# JULGAMENTO DE PILOTAGEM, PROCESSO DECISÓRIO E INDISCIPLINA DE VOO: UMA ANÁLISE CORRELACIONAL DO QUE LEVA TRIPULAÇÕES A ERROS

***PILOTING JUDGEMENT, DECISION-MAKING PROCESS AND FLIGHT INDISCIPLINE: A CORRELATIONAL ANALYSIS OF WHAT LEADS FLIGHT CREWS TO ERRORS***

Victor Martins Vieira1 Humberto César Machado2

**RESUMO:** O presente artigo aborda a temática dos lapsos de performance de tripulações de voo relacionadas ao elemento humano da operação, especificamente nos aspectos operacionais e psicológicos associados à tomada de decisão, sob a forma de falhas no julgamento de pilotagem, no processo decisório, bem como à presença de indisciplina de voo, que figuram entre os mais recorrentes fatores humanos contribuintes em acidentes aeronáuticos. O principal objetivo do trabalho foi verificar a existência de correlações entre fatores contribuintes que denotem condições latentes nos diferentes segmentos da aviação civil, a fim de prover um melhor direcionamento aos esforços de prevenção e manutenção da segurança em operações aeronáuticas. Para tal, foram empregados métodos de revisão bibliográfica e análise estatística, com o auxílio de ferramentas computacionais, que apontaram a existência de dez correlações caracterizadas, estatisticamente, como fortes e relevantes, sendo: uma no segmento da aviação privada (entre os fatores contribuintes clima organizacional e liderança), duas na aviação de instrução (entre cultura do grupo de trabalho e organização do trabalho, e entre cultura do grupo de trabalho e processos organizacionais), cinco na aviação de táxi aéreo (ocorrendo entre os fatores coordenação de cabine e dinâmica de equipe; entre estado emocional e atenção; entre organização do trabalho e dinâmica de equipe; entre cultura organizacional e motivação; e entre instrução e formação, capacitação e treinamento) e duas na aviação policial (entre atitude e formação capacitação e treinamento; e cultura do grupo de trabalho e planejamento de voo).

# PALAVRAS-CHAVE: Fator humano; fatores contribuintes; correlação; segurança; aviação.

***ABSTRACT:*** The present article addresses the thematic of flight crew performance lapses related to the human element of the operation, specifically in the operational and psychological aspects associated with decision making, in the form of flaws in pilot judgement, in the decision-making process, as well as in the presence of flight indiscipline; those being amongst the most recurring human factors contributors to

1 Acadêmico do curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás); e-mail: victor011195@gmail.com.

2 Pós Doutor em Psicologia pela PUC Goiás (2016); Doutor em Psicologia pela PUC Goiás (2013); Mestre em Psicologia pela PUC Goiás (2006), Especialista em História pela Universidade Federal de Goiás - UFG (2002), Graduado em Filosofia pela UFG (1996), Graduado em Pedagogia pela ISCECAP (2018), Elemento Credenciado Fatores Humanos e Prevenção de Acidentes Aéreos pelo CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos), Professor Coreógrafo e Dançarino de Salão; Membro do Comitê de Ética e Pesquisa e Professor da Faculdade Alfredo Nasser - UNIFAN e professor da PUC Goiás. E-mail: cesarmachado@pucgoias.edu.br.

aeronautical accidents. This paper’s main goal was to verify the existence of correlations between contributing factors that denote latent conditions in different segments of civil aviation in order to better direct the prevention and safety management efforts in aeronautical operations. To that end, methods of bibliographical and statistics analysis, with the aid of computational tools, where employed, pointing to the existence of ten correlations statistically characterized as strong and significant, being: one in the private aviation segment (between the contributing factors organizational mood and leadership), two in instruction aviation (between workgroup culture and work organization, and between workgroup culture and organizational processes), five in air taxi aviation (occurring between the factors cabin coordination and team dynamics, between emotional state and attention, between work organization and team dynamics, between organizational culture and motivation, and between instruction and training and capacitation), and two in police aviation (between attitude and capacitation and training, and between workgroup culture and flight planning).

***KEYWORDS: Human factor, contributing factors, correlation, safety, aviation.***

# INTRODUÇÃO

Segundo dados estatísticos (SANTOS, ALMEIDA, FARIAS, et al., 2018; SIPAER, 2020), o fator humano, em suas várias subdivisões, mas especialmente aquelas relacionadas à performance das tripulações de voo, constituem, atualmente, os principais fatores contribuintes para a consumação de acidentes e incidentes no meio aeronáutico brasileiro. Este quadro, por sua vez, representa uma condição desfavorável à manutenção da segurança do voo no espaço aéreo brasileiro, devendo ser investigado e mitigado, na medida do possível.

Uma vez que todos os brasileiros habilitados a operar aeronaves sobre o território nacional são treinados para lidar com as exigências, condições e particularidades inerentes à atividade do voo, conforme o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) número 61 (ANAC, 2020), levanta-se a questão do porquê, apesar do treinamento, pilotos com níveis de experiência e áreas de atuação diversas continuam a incorrer em erros de julgamento de pilotagem, tomada de decisão e indisciplina de voo, resultando em acidentes aeronáuticos; bem como a forma como os fatores contribuintes se associam de forma mais recorrente de modo a favorecer a ocorrência de tais acidentes, muitas vezes similares (REASON, 2016).

A fim de responder à problemática acima exposta, será realizada uma análise estatística de cunho quantitativo de relatórios de investigações de acidentes aeronáuticos ocorridos no período entre 2009 e 2019, disponibilizados pelo Sistema

de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER). Para tal, foram empregadas ferramentas computacionais a partir da linguagem de programação CPython e módulos de código aberto: na coleta, por meio de *web crawling*, *web scraping* (Selenium), bem como processamento de linguagem natural (Spacy), e na análise dos dados, a partir da utilização de módulos estatísticos (Pandas e SciPy). Para contextualizar a temática e apoiar as relações estabelecidas pela análise estatística, será feito uso de técnicas de revisão bibliográfica (AMARAL FILHO, et al., 2019).

Espera-se, com a execução e conclusão deste trabalho, verificar, a partir de métodos estatísticos, a existência de padrões nos perfis de aeronautas envolvidos em acidentes aeronáuticos envolvendo lapsos de julgamento de pilotagem, processo decisório, bem como a disciplina da tripulação de voo, e a existência de correlações entre fatores contribuintes que indiquem a existência de condições em seus ambientes e condições de trabalho que propiciem a consumação deste subconjunto de acidentes aeronáuticos.

O objetivo é, a partir dos resultados obtidos, identificar condições latentes (REASON, 1997) comuns aos principais segmentos da aviação civil brasileira a fim de contribuir para um melhor direcionamento dos esforços de prevenção (ICAO, 2013), seja por parte de sistemas mais abrangentes, como o SIPAER, ou mais localizados, como sistemas de gerenciamento de segurança operacional de prestadores de serviços aeronáuticos.

Para manter a organização lógica do artigo, além desta introdução, este fora dividido em quatro seções: uma seção que aborda a historicidade dos fatores humanos da segurança operacional e da investigação de acidentes no meio aeronáutico; uma que contextualiza os fatores humanos e operacionais atualmente; outra onde é abordada a análise estatística, em que que são apontadas as correlações encontradas (entre a experiência dos pilotos em comando e a probabilidade de se envolver em acidentes, e entre fatores contribuintes por segmentos, sendo uma na aviação privada, duas na aviação de instrução, cinco na aviação de táxi-aéreo e duas na aviação policial) e, por fim; uma seção com as considerações finais.

# HISTÓRICO DO ESTUDO DOS FATORES HUMANOS E OPERACIONAIS

Antes de adentrar nos resultados apresentados pelas ferramentas empregadas para assegurar a segurança operacional na aviação civil brasileira e posteriormente analisá-los, convém apresentar um pouco da evolução dos estudos dos fatores humanos na aviação, do desenvolvimento de sistemas de segurança operacional e da investigação de acidentes e incidentes aeronáuticos no Brasil, que não apenas proveem um arcabouço teórico, mas cujos resultados possibilitam a execução de trabalhos como este.

# Histórico dos fatores humanos na aviação

Fatores humanos podem ser definidos como os estudos das interações entre seres humanos e suas ferramentas, equipamentos, habitações, eletrodomésticos, conveniências, veículos e sistemas que eles projetam, criam, fabricam, usam, operam, mantém e treinam para utilizar. Ademais, enquanto disciplina, os estudos de fatores humanos contemplam a interação entre seres humanos e o ambiente no qual tais objetos e sistemas serão utilizados, seja o ambiente natural ou organizacional (ALKOV, 1997; ICAO, 1998; CÉSAR MACHADO e CAMPOS, 2014).

Os estudos dos fatores humanos também abrangem fatores inerentes aos seres humanos com o potencial de influenciar, positiva ou negativamente, suas interações com equipamentos e o meio em que estão inseridos, uma vez que afetam a performance humana, tais como: saúde, medicação, atitudes, personalidades, processos decisórios, memória, estresse, fadiga, dentre outros. (ALKOV, 1997).

Enquanto ciência, os estudos de fatores humanos estão profundamente associados à aviação. Os primeiros trabalhos identificáveis nas áreas de projetos de equipamentos e performance humana datam da 2ª Guerra Mundial (1939-1945), tendo por objetivo eliminar acidentes relacionados ao projeto e disposição da cabine, bem como à performance dos aeronautas (ALKOV, 1997).

A 2ª Guerra Mundial constitui um marco nos estudos desta área: grande parte das pesquisas pioneiras no âmbito de fatores humanos e ergonomia foram conduzidas para prover vantagens táticas e operacionais aos respectivos países em que eram conduzidas. Nesses esforços, a relação homem-máquina foi profundamente estudada, bem como os efeitos do estresse e da fadiga experimentadas pelas tripulações, principalmente na aviação militar de caça (ALKOV, 1997).

No período que sucedeu a 2ª Guerra Mundial, foram feitos avanços consideráveis nos projetos de controles, mostradores e instrumentos. Estudos foram realizados abordando erros da tripulação devido à má interpretação dos instrumentos; também foram feitos estudos envolvendo as tarefas desenvolvidas pelos pilotos enquanto mantinham a atitude e direção de aeronaves, gerenciavam o tempo das missões e interagiam com sistemas mecânicos (ALKOV, 1997).

Com os avanços realizados nos estudos de fatores humanos, novos conceitos de interação do homem no meio aeronáutico foram desenvolvidos. Esses esforços foram liderados pelo pioneiro modelo SHELL (*Software, Hardware, Environment, Liveware* e *Liveware*), proposto pelo professor Elwyn Edwards. Neste modelo, o ser humano é colocado no centro de todas as operações, realizando interfaces (ainda que imperfeitas) entre si e as políticas que norteiam e regulam suas atividades, com os equipamentos que opera, aeronaves e instalações que utiliza, com o ambiente natural e organizacional em que está inserido e com outros seres humanos (ALKOV, 1997; CAA, 2002; ICAO, 1998; ICAO, 2013).

# Breve histórico da segurança operacional

Segundo os manuais disponibilizados pela Organização Internacional da Aviação Civil (ICAO), o progresso histórico da segurança operacional na aviação pode ser dividido em três períodos, definidos principalmente pela mudança de foco dos estudos e investigações acerca das falhas percebidas nas atividades aeronáuticas: a “era técnica”, a “era dos fatores humanos” e a “era organizacional” (ICAO, 2013).

Durante a “era técnica”, que se estendeu do início do século XX até o fim da década de 1960, a aviação emergiu como uma forma de transporte na qual as principais falhas estavam inicialmente associadas a fatores técnicos e falhas tecnológicas. Portanto, o foco dos esforços de manutenção da segurança foi colocado na investigação e melhoria de fatores técnicos (ICAO, 2013).

Até a década de 50, várias melhorias tecnológicas no processo de fabricação e manutenção de aeronaves, motores e equipamentos levaram a uma gradual melhora na qualidade dos produtos da indústria aeronáutica e, consequentemente, à uma diminuição na frequência de acidentes, e o escopo da segurança operacional foi aumentado, de forma a englobar as conformidades regulamentares e a supervisão (ICAO, 2013).

Durante a “era dos fatores humanos”, que compreende o período entre a década de 70 até meados da década de 90, a frequência de acidentes aeronáuticos foi significantemente reduzida devido a grandes avanços tecnológicos e melhorias na regulamentação e legislação da área de segurança. O foco dos esforços foi, então, estendido, de forma a incluir problemas relacionados à atuação do ser humano enquanto operador de aeronaves, incluindo a interface homem-máquina (ICAO, 2013).

Apesar do investimento de recursos na mitigação de erros já conhecidos, a performance humana continuou sendo citada como um fator contribuinte recorrente em acidentes aeronáuticos. Até então, a aplicação dos estudos na área tendia a focar exclusivamente no indivíduo, sem compreender completamente os contextos operacional e organizacional nos quais este se inseria (ICAO, 2013).

Apenas no início da década de 90 foi reconhecido que os indivíduos operam em ambientes complexos, que incluem múltiplos fatores com o potencial de afetar seus respectivos comportamentos e performances. A partir do desenvolvimento de modelos como o SHELL e após vários estudos acerca da falibilidade, foram lançados, então, os fundamentos para o desenvolvimento da “era organizacional” (ICAO, 2013).

Na “era organizacional”, que compreende meados da década de 90 até os dias atuais, a segurança passou a ser vista de uma perspectiva sistêmica, com o intuito de englobar, além de fatores técnicos e humanos, os fatores organizacionais. Considerando o impacto da cultura e das políticas organizacionais na eficiência das formas de controle do risco operacional, fora introduzido o conceito de “acidente organizacional” (ICAO, 2013; REASON, 1997).

Essa abordagem, por sua vez, baseia-se na coleta rotineira de dados usando metodologias proativas e reativas para alimentar sistemas de gerenciamento de segurança operacional e, a partir destes, monitorar riscos conhecidos e detectar problemas emergentes, de forma a prevenir sua recorrência e mitigar suas consequências (ICAO, 2013; REASON, 1997).

Durante a evolução na investigação de acidentes aeronáuticos, também fora percebido que esses acidentes contavam com a colaboração de mais de um fator contribuinte, ao invés de causas isoladas, o que levou à criação de modelos como a “corrente de erros” e o “queijo suíço”, propostos por James Reason (1997). Essa concepção revolucionou conceitos de prevenção, bem como a forma como eram conduzidas as investigações de acidentes aeronáuticos (REASON, 2016).

# A investigação de acidentes aeronáuticos no Brasil

A primeira fatalidade envolvendo a atividade da aviação em domínios brasileiros ocorreu em Realengo, no Rio de Janeiro, em 20 de maio de 1908, envolvendo um balão aerostático operado pelo, então Tenente, Juventino Fernandes da Fonseca. Até então, o Brasil não contava com formas pré-estabelecidas e regulamentadas de investigar acidentes aeronáuticos (LAVENÈRE-WANDERLEY, 1978).

Em 1927, como a maior parte da aviação brasileira era praticada sob a tutela das forças armadas, mais especificamente pelo exército e pela marinha, foram criados o inquérito de acidente aeronáutico (para a aviação militar) e o inquérito policial militar (para a aviação naval). Embora as técnicas investigativas da época não fossem tão modernas e eficientes quanto as atuais, ambos inquéritos possuíam a mesma finalidade: investigar as causas que levaram ao acidente e responsabilizar os culpados (MARCONDES, 2016).

Em 1941, já após a criação do Ministério da Aeronáutica, foram abandonados os inquéritos de acidente aeronáutico e o policial militar e adotado o Inquérito Técnico Sumário. Apesar da nomenclatura diferenciada e da unificação da investigação de acidentes aeronáuticos pela Força Aérea Brasileira, o propósito do inquérito permaneceu o mesmo: identificar as causas que levaram ao acidente e responsabilizar os culpados (MARCONDES, 2016).

Após a elaboração da primeira edição do anexo 13 à Convenção Internacional de Aviação Civil de Chicago pela Organização de Aviação Civil Internacional (ICAO, 2010), da qual o Brasil participou e cujos anexos foram ratificados em junho de 1945, em 1951 fora criado o então Serviço de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, SIPAER, que posteriormente deixaria de ser classificado e denominado como serviço e passaria a constituir todo um Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (MARCONDES, 2016).

Em 1966, as autoridades responsáveis pelo SIPAER perceberam que as normas rígidas, juntamente com a identificação sumária de responsabilidades, que comumente levavam a punições e relações jurídicas litigiosas, constituíam um prejuízo à atividade da prevenção de acidentes aeronáuticos, pois desestimulavam a cooperação dos aeronautas envolvidos. No mesmo ano, fora adotado o conceito de

investigação de acidente aeronáutico em detrimento do inquérito técnico sumário (MARCONDES, 2016).

O novo conceito buscava não mais responsabilizar culpados, mas identificar os fatores que contribuíram para a consumação do acidente a fim de promover a prevenção de acidentes aeronáuticos e, ao mesmo tempo, preservar recursos humanos e materiais, tendo como objetivo maior o progresso da aviação brasileira. (MARCONDES, 2016)

Atualmente, o modelo de investigação do SIPAER segue o mesmo padrão estabelecido em 1966 (buscando fatores contribuintes para os acidentes aeronáuticos, ao invés de causas isoladas, sem atribuir dolo ou culpa aos envolvidos) e está regulamentado pela lei Nº 12.970 (BRASIL, 2014), de 8 de maio de 2014; que regulamenta e institui no Brasil o que fora estabelecido na versão mais atual do Anexo 13 à Convenção Internacional de Aviação Civil, que trata da investigação de acidentes e incidentes aeronáuticos (ICAO, 2010).

# FATORES HUMANOS E OPERACIONAIS – TRIPULAÇÃO – NA ATUALIDADE

Embora os dados históricos possam dar a entender que a contribuição dos fatores humanos e do desempenho técnico do ser humano enquanto tripulante de voo seja algo restrito ao histórico da temática, a última coleção de sumários estatísticos publicados pelo Centro Nacional de Investigação e Prevenção de Acidentes (CENIPA) mostra o contrário. Além de ter havido um aumento perceptível no número de acidentes no período entre 2008 e 2017, especialmente entre 2008 e 2012, tanto para aviões quanto para helicópteros, as estatísticas mostram que os fatores supracitados continuam figurando entre os principais contribuintes para a consumação de acidentes aeronáuticos (SANTOS, ALMEIDA, FARIAS, *et al*, 2018a; SANTOS, ALMEIDA, FARIAS, *et al*, 2018b).

Em consulta ao Painel SIPAER, plataforma desenvolvida pelo CENIPA para disponibilização, divulgação e visualização de dados obtidos através do desenvolvimento das atividades de investigação e prevenção deste órgão, é possível notar o aumento no número de ocorrências observado anteriormente, entre os anos de 2008 e 2012, com uma subsequente diminuição gradual, até 2018, quando houve um novo aumento, seguido de novas diminuições, o que revela uma natureza cíclica no número de ocorrências ao longo do tempo (SIPAER, 2020).

Apesar da disponibilização de dados e divulgação de resultados e recomendações de segurança a fim de prevenir que acidentes ocorram sob as mesmas circunstâncias, como preconiza o anexo 13 à Convenção Internacional de Aviação Civil (ICAO, 2010) e como um dos pilares sobre os quais se apoia quaisquer sistemas de gerenciamento de segurança operacional (ICAO, 2013), questiona-se o aprendizado e adaptabilidade dos aviadores brasileiros, bem como sua capacidade de aderir a uma cultura de segurança operacional, uma vez que parte significativa dos acidentes guardam entre si uma notável similaridade, levando à conclusão que o contexto da aviação brasileira permanece falho, e situações similares continuaram a levar pessoas diferentes a incorrerem em erros similares, como proposto por Reason (2016).

Observando os dados disponibilizados pelo SIPAER, bem como diversos relatórios finais de investigações de acidentes, é possível perceber não apenas a similaridade entre parte dos acidentes, mas também a recorrência de alguns dos fatores contribuintes, especialmente aqueles que dizem respeito ao desempenho técnico da tripulação de voo e ao aspecto psicológico desses tripulantes. Dentre estes, destacam-se: julgamentos de pilotagem falhos, indisciplina de voo e falhas no processo decisório (SANTOS, ALMEIDA, FARIAS, et al., 2018a; SANTOS, ALMEIDA, FARIAS, et al., 2018b; SIPAER, 2020).

O julgamento de pilotagem, fator contribuinte relativo ao desempenho técnico da tripulação de voo que descreve uma situação onde um piloto, devidamente qualificado a operar a aeronave envolvida em uma ocorrência, avalia de forma inadequada determinados parâmetros relacionados à aeronave em questão (SANTOS, ALMEIDA, FARIAS, et al, 2018a; SANTOS, ALMEIDA, FARIAS, et al,

2018b; SIPAER, 2020), figurou em 453 (47,23%) das 959 investigações de acidentes concluídas por membros operacionais do SIPAER no período entre 2008 e 2019, sendo o fator contribuinte mais recorrente a ser constatado nessas investigações, apesar de todos os esforços de divulgação e conscientização (SANTOS, ALMEIDA, FARIAS, *et al*, 2018a; SANTOS, ALMEIDA, FARIAS, *et al*, 2018b; SIPAER, 2020).

Mais um fator contribuinte relativo ao desempenho técnico da tripulação de voo que aparece com certa recorrência e representa um problema maior, especialmente na formação de pilotos, devido à sua característica intencional, é a indisciplina de voo, que caracteriza uma violação, por parte do piloto, de normas e regulamentos ou, ainda, regras de tráfego aéreo, incluindo autorizações emitidas por

órgãos de controle de tráfego aéreo, sem que haja um motivo que justifique esse tipo de ação (SANTOS, ALMEIDA, FARIAS, et al, 2018a; SANTOS, ALMEIDA, FARIAS,

et al, 2018b; SIPAER, 2020). Violações dessa natureza foram verificadas em 152 (15,84%) das 959 investigações de acidentes aeronáuticos concluídas entre 2008 e 2019 por membros operacionais do SIPAER (SANTOS, ALMEIDA, FARIAS, *et al*, 2018a; SANTOS, ALMEIDA, FARIAS, *et al*, 2018b; SIPAER, 2020).

Outro fator contribuinte relativo ao aspecto psicológico do fator humano da tripulação de voo que também se destaca por sua recorrência é o Processo decisório, que descreve uma situação onde a tripulação de voo encontra dificuldades em perceber, analisar, escolher alternativas e agir adequadamente. Tais dificuldades podem originar-se de uma tomada de decisões errônea, demorada ou prematura, julgamentos inadequados, situação de indecisão ou vieses (SANTOS, ALMEIDA, FARIAS, et al, 2018a; SANTOS, ALMEIDA, FARIAS, et al, 2018b; SIPAER, 2020),

sendo listado como um dos fatores contribuintes em 149 (15,53%) das 959 investigações de acidentes aeronáuticos concluídas por membros operacionais do SIPAER entre 2008 e 2019 (SANTOS, ALMEIDA, FARIAS, *et al*, 2018a; SANTOS, ALMEIDA, FARIAS, *et al*, 2018b; SIPAER, 2020).

Tendo em vista a recorrência e a significância dos fatores contribuintes supracitados, percebe-se a necessidade tanto de estudar essas causas isoladas como estudá-las de forma sistêmica, onde cada contribuinte constitui um elo em uma corrente de causas, se relacionando uns com os outros e levando à ocorrência de erros que, por sua vez, podem levar a resultados que variam desde a instauração de condições perigosas em voo à perda de vidas, em casos mais extremos (REASON, 1997).

# ANÁLISE CORRELACIONAL DE FATORES CONTRIBUINTES

Partindo da importância dos fatores contribuintes mencionados no item anterior (julgamento de pilotagem, processo decisório e indisciplina de voo), propõe- se, nos subitens a seguir, uma análise quantitativa de relatórios finais de investigações de acidentes aeronáuticos que tiveram a participação de um destes fatores. Espera- se, a partir desta, revelar padrões nos perfis e comportamentos das tripulações envolvidas, bem como dos ambientes organizacionais onde estes se inserem, com o

objetivo final de prover informações que identifiquem grupos e situações de risco, possibilitando o melhor direcionamento de esforços de prevenção (ICAO, 2013).

# Formação do espaço amostral

A amostra a ser analisada compreende 498 acidentes. Na referida amostra, foram incluídas as investigações de ocorrências classificadas como acidente, cujos trabalhos investigativos foram dados como finalizados pelos órgãos operacionais do SIPAER e onde o julgamento de pilotagem, processo decisório ou indisciplina de voo tenham sido relatados como um dos fatores contribuintes.

Foram excluídas da amostra as investigações de ocorrências classificadas como incidentes ou incidentes graves, casos cujos trabalhos investigativos ainda não haviam sido dados como finalizados, bem como aquelas que não traziam informações acerca dos fatores contribuintes que foram considerados como relevantes para a consumação do acidente aeronáutico.

A amostra incluiu todos os casos que cumpriam com os critérios de inclusão supracitados disponíveis a partir do Painel SIPAER (na época, ocorridos entre 2009 e 2019). A fim de atuar com maior eficiência, todas as informações foram obtidas a partir de técnicas de *web crawling* e *web scraping*, aplicando, para isso, o módulo Selenium para Python em interações com o Painel SIPAER, exceto para as informações de experiência da tripulação de voo, que não se encontravam disponíveis na plataforma. Essas últimas foram inseridas manualmente, a partir dos relatórios finais, com auxílio de processamento de linguagem natural, por meio do módulo Spacy. Os dados obtidos foram, então, tabulados utilizando o módulo Pandas e subsequentemente analisados utilizando os módulos Pandas e SciPy.

A amostra pode ser segmentada pelo tipo de operação realizada quando se consumou a ocorrência aeronáutica, sendo: 199 casos pertencentes à aviação privada, 123 à aviação agrícola, 94 à aviação de instrução, 50 à aviação de táxi aéreo, 10 à aviação especializada, 10 à aviação policial, 6 à aviação não regular, 2 à aviação experimental e 2 à aviação regular.

# Distribuição de experiência dos pilotos em comando envolvidos em acidentes

Na amostra analisada, 191 dos relatórios de investigações (38,35% do total) não disponibilizavam as informações relativas à experiência de voo da tripulação. Entretanto, ao visualizar a distribuição da experiência dos Pilotos em Comando (*Pilot in Command* - PIC)3 (medida em horas de voo) nos demais casos, por meio do histograma a seguir, é possível perceber que não se trata de uma distribuição normal, simétrica, com as maiores frequências tendendo aos valores médios. A maior frequência se concentra nos valores mais baixos de experiência de voo e diminui conforme a experiência dos pilotos aumenta, corroborando a hipótese de que a falta de experiência (contribuinte em 103 dos 498 casos) aumenta a suscetibilidade dos aviadores se envolverem em acidentes aeronáuticos, confirmando as observações feitas por Reason (2016).

**Figura 1:** Histograma da distribuição da experiência dos PICs na amostra (Fonte: O autor)

Em um primeiro momento seria possível atribuir o grande número de casos em que os pilotos em comando possuem pouca experiência de voo à presença do segmento da aviação de instrução na amostra. Entretanto, é possível verificar, por meio dos histogramas separados por segmentos (para aqueles com mais de 10 observações), a seguir, que a distribuição continua similar, com a frequência diminuindo à medida que a experiência de voo dos pilotos aumenta, sendo mais evidente nos segmentos de aviação de instrução e privada. A mesma observação também é válida para as atividades de táxi aéreo e agrícola, embora nestas últimas haja indícios de simetria na distribuição, onde há um aumento na função densidade da distribuição antes de se retomar o comportamento descrito previamente.

3 Para os casos em que o tipo de atividade desenvolvida era a aviação de instrução, o piloto-aluno fora considerado como o piloto em comando.

**Figura 2:** Histogramas comparativos da distribuição da experiência dos pilotos em comando por tipo de operação (Fonte: O autor)

# Análise correlacional dos fatores contribuintes

Esta seção do trabalho faz uma análise correlacional entre os fatores contribuintes, por meio do coeficiente de correlação de Pearson (“Pearson [ρ](https://en.wiktionary.org/wiki/%CF%81)”), levando em consideração, também, a frequência dos dois fatores contribuintes ( “Freq. F1” e “Freq. F2”, respectivamente), a significância desta, por meio do valor-p (“*p*”), e a independência do modelo linear por meio do diagnóstico de Durbin-Watson (“DW”) (MILONE, 2006; AMARAL FILHO, *et al*, 2019).

Para as tabelas contidas nos subitens a seguir, foram omitidas as correlações com grau regular ou inferiores (Pearson [ρ](https://en.wiktionary.org/wiki/%CF%81) < 0.6), segundo a classificação proposta por Amaral Filho *et al* (2019), correlações que não obtiveram níveis satisfatórios de significância (*p* > 0.05) e aquelas cuja independência do modelo linear não atingiram o intervalo não correlacionado para o teste de Durbin-Watson, com base nos intervalos propostos por Savin e White (1977), bem como aquelas onde um dos fatores contribuintes tenham aparecido menos de duas vezes no subconjunto analisado.

* + 1. Aviação Privada

**Tabela 1:** Correlação entre fatores contribuintes na aviação privada

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Fator 1** | **Freq. F1** | **Fator 2** | **Freq. F2** | **Pearson** [**ρ**](https://en.wiktionary.org/wiki/%CF%81) | ***p*** | **DW** |
| Clima organizacional | 4 | Liderança | 2 | 0,704 | *p* < ,001 | 2,021 |
| (Tamanho da amostra) N = 199Intervalo não correlacionado para o teste de Durbin-Watson (5% de relevância) = 1,779 – 2,221 |

Fonte: O autor

No âmbito da aviação privada, fora verificada a existência de uma correlação forte (0,6 ≤ Pearson [ρ](https://en.wiktionary.org/wiki/%CF%81) < 0,9) e extremamente significante (*p* < 0.001) entre os fatores contribuintes clima organizacional e liderança, definidos, respectivamente, como: fatores relacionados a sentimentos de desmotivação, insegurança e percepções de insatisfação na organização, incluindo desinteresse e apatia, podendo chegar a comprometer a saúde física e mental; e como a percepção do indivíduo de uma atuação falha dos gestores que ocupam cargos de liderança dentro da organização ou relação de emprego em que encontra-se inserido (BRASIL, 2017). Esse tipo de relação, especialmente advindo de relações com o empregador na aviação privada, já foi objeto de estudos como o de César Machado e Cintra (2016).

* + 1. Aviação de instrução

**Tabela 2:** Correlação entre fatores contribuintes na aviação de instrução

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Fator 1** | **Freq. F1** | **Fator 2** | **Freq. F2** | **Pearson** [**ρ**](https://en.wiktionary.org/wiki/%CF%81) | ***p*** | **DW** |
| Culturado grupo de trabalho | 4 | Organização do trabalho | 4 | 0,739 | *p* < ,001 | 2,013 |
| Culturado grupo de trabalho | 4 | Processos organizacionais | 9 | 0,648 | *p* < ,001 | 2,000 |
| (Tamanho da amostra) N = 94Intervalo não correlacionado para o teste de Durbin-Watson (5% de relevância) = 1,687 – 2,313 |

Fonte: O autor

No segmento de aviação de instrução, fora encontrada uma correlação forte (0,6 ≤ Pearson [ρ](https://en.wiktionary.org/wiki/%CF%81) < 0,9) e extremamente significante (*p* < 0.001) entre os fatores cultura do grupo de trabalho e organização do trabalho, definidos, respectivamente, como: “Crenças, valores, práticas e regras informais de grupos profissionais que levam a ações ou omissões incompatíveis com a segurança de voo” (BRASIL, 2017, p. 384); e a ineficiência na organização, no contexto do trabalho, levando a prejuízos na

divisão das tarefas, favorecendo o acúmulo de funções, bem como a instauração de prazos e tipos de pressão inadequadas ou carga de trabalho elevada (BRASIL, 2017) Fora encontrada, também, correlação forte (0,6 ≤ Pearson [ρ](https://en.wiktionary.org/wiki/%CF%81) < 0,9) e extremamente significante (*p* < 0.001) entre os fatores cultura do grupo de trabalho (definida anteriormente) e processos organizacionais, definidos como a falta de eficiência na gestão de pessoas e processos, o que inclui o suporte organizacional, levando à falta ou falhas no gerenciamento de recursos humanos ou mesmo no delineamento de procedimentos necessários à manutenção da segurança operacional

(BRASIL, 2017).

* + 1. Aviação de táxi aéreo

**Tabela 3:** Correlação entre fatores contribuintes na aviação de táxi aéreo

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Fator 1** | **Freq. F1** | **Fator 2** | **Freq. F2** | **Pearson** [**ρ**](https://en.wiktionary.org/wiki/%CF%81) | ***p*** | **DW** |
| Coordenação de cabine | 9 | Dinâmica de equipe | 6 | 0,788 | *p* < ,001 | 2,059 |
| Estado Emocional | 5 | Atenção | 7 | 0,634 | *p* < ,001 | 1,941 |
| Organização do trabalho | 6 | Dinâmica de equipe | 6 | 0,621 | *p* < ,001 | 2,036 |
| Cultura organizacional | 11 | Motivação | 7 | 0,621 | *p* < ,001 | 1,728 |
| Instrução | 10 | Capacitação e treinamento | 13 | 0,616 | *p* < ,001 | 1,618 |
| (Tamanho da amostra) N = 50Intervalo não correlacionado para o teste de Durbin-Watson (5% de relevância) = 1,585 – 2,415 |

Fonte: O autor

O segmento da aviação de táxi aéreo foi o setor que apresentou maior número de correlações entre fatores contribuintes. A mais forte [(ρ](https://en.wiktionary.org/wiki/%CF%81) = 0,788) e significante (*p* < 0,001) delas relaciona a coordenação de cabine com a dinâmica de equipe, definidos, respectivamente, como: ineficiência no aproveitamento dos recursos humanos disponíveis à operação da aeronave, devido à distribuição inadequada de tarefas, falha de comunicação ou no relacionamento ou ainda a inobservância de normas operacionais; e a inadequação na interação e colaboração entre os membros da equipe, incluindo conflitos de papéis, ineficiência no gerenciamento de tarefas, falhas na integração da equipe e prejuízos na relação entre líderes e subordinados (BRASIL, 2017)

Fora verificada, também uma correlação forte ([ρ](https://en.wiktionary.org/wiki/%CF%81) = 0,634) e significante (*p* < 0,001) correlação entre os fatores atenção e estado emocional, definidos, respectivamente, como: uma diminuição na capacidade de relacionar uma quantidade

limitada de informações a partir de outras, disponíveis no meio, que resulta na redução da capacidade de responder rapidamente aos estímulos, gerando desatenção, fixação, distração, disfunções no sistema de alerta, bem como lapsos associados a processos automáticos; e a influência exercida por estados emocionais interiores que afetam, de forma negativa, o desempenho do tripulante (BRASIL, 2017).

Foi encontrada uma correlação forte [(ρ](https://en.wiktionary.org/wiki/%CF%81) = 0,621) e significante (*p* < 0,001) entre os fatores organização do trabalho e dinâmica de equipe (já definidos). Além desta, fora verificada uma correlação forte ([ρ](https://en.wiktionary.org/wiki/%CF%81) = 0,621) e significante (*p* < 0,001) entre os fatores cultura organizacional e motivação, definidos, respectivamente, como: percepções coletivas que refletem valores errôneos ou que não se alinham ao propósito da segurança de voo, a exemplo da instituição de regras informais que fragilizam a cultura de segurança; e motivação rebaixada ou elevada, que impelem o indivíduo a uma ação ou à valorização de interesses próprios, sinalizando desajustes na interação do indivíduo com uma dada situação com o potencial de levar a um desempenho operacional inadequado (BRASIL, 2017).

Verificou-se, também, uma correlação forte ([ρ](https://en.wiktionary.org/wiki/%CF%81) = 0,616) e significante (*p* < 0,001) entre os fatores Instrução e capacitação e treinamento, sendo estes definidos, respectivamente, como: quando, por alguma deficiência, a participação em processos prévios de treinamento não conferiu ao tripulante todos os conhecimentos e condições técnicas necessárias ao desempenho da atividade; e a ineficiência dos processos sistematizados que objetivam o aprimoramento de conhecimento, habilidades e atitudes, levando ao desempenho inadequado e rendimento insuficiente no contexto operacional (BRASIL, 2017).

* + 1. Aviação policial

**Tabela 4:** Correlação entre fatores contribuintes na aviação policial

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Fator 1** | **Freq. F1** | **Fator 2** | **Freq. F2** | **Pearson** [**ρ**](https://en.wiktionary.org/wiki/%CF%81) | ***p*** | **DW** |
| Atitude | 4 | Capacitação e treinamento | 5 | 0,817 | ,004 | 2,25 |
| Culturado grupo de trabalho | 4 | Planejamento de voo | 5 | 0,817 | ,004 | 2,60 |
| (Tamanho da amostra) N = 10Intervalo não correlacionado para o teste de Durbin-Watson (5% de relevância) = 1,320 – 2,680 |

Fonte: O autor

A aviação policial foi o segmento que apresentou as correlações mais fortes entre fatores contribuintes ([ρ](https://en.wiktionary.org/wiki/%CF%81) = 0,817), e ainda significantes (*p* < 0,01), apesar do número reduzido de ocorrências. Verificou-se correlação entre os fatores capacitação e treinamento (previamente definido) e atitude, definida como “ações ou omissões, por parte do profissional, que refletem dificuldades na sua forma de pensar, sentir e reagir em seu meio, levando a posturas inadequadas” (BRASIL, 2017, p.383).

A última correlação entre fatores contribuintes encontrada nessa análise também alcançou um coeficiente de correlação forte ([ρ](https://en.wiktionary.org/wiki/%CF%81) = 0,817) e alta significância (*p*

< 0,01) ocorrendo entre os fatores cultura do grupo de trabalho (previamente definido) e o planejamento de voo. Sendo este último definido como uma preparação inadequada realizada por parte do piloto para a realização do voo, incluindo o desconhecimento das condições em rota, das características físicas de aeródromos, da infraestrutura de navegação aérea e, ainda, modificações divulgadas por meio de mensagens padronizadas que impactam a segurança do tráfego aéreo em relação ao voo realizado (BRASIL, 2017). Essa correlação, entretanto, era esperada, devido à natureza urgente das operações realizadas nesse segmento.

# CONCLUSÃO

Tendo realizado este trabalho, e a partir da leitura do grande número de relatórios finais de investigação, foi possível confirmar as asserções de Reason (2016) acerca da falibilidade humana. Uma parte significativa dos acidentes, tendo ocorrido a partir de um conjunto de circunstâncias parecidas, guardam entre si similaridades marcantes, o que coloca em xeque a habilidade da comunidade aeronáutica de aprender com os erros prévios. Observando a recorrência de acidentes, por vezes tão similares, constata-se a relevância da temática, bem como a importância da realização de trabalhos desta natureza.

É possível concluir, também, a partir da análise estatística da experiência das tripulações de voo envolvidas em acidentes aeronáuticos, que pilotos menos experientes tendem a se envolver com maior frequência em acidentes aeronáuticos em que algum lapso de performance no processo de tomada de decisão da tripulação tenha contribuído, bem como em acidentes onde a indisciplina de voo tenha sido percebida. Logo, evidencia-se a necessidade de conscientizar os tripulantes, desde as etapas iniciais de sua formação, como uma medida proativa de prevenção de

acidentes aeronáuticos: alertando para as responsabilidades da atividade, bem como às consequências que lapsos na disciplina, no julgamento de pilotagem e no processo decisório em voo podem exercer.

Como pôde ser visto na análise, tanto no âmbito estatístico quanto bibliográfico, há uma correlação forte e recorrente entre o clima organizacional e os papéis de liderança na aviação que tornam as condições de trabalho da tripulação de voo mais propícias a lapsos de performance, especialmente no processo de tomada de decisões. Sugere-se, portanto, a inclusão de instruções acerca de como atuar sob condições de relações interpessoais adversas, bem como em climas organizacionais desfavoráveis, dentro e fora da cabine de comando, nos cursos de formação dos profissionais compõem tripulações de voo.

No campo da aviação de instrução, foi possível observar que as correlações recorrentes dizem respeito à cultura e processos organizacionais, bem como a organização do trabalho, fatores mais ligados ao modo de atuação dos centros de instrução do que à tripulação em si, mas que ainda exercem influência sobre as decisões e atitudes destes. Vale observar, também, que a agência reguladora recentemente passou a requerer de centros de instrução, além de um sistema de gerenciamento de riscos operacionais, um sistema de garantia de qualidade (BRASIL, 2019), o que pode exercer uma influência positiva sobre a organização do trabalho nessas instituições, mitigando a influência desses fatores nas condições de voo e, consequentemente, reduzindo o número de acidentes onde estes tenham contribuído. Na aviação de táxi aéreo, onde fora verificado o maior número de correlações significativas, constata-se a necessidade de treinamentos que auxiliem os pilotos a trabalharem em equipes, coordenarem os recursos disponíveis na cabine, lidar com condições adversas na organização do trabalho e no clima organizacional, bem como manter a atenção mesmo quando em estados emocionais desfavoráveis. Também se verifica a necessidade de instaurar nos tripulantes a consciência acerca de seu próprio treinamento, de modo que seja possível identificar falhas no seu processo de formação antes que estas possam se manifestar em situações críticas, levando à

consumação de acidentes.

Na aviação policial, onde foram verificadas as correlações mais intensas, mostra-se necessário atentar-se às atitudes dos tripulantes, especialmente durante o treinamento, de forma que problemas neste âmbito não sejam levados adiante, para o ambiente de atuação. Foi verificada uma correlação forte entre a cultura

organizacional e a falta de planejamento adequado do voo, entretanto esta pode ser considerada normal e era esperada, devido à forma de atuação desses profissionais, que decolam o mais rápido possível quando acionados, não havendo tempo para um extenso planejamento do voo. Ainda assim, faz se necessário o estímulo à manutenção da consciência situacional destes profissionais, que devem estar alertas às condições onde poderão vir a operar, por mais dinâmicas que estas possam ser.

Embora as análises estatísticas apresentadas no decorrer deste trabalho representem relações bidirecionais, não suportando, portanto, o estabelecimento de uma relação de causa e efeito entre os fatores contribuintes, foi possível verificar a associação recorrente destes fatores no espaço amostral analisado. De posse dessas informações, crê-se ser possível direcionar esforços que investiguem essas relações de forma mais detalhada e, além disso, empreender ações de prevenção, sobretudo conscientizando os tripulantes, a fim de mitigar os impactos de tais fatores, prevenindo que acidentes similares venham a ocorrer no futuro.

# REFERÊNCIAS

ALKOV, Robert A. **Aviation safety – The human factor.** Wyoming: Endeavor Books, 1997.

AGENCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº61 emenda nº13: Licenças, habilitações e certificados para pilotos.** Disponível em: <https:/[/www.a](http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-)n[ac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-](http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-) 1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-61/@@display-file/arquivo\_norma/RBAC61EMD13.pdf>.

Acesso em 22 out. 2020.

AMARAL FILHO, Waldemar Naves de; *et al*. **Metodologia científica descomplicando.** Goiânia: Conexão Propaganda e Editora, 2019.

BRASIL. Lei n.º 12.970, de 8 de maio de 2014. Altera o Capítulo VI do Título III e o art. 302 e revoga os arts. 89, 91 e 92 da Lei no 7.565, de 19 de dezembro de 1986 - Código Brasileiro de Aeronáutica, para dispor sobre as investigações do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos - SIPAER e o acesso aos destroços de aeronave; e dá outras providências. **Diário Oficial da União.** Brasília, 9 mai. 2014.

 . Ministério da Defesa, Comando da Aeronáutica. **Manual do Comando da Aeronáutica 3-6: Manual de Investigação do SIPAER**. 2017.

 . Resolução nº 514, de 24 de abril de 2019. Aprova o RBAC nº 141, Emenda nº 10 ao RBAC nº 61 e altera as Resoluções nº377, de 15 de março de 2016 e nº 106, de 30 de junho de 2009. **Diário Oficial da União.** Brasília, 29 abr. 2019.

 . Ministério da Defesa, Sistema de Prevenção e Investigação de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER). Painel SIPAER. Disponível em:

<<http://painelsipaer.cenipa.aer.mil.br/>>. Acesso em 10, out. 2020.

CÉSAR MACHADO, H. CAMPOS, P. H. **A representação social do risco de acidente aéreo e da segurança de voo em pilotos comerciais.** Aparecida de Goiânia: Faculdade Alfredo Nasser, 2014.

CÉSAR MACHADO, H.; CINTRA, N. M. A representação social dos aspectos comportamentais e legais na aviação geral. Revista Conexão SIPAER. Brasília: ano 2016 v. 7, n. 1, p.4-12, set/dez. 2016.

CIVIL AVIATION AUTHORITY (CAA). **CAP 719, Fundamental Human Factors Concepts.** Reino Unido: CAA, 2002. Disponível em: <[www.caa.co.uk/CAP719](http://www.caa.co.uk/CAP719)>. Acesso em: 15 set. 2020.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Doc.9683, Human**

**factors training manual.** 1. Ed. Montreal: ICAO, 1998.

#  Annex 13 to the convention on international civil aviation: aircraft accident and incident investigation. Montreal: ICAO, 2010.

 **Doc. 9859, Safety Management Manual.** 3.Ed. Montreal: ICAO, 2013.

LAVENÈRE-WANDERLEY, Nelson Freire. **Efemérides aeronáuticas brasileiras.**

Rio de Janeiro: Editora Gráfica Brasileira, 1978.

MARCONDES, Frederico Alberto. **Diferenças entre a investigação SIPAER e o Inquérito policial.** In: X Seminário Internacional de Segurança de Voo, São Paulo, 2016. **Diferenças entre a investigação SIPAER e o Inquérito policial:** ABRAPHE, 2016.

MILONE, Giuseppe. **Estatística: geral e aplicada.** São Paulo: Thomson Learning, 2006.

REASON, James. **Managing the risks of organizational accidents.** 1. Ed. Estados Unidos: Ashgate, 1997.

 . **Organizational accidents revisited.** Estados Unidos: Ashgate, 2016.

SANTOS, L. C. B.; ALMEIDA, C. A.; FARIAS, J. L.; et al. Aviões - **Sumário Estatístico 2008-2017**. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Brasília. 2018.

SANTOS, L. C. B.; ALMEIDA, C. A.; FARIAS, J. L.; et al. **Helicópteros - Sumário Estatístico 2008-2017**. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Brasília. 2018.

SAVIN, N. E. E WHITE, K. J. The Durbin-Watson test for serial correlation with extreme sample sizes or many regressors*.* **Econometrica**. Estados Unidos: The Econometric Society, vol. 45, n.8, p. 1989-1996, 1977.