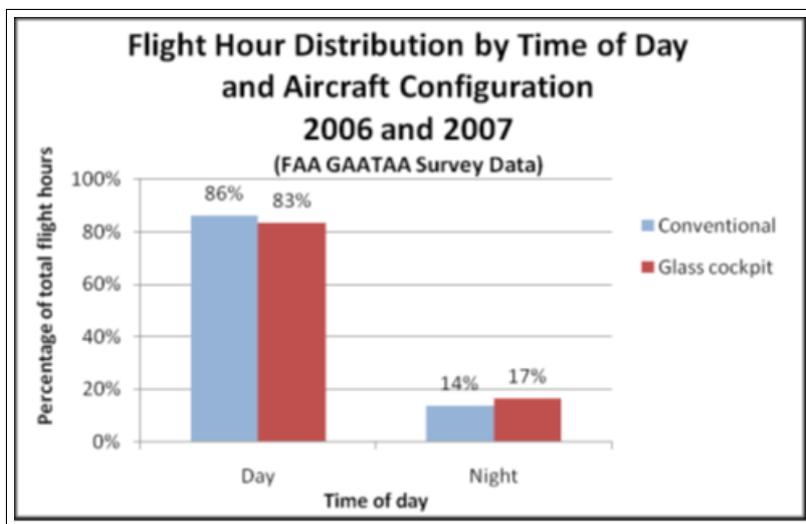


Figura 11: Distribuição combinada das horas de voo de 2006 e 2007 por tempo do dia e configuração de cockpit.

3.5.2 Condições atmosférica do tempo

Como aparece na figura 12, os dados de acidentes de 2002 a 2008 indicam que uma porcentagem mais alta de acidentes de aeronaves com glass cockpit ocorreram em

Tabela 4: Taxas combinadas de acidente em 2006 e 2007 por horas de voo por tempo do dia e configuração de cockpit.

	TOTAL		FATAL	
	Conventional	Glass Cockpit	Conventional	Glass Cockpit
2006-2007				
Day	4.01	3.86	0.30	0.87
Night	1.85	3.31	1.23	1.84

IMC. A diferença da condição de tempo no acidente foi marginalmente significativa: $\chi^2 (1, N = 264) = 3,639, p = 0,056$.

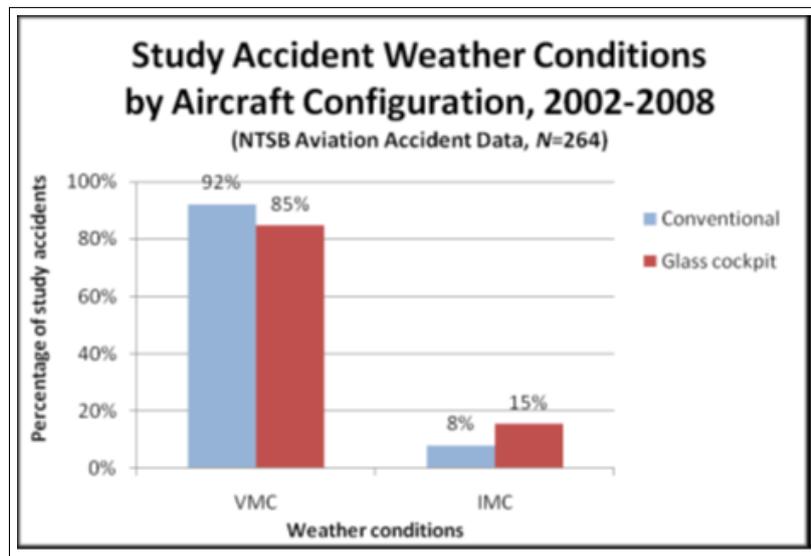


Figura 12: Comparação dos acidentes do Estudo por tempo atmosférico.

Dados da pesquisa GAATAA referentes a horas de voo por condições de tempo meteorológico, mostrados na figura 13, indicam que proprietários de aeronaves com glass cockpit relataram uma porcentagem maior de tempo de voo em IMC. Uma comparação de acidentes e horas de voo durante 2006 e 2007 (tabela 5) mostra taxas totais de acidente semelhantes para ambos os grupos em condições meteorológicas visuais (visual meteorological conditions – VMC), mas taxas de acidente totais e fatais mais altas por hora de voo em IMC para o grupo glass cockpit.

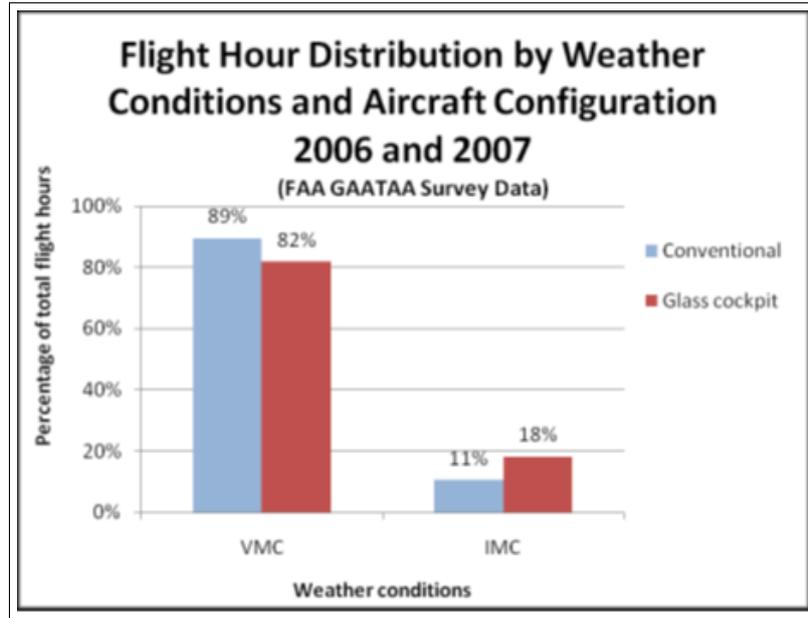


Figura 13: Distribuição combinada de horas de voo em 2006 e 2007 por tempo atmosférico e configuração de cockpit.

Tabela 5: Índices combinados de acidente em 2006 e 2007 para 100.000 horas de voo por tempo meteorológico e configuração de cockpit.

	TOTAL		FATAL	
	Conventional	Glass Cockpit	Conventional	Glass Cockpit
2006-2007				
Day	1.63	2.68	1.63	2.34
Night	3.86	3.94	0.29	0.67

3.5.3 Plano de voo apresentado

Consistente com os resultados anteriores que mostram que as aeronaves com glass cockpit usaram uma porcentagem mais alta de horas de voo em IMC, os grupos de aeronaves também diferiram com respeito ao plano de voo apresentado para o voo acidentado. A figura 14 mostra que entre esses acidentes durante 2002 até 2008 com informações de plano de voo disponíveis, os pilotos no grupo glass cockpit foram significativamente mais propensos a ter apresentado um plano de voo segundo as regras de voo por instrumento (instrument flight rules – IFR) para o voo acidentado: $\chi^2 (1, N = 250) = 11,718, p = 0,001$. Dados da pesquisa GAATAA não apresentam estimativas do número de horas voadas por tipo de plano de voo.

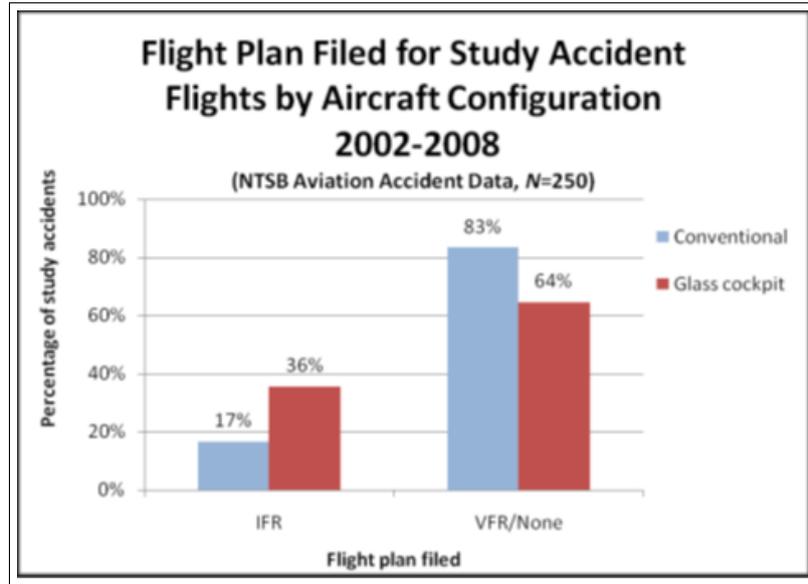


Figura 14: Comparação dos acidentes do Estudo por plano de voo apresentado.

3.6 Finalidade de voo

Os grupos do Estudo diferiam notavelmente com referência ao propósito do voo. A figura 15 mostra que voos acidentados envolvendo aeronaves no grupo convencional estavam quase igualmente divididos entre voos de instrução e voos pessoais e de negócios, enquanto acidentes de glass cockpit tinham significativamente muita probabilidade de envolver voos pessoais e de negócios: $\chi^2 (1, N = 258) = 31,616, p < 0,001$.

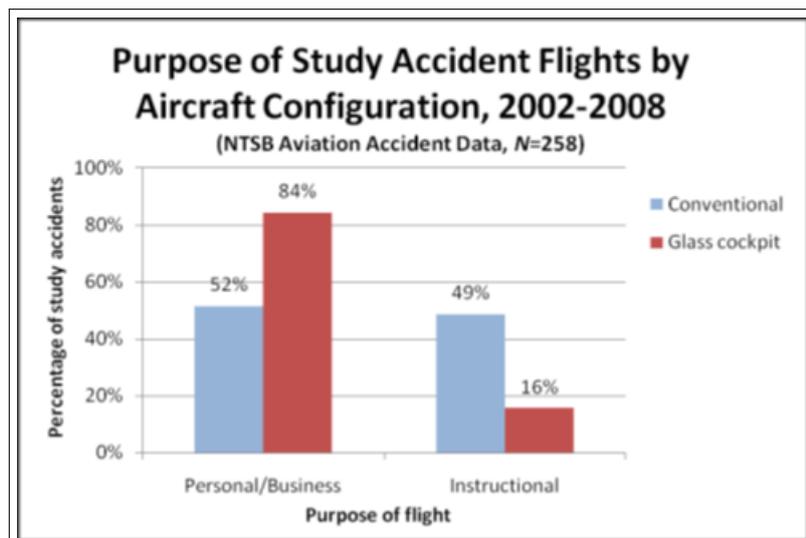


Figura 15: Comparação dos acidentes do Estudo por finalidade de voo.

Os resultados da pesquisa GAATAA relativos ao uso relatado indicou que uma porcentagem maior da atividade do grupo convencional em 2006 e 2007 envolveu

voos de instrução, ao passo que aeronaves com glass cockpit foram mais frequentemente usadas para voos pessoais e de negócios (ver figura 16). Uma comparação de acidentes com o uso relatado de aeronaves de 2006 a 2007, resumida na tabela 6, indica que aeronaves convencionais tiveram taxas totais de acidente mais altas durante voos tanto pessoais como voos de instrução e negócios. Os dois grupos tiveram igualmente índices baixos de acidentes fatais para voos de instrução, mas o grupo glass cockpit teve um índice mais alto de acidentes fatais durante voos pessoais e de negócios.

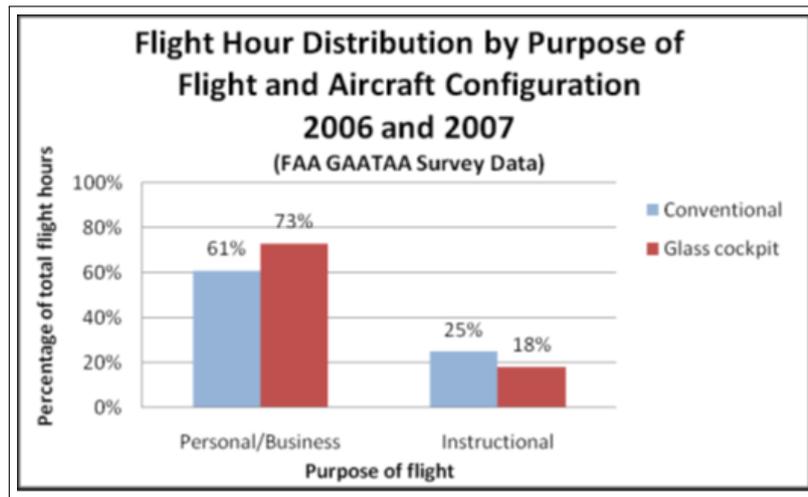


Figura 16: Distribuição de horas de voo em 2006 e 2007 combinada por finalidade de voo e configuração de cockpit.

Tabela 6: Taxas de acidente em 2006 e 2007 combinadas por 100.000 horas de voo por finalidade de voo e configuração de cockpit.

	TOTAL		FATAL	
	Conventional	Glass Cockpit	Conventional	Glass Cockpit
2006-2007				
Day	3.98	2.79	0.20	0.20
Night	6.62	5.05	1.26	1.65

3.6.1 Distância planejada de voo

Entre aqueles acidentes para os quais tanto o ponto de partida como o destino pretendido eram conhecidos, a distância planejada média de voos acidentados associados com o grupo glass cockpit foi de 96 milhas náuticas (nautical miles – nm), comparado com uma média de 25 nm para voos de aeronaves convencionais. As diferenças na distância planejada dos voos do Estudo para ambas os grupos foram avaliados usando o teste estatístico U de Mann-Whitney.

Os resultados indicaram que voos acidentados que envolveram o grupo glass cockpit foram significativamente mais longos do que para aeronaves no grupo cockpit convencional (U 5469,5, N (convencional) = 140, N (glass cockpit) = 122, p <

0,001).⁵⁶ Grande parte da diferença em distância planejada de voo entre os dois grupos pode ser atribuída à grande percentagem de aeronaves convencionais operando em voos locais ou muito curtos em contraposição à percentagem de aeronaves com glass cockpit, que mais provavelmente operavam em voos mais longos. Dos 140 acidentes de aeronaves convencionais com informação de distância de voo, 71 (51%) estavam fazendo voos locais que foram planejados para voltar ao aeroporto de partida ou voos muito curtos de menos de 25 nm. Apenas 26% dos voos acidentados com glass cockpit foram locais – ou menos de 25 nm – mas 42% dos voos acidentados que envolviam aeronaves com glass cockpit foram planejados para mais do que 150 nm contra apenas 16% de voos associados com aeronaves convencionais.

3.6.2 Fase de voo

Em geral, as aeronaves no grupo glass cockpit estavam envolvidas numa percentagem mais alta de acidentes durante as fases em voo desde a ascensão inicial para aproximar, enquanto as aeronaves convencionais estavam envolvidas em percentagens mais altas de acidentes durante a decolagem, aterrissagem e “outros”, que incluem rolagem (taxing) e parada (standing) (ver figura 17).

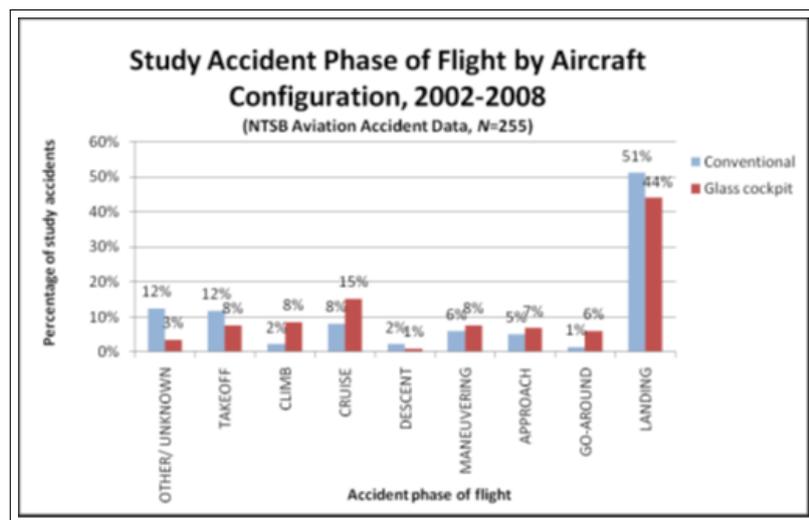


Figura 17: Comparação de acidentes do Estudo por fase de voo.⁵⁷

⁵⁶ Em todo este relatório, os resultados dos testes estatísticos U de Mann-Whitney estão incluídos no texto usando a seguinte notação (valor calculado da estatística U, n1 e n2 = número de casos em cada grupo estudada, p = probabilidade ou significância do resultado). Como os resultados do teste qui-quadrado anteriormente discutido, o valor p pode ser interpretado como a probabilidade percentual em que o valor observado ocorreu por acaso. O teste U de Mann-Whitney é calculado classificando cada um dos valores observados e somando os pontos da classificação dentro dos grupos que estão sendo comparados. As somas das classificações são comparadas para os dois grupos a fim de identificar o grupo com o resultado mais alto. Neste caso, a soma da pontuação para o grupo convencional é menor do que a soma dos pontos para o grupo glass cockpit, portanto, a pontuação U significativa pode ser atribuída voos acidentados que envolvem aeronaves com glass cockpit sendo mais longos do que os que envolvem aeronaves cujo cockpit usa instrumentos convencionais. Conferir a tabela 8 no final deste capítulo para um resumo de todos os resultados do teste estatístico U de Mann-Whitney de todo o Estudo.

3.6.3 Tipo de evento do acidente

Aeronaves com glass cockpit estiveram envolvidas em porcentagens mais altas de perda de controle em voo e colisões com o solo, e aeronaves convencionais estiveram envolvidas em mais perda de controle no solo e aterrissagens difíceis. Isto é consistente com os resultados da comparação anterior que mostra mais acidentes glass cockpit durante fases em voo e mais decolagens e aterrissagens para o grupo convencional. Uma comparação resumida do tipo de acidente está apresentada na figura 18.

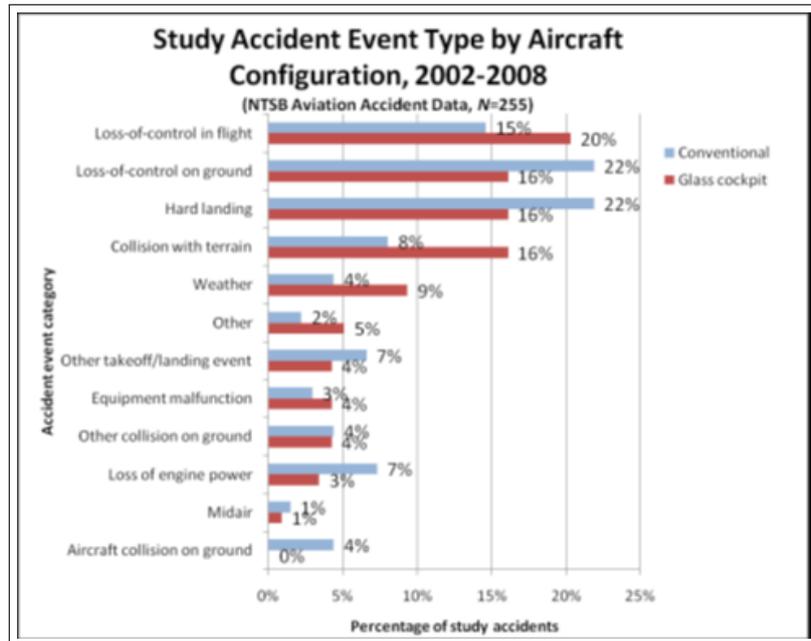


Figura 18: Comparações dos acidentes do Estudo por tipo de evento e configuração da aeronave.⁵⁸

A porcentagem mais alta de colisões com o solo em relação a todos os outros eventos para o grupo glass cockpit foi a única diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos em eventos de acidente: $\chi^2(1, N = 255) = 3,980, p = 0,046$.

3.7 Informação sobre o piloto envolvido nos acidentes

Informação acerca dos pilotos do acidente foi comparada para identificar diferenças que possam ter afetado o registro de segurança das aeronaves estudadas. Por exemplo, se um grupo tendeu a ser pilotado mais por pilotos menos experientes, o registro de acidentes provavelmente teria sido pior para essas aeronaves.

3.7.1 Número de pilotos

Como está ilustrado na figura 19, aeronaves com cockpits convencionais tinham maior probabilidade de ter dois tripulantes no voo do que aquelas com glass cockpits,

⁵⁷Os totais não somam 100% devido a arredondamentos.

⁵⁸Os totais não somam 100% devido a arredondamentos.

que mais provavelmente eram operadas por um único piloto. A diferença no número de tripulantes no voo era estatisticamente significativa: $\chi^2 (1, N = 266) = 7,063$, $p = 0,008$. Mais ou menos em metade dos casos de aeronaves convencionais com dois pilotos, o segundo piloto era identificado como instrutor de voo, o que é consistente com os resultados apresentados anteriormente que indicam que aeronaves convencionais estavam mais propensas a serem usadas para voos de instrução.

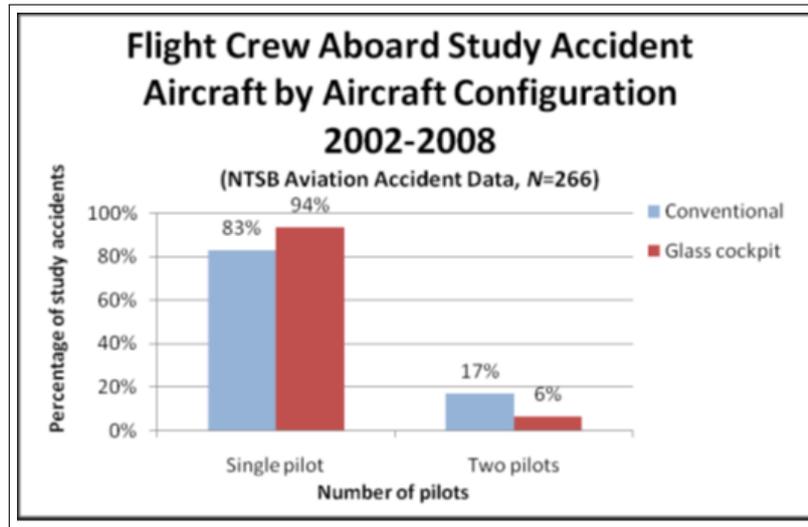


Figura 19: Comparação do número de pilotos a bordo de aeronaves acidentadas do Estudo.

3.7.2 Idade do piloto

A idade dos pilotos estava disponível para 257 dos 266 pilotos acidentados considerados no Estudo. A idade dos pilotos acidentados no grupo glass cockpit ia de 18 a 76 anos, com uma idade média de 47. Os pilotos acidentados no grupo convencional tinham idade que ia de 17 a 77, com uma idade média de 43 anos. Pilotos acidentados que voavam aeronaves com glass cockpit eram significativamente mais velhos que os que voavam aeronaves convencionais ($U = 6736,5$, N (convencional) = 139, N (glass cockpit) = 118, $p = 0,014$). Grande parte da diferença entre os grupos convencionais e glass cockpits com relação à idade pode ser atribuída a diferenças na porcentagem de pilotos jovens. Dos 139 pilotos acidentados no grupo de aeronaves convencionais, cuja idade era conhecida, 38 (27%) tinham menos de 30 anos. Ao contrário, para o grupo glass cockpit apenas 14 dos 118 pilotos acidentados (12%), cuja informação de idade estava disponível, tinham menos de 30 anos de idade.

3.7.3 Nível de licença do piloto

Dos pilotos acidentados para os quais a informação estava disponível, 26% tinham licença PLA (piloto de linhas aérea - airline transport pilot - ATP) ou PC (piloto comercial - commercial pilot - CP), 50% tinha licença de PP (piloto privado - private pilot - PP) e 24% tinham licenças de piloto estudante. Como está mostrado na figura 20, proporções quase iguais dos dois grupos tinham licenças de PC ou PLA,

mas os dois grupos diferiam significativamente com relação às licenças de pilotos estudantes e privados: $\chi^2 (2, N = 261) = 21,931, p < 0,001$. Comparativamente, os dados de brevê de piloto da FAA de 2002 até 2008⁵⁹ indicam que uma média de aproximadamente 14% dos pilotos ativos tinha brevê de estudante, 38% tinham licença de piloto privado e 43% brevê de piloto comercial ou ATP.

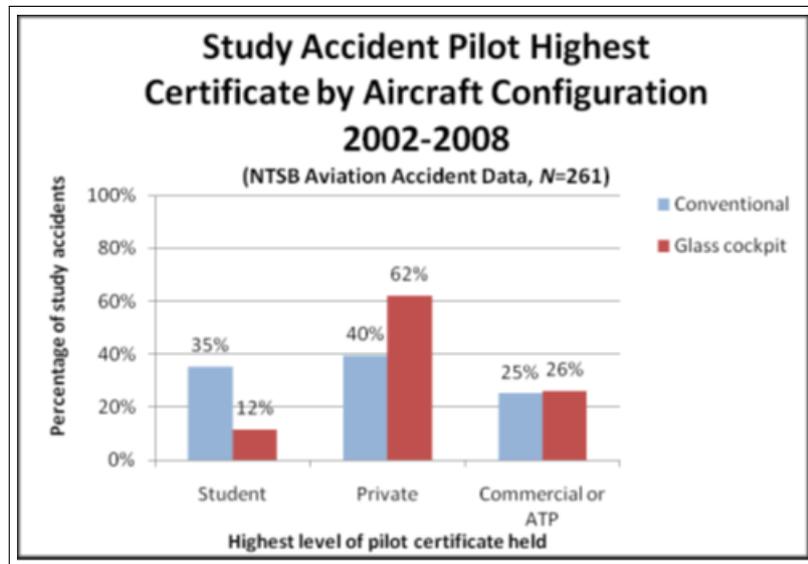


Figura 20: Comparação dos pilotos acidentados do Estudo por nível de licença.

3.7.4 Habilitação de voo por instrumento do piloto

Como está ilustrado na figura 21, aproximadamente 65% dos pilotos acidentados no grupo glass cockpit estavam habilitados para voo por instrumento, comparado com 37% dos do grupo convencional.⁶⁰ A diferença em habilitação em instrumento entre os grupos de aeronaves foi estatisticamente significativa: $\chi^2 (1, N = 257) = 20.828, p < 0.001$. Comparativamente, as estatísticas de pilotos civis estadunidenses da FAA indicam que, em média, 51% da população de pilotos ativos de 2002 a 2008 tinha uma habilitação em instrumento.

⁵⁹Ver http://www.faa.gov/data_research/aviation_data_statistics/civil_airmen_statistics/2008/.

⁶⁰ Estavam disponíveis dados insuficientes para comparar experiência em voo instrumental e vigência no tempo do acidente.

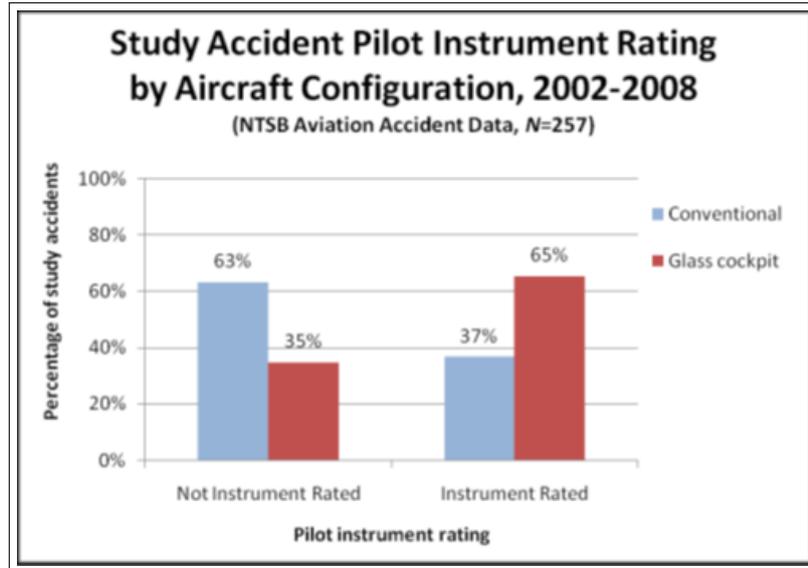


Figura 21: Comparação dos pilotos acidentados do Estudo por nível de licença.

3.7.5 Horas de voo do piloto

As medições mais comumente disponíveis de experiência que pilotos têm de acidente foram o total de horas de voo em todas as aeronaves e tempo total em todas as marcas e modelos de aeronaves acidentadas. O tempo total de pilotos acidentados em glass cockpit oscilaram de 22 a aproximadamente 25.000 horas, enquanto o tempo total de voo para pilotos acidentados em aeronaves convencionais oscilou de 1 a 23.000 horas. O número médio de horas de voo totais para pilotos glass cockpit foi mais alto do que a média de horas totais de voo para pilotos de aeronaves convencionais (466 horas e 167 horas respectivamente) e pilotos acidentados no grupo glass cockpit tinham significativamente mais horas totais de voo que aqueles no grupo convencional: $U = 5503,0$, N (convencional) = 138, N (glass cockpit) = 118, $p < 0,001$.

A experiência de voo nas marcas e modelos de aeronaves acidentadas para pilotos em aeronaves com glass cockpit oscilou de 11 a aproximadamente 1.430 horas e para pilotos acidentados em aeronaves convencionais de 1 para aproximadamente 6.200 horas. A experiência de voo média em marca e modelo para pilotos em glass cockpit foi mais alta do que para os que voavam aeronaves convencionais (99 horas e 70 horas, respectivamente). No entanto, as distribuições globais de tempo de voo em acidentes por marca/modelo não foram significativamente diferentes: $U = 6087,5$, N (convencional) = 129, N (glass cockpit) = 106, $p = 0,148$. É importante notar que os dados referentes à experiência de voo em marca e modelo de aeronaves não fazem nenhuma distinção em configuração de cockpit, de modo que alguns pilotos podem ter tido experiência no tipo de aeronaves e ter tido pouca experiência num particular tipo de display no cockpit.

3.8 Resumo dos resultados da análise quantitativa

O Estudo fez comparações do total de aeronaves ativas, horas de voo e acidentes e mostrou padrões semelhantes dos índices de acidente para as aeronaves estudadas. Uma comparação dos acidentes desde 2002 até 2008 envolvendo os grupos de Estudo glass cockpit e convencional com um número de aeronaves registradas indica que o grupo das aeronaves com glass cockpit teve um índice mais baixo de acidente, mas uma taxa mais alta de acidente fatal. Estimativas do Estudo específico da análise obtida da pesquisa da FAA de 2006 e da pesquisa de GAATAA de 2007 indicam que o índice de acidentes para 2006 e 2007 por 100.000 horas de voo foi semelhante para os dois grupos de Estudo, mas o índice de acidente fatal por hora de voo foi mais alto para o grupo glass cockpit.

Comparações estatísticas das características dos acidentes identificaram várias variáveis com distribuições significativamente diferentes entre o grupo convencional e o grupo glass cockpit, incluindo: (1) intensidade do acidente, (2) finalidade dos voos acidentados, (3) duração planejada do voo acidentado, (4) número de pilotos, (5) idade do piloto, (6) nível de licença, (7) experiência total de voo do piloto, e (8) habilitação do piloto em instrumentos. Os acidentes que envolveram aeronaves com glass cockpit foram mais propensos a serem associados com voo pessoal ou de negócios, voos mais longos e operações de um piloto, ao passo que aeronaves convencionais foram mais propensas a serem associadas com voos de instrução, voos mais curtos e operações com dois pilotos. Pilotos acidentados de aeronaves equipadas com glass cockpit eram mais velhos, tinham graus mais altos de licenças, eram mais propensos a ter habilitação em instrumentos e tinham mais horas de voo do que aqueles que voaram aeronaves com painel convencional. O grupo glass cockpit estava envolvida em mais acidentes em IMC, mas a diferença foi apenas marginalmente significativa.

Os resultados são consistentes com os dados da pesquisa GAATAA, que indicam que o grupo convencional voou mais horas de voo de instrução. Um grupo de pilotos mais jovens, tripulações de dois pilotos e voos mais curtos são consistentes com aprendizado de novos pilotos. Aeronaves no grupo de cockpit convencional foram mais propensas a estarem envolvidos em acidente, mas menos propensas a estarem envolvidos em acidente fatal, o que também é consistente com as aeronaves convencionais serem usadas para conduzir mais voos de instrução, que historicamente tiveram índices mais baixos de acidentes fatais que voos pessoais.⁶¹

As diferenças nos índices de acidente entre os grupos estudadas seguiu um padrão semelhante. O índice de acidentes fatais bianuais para 2006 e 2007 foram similarmente baixos para ambas os grupos durante voos de instrução. O índice total de acidentes foi mais alto para as aeronaves convencionais durante voos de instrução bem como voos pessoais e de negócio, mas o índice de acidentes fatais foi o mais alto para aeronaves com glass cockpit durante voos pessoais e de negócio.

Enfim, os índices de acidente e de acidente fatal foram mais altos para o grupo glass cockpit em IMC e de noite, apesar de as aeronaves voarem conduzidas por pilotos com níveis mais altos de licenças e com maior experiência de voo – e as

⁶¹Annual Review of U.S. General Aviation Accident Data, 2005, Annual Review NTSB/ARG-09/01, “Focus on General Aviation Safety: Instructional Flight” (Washington, DC: National Transportation Safety Board, 2009).

capacidades adicionais dos displays glass cockpit, o que deveria melhorar a segurança dessas operações de voo. As tabelas que seguem resumem os resultados de todos os testes estatísticos incluídos no Estudo.

A tabela 7 resume todas as comparações de variáveis categóricas de acidente neste capítulo, com o número total de casos incluídos em cada comparação, percentagens relativas, valor do qui-quadrado e significância.

Tabela 7: Sumário das análises de qui-quadrado.

	Total Accidents	Conventional		Glass Cockpit		χ^2	p
		N	% within Cohort	N	% within Cohort		
Accident Security	266	-	-	-	-	8.216	0.004
Fatal		23	16%	39	31%		
Non Fatal		118	84%	86	69%		
Total		141		125			
Light Condition	266					3.058	0.080
Day		122	87%	98	78%		
Night		19	13%	27	22%		
Total		141		125			
Weather	264					3.639	0.056
VMC		129	92%	105	85%		
IMC		11	8%	19	15%		
TOTAL		140		124			
Flight Plan	250	-	-	-	-	11.718	0.001
VFR/None		110	83%	76	64%		
IFR		22	17%	42	36%		
TOTAL		132		118			
Purpose of Flight	258					31.616	< 0.001
Instructional		66	49%	19	16%		
Personal/Business		70	51%	103	84%		
TOTAL		136		122			
Accidente Event Type	255	-	-	-	-	3.980	0.046
Colision Whit Terrain		11	8%	19	16%		
Other		126	92%	99	84%		
TOTAL		137		118			
Flight Crew Abord	266					7.063	0.008
Single Pilot		117	83%	117	94%		
Two Pilots		24	17%	8	6%		
TOTAL		141		125			
Highest Pilot Certificate	261					21.931	< 0.001
Student		49	35%	14	12%		
Private		55	40%	76	62%		
Commercial or ATP		35	25%	32	26%		
TOTAL		139		122			
Pilot Instrument Rating	257	-	-	-	-	20.828	< 0.001
Not Instrument Rated		88	63%	41	35%		
Instrument Rated		51	37%	77	65%		
TOTAL		139		118			

A tabela 8 resume todas as comparações das variáveis contínuas do acidente neste capítulo, com o número total de casos incluídos, valores médios, somas das classificações, pontuação Z e valores U de Mann-Whitney, e significância.

Tabela 8: Resumo das análises de Mann-Whitney.

	N	Median	Sum of Ranks	Z	U	P
Pilot Age	266	-	-	2.467	6736.5	0.0114
Conventional	139	43yrs	16466.5			
Glass Cokpit	118	47yrs	16686.5			
Total	257					
Pilot Total Flight Time				4.469	5503.0	< 0.001
Conventional	138	167hrs	15094.0			
Glass Cokpit	118	466hrs	17802.0			
Total	256					
Pilot Flight Time in Make/Model				1.445	6087.5	0.148
Conventional	129	70hrs	14472.5			
Glass Cokpit	106	99hrs	13257.5			
Total	235					
Planned Flight Lenght				4.807	5649.5	< 0.001
Conventional	140	125nm	15519.5			
Glass Cokpit	122	96nm	18933.5			
Total	262					

Comentários da AESV sobre o Capítulo 3

Com os dados disponíveis, ainda é difícil identificar qualquer tendência na aviação geral brasileira, assim como fazer uma comparação entre aeronaves com e sem glass cockpit. Com certeza o número de aeronaves com painel glass cockpit está aumentando, mas ainda não é possível afirmar que este número já tenha superado o total de aeronaves com painel convencional (muitas aeronaves já modificaram o painel mas esta informação não está disponível). O que é certo é que as aeronaves que constituem o grosso da frota de instrução primária no Brasil (cursos de piloto privado e piloto comercial) são aeronaves de painel de instrumentos convencional. O alto custo de aeronaves com a tecnologia glass cockpit, com reflexos no preço da hora de voo, torna inviável sua disseminação em larga escala como aeronaves treinadoras.

Sendo assim, o custo para uma pesquisa na aviação civil brasileira talvez seja justificada no futuro, mas, como já relatado anteriormente, não se pode desconsiderar todo este Estudo feito pelo NTSB que já vivenciou todo este cenário no passado e que estaremos enfrentando em um futuro breve.

Como não é possível fazer qualquer comparação, o que existe disponível atualmente em relação ao número de ocorrências nos últimos 10 (dez) anos com aeronaves monomotoras operando voo privado é um total de 527 (quinhentos e vinte e sete acidentes). Deste total é possível afirmar que todos os acidentes envolvendo aeronaves Cirrus foram com aeronaves com painel glass cockpit.

Como já comentado anteriormente, na pesquisa realizada na base de dados do Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB) da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), referente ao período de 2006 a 2017, foram identificadas 308 aeronaves da fabricante Cirrus Design. Deste total, 37 são do modelo SR20; 268 - SR22 e 3 - SR22T.

Na sequência de gráficos a seguir, obtidos no Painel SIPAER, são apresentados o número de acidentes com aeronaves monomotores operação privada no período de 10 anos (total de 527 acidentes), o número de acidentes com modelo SR 20 (6 acidentes) e o número de acidentes com modelo SR 22 (19 acidentes).





Em relação aos 6 (seis) acidentes ocorridos com o modelo SR 20, a classificação do tipo de ocorrência como “desorientação espacial” pode indicar que o acidente com a aeronave PRLJL envolveu falha humana na operação de aeronave com painel glass cockpit.

CLASSIFICAÇÃO TIPO	AERONAVES	LOCAL DA OCORRÊNCIA	DATA/HORÁRIO
ACIDENTE SCF-PP FALHA OU MAU FUNCIONAMENTO DO MOTOR — FALHA DO MOTOR EM VOO	PRPRF	SANTO ANTONIO DO LEVERGER, MT, BRA FORA DE AERODROMO	20/07/2017 às 11:09 UTC
ACIDENTE [SCF-PP] FALHA OU MAU FUNCIONAMENTO DO MOTOR — FALHA DO MOTOR EM VOO	PPCIE	ITU, SP, BRA FORA DE AERODROMO	24/03/2012 às 14:00 UTC
ACIDENTE [MED] MÉDICO — DESORIENTAÇÃO ESPACIAL	PRLJL	CARMO DO CAJURU, MG, BRA FORA DE AERODROMO	26/11/2011 às 14:00 (UTC)
ACIDENTE [LOC-G] PERDA DE CONTROLE NO SOLO	PRCVJ	MIGUELÓPOLIS, SP, BRA FORA DE AERODROMO	11/11/2011 às 15:30 (UTC)
ACIDENTE [RE] EXCURSÃO DE PISTA — POUSO LONGO	PRRAT	MARA ROSA, GO, BRA FORA DE AERODROMO	09/01/2009 às 11:00 (UTC)

Em relação aos 19 (dezenove) acidentes ocorridos com o SR 22, 5 (cinco) ainda estão sendo investigados, 2 (dois) deles, pela classificação da ocorrência como “perda do controle em voo”, podem indicar uma falha humana na operação de aeronave com painel glass cockpit.

CLASSIFICAÇÃO TIPO	AERONAVES	LOCAL DA OCORRÊNCIA	DATA/HORÁRIO
ACIDENTE [LOC-G] PERDA DE CONTROLE NO SOLO	PROTO	ELDORADO, MS, BRA SJFM - FAZENDA MACUCO	03/12/2017 às 20:45 UTC
ACIDENTE [SCF-PP] FALHA OU MAU FUNCIONAMENTO DO MOTOR — FALHA DO MOTOR EM VOO	PPJMC	BEBERIBE, CE, BRA #### - PISTA DE POUSO EVENTUAL	19/03/2016 às 13:30 UTC
ACIDENTE [RE] EXCURSÃO DE PISTA	PRGDV	AMERICANA, SP, BRA SDAI - AMERICANA	03/03/2016 às 20:20 (UTC)
ACIDENTE [CTOL] COLISÃO COM OBSTÁCULO DURANTE A DECOLAGEM E POUSO	PRRLD	CAMPO MOURÃO, PR, BRA SSKM - GERALDO GUIAS DE AQUINO	17/05/2015 às 18:20 (UTC)
ACIDENTE [LOC-G] PERDA DE CONTROLE NO SOLO	PRFLF	PORTO BELO, SC, BRA SDEN - COSTA ESMERALDA	22/02/2015 às 17:30 (UTC)

Em relação ao acidente ocorrido com a aeronave PRSFS, em 23 de janeiro de 2013, o Relatório Final já está disponível no site do CENIPA (<http://prevencao.potter.net.br/relatorio/page/1>) e não foi identificada a participação de conflito nas informações prestadas pelo display da aeronave. Em relação ao acidente ocorrido com a aeronave PRSLS, em 27 de fevereiro de 2013, o mesmo ainda encontra-se sob investigação, sendo que o histórico de voo menciona que:

“A aeronave decolou da pista da fazenda platô azul, sendo o piloto um dos proprietários desta fazenda. Logo após a decolagem, a aeronave curvou acentuadamente à esquerda e perdeu altura, vindo a colidir contra o solo violentamente. A aeronave após o impacto pegou fogo, mas o copiloto conseguiu sair da aeronave e foi achado por funcionários de outra fazenda que fica ao lado da pista. Segundo relatos, havia uma aproximação de uma tempestade no momento da decolagem da aeronave.”

É provável que o aumento do conhecimento sobre a investigação de acidente com aeronaves possuidoras de painel glass cockpit permita identificar, com mais certeza, o desconhecimento do piloto sobre a operação correta da aeronave do que diz respeito às informações fornecidas pelas telas de um display glass cockpit. Além disso, o Laboratório de Leitura e Análise de Gravadores de Voo tem buscado, junto aos fabricantes, a possibilidade da leitura dos dados de voo o que irá auxiliar na definição dos fatores contribuintes, contribuindo para a emissão de Recomendações de Segurança.

4 Avaliação Qualitativa

Além da análise de dados realizada nos capítulos anteriores desse Estudo, o NTSB analisou os materiais e programas de treinamento da FAA e dos fabricantes aplicáveis às aeronaves com glass cockpit. O NTSB visitou as instalações de treinamento dos fabricantes destinadas ao público de aviação geral, principalmente aos pilotos que estavam em transição para aeronaves equipadas com glass cockpit; conversou com representantes da indústria de seguradoras a respeito dos requisitos de treinamento e de experiência aplicáveis à operação de aeronaves de pequeno porte equipadas com glass cockpit. Essas análises habilitaram o NTSB a entender e avaliar o atual estado dos requerimentos de treinamento para operação com glass cockpit disponíveis na aviação geral.

4.1 Requisitos e materiais de orientação da FAA

A FAA estabeleceu requisitos mínimos para obtenções de licenças ou habilitações, iniciais ou adicionais. Candidatos a pilotos devem demonstrar um número mínimo de horas de voo, cumprir com requisitos específicos de treinamento em solo e em voo e demonstrar conhecimento mínimo em teste prático para a obtenção de licenças ou habilitação correspondente. As provas de conhecimento são realizadas de forma a verificar os conhecimentos e as capacidades de interpretação requeridas para as operações previstas nas licenças e habilitações correspondentes. Os candidatos a piloto devem obter a nota mínima requerida nas provas de conhecimento para poder requerer o teste prático correspondente. O atual conjunto de questões utilizadas pela FAA para a concepção de suas provas de conhecimento contempla conhecimentos de pilotos privados, de voos por instrumento, de pilotos comerciais, e de instrutores de voo, porém não contempla os conhecimentos dos pilotos quanto à funcionalidade dos glass cockpits.⁶² Apesar disso, os padrões de teste práticos da FAA (Practical Test Standards - PTS) têm sido atualizados para a incorporação de informações sobre os instrumentos de voo eletrônicos e seus displays.

A FAA atualmente não tem requisitos de treinamento de pilotos recorrentes ou iniciais específicos para aeronaves certificadas segundo o 14 CFR Part 23⁶³ relacionado à aviônica ou glass cockpits. Existem requisitos gerais de conhecimentos para todos os pilotos no tocante a operação e limitações das aeronaves que irão voar - incluindo todos os sistemas - e visam a verificação da proficiência na utilização desses sistemas. Apesar do PTS avaliar a proficiência do piloto na utilização de todos os sistemas das aeronaves, só recentemente a FAA atualizou o Manual do Instru-

⁶²Basedo na revisão do banco de dados das provas do pilotos feita pela FAA em 26 de junho de 2009, disponível online: < http://www.faa.gov/training_testing/testing/airmen/test_questions/>.

⁶³O 14 CFR Part 23 contem requisitos de aeronavegabilidade para aeronaves normais, utilitárias, acrobáticas e transporte de passageiros. O máximo peso de decolagem para aeronaves categoria normal, utilitária ou acrobática não pode exceder 12,500 libras, e o máximo peso de decolagem para aeronaves que transportam passageiros não pode exceder 19,000 libras. Em comparação, o 14 CFR Part 25 contem requisitos de aeronavegabilidade para aeronaves categoria transporte, que tipicamente tem um peso máximo de decolagem acima de 12,500 libras.

tor de Voo⁶⁴ e PTS.⁶⁵ para contemplar as telas eletrônicas de voo com atenção aos conhecimentos e às características de operação desses equipamentos eletrônicos e aos procedimentos de checklists antes dos voos. A seção do PTS correspondente ao treinamento com glass cockpit denominada de Aircraft and Equipment Required for the Practical Test, também especifica os instrumentos eletrônicos primários de voo e os procedimentos de emergência para falhas nos instrumentos.

Segundo a FAA, no PTS deve constar que, na avaliação de procedimentos com falhas dos instrumentos, o examinador do candidato à licença ou habilitação deve simular a perda dos instrumentos eletrônicos primários de voo normalmente encontrados nas aeronaves:

“Caso a aeronave seja capaz de simular falha total desses instrumentos ou haja componente de suporte com acesso apenas aos instrumentos de voo sobressalentes, ou haja display sobressalente, falha(s) total(is) deve(m) ser simulada(s).”

4.2 Treinamento com equipamentos específicos

Antes mesmo de iniciar a atualização de seus materiais de treino e do PTS, a FAA reconheceu a necessidade de melhorar o treinamento dos pilotos da aviação geral. Dessa forma, FAA desenvolveu seu treinamento de padrões com a indústria e universidades (FAA Industry Training Standards - FITS) em antecipação das demandas de gerenciamento de tecnologia avançada nos painéis de voo da aviação geral. Com foco nas técnicas de treinamento baseado em cenários (Scenario Based Training), a iniciativa FITS objetivou tornar o treinamento dos pilotos mais atraente e interessante e mais relevante para as demandas encontradas na prática dos voos. Outro elemento incluído no desenvolvimento do FITS foi o treinamento específico nas aeronaves e nos aviônicos.

No compêndio de aprendizados de 2003 “General Aviation Technically Advanced Aircraft: FAA – Industry Safety Study” foi observada uma diferença entre o potencial de aumento da segurança operacional com o aumento do uso do glass cockpit e os resultados verificados do uso dessa tecnologia, como relatado pela FAA:

“As aeronaves tecnicamente avançadas (Technological Advanced Aircrafts-TAA) aumentaram o nível de segurança operacional disponível, tornando essas aeronaves potencialmente mais seguras. No entanto, para que esta segurança potencial se materialize, os pilotos dessas aeronaves devem receber treinamento adicional nos sistemas específicos desses TAA de forma a poderem explorar todos os recursos disponíveis de aumento da segurança operacional, e reconhecerem as limitações operacionais inerentes a essas aeronaves”.⁶⁶

⁶⁴FAA-S-8081-9C, disponível online: <http://www.faa.gov/training-testing/testing/airmen/test_standards/media/FAA-S-8081-9C.pdf>.

⁶⁵FAA-S-8081-4E, disponível online: <http://www.faa.gov/training-testing/testing/airmen/test_standards/media/FAA-S-8081-4E.pdf>

⁶⁶Disponível no Cap 4 do Estudo FAA-Industria.

e

”O modelo para obtenção deste aumento da segurança operacional existe de experiências anteriores com a inserção de novas tecnologias – o modelo existente de treinamento específico e requisitos das seguradoras aplicáveis a aeronaves de pequeno porte de alto desempenho mono ou multimotoras. Entretanto, a infraestrutura de treinamento existente no momento não está apta a prover o treinamento necessário nas TAAAs.⁶⁷”

O programa FITS,⁶⁸ publicado pela FAA em 2003, citou diversas categorias de produtos pretendidos. Adicionalmente ao treinamento FITS generalístico, o programa procurou desenvolver programas FITS específicos, voltados para aeronaves ou tecnologias específicas. O programa FITS planejado buscou o seguinte:

“Padrões específicos serão inicialmente desenvolvidos em parceria com fabricantes e centros de treinamento. Eles planejarão e implantarão os requisitos de treinamento iniciais, transitórios, recorrentes e requisitos de treinamento de instrutores de voo dos seus clientes e operadores aéreos. Os mecanismos de incentivo para esses programas incluirão incentivos regulatórios dentro do CFR (Code of Federal Regulations) vigente (141.57) bem como incentivos industriais como seguro. O desenvolvimento será realizado em conjunto com a certificação sob 14 CFR Part 142 e Part 141.”

A descrição surgiu como sugestão para que treinamentos especializados fossem desenvolvidos para sistemas aviônicos individuais, para displays eletrônicos e para pilotos adquirindo habilitação(ões) em novos equipamentos instalados nas aeronaves.

O NTSB identificou a necessidade de que pilotos recebessem treinamento especializado para equipamentos avançados em aeronaves em uma investigação especial de um incidente em 1992, durante a qual analisou diversos acidentes envolvendo avião da Piper Aircraft Corporation modelo PA-46⁶⁹, visto que a aeronave citada incluiu um piloto automático e um sistema diretor de voo, que era uma tecnologia avançada para uma aeronave pequena, monomotora, naquela época. Como resultado da análise dos diversos acidentes e incidentes no qual o piloto se confundiu e utilizou incorretamente o sistema aviônico instalado, o NTSB fez a seguinte recomendação a FAA:

“Amend 14 CFR 61.31(f) incluir orientação de voo integrada e sistemas de controle como parte dos requisitos de treinamento em solo e em voo, especificados nos subparágrafos (f) (1) (i) e (ii). (A-92-88)”.

⁶⁷Disponível no Cap 5 do Estudo FAA-Industria.

⁶⁸FAA-Industry Training Standards (FITS) Program Plan (Washington, DC: Federal Aviation Administration, 2003).

⁶⁹Piper Aircraft Corporation PA-46 Malibu/Mirage Accidents/Incident, May 31, 1989, to March 17, 1991, Special Investigation Report NTSB/SIR-92/03 (Washington, DC: National Transportation Safety Board, 1992).

A FAA não estabeleceu requisitos de treinamentos recomendados mas, em 1997, a FAA promulgou o 14 CFR 61.31(h), requerendo que os pilotos recebessem treinamentos específicos para tipos de aeronaves e a anotação específica desse treinamento na caderneta de horas de voo do piloto, indicando sua aprovação para pilotar aquele tipo específico de aeronave.⁷⁰ Em 30 de julho de 1998, o NTSB identificou que a FAA não planejava aceitar a recomendação A-92-88 no tocante às modificações regulatórias e classificou a recomendação A-92-88 como impraticável. Uma das ações antecipadas descritas no programa FITS foi o desenvolvimento de treinamento mandatório dos pilotos e padrões de qualificação de acordo com 14 CFR 61.31(h). Essa abordagem teria criado requisitos específicos para equipamentos semelhantes a um tipo de teste para a aeronave, segundo o Título 14 (Aeronáutica e Espaço) do CFR (Code of Federal Regulations) Part 23 - 14 CFR Part 23. O programa planejado sugeria que a “promulgação poderia ser através de uma alteração no manual de voo da aeronave, a qual se refere ao diretório padrão do FITS.”

Desde a publicação do FITS em 2003, a FAA tem mudado o foco do FITS voltado para treinamento para equipamentos específicos, para sistemas aeronáuticos avançados, como mencionado no plano programático original, e ao invés de apenas atualizar manuais de treinamento, promoveu técnicas de instrução como treinamento baseado em cenários e constantes revisões das performances dos estudantes, para pilotos de todas as aeronaves. Atualmente, a FAA tem encorajado os fabricantes e os provedores de treinamento a desenvolverem treinamentos específicos, mas não têm incorporado treinamentos e testes voltados a equipamentos.

4.3 Programas de treinamento e materiais dos fabricantes

O NTSB analisou os programas de treinamento aceitos do FITS promovidos por dois dos maiores fabricantes de aeronaves incluídos neste Estudo e revisou os materiais de treinamento promovidos por vários fabricantes de glass cockpits.

4.3.1 Fabricantes de Aeronaves

Em geral, fabricantes de aeronaves promovem treinamentos de transição para compradores de novas aeronaves e a maioria inclui treinamento ou requer que pilotos façam curso de treinamento como parte do contrato de compra. Os treinamentos dos fabricantes de aeronaves incluem uma série de componentes, como materiais em mídia digital, que devem ser devidamente estudados antes do treinamento em voo; várias horas de familiarização nos sistemas das aeronaves; checklists; e procedimentos operacionais. Treinamentos em solo e treinamentos em voo geralmente acontecem nas instalações dos fabricantes e incluem de 2 a 3 dias de instrução, com a possibilidade de instrução adicional se necessário. Treinamentos em solo e em voo incluem aterrisagens, pousos, manobras de voo, procedimentos normais e de emergência, equipamentos e sistemas das aeronaves. Pilotos que já possuem habilitação de voo por instrumento também realizam voos e aproximações por instrumentos. Através de relatos de pilotos e de análises do NTSB chegou-se à conclusão

⁷⁰O treinamento requerido para um específico tipo de aeronave, previsto no 14 CFR 61.31(h) nunca foi aplicado para o PA-46.

de que, para a maioria dos pilotos da aviação geral, a transição para novos equipamentos aviônicos requer muito mais esforço do que a transição para um novo tipo de aeronave. Os dois fabricantes visitados pelo NTSB incorporaram ferramentas de treinamento em voo e simuladores aviônicos nos seus treinamentos de forma a promover instrução adicional em aviônica.

Treinamentos típicos dos fabricantes são designados como treinamentos de familiarização ou como um “checkout” (para recebimento da aeronave), e possuem muito pouco de avaliação da proficiência. Pessoas que completam o curso recebem um certificado ou prova de conclusão os quais são aceitos por empresas de seguros quando requeridos. Essa prova de conclusão de curso ou certificado também são aceitos pelo programa de proficiência de pilotos da FAA, denominado WINGS.⁷¹ O treinamento do fabricante tipicamente não resulta numa avaliação em voo, ou numa checagem de proficiência nos instrumentos⁷², mas fabricantes podem promover instrução adicional necessária à completa revisão dos procedimentos de voo ou dos procedimentos de operação dos instrumentos, com as adicionais despesas as custas do proprietário da aeronave. Fabricantes podem também contratar um instrutor de voo para acompanhar o proprietário da nova aeronave em voo na mesma até sua residência (translado). Além disso, a maioria dos fabricantes possuem acordos com diversos centros de treinamento e/ou instrutores credenciados pelas fábricas para prover treinamentos adicionais ou recorrentes ao longo de todo os EUA. Embora os fabricantes de aeronaves promovam treinamentos para qualquer interessado, programas de treinamento grátis são realizados quase que exclusivamente para os compradores de aeronaves. Alguns compradores preferem receber o treinamento com instrutores de voo locais. Sendo assim, esses proprietários continuam recebendo treinamento aprovado pelos fabricantes após seus retornos para casa. Compradores de aeronaves usadas ou outros pilotos desejando receber treinamento aprovado de fábrica podem comprar esse treinamento ou receber instrução por meio de centros de treinamentos ou de instrutores aprovados pelos fabricantes. Alguns seguros aeronáuticos requerem treinamento periódico aprovados pelos fabricantes ou incentivam esses treinamentos através de descontos.

Em alguns casos, fabricantes e empresas de seguros aeronáuticos colaboraram com instituições acadêmicas para desenvolver programas de treinamento e iniciativas de redução dos acidentes. Em adição ao programa FITS da FAA, aos materiais de treinamento e aos programas atualmente em vigor, os esforços das indústrias estão voltados para a identificação de novos métodos para redução de acidentes.⁷³

4.3.2 Fabricante de aviônicos

A maioria dos fabricantes de glass cockpits produzem materiais de treinamento para auxiliar na utilização dos seus produtos. Uma ferramenta comum de treina-

⁷¹Veja em <https://www.faa.gov/WINGS/pppinfo/default.aspx> as explicações do FAA Safety Team sobre o Programa WINGS

⁷²Veja no 14 CFR 61.57 os requerimentos para voo de revisão e voo de cheque em IFR

⁷³Por exemplo, o Airmanship Education Research Initiative (AERI) é um programa colaborativo apoiado pela Cirrus Design Corporation, Avemco Insurance e a University of Illinois Urbana-Champaign destinado a identificar métodos para incrementar o ensino sobre técnicas de decisão: <[\\$>](http://www.humanfactors.illinois.edu/news/news.aspx).

mento produzida por alguns dos maiores fabricantes de aviônicos são softwares de simuladores para uso em computador pessoal que permitem pilotos interagirem com o display e se tornarem familiares com sua operação e capacidades, bem como a organização do menu e funções de controle. Não é esperado que esses softwares de simuladores substituam simuladores de voo aprovados ou dispositivos de treinamento, mas para servirem como procedimentos interativos de treinamento⁷⁴ que permitem pilotos a praticarem o uso de glass cockpit e se tornarem experientes em diversas falhas ou funcionamentos inadequados desses displays os quais, muitas vezes, são difíceis ou inseguros de serem replicados em aeronaves. Vários fabricantes disponibilizam esses softwares de simuladores gratuitamente, enquanto outros cobram pequenas taxas para sua compra, mas mesmo assim disponibilizam cópias gratuitas para os compradores.

Alguns fabricantes de glass cockpit vão além, produzem currículos de treinamento e manuais. Por exemplo, a Garmin produz um guia para o seu cockpit eletrônico para instrutores de voo e pilotos examinadores⁷⁵ que incluem um overview dos modos de falhas em potencial e dos cenários operacionais que correspondem aos conhecimentos e performances requeridos pelo PTS da FAA quanto aos instrumentos. A Garmin também produziu guia de treinamento de piloto e teste de conhecimento como materiais de recurso para instrutores de voo treinarem e avaliarem pilotos em operação através dos modelos Garmin 1000 em diante.⁷⁶

4.4 Requisitos para seguros

Embora a FAA atualmente não tenha requisitos de treinamento específicos para pilotos da aviação geral relacionados a displays eletrônicos ou relacionados à parte aviônica dessas aeronaves, as empresas provedoras de seguros aeronáuticos frequentemente requerem que os pilotos realizem esse treinamento eletrônico de forma que tais aeronaves recebam e mantenham a cobertura do seguro. O NTSB conversou com diversas empresas de seguros aeronáuticos e com suas associações representativas, para que avaliassem melhor os requisitos de treinamento de pilotos e dos proprietários não previstos na regulação, de forma a melhorar a operação de aeronaves pequenas equipadas com glass cockpit. Os dados atuariais, incluindo pedidos de informações e detalhes pessoais específicos, permitem que empresas sejam capazes de determinar os custos de cobertura dos seguros e que estabeleçam requisitos de treinamento adequados aos pilotos em transição para operação com aeronaves com glass cockpits. As companhias de seguro consideram, no momento da definição dos requisitos de cobertura do seguro, o histórico de voo de cada piloto, a experiência em voo, bem como o histórico do piloto como cliente. Um piloto privado com habi-

⁷⁴O 14 CFR Part 60 e FAA Advisory Circular AC-61-136 estabelece guia para aprovação de simuladores de voo e dispositivo de treinamento para treinamento e certificação de pilotos.

⁷⁵Garmin International, Inc., Integrated Flight Deck, Guide for Designated Pilot Examiners and Certificated Flight Instructors, 190-00368-02 Revisão C, Maio 2008. (Olathe, Kansas). Disponível em: <<http://www8.garmin.com/manuals/G1000:Non-AirframeSpecific.GuideforDPEsandCFIs.pdf>>.

⁷⁶Garmin International, Inc., Integrated Flight Deck, Pilot's Training Guide, Instructor's Reference (-06). 190 <http://www8.garmin.com/manuals/G1000:Non-AirframeSpecific.PilotsTrainingGuide.InstructorsReference-06_.pdf>.

litação de voo por instrumento, 1000 horas de voo e nenhum histórico de solicitação de indenizações de seguro de monta pode ser requerido a solicitar treinamento completo de transição ao fabricante, enquanto que para piloto privado iniciante, que não possui habilitação de voo por instrumentos, a seguradora pode solicitar que este piloto receba treinamentos iniciais ou recorrentes adicionais junto ao fabricante, além do treinamento básico. Algumas seguradoras afirmam que podem recusar o seguro de aeronaves de alta performance com aviônica avançada e glass cockpit a menos que os pilotos dessas aeronaves já sejam clientes com bom histórico. Os detalhes exatos dos requisitos das seguradoras são específicos para os pilotos da aviação geral e variam de empresa a empresa. No entanto, esses requisitos são comumente mais rigorosos do que os requisitos em regulação estabelecidos pela FAA para pilotos da aviação geral baseados em outras propriedades específicas dos equipamentos, como alta performance, complexidade ou trem de pouso convencional.⁷⁷

Entretanto, algumas seguradoras não possuem requisitos rigorosos ou não possuem requisitos adicionais para pilotos em transição para operação de aeronaves com glass cockpit. Um Estudo nessa linha abordou o comportamento de várias dessas seguradoras quanto ao treinamento adicional de um proprietário piloto de um Cessna 172 de 1980 que fez uma transição para um Cessna 172 de 2006 com glass cockpit e foi constatado que essas seguradoras não solicitaram treinamentos adicionais para esse proprietário. Mesmo assim, o valor da cobertura do seguro foi ajustado considerando o valor da célula dessa nova aeronave. Algumas dentre essas seguradoras afirmaram que demandariam um treinamento único nessa aeronave. No entanto, quando a aeronave é modificada com a colocação de glass cockpit, as seguradoras afirmam que usualmente não ficam sabendo dessa modificação a menos que sejam contatadas pelo segurado para aumentar a cobertura ou o valor do seguro. Mesmo assim, boa parte das seguradoras não impõe novos requisitos de treinamento. Os fabricantes também alegam esse mesmo problema, quando as aeronaves são modificadas com glass cockpits, já que em muitas dessas vezes os proprietários assumem os riscos integralmente da instalação dos novos sistemas.

A falta de requisitos de treinamentos específicos para os pilotos pela FAA e a variedade de procedimentos das empresas seguradoras resultam em uma grande variedade de experiências de treinamentos tanto iniciais quanto recorrentes entre os pilotos de aeronaves com glass cockpits. A exceção é o treinamento oferecido pelos fabricantes aos compradores de aeronaves novas.

⁷⁷O 14 CFR 61.31 detalha os requisitos para treinamento em aeronave específica requerida para piloto em comando.

Comentários da AESV sobre o Capítulo 4

A AESV visitou a Airtraining (Centro de Treinamento da Cirrus no Brasil) para conhecer o treinamento teórico e prático dos pilotos. Durante a visita, foi informado pela Airtraining que, na percepção daquele Centro de Treinamento, a aviação geral brasileira apresenta, além dos pontos levantados pelo NTSB neste Estudo, as seguintes particularidades:

- a) os manuais dos equipamentos Cirrus são em inglês, o que introduz um grau de dificuldade adicional, que é variável conforme o nível de conhecimento do idioma inglês do piloto;
- b) os checklists são todos em inglês e lidos no painel e, em diversos casos, as instruções do checklist de emergência ou anormal são disponibilizadas no painel;
- c) a dificuldade com o idioma tem uma distribuição na população de pilotos baseada em uma distribuição geográfica, com tendência ser um maior problema longe dos grandes centros, com menor incidência no Sudeste;
- d) o fator idade é um diferenciador, com os pilotos mais velhos apresentando em média mais dificuldade que os mais jovens; e
- e) o nível de conhecimento dos pilotos privados brasileiros é bem inferior aos dos pilotos americanos.

Durante as observações feitas pela Airtraining comentou-se o fato de um candidato não conseguir sequer ler **switch tank** no checklist e entender o que deveria fazer. Tal situação compromete a segurança de voo.

Foi verificado também que, a partir de julho de 2017, a Cirrus iniciou um programa de alcance mundial denominado EMBARK (<https://www.cirrusaircraft.com/embark/>) que oferece treinamento gratuito a pilotos que adquirem um Cirrus usado, se não tiverem plena experiência neste tipo de aeronave. Este programa foi fortemente influenciado pela identificação, pela Cirrus, que aeronaves mais antigas, talvez no terceiro ou quarto proprietário, e provavelmente comercializadas fora do âmbito de conhecimento da fábrica, apresentavam os maiores índices de acidentes e isto podia ser atribuído a pilotos sem treinamento ou com treinamento inadequado.

A AESV analisou também os atuais manuais de cursos da Agência Reguladora, disponíveis em <http://www.anac.gov.br/acesso-a-informacao/biblioteca/manuais-de-cursos-da-anac>, identificando que, além de não estarem atualizados, os mesmos transmitem uma realidade bem antiga. Mesmo a IS nº 61/002 - Revisão D, que versa sobre o Manual de Curso Prático de Voo por Instrumentos, aprovada em julho de 2016, não comenta questões envolvendo a operações de aeronaves com glass cockpit.

Atualmente, a Comissão Nacional de Treinamento, vinculada ao Comitê Nacional de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CNPAA), tem discutido o desenvolvimento dos métodos de treinamento e formação de pessoal desde a base do ensino técnico. Em 2015, a Comissão, junto com a ANAC, PURGS, ABRAPAC, DCTA, EFAI e SERIPA 5, desenvolveram um guia de boas práticas para o instrutor de voo,

disponível no site do CENIPA. Em 2017, a Comissão passou a ser coordenada pela Associação dos Aeronautas da Gol – ASAGOL, membro efetivo do Comitê, sendo proposto a criação de estudos de viabilidade para a atualização dos manuais básicos de formação de Pilotos Privados e Agrícolas, Comissários de Voo, Mecânicos de Manutenção Aeronáutica. Após a formalização da proposta, a ANAC passou a integrar a comissão.

5 Revisão de um Estudo de Caso

Adicionalmente à análise de dados e à avaliação dos recursos de treinamento e aos requisitos citados anteriormente, o NTSB revisou as investigações de acidentes envolvendo aeronaves equipadas com glass cockpit para identificar os casos nos quais os displays dos glass cockpits falharam ou funcionaram de forma diferente de um display convencional e/ou da forma que o piloto esperava. Esse capítulo discute esses estudos de casos e diversos problemas identificados nessa revisão.

5.1 Expectativas dos pilotos a respeito dos displays digitais (glass cockpit)

Em 09 de abril de 2007, às 11:59 horário local, uma aeronave da Cirrus Design Corporation, modelo SR22, marca N953CD, pilotada por um piloto privado, estava voando quando entrou em desorientação a 16 milhas ao norte de Luna, Novo México, colidindo com uma árvore na queda após o acionamento do paraquedas⁷⁸. Esse voo privado foi conduzido segundo os requisitos do 14 CFR Part 91 com um plano de voo IFR. O piloto não teve danos físicos graves. O voo partiu de Tucson, Arizona e estava em rota para Englewood, Colorado.

O piloto relatou que estava subindo de 15.000 pés para 16.000 pés para evitar um tempestade com raios e precipitações de neve. O piloto relatou que estava em condição meteorológica por instrumentos (IMC), quando a velocidade indicada começou a cair e as indicações do altímetro e do velocímetro apresentadas no display primário de voo (PFD) ficaram apresentando marcas de X em vermelho, o que indica falha do equipamento ou perda dos dados. O piloto relatou que ele manualmente desativou o piloto automático para iniciar a descida e colocou o pitot em estado aquecido. O piloto afirmou que, após este procedimento, o indicador de velocidade retornou ao normal. Após isso, o piloto, sentindo que a aeronave estava descendo, cabrou para reduzir a perda de altitude. Mesmo assim, o indicador de altitude disparou o alarme do sistema de detecção de colisão com a terra. Sendo assim, o piloto resolveu acionar o paraquedas da aeronave. A aeronave colidiu com árvores e veio a se estabilizar de forma invertida no topo de várias árvores. A empenagem se separou da aeronave, uma porção externa da asa direita foi esmagada para trás e estava parcialmente separada da aeronave.

A declaração escrita pelo piloto indicou que o avião estava "sendo atingido por bolinhas de neve". Ele afirmou que "ligou o sistema de proteção de gelo suplementar (TKS) no nível máximo e acionou o desembaçador do para-brisa para a configuração mais alta". O piloto contactou o tráfego aéreo e solicitou autorização para ir a outra altitude para "sair das nuvens", já que ele estava em uma "formação de gelo leve". O piloto declarou que, quando ele completou essa mudança de rota, ele observou que os números no indicador de velocidade ficaram vermelhos⁷⁹. O piloto afirmou que ele "imediatamente empurrou o nariz para baixo". Pouco depois, a indicação da velocidade indicada foi para "marcas de pane". Ele afirmou que o "indicador

⁷⁸Veja DEN07LA082 <http://www.nts.gov/nts/GenPDF.asp?id=DEN07LA082&rpt=fa>

⁷⁹Números mudando para vermelho é consistente com a velocidade de aproximação de estol da aeronave.

de altitude também não deu nenhuma indicação de altitude e pareceu ter falhado completamente”. O piloto escreveu que uma verificação cruzada do indicador de velocidade de backup não mostrou leituras e, em uma entrevista telefônica posterior, ele afirmou que o evento aconteceu tão rapidamente que ele não olhou inicialmente o indicador de velocidade sobressalente, porém quando observou, ele estava marcando velocidade zero. O piloto também afirmou que não observou nem o altímetro sobressalente nem o indicador de altitude sobressalente⁸⁰.

Os dados recuperados da PFD da aeronave indicaram que, quando a indicação da velocidade do ar diminuiu para zero, os checks de validação interna no PFD indicaram que os dados de entrada do pitot eram ”inválidos”⁸¹. Os dados extraídos indicaram ainda que as verificações da lógica do sistema identificavam o valor inválido da velocidade do ar como uma falha do computador de bordo e, posteriormente, sinalizaram todos os parâmetros de voo como inválidos. De acordo com o fabricante, o resultado seria substituir todas as informações dos dados de voo na tela: velocidade do ar, altitude e velocidade vertical com indicações em ”X” em vermelho e a temperatura externa com linhas tracejadas. O display funcionou conforme projetado neste caso, mas o comportamento resultante foi diferente do comportamento de instrumentos de cabine convencionais (se o dreno do tubo de pitot permanece aberto, o bloqueio da entrada do tubo de pitot normalmente resultará em uma indicação de velocidade reduzida ou zero em um indicador de velocidade convencional enquanto que os instrumentos restantes continuarão a funcionar normalmente). Neste caso, o PFD exibiu indicações de falha para todos os parâmetros de dados de voo⁸², o que levou o piloto a interpretar, inicialmente, possível ocorrência de bloqueio de entrada de tubo de pitot devido à formação de gelo, gerando uma falha na computação de bordo.

Durante a investigação de um acidente apenas alguns meses depois, que envolveu um Piper Aircraft PA-46-500TP Meridian equipado com dois PFDs produzidos pelo mesmo fabricante de aviônica que no exemplo de acidente anterior, os pesquisadores do NTSB encontraram sinalização semelhante de parâmetros de dados de ar em resposta ao suspeito bloqueio de entrada de tubo de pitot devido à formação de gelo na estrutura⁸³. Os dados recuperados da aeronave do acidente indicaram que o software do PFD também havia marcado como inválidas as informações de velocidade, altitude e velocidade vertical à medida que a pressão dinâmica detectada pelo sistema diminuiu para zero. Nesse caso, os PFDs do piloto e do copiloto no avião acidentados foram alimentados a partir de entradas separadas de pitot e a velocidade do backup foi alimentada a partir da entrada do lado esquerdo do piloto. De acordo com o fabricante⁸⁴ o bloqueio das duas entradas de tubo de pitot resultaria

⁸⁰Refere-se ao documento “Statements” in the NTSB Docket Management System gravado no caso do acidente DEN07LA082.

⁸¹Refere-se ao flight data recorder group chairman’s reportado no NTSB Docket Management System gravado no caso do acidente DEN07LA082.

⁸²Os outros parâmetros de dados afetados neste caso incluíram altitude e velocidade vertical.

⁸³Número de investigação NTSB CHI07FA183, 28 de junho de 2007. Este acidente está incluído aqui como um exemplo da função PFD, mas não foi incluído nas análises de estudo estatístico porque envolveu uma aeronave movida a turbopropulsor.

⁸⁴Consulte a carta do fabricante datada de 12 de agosto de 2009, nos registros do NTSB Docket Management System para o caso de acidente CHI07FA183.

na perda de todos os dados de voo em ambos os monitores primários e na perda de informações utilizáveis no indicador analógico da velocidade sobressalente. Os dados de ar marcados também resultariam no desengate automático do piloto automático com um aviso sonoro⁸⁵. O Piper Meridian não estava equipado com um paraquedas balístico, disponível para o Cirrus envolvido no acidente anterior. A aeronave do acidente sofreu uma perda de controle e posterior destruição em voo, resultando em ferimentos fatais no piloto e em dois passageiros.

Embora o display do PFD nesses acidentes funcionou de forma diferente do que displays convencionais em circunstâncias semelhantes, eles se comportaram de acordo com o design pretendido e a lógica do software. O Título 14 CFR 23.1309 (b) exige que sejam fornecidas informações de alerta para os pilotos para informá-los sobre condições de operação inseguras para que eles possam tomar as medidas corretivas apropriadas. Os requisitos do 14 CFR 23.1581 afirmam que um manual de voo da aeronave (AFM) - que deve conter informações sobre a operação segura de sistemas de aeronave em caso de mau funcionamento - devem ser fornecidos para cada aeronave.

Dada a sua preocupação com a necessidade dos pilotos de compreenderem a operação complexa do sistema de aeronaves, que foi estabelecida em sua investigação especial de 1992 sobre vários acidentes de avião modelo Piper Aircraft PA-46⁸⁶, o NTSB emitiu a seguinte recomendação para a FAA:

“Exigir dos fabricantes de sistemas de navegação e de controle de voo integrados, para que suplementos ao manual de voo do avião e ao manual de operação dos pilotos, sejam fornecidos para desenvolvimento e disponibilização de informações de treinamento detalhadas aos operadores que permitam aos pilotos diagnosticar falhas no sistema, para que entendam os problemas no sistema de controle de voo induzidos pelos pilotos e para que utilizem os sistemas integrados da forma segura e proficiente possível. (A-92-89)”

Em resposta à recomendação A-92-89 da NTSB, a FAA emitiu a Mudança 1 para AC 23-8A, Guia de Teste de Voo para Certificação de Aviões da 14 CFR Part 23 e AC 23.13091B, Equipamentos, Sistemas e Instalações em Aviões da Part 23, enfatizando que sistemas integrados complexos podem ditar que os indicadores de aviso do cockpit e/ou informações detalhadas de procedimentos de emergência sejam incluídos no Suplemento AFM aprovado pela FAA. Com base nessa ação pela FAA, o NTSB classificou a Recomendação de Segurança A-92-89 “Ação Aceitada Fechada” em 28 de junho de 1996.

O Suplemento AFM para o PFD instalado no Piper Aircraft Corporation Meridian incluiu uma descrição completa da perda de informação do computador de dados de voo, juntamente com orientação para usar os instrumentos de backup

⁸⁵Para uma discussão completa sobre a operação do sistema, consulte o relatório final de acidentes no Banco de Dados de Acidentes de Aviação NTSB em <<http://www.nts.gov/nts/GenPDF.asp?id=CHI07FA183&rpt=fa>>, bem como o fabricante e a FAA correspondente incluída no boletim oficial do NTSB para este caso.

⁸⁶Piper Aircraft Corporation PA-46 Malibu/Mirage Accidents/Incident, May 31, 1989, to March 17, 1991, Special Investigation Report NTSB/SIR-92/03 (Washington, DC: National Transportation Safety Board, 1992).

analógicos em caso de falha. No entanto, o manual não forneceu informações específicas sobre o comportamento do sistema em resposta à perda de entradas de dados específicas, como um bloqueio de entrada de tubo de pitot. Em resposta à comunicação de pesquisadores do NTSB, a FAA e o fabricante de aviônica revisaram este caso e concluíram que a indicação de todos os parâmetros de dados de voo como inválidos, em resposta a uma perda de entrada de pitot, não era ideal. O fabricante concordou em alterar a funcionalidade em futuras revisões de software e a FAA concordou que uma revisão seria adicionada ao AFM para informar melhor os pilotos da funcionalidade do sistema até que o software possa ser alterado.

5.2 Projeto e confiabilidade dos equipamentos

Como todos os sistemas de aeronaves e instalações de equipamentos, os painéis do glass cockpit estão sujeitos ao 14 CFR Part 23 da FAA para confiabilidade e avaliação de segurança. A confiabilidade dos PFDs eletrônicos geralmente é assumida pela FAA e a pela comunidade aeronáutica como excedendo a confiabilidade de seus equivalentes analógicos convencionais, visto que a confiabilidade mecânica dos sistemas de estado sólido não é tão alta quanto a confiabilidade de componentes eletrônicos e porque equipamentos aeronáuticos eletrônicos também possuem redundância requerida. Por exemplo, orientação fornecida em 14 CFR Part 23.1311 e na AC 23.1311-1B associada a instalação de exibição eletrônica no 14 CFR Part 23 especifica que, para satisfazer os requisitos do 14 CFR Part 23 para o voo IFR, os painéis eletrônicos de velocidade, atitude e altitude requerem instrumentos sobressalentes dedicados ou PFD independentes duais. A instrumentação redundante similar não é necessária para as aeronaves do 14 CFR Part 23 para serem certificadas para voos IFR com instrumentos convencionais analógicos. O princípio geral que orienta este e outros requisitos similares para painéis eletrônicos é que a segurança, a carga de trabalho e as consequências operacionais de uma nova tecnologia devem ser pelo menos tão boas quanto o equipamento que substitui. Os fabricantes devem fornecer provas de que o aspecto de segurança operacional deste requisito é cumprido durante a certificação inicial. Após a certificação, os fabricantes devem informar certas falhas de equipamentos à FAA, e seus processos de fabricação estão sujeitos a inspeção pela FAA, mas as informações de confiabilidade geralmente não estão disponíveis fora do fabricante.⁸⁷

Os objetivos para desempenho humano são de aumentar a conscientização do piloto, ao mesmo tempo que reduzem a carga de trabalho e os erros. A confiabilidade humana é mais difícil de alcançar e validar do que a confiabilidade do equipamento. O AC 23.1309-1D aborda esta dificuldade na seção 19 (a), Tripulação de Voo e Tarefa de Manutenção, afirmando que "avaliações quantitativas das probabilidades de tripulação de voo e erros de manutenção não são consideradas razoáveis". O padrão qualitativo é que as tripulações devem responder ao equipamento e às avarias

⁸⁷O 14 CFR 21.3 exige que os detentores de autorização do TSO relatem falhas de equipamentos à FAA e o 14 CFR 21.615 exige que cada fabricante de equipamentos sob autorização do TSO permita que a FAA inspecione equipamentos, instalações de produção, revise arquivos de dados técnicos, inspecione controle de qualidade e observe qualquer teste de equipamento a pedido do Operador. No entanto, essas atividades geralmente são solicitadas em eventos específicos, em vez de fazer parte de um processo de vigilância continuada.

em tempo hábil sem prejudicar outras tarefas relacionadas à segurança e que tal resposta não deve exigir habilidade ou força excepcional.

Embora seja difícil de validar, as avaliações da interação entre o projeto do equipamento e o desempenho humano podem melhorar significativamente a segurança, especialmente à luz da criticidade das interações homem-equipamento. Em seu relatório de segurança de 2006 sobre o tratamento de sistemas críticos de segurança em aviões de transporte⁸⁸, o NTSB expressou sua preocupação com a falta de orientação para a avaliação do desempenho humano no 14 CFR Part 25 e emitiu a seguinte recomendação a FAA para considerar as interações do sistema homem-avião na avaliação de sistemas críticos de segurança na certificação de aeronaves de transporte:

“Alterar os materiais de consultoria associados ao 14 CFR 25.1309 para incluir a consideração de falhas estruturais e falhas de interação do sistema homem-avião na avaliação de sistemas críticos de segurança. (A-06-37)”⁸⁹

Esta recomendação foi dirigida para a aeronave do 14 CFR Part 25, mas as falhas de interação do sistema homem-avião também são uma preocupação de segurança na aeronave do 14 CFR Part 23. No momento da redação desta Estudo, a FAA estava revisando o processo de certificação do 14 CFR Part 23 e as orientações relacionadas. Além disso, várias AC da FAA que abordam sistemas de aviônica estão atualmente abertas para comentários, como AC 23-17C, Guia de Sistemas e Equipamentos para Certificação de Aviões e Dirigíveis do 14 CFR Part 23; AC 23.1309-1E, Análise e Avaliação da Segurança do Sistema para os Aviões do 14 CFR Part 23; e AC 23.1311-1C, Instalação de Exibição eletrônica nas aeronaves do 14 CFR Part 23. Em julho de 2009, a FAA divulgou o Estudo do Processo de Certificação de Avião Pequeno (CPS)⁹⁰ - Part 23, que incluiu conclusões e recomendações da FAA e grupos industriais, como a AOPA, o GAMA, a Associação de Aeronaves Experimentais e a Associação Nacional de Aviação Empresarial. Este relatório, que previu que a introdução de novas tecnologias do 14 CFR Part 23 continuaria a acelerar nas próximas duas décadas, passou a reconhecer uma maior responsabilidade por parte da FAA: “Esta é uma boa notícia para a aviação geral, mas isso aumenta o fardo de supervisão da FAA. A FAA deve desenvolver novos materiais de regulamentação, políticas e orientação para abordar essas tecnologias”.

Uma área identificada no relatório da CPS como precisando de maior uniformidade foi a aplicação de bons princípios de projetos para fatores humanos para acompanhar o aumento das capacidades e complexidades dos sistemas de aviônica. A indústria da aviação tentou desenvolver estruturas de design e orientação voluntária para o projeto da aviônica de glass cockpit⁹¹, e a FAA incluiu considerações de de-

⁸⁸Safety Report on the Treatment of Safety-Critical Systems in Transport Airplanes, NTSB/SR-06/02. (Washington, DC: National Transportation Safety Board, 2006).

⁸⁹Em novembro de 2009, essa recomendação foi classificada como “Aberto - Resposta Aceitável”.

⁹⁰U.S. Departamento de Transporte, Federal Aviation Administration, Part 23 - Small Airplane Certification Process Study (Washington, DC: Federal Aviation Administration, July 2009).

⁹¹Veja por exemplo, GAMA Publication 10 - Recommended Practices and Guidelines for Part 23 Cockpit/Flight Deck Design (<http://www.gama.aero/files/gama_publication_10_hf_september_2000.pdf_498cad6edd.pdf>) and GAMA Publication 12 - Recommended Practices and

sempenho humano em suas ACs⁹² e nas suas Políticas de certificação⁹³. No entanto, os desafios de projeto persistem devido à complexidade e ao rápido desenvolvimento da tecnologia de painel. Os representantes da FAA e da indústria incluíram uma descoberta no relatório da CPS, reconhecendo o seguinte:

“Sistemas de aviônicos e de aeronaves nos aviões do Part 23 estão oferecendo mais recursos e integração desses recursos. Existe uma ampla gama de complexidades do sistema oferecidas na Part 23; alguns intuitivos e outros não intuitivos para pilotos.

...

Nem todos os projetistas de avião e aviônica consideraram a interface piloto-máquina usando boas práticas de fatores humanos. A aviação geral precisa de aviões que sejam intuitivos para operar, exigindo o menor treinamento possível.”⁹⁴

Analisar os requisitos de certificação do 14 CFR 23 não estava dentro do escopo pretendido deste Estudo do NTSB, com exceção de destacar a ênfase histórica na confiabilidade do equipamento - apesar do reconhecimento do desempenho humano como um fator líder na segurança da aviação. A abordagem da certificação dos equipamentos de aeronave do 14 CFR 23 implicou que o erro humano pode ser reduzido com o aumento do uso da tecnologia. Esta abordagem e a importância colocada na tecnologia da aviônica estão resumidas na AC 23.1309-1D:

“Para todos os aviões, mas especialmente os aviões da aviação geral, a tomada de decisão do piloto causa a maioria dos acidentes. Os acidentes ocasionados pela decisão do piloto, como a maior causa única, muitas vezes é o resultado de uma falta de consciência situacional em relação ao terreno ou ao clima, ou a uma perda de controle devido ao excesso de carga de trabalho. As intervenções e ações corretas do piloto impediram alguns desses acidentes. Dessa forma, um aumento nas taxas de equipagem de aviônica que melhorou a conscientização da situação piloto ou simplificou a tarefa teve um impacto significativamente positivo na taxa de acidentes aviação geral.”

O texto da AC continua a citar o Estudo AOPA Air Safety Foundation de TAAs como prova desse efeito positivo. No entanto, a AC também reconhece que o aumento da tecnologia da aeronave deve ser acompanhado de melhoria no treinamento dos pilotos já que “a aeronave tecnologicamente avançada entregou múltiplos benefícios de segurança aos pilotos da aviação geral, mas o treinamento do piloto ligado à experiência tem que evoluir com ele”.

Guidelines for an Integrated Cockpit/Flightdeck in a 14 CFR Part 23 Airplane

⁹²FAA AC 23.1311-1B, disponível online em: http://rgl.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgAdvisoryCircular.nsf/0/48bc1051f079b741862570210063956c/FILE/AC23.1311-1B.pdf

⁹³FAA Policy Statement PS-ACE100-2001-004, disponível online em: http://rgl.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgPolicy.nsf/0/ad52dc6379f1e4e786256c40004a0128/FILE/polmen.pdf

⁹⁴Procure 5.2

5.3 Padronização do projeto e da operação de instrumento

Ao contrário dos painéis de glass cockpits, o projeto e a operação de instrumentos de voo convencionais são semelhantes, independentemente da aeronave ou do fabricante. Os seis instrumentos que compõem um cockpit convencional incluem três instrumentos pitot / estático e três instrumentos de atitude. Os instrumentos pitot / estáticos utilizam cápsulas aneroides, diafragmas calibrados que se expandem e contraem em resposta a mudanças na pressão atmosférica estática para fornecer informações sobre altitude (indicador altímetro e velocidade vertical) e o diferencial entre pressão estática e dinâmica está associado à velocidade da aeronave (indicador de velocidade). Os instrumentos de atitude (indicador de atitude, indicador nariz da aeronave e indicador de velocidade de rotação) usam giroscópios a vácuo e / ou giroscópios elétricos para fornecer informações sobre a orientação da aeronave.

Os fabricantes individuais podem variar ligeiramente o projeto de seus instrumentos ou o visual da tela dos instrumentos, mas a operação básica é similar para todas as aeronaves do 14 CFR Part 23 que os materiais de instrução geralmente explicam o projeto e a funcionalidade desses instrumentos usando vistas de corte detalhadas dos mesmos. Nem todos os pilotos podem compartilhar a mesma compreensão do funcionamento interno dos instrumentos analógicos, mas a informação está prontamente disponível no material de treinamento. A seguinte ilustração de amostra de um indicador de velocidade convencional (figura 22) é tirada da edição mais recente da FAA (2007) do Instrument Flying Handbook.

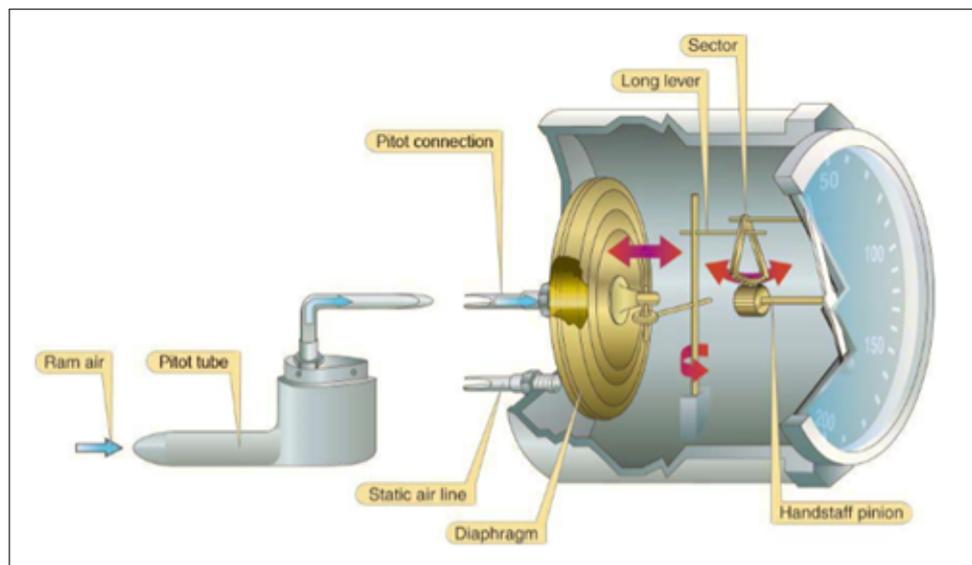


Figura 22: Ilustração de um mecanismo convencional de indicador de velocidade, copiado do Instrument Flying Handbook da FAA

Um outro exemplo semelhante de materiais de instrução para instrumentos analógicos pode ser encontrado no Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge⁹⁵ recentemente revisado pela FAA. As ilustrações na figura 23 foram copiadas do capítulo 7 desse

⁹⁵Federal Aviation Administration, Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge, FAA-H-8083-25.

manual e mostram os princípios operacionais e de projeto do funcionamento dos instrumentos que exibem informações de atitude e de direção. Como o altímetro, o projeto básico da versão analógica desses instrumentos pode ser explicado usando imagens cortadas.

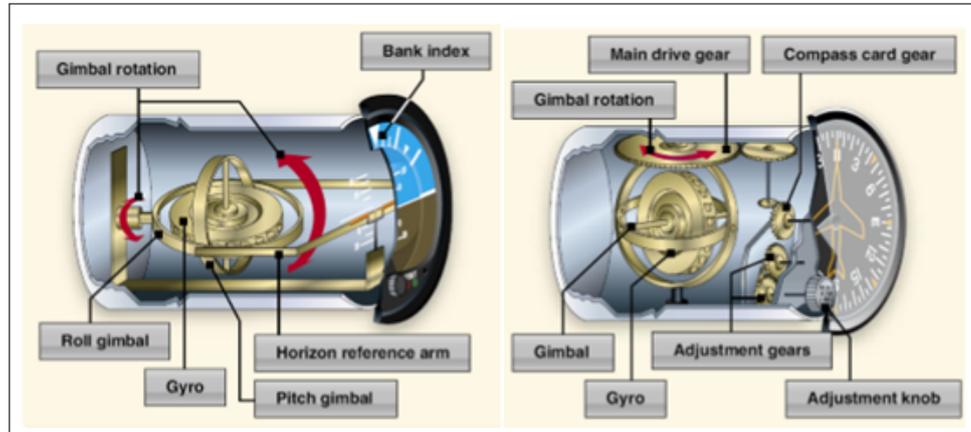


Figura 23: Ilustrações dos mecanismos internos que conduzem instrumentos analógicos de atitude e proa, copiados do Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge da FAA

Ao contrário do sistema relativamente simples de giroscópios e ligações que fundamentam os instrumentos analógicos, muito poucas informações estão disponíveis para pilotos sobre o funcionamento dos glass cockpits. Os sistemas computadorizados na base dos PFD eletrônicos são combinações de componentes eletrônicos e de software que são únicos dos fabricantes e específicos para o equipamento, e que estão sujeitos a atualizações futuras sem aviso prévio. Em contraste com as ilustrações de cortes para instrumentos analógicos, ilustrações de instrumentos digitais não se prestam à mesma quantidade e qualidade de detalhes. A Figura 24, por exemplo, mostra um AHRS (Air Data Attitude Heading Reference System), que apresenta a exibição de indicador de atitude e direção de voo de um PFD. Como esta ilustração demonstra, o sistema é figurativamente e literalmente uma "caixa preta". Embora o Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge inclua mais de cinco páginas de texto e ilustrações para descrever o projeto e a funcionalidade dos instrumentos giroscópicos analógicos, ele inclui apenas quatro frases descrevendo o projeto de um AHRS. Em vez de ser indicativo de um manual incompleto, essa diferença reflete a natureza do projeto de sistemas de painéis eletrônicos.



Figura 24: Ilustração de um AHS, copiado do Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge da FAA

A FAA resume esse problema em seu manual de inspeção como parte da informação de base fornecida aos inspetores quanto à aceitação da FITS de cursos de treinamento ou materiais:

“No passado, painéis aviônicos e equipamentos de navegação pareciam e funcionavam de forma semelhante, independentemente do fabricante. Este não é o caso dos sistemas e painéis avançados de aviação atuais. O treinamento na operação do receptor de GPS de um fabricante pode não fornecer ao piloto conhecimento suficiente para operar com segurança o receptor de outro fabricante. Isto é ainda mais evidente com os glass cockpits cheios de informações. Não só a funcionalidade dos PFDs e MFDs varia entre os fabricantes, mas também devido às diferenças dos sistemas de aeronave, o mesmo equipamento de aviação em tipos diferentes de aeronaves pode funcionar de forma diferente.”⁹⁶

5.4 Interpretação de falhas nos equipamentos

A ampla variabilidade dos projetos dos sistemas aviônicos tem implicações para a capacidade dos pilotos de identificarem e diagnosticarem falhas no sistema. Por exemplo, uma das habilidades fundamentais necessárias para pilotar uma aeronave por referência a instrumentos de voo é a verificação cruzada de instrumentos. A

⁹⁶FAA Order 8900.1, Flight Standards Information Management System (FSIMS), Issue an FAA Industry Training Standards (FITS) Acceptance When Requested by a Flight School, Training Center, or Other Training Provider (Vol. 5, Chapter 9, Sec. 5), 5-1669, CNG 0.

verificação cruzada, ou a varredura, refere-se à tarefa de comparar informações de instrumentos individuais e integrar essa informação em uma compreensão geral da orientação e desempenho da aeronave. Se a informação de um ou mais instrumentos não corrobora com a compreensão dos pilotos sobre a atitude ou desempenho da aeronave, os pilotos devem confiar na compreensão do projeto e operação do instrumento para conciliar discrepâncias, descartando a possibilidade de mau funcionamento do instrumento. Com instrumentos de cabine convencionais, tubos de pitot parcialmente obstruídos ou bloqueados e falhas nas portas estáticas, falhas na bomba de vácuo e mau funcionamento de giroscópios apresentam sintomas característicos que podem ser identificados pela comparação de informações de todos os seis instrumentos. Embora esses instrumentos utilizem fontes comuns de entrada, a independência entre as entradas e a redundância entre os monitores de instrumentos é suficiente para permitir que os pilotos diagnostiquem os modos comuns de falha. A Figura 25 é um exemplo de um painel analógico referenciado em questões de teste de conhecimento de classificação de instrumento para piloto da FAA, em que um candidato piloto deve interpretar uma identificação de falha de instrumento. Uma questão típica de teste de conhecimento associada a este tipo de gráfico pediria ao candidato a piloto para identificar o sistema que falhou e / ou determinou as ações corretivas necessárias para retornar o avião ao voo de nível direto. Gráficos e perguntas semelhantes estão incluídas no teste de conhecimento, exigindo que os pilotos identifiquem atitudes incomuns da aeronave e determinem as ações corretivas necessárias para a recuperação.

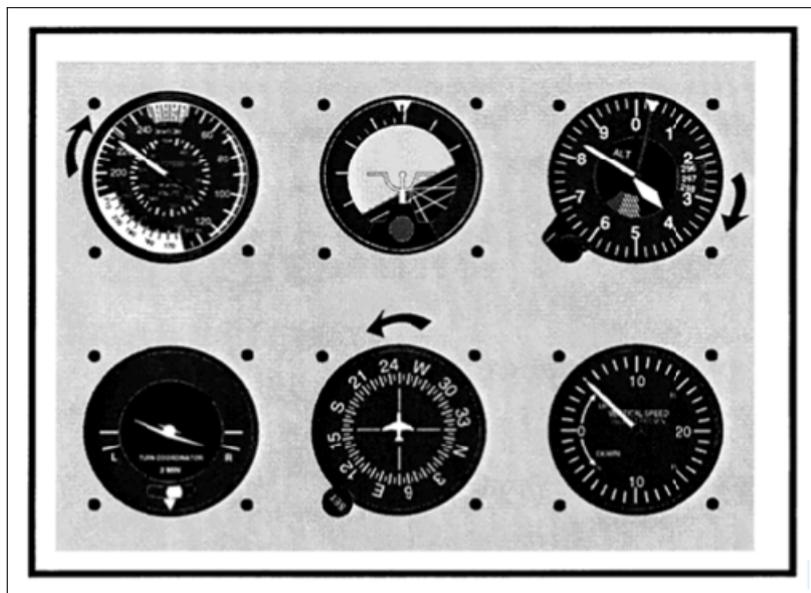


Figura 25: Amostra de teste de conhecimento de instrumentos da FAA: interpretação de mau funcionamento de instrumento (entrada de tubo de pitot e bloqueio de drenagem).

O piloto do acidente em Luna, no Novo México, viu, em primeira mão, como a tarefa de interpretar falhas e mal funcionamentos nos painéis dos glass cockpits é diferente do que a tarefa de interpretar essas mesmas falhas dos instrumentos em

aeronaves com cabine convencionais. Diferentes sistemas de glass cockpit também podem se comportar de forma muito diferente entre si. Por exemplo, o bloqueio de entrada do tubo de pitot no sistema instalado na aeronave do acidente do Novo México resultou em parâmetros de dados de voo marcados como inválidos. Além disso, alguns fabricantes de sistemas de glass cockpit usam projetos que combinam o computador de dados de voo e as funções do componente AHRS de modo que um bloqueio semelhante possa afetar não apenas os indicadores de velocidade e altitude, mas também a exibição da atitude da aeronave.⁹⁷

5.5 Treinamento específico de equipamento

Os problemas associados aos pilotos que aprendem a operar novos e complexos sistemas de aeronaves não são novos, nem são exclusivos dos glass cockpits. Em 3 de fevereiro de 1959, um Beechcraft Bonanza, N3794N, caiu logo após a partida do aeroporto municipal de Mason City, Iowa. A aeronave colidiu com o terreno em uma atitude de aproximadamente 90 graus, atitude de nariz da aeronave baixo, matando o piloto e três passageiros: Charles Hardin, JP Richardson e Richard Valenzuela, também conhecidos, respectivamente, como Buddy Holly, The Big Bopper e Richie Valens⁹⁸. O acidente ganhou um nível de notoriedade na cultura popular por causa da celebridade dos passageiros e subsequentes retratos de filmes e televisão sobre as circunstâncias que cercam o acidente. Menos conhecidos, no entanto, são as descobertas da investigação do acidente. Em seu relatório final sobre o acidente, o Comitê de Aviação Civil (CAB) – predecessor da NTSB - encontrou a causa provável do acidente como a decisão do piloto de operar em condições de voo IFR quando ele não estava qualificado para fazê-lo. Além disso, a falta de familiaridade do piloto com o indicador de atitude, que forneceu uma exibição de arfagem (pitch) de oposta ao "horizonte artificial" ao qual ele estava acostumado, foi considerado um fator contribuinte para o acidente.

O CAB considerou o problema suficientemente grave que incluiu como anexo ao relatório uma Mensagem de Segurança para Pilotos, indicando o seguinte em relação aos instrumentos de voo:

“Para realização do voo, o piloto deve supor que não deve ter dificuldade em utilizar qualquer instrumento, estando ciente das diferenças dos equipamentos. Esta suposição, no entanto, é verdadeira apenas se o piloto tiver tido treinamento suficiente em ambos os tipos de instrumentos.”

O anexo também passou a conter um aviso aos pilotos:

⁹⁷Por exemplo, o Suplemento do Manual de Voo do Avião para o sistema Aspen Avionics EFD1000 (A-01-175-00 Rev. D) contém um aviso “porque o EFD1000 usa pitot e pressões estáticas como parte do ADAHRS [Air Data Attitude Heading Sistema de referência] a perda ou a corrupção desses dados, como de um bloqueio de linha, afetará a precisão da saída de dados pelo ADAHRS. Os parâmetros afetados podem incluir as informações de velocidade, altitude e atitude exibidas pelo EFD1000. Se o erro do pitot ou entradas estáticas forem detectadas pelo EFD1000, o EFD1000 apresentará uma anúncio de 'CROSS CHECK ATTITUDE' ”.

⁹⁸Beech Bonanza, N3794N, Mason City, Iowa, February 3, 1959, File No. 2-0001 (Aircraft Accident Report, Washington, DC: Civil Aeronautics Board, September 15, 1959).

“CONHEÇA SEU EQUIPAMENTO AERONÁUTICO, SUAS CAPACIDADES E LIMITAÇÕES. NÃO ASSUMA QUE TEM CONDIÇÕES DE UTILIZAR EQUIPAMENTOS AERONÁUTICOS DE FORMA SEGURA ATÉ QUE VOCÊ TENHA ADQUIRIDO EXPERIÊNCIA SUFICIENTE EM CONDIÇÕES SIMULADAS PARA GARANTIR SUA HABILIDADE PARA USAR TAIS EQUIPAMENTOS APROPRIADAMENTE.”

Os pilotos em transição para aeronaves equipadas com glass cockpit enfrentam uma situação semelhante ao acidente do Mason City, mas aviônicos com glass cockpit apresentam desafios novos e únicos para treinamento de voo que não se aplicam aos instrumentos convencionais de mostrador redondo. Mudanças rápidas dos equipamentos, a complexidade dos sistemas e a falta de padronização também aumentam responsabilidade dos instrutores de voo e sobre os examinadores de pilotos para manter seus conhecimentos e proficiência com a variedade de sistemas que eles podem encontrar para promoverem instruções.

A dificuldade ou a incapacidade de simular os vários modos e funções de falha podem limitar a habilidade de um instrutor ou examinador em treinar pilotos e em avaliar suas capacidades de responder a várias emergências ou falhas no equipamento. Por exemplo, o mau funcionamento de equipamento mais simples, simulando em uma aeronave com glass cockpit a falha de uma tela de exibição ou da luz de fundo associada. Isso geralmente é simulado diminuindo o brilho da tela até parecer tudo em branco. No caso de uma falha real, em alguns equipamentos, um piloto transferiria funções para a exibição no painel sobressalente e se basearia nos instrumentos de redundantes de reserva conforme necessário. Também é possível simular a falha discreta do computador de voo ou dos componentes de AHRS de alguns PFDs, dependendo do sistema, desligando a unidade ou desconectando o disjuntor. No entanto, não é apropriado o uso de um disjuntor como um interruptor. Apesar da desconexão do disjuntor não ser um método apropriado de simulação de falhas⁹⁹, alguns fabricantes sugerem essa prática¹⁰⁰. Em aeronaves equipadas com equipamentos analógicos, falhas desses instrumentos podem ser simuladas cobrindo esses

⁹⁹Por exemplo, as Advisory Circulars da FAA AC 23-17B e AC 120-80 incluem orientações declarando que um disjuntor (CB) não deve ser usado como um interruptor. O AC 120-80 (página 11-12) afirma: “como os CBs são projetados para abrir um circuito elétrico automaticamente a uma sobrecarga predeterminada de corrente, eles não devem ser usados para funções operacionais cotidianas porque eles não estariam executando suas função pretendida, que é a proteção contra sobrecargas. Disjuntores, mesmo aqueles adequados para operação freqüente, não devem ser usados como um interruptor para ligar ou desligar itens protegidos.”

¹⁰⁰A seção “Recomendações para Simulação de Falha” (página 17) da Garmin International, Guia para Examinadores Piloto Designados e Instrutores de Voo Certificados, 190-00368-02, Revisão C, maio de 2008 (Olathe, Kansas) inclui instruções para dois métodos de simulação de falhas. As instruções afirmam que o método preferido é usar os controles de escurecimento da tela para simular uma falha na tela e que o outro método, menos desejável, é puxar vários disjuntores. No entanto, o guia subsequentemente (página 19) observa que a Cessna não recomenda essa prática para suas aeronaves: “A Cessna não recomenda a utilização de disjuntores como meio de simular falhas no GIFD [Garmin Integrated Flight Display]. Puxar os disjuntores - ou usá-los como interruptores - tem o potencial de enfraquecer o disjuntor até um ponto no qual ele pode não desempenhar sua função pretendida.” O guia também reconhece que a desconexão dos disjuntores pode interferir na operação segura de outros equipamentos.

instrumentos, usando tampas estáticas projetadas para esse propósito ou com "notas adesivas". No entanto, os vários parâmetros de dados de voo como velocidade, atitude, direção, velocidade vertical e altitude são combinados em um PFD, tornando as falhas parciais mais difíceis de simular. Os fabricantes de painéis recomendam a não utilização de notas adesivas ou tampas estáticas porque podem prejudicar as telas de exibição. Alguns fornecedores terceirizados desenvolveram sobreposições de tela cheia para simular vários modos de falha.

Em resumo, os registros de acidentes demonstraram a importância dos pilotos entenderem as capacidades e limitações de suas aeronaves. A natureza e a complexidade dos glass cockpits e a variedade de projetos únicos de sistemas de glass cockpits criaram a necessidade de novos procedimentos de treinamento e ferramentas para garantir que os pilotos tenham essa compreensão.

5.6 Capacidade de rastreamento da confiabilidade e funcionalidade do equipamento

O NTSB identificou relativamente poucas falhas dos instrumentos no conjunto de acidentes analisados envolvendo aeronaves convencionais ou com glass cockpit¹⁰¹ e as informações necessárias para comparar a confiabilidade dos instrumentos convencionais com os instrumentos de glass cockpits não estavam disponíveis. Na verdade, uma das questões identificadas durante a revisão dos relatórios de acidentes de Estudo foi a falta de informação sobre as falhas desses sistemas e as dificuldades de serviço, que poderiam ser usadas para pesquisar formas de prevenir futuros acidentes. Um acidente citando o mau funcionamento do instrumento em uma aeronave com glass cockpit ocorreu em 15 de janeiro de 2005, quando um Cirrus Design SR22, N889JB, foi destruído como resultado do impacto com uma casa após uma perda de controle no voo¹⁰². O piloto comercial teve lesões fatais.

O piloto partiu com um plano de voo IFR e, pouco tempo depois, interpretou incorretamente uma série de instruções de controle de tráfego aéreo. As indicações e respostas subsequentes do piloto indicaram confusão, até o ponto em que declarou: "Tenho que resolver problemas aqui." Menos de 1 minuto depois, o piloto relatou "problemas de aviônica" e cerca de 40 segundos depois, durante sua última transmissão, ele afirmou que ele estava "perdendo o controle". O avião posteriormente desceu de nariz para baixo, fora das nuvens e impactou uma casa.

Os investigadores do NTSB não conseguiram determinar a natureza da falha reportada pelo piloto do acidente devido à gravidade do dano do impacto. No entanto, uma revisão dos registros de manutenção da aeronave acidentada identificou um histórico envolvendo vários problemas de PFD. De acordo com os registros de manutenção da aeronave, o PFD foi substituído três vezes antes do acidente: primeiro em resposta a uma falha de dados de voo, depois para corrigir uma falha no indicador do curso de navegação e, finalmente, em resposta a uma falha de dados

¹⁰¹Dos casos com uma causa provável publicada no momento da elaboração deste Estudo, dois acidentes no grupo de glass cockpit (processo números NTSB IAD05FA032 e DEN07LA082) e um acidente na grupo convencional (processo número NTSB MIA06FA050) incluíram mau funcionamento ou falhas nos instrumentos de voo.

¹⁰²NTSB processo número IAD05FA032

do AHRs. Durante a terceira substituição, o pessoal de manutenção descobriu que a tela havia sido substituída novamente anteriormente e sem entrada no diário de bordo, devido a danos no pitot e em acessórios estáticos durante a instalação de um sistema de ar condicionado.

A FAA mantém um sistema de relatório de dificuldade de serviço (SDR) para coletar informações sobre problemas de aeronaves ou equipamentos para realizar a seguinte ação:

*“Fornecer assistência aos proprietários de aeronaves, operadores, organizações de manutenção, fabricantes e a Administração Federal de Aviação (FAA) na identificação de problemas de aeronaves encontrados durante serviços. O Programa de Dificuldade de Serviço prevê a coleta, organização, análise e disseminação de informações de serviços em aeronave para melhorar a confiabilidade de produtos aeronáuticos em operação.”*¹⁰³

O Título 14 CFR Part 121 e Part 135 incluem requisitos para transportadoras aéreas para relatarem determinadas avarias e falhas nos equipamentos, falhas e dificuldades de manutenção¹⁰⁴. O Título 14 CFR Part 125 inclui um requisito similar para denunciar falhas ou defeitos envolvendo aeronaves grandes não envolvidas em transporte regular¹⁰⁵. Além da lista de falhas especificadas, os operadores devem informar o seguinte:

“Qualquer outra falha, mau funcionamento ou defeito em uma aeronave que ocorra ou seja detectada em qualquer momento se, na opinião do operador, a falha, mau funcionamento ou defeito estiverem em risco ou possam pôr em perigo a operação segura da aeronave.”

Embora o sistema SDR tenha sido projetado para coletar informações relacionadas a aeronaves grandes, ele também aceita mau funcionamento e relatórios de defeito de aeronaves pequenas usadas em operações da aviação geral. O NTSB já identificou a necessidade de melhorar a notificação de mau funcionamento e de defeitos em relatórios de dificuldades de serviço para todas as aeronaves, emitindo a seguinte recomendação a FAA em 1993:

*“Revisões dos itens de relatório e formatos de relatórios de reportes padronizados estabelecidos para defeitos, mal funcionamentos e dificuldades em serviço que incluam capacidade de envio eletrônico. Todas as operações sob 14 CFR Part 21, 43, 91, 121, 125, 127, 135 e 145 são incentivadas a utilizarem métodos de reporte eletrônicos para a submissão de informações de dificuldade de serviço. (A-93-61)”*¹⁰⁶

¹⁰³FAA Advisory Circular 20-109A.

¹⁰⁴14 CFR 121.703 e 135.415 respectivamente.

¹⁰⁵O 14 CFR parte 125 aplica-se a aeronaves com capacidade para 20 passageiros ou mais ou capacidade de carga útil máxima de 6.000 libras ou mais quando o transporte comum não estiver envolvido.

¹⁰⁶Fechado em 2006, “Ação inaceitável”.

O NTSB também emitiu a seguinte recomendação a FAA para melhorar o mau funcionamento e os relatórios de defeito para aeronaves leves e principalmente para operações de aviação geral:

“Incentivar todas as pessoas ou organizações que operam sob 14 CFR Part 43 e 91 a enviar relatório de defeitos ou mal funcionamentos e a fornecerem orientações adequadas para melhoria da qualidade e do conteúdo da base de dados de dificuldade do serviço da aviação geral. (A-93-62)”¹⁰⁷

Em resposta, a FAA publicou o AC 20-109A, fornecendo orientação para o uso do sistema de SDR pela comunidade de aviação geral, mas o reporte de falhas ou defeitos é voluntária e não é obrigatória para a aviação geral. Uma pesquisa do sistema SDR da FAA não encontrou nenhum registro associado a quaisquer falhas de exibição ou ao evento de problema de instalação envolvendo N889JB.

O relatório da CPS do 14 CFR Part 23 da FAA ressalta a observação na subutilização do sistema SDR pelo pessoal de manutenção da aviação geral e aponta essa subutilização como um problema contínuo.¹⁰⁸ O relatório incluiu cinco recomendações para melhorar os relatórios SDR para as aeronaves do 14 CFR Part 23, abrangendo questões como melhorar os requisitos de treinamento de pessoal de manutenção, melhorar comunicação com a comunidade aeronáutica sobre o sistema SDR e sobre a utilidade e funcionalidade do banco de dados SDR.

Além de coletar falha voluntária, maus funcionamentos e defeitos através desses relatórios dos operadores, proprietários e pessoal de manutenção, a FAA exige que os fabricantes comuniquem certos tipos de falhas dos equipamentos. De acordo com o 14 CFR 21.3, os titulares de certificados de tipo da FAA, certificados suplementares de tipo, homologações de fabricantes de peças ou autorizações de ordem técnica (TSO) são obrigados a comunicar a FAA qualquer falha, mau funcionamento ou defeito em qualquer produto, parte, processo, ou artigo fabricado que pode resultar em “falha ou mau funcionamento de mais de um comando de voo, velocidade ou medição de altitude durante uma determinada operação da aeronave”. Em um cenário típico, um piloto com um mau funcionamento ou falha do equipamento informaria o problema para oficina de manutenção para reparo. O fabricante seria então notificado do problema através de um reporte de dificuldade em serviço ou através de uma ordem de reparo ou através de aviso de substituição de equipamento afetado. Um fabricante que determina que o problema envolve uma falha, mau funcionamento ou defeito delineado em 14 CFR 21.3 deve notificar a FAA através do Escritório Local de Certificação de Aeronaves apropriado. Esse relatório deve incluir detalhes específicos da aeronave e equipamentos envolvidos, bem como a natureza da falha. A FAA Order 8150.1B relativa ao programa TSO explica que o Escritório de Certificação de Aeronaves trabalhará com o fabricante para determinar a necessidade de ação corretiva.

Os requisitos de falha e mau funcionamento nos relatórios de defeito para os fabricantes regidos segundo 14 CFR 21.3 estão limitados a um conjunto específico de circunstâncias e problemas semelhantes aos experimentados pelo acidente N889JB

¹⁰⁷Fechado em 1994, ” Ação aceitável”.

¹⁰⁸Veja em 4.4 do FAA CPS Report.

antes de 15 de janeiro de 2005. Sendo assim, provavelmente não resultariam em relatório do fabricante para a FAA. Um requisito adicional para o 14 CFR 21.3 (e) indica o seguinte:

“Sempre que a investigação de um relatório de dificuldade de serviço ou acidente mostra que um artigo fabricado de acordo com uma autorização TSO não é seguro por causa de um defeito de fabricação ou de projeto, o fabricante deve, a pedido da FAA, informar a FAA os resultados de sua investigação e qualquer ação tomada ou proposta pelo fabricante para corrigir esse defeito. Se for necessária uma ação para corrigir o defeito em artigos existentes, o fabricante deve enviar os dados necessários para a emissão de uma diretriz de aeronavegabilidade adequada ao Gerente do Escritório de Certificação de Aeronaves para a área geográfica do escritório regional da FAA na região em que está localizado.”

Em resumo, as investigações de acidentes do NTSB identificaram casos em que as falhas do sistema e as dificuldades de serviço com o equipamento de glass cockpit não foram registradas de forma sistemática antes do acidente. A FAA exige que os fabricantes de equipamentos relatem falhas e avarias específicas e emitam relatórios voluntários ao seu sistema SDR de avarias e defeitos que afetem as aeronaves pequenas. No entanto, a subutilização relatada do sistema SDR para relatar problemas associados a aeronaves pequenas deixa a investigação de acidentes e incidentes como o único meio acessível ao público para identificar muitos tipos de falhas e defeitos de equipamentos.

Comentários da AESV sobre o Capítulo 5

Em relação ao treinamento específico em aeronaves com glass cockpit, conforme comentado neste capítulo, o RBAC 61.199(b) (1) estabelece que a ANAC pode requerer treinamento e endosso para pilotos que pretendam operar determinados modelos de aeronave classe. Para o exercício dessas prerrogativas é necessário a conclusão de treinamento e obtenção de endosso, conforme IS 61-006.

Analizando a referida IS, que versa sobre os procedimentos para o lançamento de endossos nos registros de voo de pilotos, não se observa, aparentemente, a preocupação na adaptação de pilotos da aviação geral em aeronaves com glass cockpit. No apêndice B da referida IS não consta, por exemplo, modelos da Cirrus como o SR 20, 22 ou 22T. Consta apenas uma orientação de que “modelos de aeronaves classe que não sejam mencionados nas tabelas do Apêndice B se consideram abrangidos pela previsão do parágrafo 61.199(b) do RBAC nº 61, e portanto não requerem que o piloto detentor da habilitação de classe pertinente realize treinamento ou endosso específico para operá-los”. Continua a orientação na IS informando que “nesses casos, é de inteira responsabilidade do piloto identificar o meio mais adequado de familiarizar-se com o modelo antes de operá-lo, o que poderá incluir a leitura dos manuais e da documentação da aeronave, a realização de voos em duplo comando com piloto já experiente no modelo, a conclusão de um curso de familiarização, etc.”.

No Brasil, sabemos que este tipo de orientação merece um contínuo trabalho de monitoramento para conscientizar os pilotos que operam este tipo de equipamento sobre a necessidade de um aprendizado específico, tendo em vista as particularidades observadas neste Estudo de Segurança de Voo e os pontos levantados pela Airtraining.

É possível que o pequeno número de aeronaves com glass cockpit ainda não tenha despertado a discussão sobre o tema, mas com certeza, em médio prazo, este assunto terá amplos debates pelo número crescente deste tipo de aeronave na aviação geral.

6 Registro de Dados em Sistemas Aviônicos do Glass Cockpit

Uma das maiores mudanças associadas à introdução dos painéis glass cockpit em aeronaves pequenas é a capacidade de gravação a bordo de parâmetros de voo e de informações do sistema. Os sistemas baseados em software que alimentam os painéis glass cockpit e sua memória interna oferecem recursos de gravação previamente disponíveis apenas para grandes aeronaves com gravadores dedicados de dados de voo.

Em 21 de agosto de 2006, às 13h41min, um Cirrus SR22-GTS, matrícula N518SR, teve uma perda de controle em voo durante um voo de cruzeiro perto de McRae, na Geórgia. O voo privado foi operado de acordo com as disposições do 14 CFR Part 91 sob regras de voo visual (VFR). Nem o piloto privado nem os dois passageiros ficaram feridos, mas o avião foi substancialmente danificado por forças aerodinâmicas.

O piloto afirmou que a aeronave "encontrou uma turbulência de céu claro, ficou instável e, depois de perder a altitude, atingiu uma nova e severa turbulência ficando outra vez fortemente instável". Depois de estabilizar o avião, o piloto notou que faltava tinta em pequenas linhas finas no topo da asa direita. O piloto desacelerou o avião e pousou no aeroporto mais próximo sem problemas. O piloto contatou o fabricante em relação à ocorrência e, depois de examinar o avião, o fabricante entrou em contato com o NTSB para informar que a aeronave sofreu um dano substancial.

Este caso inicialmente gerou interesse porque envolveu uma estrutura relativamente nova e popular. Os danos estruturais nas extensões da asa da aeronave do acidente não eram esperados da ação de uma turbulência transitória. Se este evento envolvesse uma aeronave equipada com uma cabine de voo convencional, a investigação teria que depender da análise da estrutura e dos materiais para estimar as forças encontradas. No entanto, a aviônica do glass cockpit desta aeronave forneceu informações adicionais críticas para a compreensão do evento.

A Avidyne PFD instalada no avião acidentado continha memória flash que armazenava informações processadas pela unidade para alimentar os diversos painéis com dados de voo. O software PFD inclui uma função de registro de dados usada pelo fabricante para manutenção e identificação de falhas. Trabalhando com o fabricante, os pesquisadores da NTSB conseguiram recuperar os dados gravados no PFD do AHRS, como pitch, roll, direção e aceleração, e pelo computador de dados de voo as informações como altitude, velocidade de voo indicada e velocidade vertical registrada. Durante o voo do acidente, as informações registradas nas telas de voo forneceram uma descrição completamente diferente do evento de acidente que o descrito no relato inicial do piloto.

Os dados registrados indicaram que o avião realmente subiu para 15.400 pés acima do nível médio do mar, quase 17.500 pés de altitude-densidade, que era a altitude operacional máxima para o avião. O avião então desacelerou, perdeu sustentação aerodinâmica e começou uma descida rápida, perdendo 13.000 pés de altitude em cerca de 40 segundos, antes de se recuperar. Durante o mergulho, a aeronave experimentou várias excursões de pitch positivas e negativas (+50 a -80 graus), rolou para a direita em relação ao eixo longitudinal através de duas rotações completas de 360 graus e iniciou uma terceira volta antes de recuperar o nível de

voo estabilizado. A velocidade aumentou de um mínimo de 72 nós, no início do mergulho, até um máximo de cerca de 336 nós indicados - 135 nós (cerca de 67%) acima do limite máximo certificado¹⁰⁹. Durante a recuperação, o avião sofreu uma aceleração positiva de pelo menos 4.733 (G) verticais¹¹⁰, com uma carga média superior a 4 G durante mais de 20 segundos¹¹¹.

Durante as entrevistas com o investigador do NTSB responsável por este acidente, o piloto afirmou que não usou oxigênio durante o voo. O médico do NTSB analisou as circunstâncias deste evento e concluiu que o carregamento contínuo de G experimentado pelo piloto provavelmente teria resultado na perda de consciência induzida por G (G-LOC) ou perda de consciência próxima. O oficial médico da NTSB concluiu ainda que a aparente falha do piloto em lembrar com precisão os eventos do voo provavelmente resultou da confusão associada à hipóxia, à confusão e amnésia subsequentes associadas ao G-LOC ou perto do G-LOC.

Os dados recuperados de PFDs e MFDs mudaram significativamente a compreensão de outros acidentes. Um exemplo é o acidente Cirrus de 9 de abril de 2007, perto de Luna, no Novo México, descrito no capítulo 5 deste relatório. O piloto informou inicialmente que o acidente resultou de uma falha no PFD. Somente após a revisão dos dados recuperados do PFD e MFD da aeronave foi entendido o desajuste entre a função do equipamento e a expectativa do piloto.

Outro exemplo envolveu um modelo de aeronave Piper PA-44-180 operado pela Universidade da Dakota do Norte em um voo VFR noturno¹¹². Em 23 de outubro de 2007, às 22h12, o Twin-engine PA-44-180, N327ND, foi substancialmente danificado durante uma colisão em voo com formações elevadas perto de Browerville, Minnesota. O piloto do acidente e o instrutor de voo tiveram lesões fatais. Sem informações adicionais, este acidente poderia ter sido considerado como resultado da desorientação da tripulação ou perda de controle durante a noite. No entanto, os dados recuperados do PFD da aeronave indicaram que, durante o voo de cruzeiro, a aeronave sofreu um impacto abrupto no voo, tanto em roll quanto em pitch. Um exame microscópico subsequente com teste de DNA realizado por ornitólogos forenses identificou que o material recuperado de parte da asa da aeronave era restos de um ganso do Canadá. Como resultado, os investigadores determinaram que um impacto de pássaros resultou em danos ao estabilizador esquerdo da aeronave, fazendo com que o avião se tornasse incontrolável. Com base nas descobertas desta investigação, a Universidade de Dakota do Norte proporcionou treinamento adicional aos seus pilotos e instrutores sobre os riscos de ataque de pássaros e procedimentos recomendados para reduzir a probabilidade de ataques de pássaros durante voos noturnos de longa distância.

¹⁰⁹O manual de operações da aeronave especifica um máximo nunca superior à velocidade (V_{ne}) de 201 nós de velocidade no ar indicada.

¹¹⁰A unidade PFD está limitada a registrar um G vertical de 4.733 Gs, embora o registro real de Gs possa ter sido maior.

¹¹¹Para obter uma descrição detalhada dos dados gravados, consulte o Relatório especializado de dados de exibição de cockpit gravado para o caso NTSB ATL06LA134 no Sistema de Gerenciamento de dados NTSB.

¹¹²Número do processo NTSB CHI08FA027: este acidente está incluído aqui como um exemplo de registro de dados de glass cockpit, mas não foi incluído nas análises de estudo estatístico porque envolveu uma aeronave bimotora.

Antes do advento dos PFDs e da disponibilidade de informações gravadas, as técnicas utilizadas para coletar informações de instrumentos de voo durante as investigações de acidentes na aviação geral eram muitas vezes limitadas à análise de relatos de testemunhas quanto à falta de equipamentos das aeronaves e à inspeção de componentes internos da aeronave. Os investigadores estavam também limitados à análise de evidências físicas de marcas no terreno, relatos de testemunhas sobre os instrumentos de voo e testes de motor pós-acidentes e destroços de aeronaves ao determinar detalhes de um acidente de aeronave ou avaliar o desempenho da aeronave antes de um acidente. Em contraste, os sistemas orientados por software geralmente não deixam evidências físicas de seu desempenho, mas permitem a gravação de informações digitais de voos que anteriormente eram limitadas a gravadores de dados de voo em aeronaves grandes, permitindo assim que os pesquisadores analisassem de forma mais completa a aeronave e os dados de desempenho de motor e de voo.

Comentários da AESV sobre o Capítulo 6

Desde 2009, o CENIPA, por meio do Laboratório de Leitura e Análise de Dados de Gravadores de Voo (LABDATA), realiza a leitura de uma vasta gama de gravadores em uso predominantemente na aviação civil.

As memórias não voláteis podem pertencer a várias classes, dependendo do propósito original do equipamento e seu histórico. Alguns equipamentos, como um GPS de mão, são desenhados com interfaces que permitem o download em computadores que contenham softwares específicos. Nesses casos em que os equipamentos não tenham danos, o download é simples como também se possibilita uma fácil análise por meio de seus softwares.

Equipamentos como MFD podem permitir a gravação por meio de cartões de memória, os quais requerem softwares mais específicos, muitas vezes com licenças pagas, as quais exigem um maior conhecimento que nos casos de um simples GPS. Outros equipamentos como PFD e EGPWS, podem conter interfaces internas capazes de propiciar o download de dados sob circunstâncias especiais, principalmente por meio de troubleshooting ou manutenções realizadas pelos fabricantes. Neste sentido, para o download e análise de dados desses equipamentos, sempre haverá a necessidade de ferramentas e softwares dos seus fabricantes, os quais possuem seus respectivos segredos de engenharia.

Ressalta-se que alguns equipamentos, como GPS embarcados, apesar de terem informações memorizadas, há de se atentar ao fato de que tais informações só ficam registradas enquanto suas baterias internas tiverem cargas, o que implica muitas vezes a necessária integridade do equipamento e a importância da celeridade determinados processos investigativos, antes que tais cargas não alcancem níveis críticos mínimos. Caso os equipamentos tenham sido submersos, a agilidade dos procedimentos será mais imperiosa, tendo em vista a queda mais acentuada das referidas cargas bem como o início de um rápido processo de corrosivo.

Neste sentido, para que o Laboratório de Leitura e Análise de Dados de Gravadores de Voo (LABDATA) venha a ter capacidades de analisar dados de aeronaves com sistemas de aviônicos de Glass Cockpit, há de se dividir duas possibilidades básicas, quais sejam aeronaves com seus sistemas/componentes íntegros ou danificados.

Caso os sistemas estejam íntegros, o download será possível diretamente nos acessos e cartões possivelmente instalados nas aeronaves. Neste sentido, a análise dos dados ocorrerá no próprio LABDATA, por meio dos softwares proprietários dos seus respectivos fabricantes, caso esses sejam disponibilizados.

No caso de avaria dos sistemas de Glass Cockpit, o LABDATA só poderá efetuar a leitura de dados por meio da utilização de equipamentos íntegros, utilizando-se o conceito de “cadeia reduzida”, com substituição de componentes associados às memórias que detenham os dados e, obviamente, partindo-se da premissa que tais memórias não tenham sido também danificadas (conceito de extração de dados).

Isto posto, há que se considerar a relação de custo de equipamentos versus a frequência de eventos que justifiquem tal investimento. Na hipótese de inviabilidade econômica, admitir-se-á a possibilidade da solicitação de serviços dos fabricantes de componentes da aeronave, considerando-se uma eventual cobrança de custos adicionais.

Outra possibilidade de acesso aos dados, a qual também só é possível por meio de

seus fabricantes e seus softwares proprietários, é o chamado *download chip by chip*. Neste caso, os chips de memória são retirados das placas (que em tese possuem danos), para que possam ser inseridos e baixados individualmente em equipamentos específicos (leitores/programadores universais), para que após, os dados sejam reordenados e lidos.



Figura 26: Leitor/Programador universal.

Paralelamente, há de se considerar outros componentes, além do glass cockpit, que também podem prover dados de voo. Um deles é o RDM - Recoverable Data Module, o qual equipa aproximadamente 200 (duzentas) aeronaves Cirrus que operam no Brasil.

Existem 3 (três) gerações de RDM, quais sejam:

1^a Geração: Aerosance

- Aproximadamente 75 parâmetros com 1 Hz de sample rate



Figura 27: 1^a Geração de RDM.

2^a Geração: Heads Up Technologies (HUT)

- Aproximadamente 125 parâmetros com 1 Hz de sample rate



Figura 28: 2ª Geração de RDM.

3ª Geração: Appareo

– 500-800 (SR 500, jet 800) parâmetros variando os sample rates de 1 a 10 Hz



Figura 29: 3ª Geração de RDM.

Obs: O termo sample rate trata da taxa de atualização de dados (ciclos por segundo). Ex: 1Hz=1 ciclo por segundo)

Ressalta-se que para cada geração de RDM, há de se ter seu software específico. O LABDATA possui o software da 2ª Geração (HUT) e poderá efetuar a conversão dos dados dos RDM de 1ª e 3ª Geração (Aerosance e Appareo) com o apoio do fabricante Cirrus.

A figura abaixo, relaciona as 3 (três) gerações de RDM e suas respectivos faixas de possíveis Serial Numbers instalados nos modelos de aeronaves Cirrus:

Aircraft Model	RDM Manufacturer	RDM Effectivity		Remarks
		Serial Number	Range	
SR20	Aerosance	1886-2015, 2016-sub w/o Perspective		Perspective + Effectivity = 2220, 2339-sub
	HUT	2016-2392 w/Perspective Avionics		
	Appareo	2393-sub		
SR22	Aerosance	2438 & sub w/Avidyne Avionics		Perspective + Effectivity = 4433-sub
	HUT	3026 & sub w/Perspective Avionics		
	Appareo	4594-sub		
SR22T	HUT	Serial w/Perspective Avionics		(Perspective+effectivity = 1460, 1471, 1473-sub)
	Appareo	1692-sub		
SF50	HUT	0001-0062		In pilot footwell
	Appareo	0063-0087		In pilot footwell
	Appareo	0088-sub		In ruddervator

A exemplo, por meio do software Heads Up Technologies (HUT, associado aos RDM de segunda geração) destaca-se que o referido módulo é capaz de memorizar e disponibilizar a análise de diversos parâmetros de voo, quais sejam:

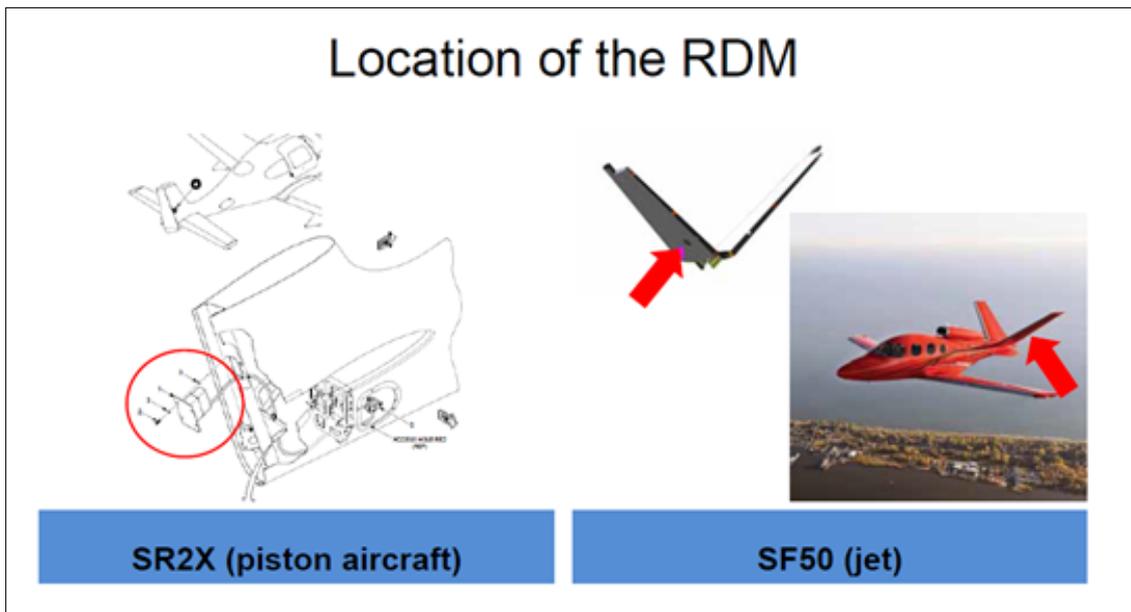
Pressure Altitude (ft)	Selected Heading (°m)	Brake Temp (L&R)
Vertical Speed (fpm)	Selected Course (°m)	Fuel Quantity (L&R)
Indicated Airspeed (kt)	Selected Vertical Speed (fpm)	Airframe Status 3
Baro Setting ("Hg): hundredths	Fuel Pressure (PSI)	CO Detector Status
Selected Altitude (ft)	Oxygen Tank Level	Normalized AoA
GIA 6XW software version: hundredths	CDI Deviation	Heading (°m)
GPS Present Latitude	VDI Deviation	Lateral Acceleration (g)
GPS Present Longitude	Vertical Deviation (ft)	Longitudinal Acceleration (g)
Track Angle (°m)	UTC Date (year, month, day)	Normal Acceleration (g)
Ground Speed (kt)	UTC Time 24 hr (hour, minute, second)	Engine % Power
GPS Cross Track Distance	Static Air Temperature (OAT) (°C)	Engine RPM
GPS Desired Track Angle	Cycle of COM1, COM2, NAV1, NAV2 Frequencies (kHz)	ESP Low Speed / Underspeed Aw. Mode Active
Wind Speed (kt), Wind Angle (°t)	Pitch (°)	Oil Pressure (PSI)
GPS Active Waypoint Ident (ASCII)	Roll (°)	Oil Temperature (°F)
Fuel Flow (GPH)	AFCS Modes	Manifold Pressure ("Hg)

Continua na próxima pagina...

– Continuação da página anterior.

CHT	AP/FD Active Status	ESP High Airspeed Mode Active
EGT	Coupled Lateral Mode	Airframe Status 1
Essential Bus Voltage (V)	Coupled Vertical Mode	Airframe Parachute Handle Pulled
Main Bus 1 Voltage (V)	Armed Lateral Mode	Airframe Parachute Rocket Deployed
Main Bus 2 Voltage (V)	Armed Vertical Mode	Ice Protection Status (OFF/NORM/HI/MAX)
Alternator 1 Amps	Yaw Damper On	Oxygen Status (ON/OFF)
Alternator 2 Amps	Approach Mode	Stall Warning
Turbine Inlet Temperature (L and R)	ESP Pitch/Roll Mode Active	Left Tank Low Fuel Warning
Battery 1 Amps (A)	Flaps (0%,50%,100%)	Left Brake Temperature High
Caution/Warning	Airframe Status 2	Anti Ice High Pressure
Right Tank Low Fuel Warning	Primary CDI Source (NAV/GPS)	Anti Ice Low Pressure
Right Brake Temperature High	TAS Traffic Alert	Anti-Ice Backup Mode
Caution/Warning	TAWS Warning	Fuel Qty Indication Configuration
Pitot Heat Switch	(Left) Anti Ice Fluid Tank Low	GPS Altitude (feet)
Anti Ice Tank Selection Mode	Right Anti Ice Tank Low	Fuel Used (totalizer) (gallons)
Anti Ice Fluid Flow Rate (ml/s)	Pitch Rate (°/s)	Roll Rate (°/s)
Heading Rate (°/s)		

O citado componente equipa parte da frota de modelos Cirrus SR20, SR22 e a totalidade da frota de modelos SR22T e SF50, sendo tipicamente instalado na cauda das aeronaves, conforme imagens abaixo:



Para baixar os dados de um RDM, basta conectar um computador (que detenha o software específico da sua respectiva geração) ao equipamento por meio de um cabo USB A to A (Macho X Macho).



7 Discussão

Este Estudo teve como objetivo avaliar os efeitos das capacidades avançadas de aviãoica na segurança, considerando as taxas de acidentes de aviação geral. Para esse fim, o Estudo comparou o histórico operacional e de acidentes em dois conjuntos de aeronaves selecionadas, uma com mostradores de voo convencionais e a outra com exibições primárias de glass cockpit. As análises do Estudos identificaram várias diferenças nas atividades e nos registros de acidentes desses dois grupos de aeronaves.

7.1 Características dos Acidentes e Suas Taxas

Os Estudos analisados mostraram que as aeronaves equipadas com glass cockpit experimentaram proporcionalmente menos acidentes totais do que um grupo comparável de aeronaves com instrumentos convencionais de tecnologia bem difundida. O relatório AOPA de 2007, *Technically Advanced Aircraft: Safety and Training*, incluiu descobertas semelhantes, isto é, que menos aeronaves com glass cockpit estavam envolvidas em acidentes do que seria esperado, dada a porcentagem da frota de aeronaves que eles representam. No entanto, ao contrário das análises do NTSB, que mostraram que o avião com glass cockpit apresentava um número proporcionalmente maior de acidentes fatais do que os números indicariam, o Estudo da AOPA descobriu que as aeronaves de glass cockpit apresentavam um número proporcionalmente menor de acidentes fatais. As diferenças nos resultados devem-se em parte às diferenças nas metodologias dos dois Estudos: enquanto o Estudo da AOPA fazia comparações ao longo da aviação geral como um todo, o Estudo do NTSB limitava suas comparações a um grupo definido de aeronaves com glass cockpit com uma separação de mesma marca / modelos de aeronaves com instrumentos convencionais para reduzir o potencial de problemas associados à comparação de aeronaves de diferentes idades e capacidades. O Estudo do NTSB também utilizou dados de pesquisa para fazer comparações adicionais entre aeronaves usando taxas de acidentes baseadas em atividades que refletem o risco de acidentes.

O fato de a taxa de acidentes totais observados para as aeronaves equipadas com instrumentos convencionais ser maior do que a de aeronaves com glass cockpit sugeriria um benefício de segurança resultante da nova tecnologia, se não fosse a porcentagem significativamente maior de acidentes fatais no conjunto com glass cockpit durante os anos de 2002 a 2008 e a maior taxa de acidentes fatais observada nesse conjunto em 2006 e 2007. Os dados de atividades e uso do GAATAA Survey da FAA confirmaram que as diferenças na atividade dos dois grupos analisados provavelmente influenciariam o tipo e gravidade dos acidentes envolvendo as aeronaves em cada grupo.

Quando considerados como um todo, os resultados descrevem dois perfis operacionais de aeronaves distintas. As aeronaves com instrumentos de cabine convencionais eram mais propensas a serem usadas para instruções de voo. Conseqüentemente, essas aeronaves também tinham perfis com mais horas por aeronave¹¹³, embora usu-

¹¹³Baseado nos dados de 2006 e 2007 do GAATA.

almente fossem usados para voos mais curtos¹¹⁴ e tivessem voado menos tempo em condições por instrumento.¹¹⁵ Como resultado, as aeronaves no grupo convencional estiveram envolvidas em mais acidentes durante decolagens e pousos, o que muitas vezes resultou em resultados menos severos, provavelmente devido às velocidades relativamente baixas durante essas fases e as consequentes forças de baixo impacto.

Por outro lado, o perfil operacional das aeronaves equipadas com glass cockpit implicava em menos horas de voo por ano, porém em viagens mais longas. Consequentemente, as aeronaves equipadas com glass cockpit teriam operado com planos de voo por instrumento por mais tempo do que as aeronaves convencionais. O registro de acidente é consistente com a maneira como as aeronaves foram usadas. Os aviões com glass cockpit experimentaram mais acidentes durante viagens longas e em operações por mais tempo em condições de voo por instrumento.

Pesquisas anteriores do NTSB identificaram riscos maiores de aeronaves em voos mais longos se envolverem em acidentes relacionados com o clima e observou que os acidentes que ocorreram em condições IMC são mais propensos a serem fatais devido aos perfis dos eventos e das forças de impacto normalmente associadas a tais acidentes.¹¹⁶ O maior número de horas realizadas durante viagens longas ou em condições IMC resulta em aumento da exposição aos riscos associados a essas circunstâncias, mas uma comparação das taxas de acidentes baseadas em atividades deverá revelar taxas semelhantes para ambas as configurações do cockpit se o risco de acidente subjacente for semelhante. O conjunto de aeronaves com glass cockpit, em vez disso, apresentou maiores taxas de acidentes fatais e maiores taxas de acidentes em IMC do que as aeronaves convencionais - apesar de os pilotos terem níveis mais altos de certificação, de serem mais propensos a voar por instrumento, de terem mais experiência de voo total e terem mais experiência no tipo de aeronave operada.

Embora as análises do Estudo forneçam evidências claras de uma diferença nos perfis operacionais, eles não revelaram se os proprietários dessas aeronaves optaram por comprar aeronaves equipadas com glass cockpit porque queriam o aumento das capacidades para prover suporte aos tipos de operações de voo que realizavam ou se o aumento nas capacidades de suas novas aeronaves os encorajaram a efetuar voos mais longos e/ou voar em condições mais adversas. Pesquisa adicional é requerida para entender melhor como pilotos de aeronaves menores percebem painéis de glass cockpit e como essas percepções influenciam a segurança. No entanto, com base no padrão de resultados do Estudo, o NTSB concluiu que as análises do Estudo de acidentes de avião e os dados de atividade mostraram uma diminuição nas taxas de acidentes totais, mas um aumento nas taxas de acidentes fatais para o grupo selecionado de aeronaves de glass cockpit quando comparado às aeronaves convencionais durante o período de Estudo. Em geral, as análises do Estudo não mostraram uma melhoria significativa na segurança para o grupo de Estudo com glass cockpit.

¹¹⁴Baseado em comparações estatísticas de voos de acidentes.

¹¹⁵Baseado nos dados de 2006 e 2007 do GAATAA e comparações estatísticas de voos de acidentes.

¹¹⁶ Risk Factors Associated with Weather-Related General Aviation Accidents, Aviation Safety Study NTSB/SS-05/01 (Washington, DC: National Transportation Safety Board, 2005.)

7.2 Questões de Segurança

7.2.1 Requisitos e Recursos de Treinamento

O Estudo incluiu análises dos recursos de treinamento, dos requisitos e das iniciativas presentes nos esforços da FAA para atender as necessidades de pilotos que passaram a operar aeronaves com glass cockpit. Apesar desses esforços por parte da FAA, o NTSB identificou vários problemas de segurança e áreas de melhoria durante o desenvolvimento do Estudo.

Uma revisão dos recursos e requisitos de treinamento mostrou que a FAA vem atualizando seus materiais de treinamento e PTS em resposta à introdução de painéis de glass cockpit nas aeronaves segundo o 14 CFR Part 23. No entanto, os testes de conhecimento da aeronave da FAA, como os necessários para a licença de Piloto Privado, Piloto Comercial e habilitação de voo por instrumento atualmente não avaliam o conhecimento dos pilotos sobre os glass cockpits. O NTSB concluiu que os pilotos devem ser capazes de demonstrar um conhecimento mínimo dos instrumentos e painéis de voo da aeronave primária para estar preparado para operar com segurança aeronaves equipadas com esses sistemas, o que é necessário para todas as aeronaves, mas atualmente não é abordado por testes de conhecimento da FAA para painéis de glass cockpit. Portanto, o NTSB recomenda que a FAA atualize os testes de conhecimento do piloto para incluir questões relacionadas aos painéis glass cockpit de voo e navegação, incluindo operações normais, limitações e interpretações de avarias e automatismos das aeronaves.

Uma revisão das iniciativas de treinamento da FAA mostrou que a FAA trabalhou com representantes do setor de aviação geral e com o meio acadêmico para desenvolver sua iniciativa FITS em resposta a uma necessidade reconhecida para aprimoramento do treinamento nos sistemas avançados das aeronaves. Os documentos iniciais de planejamento mostram que a iniciativa FITS teve como objetivo combinar técnicas de ensino, como treinamento baseado em cenário, e com requisitos para treinamento específico de equipamentos. A FAA agora está incorporando treinamento baseado em cenários e ferramentas de tomada de decisão, mas até o momento não implementou os requisitos de treinamento específicos nos equipamentos como sugerido nos documentos originais do programa FITS. Em vez disso, a FAA reconheceu vários programas de provedores de treinamento de fábrica como sendo "aceitos pelo FITS". Este Estudo baseou-se em uma revisão do histórico de registros de acidentes, os quais, no entanto, não permitiam comparações detalhadas dos históricos de treinamento de todos os pilotos envolvidos, porém a análise dos programas de treinamento dos fabricantes sugere que esses treinamentos beneficiam principalmente o primeiro proprietário (comprador) de uma aeronave nova ou pilotos que procuram esse treinamento. Em alguns casos, as companhias de seguros podem exigir que os pilotos recebam treinamento de transição e / ou treinamento recorrente específico do equipamento, mas esses requisitos não são uniformemente nem universalmente aplicados. Além disso, alguns proprietários de aeronaves podem evitar requisitos de seguro, optando por auto segurar suas aeronaves. A falta de requisitos de treinamento da FAA e a variabilidade dos requisitos e programas de treinamento não-regulamentares sugerem que requisitos adicionais de treinamento específicos de equipamentos são necessários para garantir que todos os pilotos de aeronaves equi-

padas com glass cockpit possuam o conhecimento e a habilidade necessários para operar suas aeronaves com segurança.

7.2.2 Fornecimento de Informações Sobre a Operação e Sobre as Limitações dos Painéis aos Pilotos

O Estudo considerou vários estudos de caso de acidentes que resultaram da complexidade e da funcionalidade única dos glass cockpits em comparação com os instrumentos convencionais, bem como potenciais problemas críticos de segurança associados ao projeto e operação de sistemas baseados em software. Os estudos de caso ilustram a importância de que os pilotos recebam informações suficientes sobre operações e limitações do sistema, de modo que estejam preparados para identificar e responder com segurança a falhas e maus funcionamentos do sistema.

As funções dos instrumentos convencionais podem ser replicadas de muitas maneiras, usando sistemas de estado sólido, e os fabricantes desenvolveram projetos exclusivos de transdutores de pressão, giroscópios, acelerômetros e magnetômetros especialmente montados controlados por software proprietário. A grande variedade de projetos complexos de equipamentos de glass cockpits e sua tecnologia proprietária exigem que qualquer discussão sobre esses displays seja específica para cada sistema. Conseqüentemente, à medida que os sistemas eletrônicos substituem medidores analógicos, a expectativa de que a média dos pilotos da aviação geral entendam o funcionamento interno dos instrumentos de cabine não é mais realista. Este problema é agravado pelo fato de que, ao contrário dos medidores analógicos, a funcionalidade e a capacidade dos sistemas eletrônicos de exibição podem continuar a evoluir após serem instalados devido a revisões de software subsequentes. O aumento resultante da complexidade do sistema envolve os pilotos com a necessidade de acompanhar as mudanças para que eles possam entender seus sistemas de aviônica suficientemente bem para identificar e solucionar quaisquer operações anormais do sistema ou avarias que possam encontrar no voo. Uma dificuldade adicional é que, em comparação com as informações detalhadas incluídas nos manuais de treinamento da FAA sobre instrumentos de voo convencionais, as informações sobre glass cockpits é atualmente limitada a descrições muito gerais de componentes e displays do sistema.

Além disso, como o piloto da aeronave acidentada encontrada em Luna, New México, percebeu, os painéis dos glass cockpits podem funcionar de forma diferente dos painéis convencionais sob certas condições. Nesse caso, um consumo de tubo de pitot bloqueado que teria afetado apenas o indicador de velocidade de um painel convencional resultou em perda de velocidade, altitude e informações de velocidade de subida em um painel de glass cockpit. As informações fornecidas ao piloto indicaram apenas que o computador de voo falou, sem indicação de porquê falhou ou se a situação poderia ser corretamente corrigida em voo. O NTSB conclui que os pilotos nem sempre recebem todas as informações necessárias para entender adequadamente os detalhes operacionais e funcionalidades únicas das exibições de voo primárias em seus aviões. Portanto, o NTSB recomenda que a FAA exija que todos os fabricantes de PFDs eletrônicos certificados incluam informações em seus suplementos aprovados de AFM e manual de operação do piloto em relação a operação anormal do equipamento ou mau funcionamento devido a mau funcionamento do

subsistema e entrada, incluindo, mas não limitado a, pitot e / ou bloqueios estáticos do sistema, mau funcionamento do sensor magnético e falhas de alinhamento do sistema de referência de controle de voo.

7.2.3 Requisitos de Treinamento Específico para Equipamentos

Os monitores eletrônicos integrados têm o potencial de aumentar a segurança das operações de aviação em aviação geral, fornecendo aos pilotos mais informações operacionais, de segurança e das funcionalidades dos equipamentos. Para que o potencial seja realizado, no entanto, o peso da responsabilidade recai sobre os pilotos para operarem o equipamento com segurança e eficiência. Quaisquer deficiências ou ineficiências na funcionalidade do equipamento e no projeto de interface devem ser abordadas através de treinamento e de habilidade superiores dos pilotos.

À medida que o equipamento da aeronave se torna mais complexo, as demandas colocadas sob responsabilidade dos pilotos para gerenciar e monitorar a operação do equipamento continuarão a aumentar. O Certification Process Study Report do 14 CFR Part 23 e os comentários incluídos no projeto de CA da FAA pertinentes sugerem que as questões de interação homem-equipamento previamente identificadas para as aeronaves da categoria de transporte do 14 CFR Part 25 tornar-se-ão cada vez mais críticas para as aeronaves do 14 CFR Part 23. Em contraste com o treinamento generalizado tradicionalmente necessário para operar sistemas relativamente simples nas aeronaves do 14 CFR Part 23, a complexidade e a variação dos sistemas de aeronave do 14 CFR Part 25 foram abordadas ao exigir que os pilotos mantivessem uma habilitação de tipo para que atuassem como piloto em comando. No entanto, agora que as aeronaves pequenas estão incorporando uma aviônica integrada de glass cockpit que rivaliza em complexidade com as aeronaves do 14 CFR Part 25, o treinamento de sistemas generalizados pode não ser suficiente para pilotos dessas aeronaves. Arquiteturas de sistemas diferentes requerem diferentes técnicas de operação e as respostas ao erro e o conhecimento de um tipo de painel de glass cockpit não são aplicáveis a outros sistemas. O NTSB concluiu que orientações e treinamento generalizados já não são suficientes para preparar os pilotos para operarem de forma segura a aviônica de glass cockpit. A instrução e avaliação eficaz do piloto devem ser adaptadas a equipamentos específicos. Portanto, o NTSB recomenda que a FAA incorpore elementos de treinamento sobre PFDs eletrônicos em seus materiais de treinamento e requisitos de conhecimento aeronáutico para todos os pilotos. O NTSB também recomenda que a FAA incorpore elementos de treinamento sobre painéis de voo primários eletrônicos em seus requisitos iniciais e recorrentes de proficiência de voo para pilotos de aeronaves certificadas do 14 CFR Part 23 equipados com aqueles sistemas que abordam variações na concepção e operação de tais telas.

7.2.4 Treinamento para maus funcionamentos dos equipamentos

Embora falhas das telas PFD sejam fáceis de simular em um ambiente de treinamento, os estudos de casos de acidentes citados neste Estudo sugerem que falhas nessas telas podem não ser os tipos mais prováveis de falhas nos glass cockpits ou de operações anormais que um piloto irá encontrar. Ou seja, o treinamento de pilotos

para voarem por instrumentos de backup quando confrontados com uma exibição primária em branco pode não prepará-los adequadamente para responder a uma falha parcial na qual eles provavelmente receberão uma exibição apresentando dados errados ou incompletos. Para estar adequadamente preparado para responder às falhas e aos maus funcionamentos dos sistemas de instrumentos de voo, os pilotos devem ser treinados para identificar e responder a todos os modos de falha de forma antecipada. No entanto, em muitos casos, não é apropriado nem prático treinar para todos os tipos de falhas e avarias de aviônica nos glass cockpits das aeronaves. O NTSB concluiu que os simuladores ou instrutores privados são os meios alternativos mais práticos de treinamento de pilotos para identificação e resposta a falhas e avarias na aviônica de glass cockpits, as quais não podem ser replicadas com facilidade ou segurança em aeronaves pequenas. Os pilotos que não tenham acesso imediato a simuladores de voo ou dispositivos de treinamento aprovados podem se beneficiar de treinamento específico do equipamento usando aplicativos de software treinadores de procedimentos capazes de reproduzirem os painéis dos glass cockpits. Portanto, o NTSB recomenda que a FAA elabore e publique orientações para o uso de simuladores de exibição de aviônica específicos dos equipamentos e para os dispositivos de treinamento de procedimento que não atendam à definição de dispositivos de treinamento de simulação de voo prescritos em 14 CFR Part 60 para apoiar o treinamento de piloto em requisitos específicos dos equipamentos.

7.2.5 Rastreamento de Dificuldades em Serviço e de Falhas nos Equipamentos

As investigações da NTSB revelaram múltiplas ocorrências de avarias nos glass cockpits que não eram obrigadas a serem reportadas a FAA e que não resultaram em um relatório do sistema SDR. Conclusões do Estudo sobre o processo de certificação do aeronaves leves (14 CFR Part 23) sugere uma dificuldade geral no monitoramento do desempenho dos equipamentos do 14 CFR Part 23 devido a não utilização do sistema SDR para aeronaves pequenas. O NTSB concluiu que a identificação e o rastreamento de dificuldades de serviço, falhas ou falhas do equipamento, operações anormais e outras questões de segurança serão cada vez mais importantes à medida que os sistemas e equipamentos de aviônica de aeronaves leves continuarem a aumentar em complexidade, variação de projeto e no envio de relatórios para a FAA. O sistema SDR não captura adequadamente esta informação para as aeronaves certificadas pelo 14 CFR Part 23 utilizadas nas operações da aviação geral. O NTSB também concluiu que a revisão atual da FAA do processo de certificação do 14 CFR Part 23 oferece uma oportunidade para melhorar as deficiências no reporte de falhas e de defeitos de equipamentos identificados pela FAA e representantes da indústria de aviação em julho de 2009 no Estudo do Processo de Certificação do 14 CFR Part 23.

No entanto, a revisão do 14 CFR Part 23 e as medidas regulatórias resultantes provavelmente exigirão um tempo considerável. Por conseguinte, para melhorar as submissões voluntárias ao sistema SDR da FAA no íterim, o NTSB recomenda que a FAA informe aos técnicos de manutenção de aeronaves e de aviônicos sobre o papel crítico dos relatórios voluntários do sistema SDR envolvendo avarias ou defeitos associados ao equipamento eletrônico primário de voo, de navegação e de

controle no 14 CFR Part 23 das aeronaves certificadas e utilizadas em operações da aviação geral.

Apesar dos problemas identificados associados ao rastreamento das funções e de confiabilidade dos glass cockpits das aeronaves no 14 CFR Part 23, a tecnologia forneceu uma nova fonte potencial de informações de segurança. O NTSB concluiu que alguns painéis de glass cockpit incluem recursos de gravação que beneficiaram significativamente as investigações de acidentes e fornecem à comunidade de aviação geral a capacidade de melhorar a confiabilidade dos equipamentos, a segurança e eficiência das operações da aeronave através de análises de dados.

Comentários da AESV sobre o Capítulo 7

Os aspectos levantados neste Estudo do NTSB sobre “questões de segurança” não difere muito da realidade brasileira.

Sobre os requisitos e recurso de treinamento, é interessante observar o envolvimento das companhias de seguro dos Estados Unidos. No Brasil, talvez uma redução no valor do prêmio do seguro possa ser um incentivo para que as seguradoras comecem a exigir que os pilotos recebam treinamento de transição e/ou treinamento recorrente específico do equipamento, já que esses requisitos não são uniformemente nem universalmente aplicados.

Sobre o fornecimento de informações sobre a operação e limitações dos painéis, o NTSB recomendou que a FAA exija que todos os fabricantes de PFDs eletrônicos certificados incluam informações em seus suplementos aprovados de AFM e manual de operação do piloto em relação a operação anormal do equipamento ou mau funcionamento devido a mau funcionamento do subsistema e entrada, incluindo, mas não limitado a pitot e/ou bloqueios estáticos do sistema, mau funcionamento do sensor magnético e falhas de alinhamento do sistema de referência de controle de voo. Com este procedimento sendo feito, as informações estarão disponíveis para os pilotos brasileiros, sendo que, como já comentado, o empecilho maior será a dificuldade da leitura dos manuais, todos na língua inglesa.

Sobre requisitos de treinamento específico para equipamentos é necessário um aprofundamento nas pesquisas sobre as ocorrências aeronáuticas em território brasileiro para identificar alguma tendência. Entretanto, assim como a FAA, como o treinamento específico não é requerido pela ANAC, sugere-se que requisitos adicionais de treinamento de equipamentos sejam implementados para garantir que todos os pilotos de aeronaves equipadas com glass cockpit possuam o conhecimento e a habilidade necessária para operar suas aeronaves com segurança.

Sobre treinamento para maus funcionamentos dos equipamentos, acreditamos que o momento correto para observar se o piloto possui os conhecimentos necessários seria na avaliação prática. Sendo assim, ANAC poderia reforçar aos examinadores credenciados a necessidade de se focar neste tipo de treinamento, cobrando dos pilotos, durante os voos de avaliação prática, os procedimentos corretos quando operando aeronaves com glass cockpit.

Sobre o rastreamento de dificuldades em serviço, a não ser que se torne requisito, é difícil imaginar que esta cultura seja implementada no âmbito da aviação geral.

8 Sumário

Este Estudo usou registros de fabricantes, informações de investigação de aeronaves e um conjunto de dados da pesquisa da atividade da aviação geral para avaliar como a transição para a aviônica eletrônica de PFD afetou a segurança de aeronaves pequenas. O Estudo também avaliou os recursos e os requisitos que suportam a transição para esta nova tecnologia. Os resultados deste Estudo sugerem que, para a aeronave e o período de tempo estudados, a introdução de PFD de glass cockpit ainda não resultou na melhoria da segurança operacional em comparação com aeronaves similares com instrumentos convencionais. A aviônica avançada e painéis eletrônicos podem aumentar o potencial de segurança das operações de aeronaves da aviação geral, fornecendo aos pilotos informações e funcionalidades mais operacionais e de segurança, mas é necessário mais esforço para garantir que os pilotos estejam preparados para tirar proveito desse potencial. A FAA, os fabricantes, os grupos da indústria da aviação e as Universidades têm uma história estabelecida de colaboração através da iniciativa do programa FITS para apoiar técnicas de treinamento específicas de modelo de aeronave, baseadas em cenários que ensinariam as habilidades cognitivas de "maior ordem" aos pilotos. No entanto, a FAA mudou o foco da iniciativa FITS e até agora confiou em fabricantes e fornecedores comerciais para transmitir o treinamento específico do equipamento originalmente previsto para o FITS. A adoção de elementos de treinamento específicos para equipamentos uniformes pela FAA para garantir que os pilotos tenham conhecimento adequado sobre o funcionamento e os maus funcionamentos dos equipamentos da aeronave, bem como relatórios aprimorados de falhas no equipamento e dificuldades de serviço, provavelmente melhorarão a segurança das operações de aviação geral além das que envolvem aeronaves com painéis de glass cockpit. No entanto, tais ações são particularmente importantes para alcançar os potenciais benefícios de segurança associados às tecnologias avançadas de glass cockpit em aeronaves pequenas.

9 Conclusões

1. As análises de Estudos de acidentes de aeronave e dados de atividade mostraram uma diminuição nas taxas de acidentes totais, mas um aumento nas taxas de acidentes fatais para o grupo selecionado de aeronaves com glass cockpit quando comparado a aeronaves similares convencionais durante o período de Estudo. Em geral, as análises desse Estudo não mostraram uma melhoria significativa na segurança para o grupo de Estudo com glass cockpit.
2. Os pilotos devem ser capazes de demonstrar um conhecimento mínimo dos instrumentos e painéis de voo primários da aeronave para estarem preparados para operar com segurança aeronaves equipadas com esses sistemas, o que é necessário para todas as aeronaves, mas atualmente não é abordado pelos testes de conhecimento da FAA para aeronaves com glass cockpit.
3. Os pilotos nem sempre recebem todas as informações necessárias para entender adequadamente os detalhes operacionais e funcionais particulares dos instrumentos de voo primários em seus aviões.
4. As orientações e os treinamentos generalistas já não são suficientes para preparar os pilotos para operarem com segurança a aviônica dos glass cockpits. A instrução e a avaliação eficaz do piloto devem ser adaptadas a equipamentos específicos.
5. Simuladores ou instrutores particulares são os meios alternativos mais práticos de treinamento de pilotos para identificar e responder a falhas de aviônica e avarias de glass cockpit que não podem ser replicadas com facilidade ou segurança em aeronaves pequenas.
6. A identificação e o rastreamento de dificuldades de serviço, falhas do equipamento, operações anormais e outras questões de segurança serão cada vez mais importantes à medida que os sistemas e equipamentos de aviônica de aeronaves pequenas continuarem a aumentar em complexidade, em variações de projeto e em relatórios de falhas para a FAA. O sistema de relatório de dificuldade em serviço não captura adequadamente estas informações para aeronaves certificadas segundo o 14 CFR Part 23 usadas nas operações da aviação geral.
7. A revisão atual pela FAA do 14 CFR Part 23 sobre o processo de certificação oferece uma oportunidade para melhorar as deficiências no relato de defeitos e mal funcionamento de equipamentos identificados pela FAA e representantes da indústria de aviação no Estudo do Processo de Certificação de Pequenas Aeronaves - Part 23.
8. Alguns displays de glass cockpit incluem recursos de gravação que beneficiaram significativamente as investigações de acidentes e proporcionam à comunidade de aviação geral a capacidade de melhorar a confiabilidade dos equipamentos e a segurança e eficiência das operações de aeronaves por meio da análise de dados.

10 Recomendações

Como resultado deste Estudo de Segurança de Voo, o Conselho Nacional de Segurança do Transporte (NTSB) faz as seguintes Recomendações de Segurança para a Administração Federal de Aviação (FAA):

Revisar os testes de conhecimento de pilotos para incluir questões relacionadas com o voo em aeronaves com glass cockpit, incluindo operações normais, limitações e interpretação de avarias e atitudes da aeronave. (A-10-36).

Exigir que todos os fabricantes de displays de voos primários eletrônicos certificados incluam informações em seu manual de voo aprovado da aeronave e suplementos do manual de operação do piloto em relação à operação anormal do equipamento ou mau funcionamento devido a falhas do subsistema e da entrada, incluindo, mas não se limitando, a bloqueios do sistema pitot e/ou estático, mau funcionamento do sensor magnético e falhas de alinhamento do sistema de referência de controles de voo. (A-10-37).

Incorporar elementos de treinamento sobre displays de voo primários eletrônicos em seus materiais de treinamento e requisitos de conhecimento aeronáutico para todos os pilotos. (A-10-38).

Incorporar elementos de treinamento sobre displays de voos primários eletrônicos em seus requisitos iniciais e recorrentes de proficiência de voo para pilotos de aeronaves certificadas do Código de Regulamentação 14 CFR Part 23 equipadas com os sistemas que abordam variações na concepção e operação de tais telas. (A-10-39).

Desenvolver e publicar orientações para o uso de simuladores de exibição de aviônica específicos dos equipamentos e dispositivos de treinamento que não atendam à definição de dispositivos de treinamento de simulação de voo prescritos no 14 CFR Part 60 para apoiar os requisitos de treinamento de piloto específicos do equipamento. (A-10-40).

Informar aos técnicos de manutenção de aeronaves e aviônicos sobre o papel crítico dos relatórios de notificação de dificuldades em serviço envolvendo falhas ou defeitos associados aos sistemas de controle e navegação e controle eletrônicos primários em aeronaves certificadas pelo 14 CFR Part 23 usadas em operações de aviação geral. (A-10-41).

Comentários finais da AESV

A decisão de traduzir e comentar este Estudo de Segurança de Voo, elaborado pelo National Transportation Safety Board (NTSB), foi baseada na convicção de que seu conteúdo irá contribuir para fomentar uma ampla discussão sobre este assunto no âmbito da aviação geral, no BGAST, nas Universidades, nos Centros de Treinamento e nas Escolas de Aviação Civil do Brasil. O CENIPA estimula a continuidade das pesquisas voltadas para o conteúdo do Estudo apresentado.

No âmbito da Autoridade de Investigação SIPAER, espera-se que o trabalho proporcione um incremento no conhecimento dos investigadores, permitindo uma adequada análise e definição dos fatores contribuintes de uma ocorrência aeronáutica com este modelo de aeronave.

No âmbito da Autoridade de Aviação Civil, espera-se que sua leitura permita adequar a futura regulamentação à realidade da operação de aeronaves de pequeno porte com display eletrônico digital.

Finalmente, ao publicar este trabalho, o CENIPA acredita estar contribuindo para a prevenção de novos acidentes e a realização de voos cada vez mais seguros.

