



ALÉM DO VOO

PROGRAMADO

O FUTURO DA AVIAÇÃO



Bruno Gutieri Bordoni

E-book

ALÉM DO VOO PROGRAMADO

O futuro da aviação

1ª Edição



AUTOR

Bruno Gutieri Bordoni

DOI: 10.47538/AC-2026.59

ISBN: 978-6-55321-138-4



Ano 2026

E-book

ALÉM DO VOO PROGRAMADO

O futuro da aviação

1ª Edição

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

B724a

Bordoni, Bruno Gutieri

Além do voo programado [recurso eletrônico]: o futuro da aviação / Bruno Gutieri Bordoni. - 1. ed. - Natal [RN] : Amplamente, 2026.
recurso digital

Formato: ebook

Modo de acesso: world wide web

Inclui bibliografia

DOI 10.47538/AC-2026.59

ISBN 978-65-5321-138-4 (recurso eletrônico)

1. Engenharia aeroespacial. 2. Aviação - Pilotagem. 3. Aviação - Pilotagem - Inovações tecnológicas. 4. Livros eletrônicos. I. Título.

26-106363.0

CDD: 629.13252

CDU: 629.73:656.7.071.7



Meri Gleice Rodrigues de Souza - Bibliotecária - CRB-7/6439

Editora Amplamente

Empresarial Amplamente Ltda.

CNPJ: 35.719.570/0001-10

E-mail:

publicacoes@editoraamplamente.com.br

www.editoraamplamente.com

Telefone: (84) 999707-2900

Caixa Postal: 3402

CEP: 59082-971

Natal- Rio Grande do Norte – Brasil

Copyright do Texto © 2026 Os autores

Copyright da Edição © 2026 Editora

Amplamente

Declaração dos autores/ Declaração da

Editora: disponível em:

<https://www.amplamentecursos.com/politicas-editoriais>

Editora-Chefe: Dayana Lúcia Rodrigues de Freitas

Assistentes Editoriais: Caroline Rodrigues de F. Fernandes; Margarete Freitas Baptista

Projeto Gráfico, Edição de Arte e

Diagramação: Luciano Luan Gomes Paiva;

Caroline Rodrigues de F. Fernandes

Capa: Canva®/Freepik®

Parecer e Revisão por pares: Revisores

CONSULTORIA TÉCNICA E REVISÃO

CRÍTICA: Rita de Cássia Soares Duque

Creative Commons. Atribuição-NãoComercial

SemDerivações 4.0 Internacional (CC BY NC ND).



Ano 2026

SUMÁRIO

SOBRE O AUTOR.....	5
AGRADECIMENTOS	7
APRESENTAÇÃO.....	9
PREFÁCIO	11
INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO I	19
O aviador diante do sistema moderno	
CAPÍTULO II.....	26
Quando treinar deixa de ser ensinar	
CAPÍTULO III	40
A base que ninguém revisou	
CAPÍTULO IV	46
Quando a organização deixa de escutar a operação	
CAPÍTULO V.....	52
Quando a máquina assume o comando	
CAPÍTULO VI	61
O aviador que ainda precisamos formar	
CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
REFERÊNCIAS	73
POSFÁCIO	75



Ano 2026

SOBRE O AUTOR

Bruno Gutieri Bordoni nasceu em Santo André, São Paulo, Brasil. É formado em Ciências Aeronáuticas pela Universidade Tuiuti do Paraná (UTP) e possui pós-graduações em Segurança de Voo e Aeronavegabilidade Continuada, pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), e em Engenharia e Operações de Ensaio em Voo, pela Sirius Flight Test (SFT-BR), instituição especializada na formação de profissionais para ensaios em voo.

Sua trajetória na aviação não foi construída por um caminho linear. Antes de se tornar piloto profissional, exerceu diferentes atividades e acumulou experiências que moldaram sua visão sobre trabalho, responsabilidade e perseverança. Atuou em diversas áreas, incluindo vendas, construção civil, serviços de catering, limpeza de aeronaves, despacho operacional e apoio às operações aéreas. Cada uma dessas etapas contribuiu para a formação do profissional que viria a se tornar.

A entrada definitiva na aviação ocorreu por meio de funções operacionais em solo, acompanhada de uma construção gradual de experiências.

Ao longo da carreira, acumulou mais de 10.500 horas de voo e habilitações em aeronaves Embraer, Airbus e Boeing, atuando em operações nacionais e internacionais. Sua experiência inclui aeronaves de pequeno, médio e grande porte, desde operações regionais na Amazônia até voos comerciais de alta complexidade em aeronaves narrow body e wide body. Sua atuação o levou a mais de 50 países, proporcionando contato direto com diferentes ambientes

regulatórios, culturas operacionais e realidades da aviação ao redor do mundo.

Mais do que um percurso técnico, sua trajetória foi marcada pela observação constante dos processos de formação, treinamento e desenvolvimento de pilotos. O interesse por fatores humanos, segurança operacional, tomada de decisão e automação surgiu da prática diária da profissão e da percepção de que a crescente sofisticação tecnológica não elimina a necessidade de interpretação, julgamento e responsabilidade humana.

Além do Voo Programado nasce dessa experiência. O livro reúne reflexões amadurecidas ao longo de anos de operação, treinamento e convivência com profissionais da aviação, tendo como ponto central uma pergunta que acompanha o autor há muito tempo: como preservar a capacidade de compreender, interpretar e decidir em um ambiente cada vez mais sofisticado tecnologicamente?

AGRADECIMENTOS

Nenhuma trajetória é construída sozinho. Este livro também não.

Ao meu filho, por ser uma presença constante mesmo na distância. A aviação ensina cedo que amar também é lidar com ausências, e nem sempre é fácil explicar por que tantos momentos importantes são vividos longe de casa. Obrigado pela compreensão, pela paciência e pelo amor que permanece intacto, independentemente dos quilômetros que nos separam.

Aos instrutores que fizeram parte da minha formação ao longo da vida. Na aviação, cada instrutor deixa algo de si em quem ensina. Carrego comigo conhecimentos, exemplos, correções e experiências que ajudaram a moldar o profissional que me tornei. Da mesma forma, gosto de acreditar que cada encontro também levou consigo um pouco de quem eu sou.

Ao meu amigo Fernando Rabelo Fernandes, pela amizade construída ao longo de mais de quinze anos, pelas incontáveis conversas, pelo compartilhamento generoso de conhecimento, pelas histórias, pelas críticas sinceras e por dedicar seu tempo à leitura, revisão e aprimoramento desta obra. Suas contribuições foram muito além das páginas deste livro.

Aos amigos que estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis. Em diferentes fases da vida, encontrei pessoas que ofereceram apoio, escuta, conselho e força quando seguir em frente parecia mais difícil. A presença de vocês teve valor muito maior do que talvez imaginem.

Por fim, agradeço à aviação. Foi ela que me apresentou desafios, oportunidades, amizades e aprendizados que ultrapassam a cabine de comando. Este livro é resultado de tudo o que vivi, aprendi, questionei e compartilhei ao longo dessa jornada.

Meu sincero obrigado.

Bruno Gutieri Bordoni

APRESENTAÇÃO

Este livro nasce de uma inquietação profissional amadurecida ao longo do tempo. Não se trata de uma obra concebida para exaltar a técnica pela técnica, nem de um relato memorialista sobre trajetórias pessoais na aviação. Seu ponto de partida é mais exigente: a necessidade de pensar a profissão em um momento histórico no qual procedimentos, sistemas e automação se expandem com velocidade superior à reflexão sobre seus efeitos na formação do piloto.

Ao reunir experiência operacional, observação crítica e diálogo com literatura especializada, a obra propõe um exame atento de dimensões que, embora presentes no cotidiano da aviação, nem sempre recebem enfrentamento proporcional à sua importância. Formação inicial, treinamento, cultura institucional, automação e inteligência artificial aparecem aqui não como temas isolados, mas como partes de uma mesma questão de fundo: a necessidade de pensar a profissão em um momento em que a crescente sofisticação dos sistemas pode deslocar, de forma silenciosa, o raciocínio, o processo decisório e a autoridade do piloto dentro da operação.

O leitor não encontrará, nas páginas que seguem, um discurso hostil à tecnologia nem uma defesa nostálgica de um passado idealizado. O horizonte da obra é outro. Interessa compreender o que a aviação ganhou com a padronização e com os avanços técnicos, mas também o que corre o risco de perder quando a conformidade, a estabilidade e a confiança nos sistemas deixam em segundo plano a interpretação, a consciência situacional e a responsabilidade decisória.

Há, neste livro, uma recusa deliberada às respostas fáceis. Questões dessa natureza não se resolvem por oposição simplista entre humano e máquina, experiência e procedimento, tradição e inovação. O que se impõe é leitura mais rigorosa, capaz de reconhecer tensões, ambiguidades e deslocamentos que atravessam hoje o trabalho do piloto e, por extensão, o futuro da própria profissão.

A relevância desta discussão ultrapassa o interesse corporativo ou técnico. Pensar a formação do aviador contemporâneo significa pensar, em última instância, como sistemas críticos preservam sua inteligência prática, como instituições organizam a circulação da dúvida e como profissões altamente reguladas continuam a depender de discernimento humano quando o real excede o previsto. É nesse ponto que a obra se insere e, a partir dele, constrói sua unidade.

Que esta leitura possa provocar reflexão séria, incômodo produtivo e debate qualificado. Não para encerrar a discussão, mas para recolocá-la no nível de profundidade que o presente da aviação já exige.

PREFÁCIO

Em tempos de crescente sofisticação técnica, poucas discussões se mostram tão necessárias quanto aquela que este livro se dispõe a enfrentar. A aviação contemporânea ampliou, de maneira extraordinária, seus níveis de precisão, padronização e automação. Esse avanço, incontestavelmente relevante para a segurança e para a eficiência operacional, também trouxe consigo uma pergunta incômoda, que nem sempre recebe a atenção que merece: quando a operação passa a depender cada vez mais de sistemas automáticos e regras já definidas, como isso impacta a formação do piloto, sua capacidade de julgamento e sua presença ativa na condução do voo?

É justamente nessa zona de tensão que a obra de Bruno Gutieri Bordoni encontra sua força. Sem recorrer à nostalgia fácil, sem hostilidade simplista à tecnologia e sem concessão ao conforto das respostas prontas, o autor conduz o leitor a uma reflexão madura sobre o presente e o futuro da profissão. Sua escrita não nasce de abstrações distantes da prática, mas de uma trajetória profissional marcada por experiência concreta, observação atenta e convivência direta com os ambientes em que essas transformações se tornaram parte da rotina. Esse lastro confere ao livro uma qualidade rara: a capacidade de tratar temas densos com autoridade vivida e, ao mesmo tempo, com abertura intelectual para examiná-los de forma crítica.

O mérito desta obra não está somente no tema que escolhe, mas no modo como o desenvolve. Em vez de reduzir o debate a uma oposição rasa entre homem e máquina, procedimento e

julgamento, passado e futuro, o texto mostra que a questão decisiva é mais profunda. O ponto principal não é questionar a tecnologia nem os procedimentos, mas compreender em que medida a formação do piloto ainda valoriza o julgamento próprio, a percepção da situação, a responsabilidade e a capacidade de tomar decisões quando a realidade foge do previsto. Ao formular o problema nesses termos, o livro evita tanto uma visão fria e excessivamente técnica quanto uma crítica superficial.

Há, ainda, outro aspecto que torna esta leitura particularmente valiosa. O autor não concentra sua atenção em episódios isolados, em figuras individuais ou em acusações pontuais. Seu olhar recai sobre estruturas, culturas, práticas e deslocamentos que, pouco a pouco, vão moldando a profissão. Formação inicial, treinamento, ambiente institucional, automação e inteligência artificial surgem, aqui, como partes de um mesmo campo de análise. Essa escolha dá unidade ao livro e permite que o leitor compreenda a profundidade do problema sem perder de vista sua materialidade.

Ler esta obra, portanto, não significa meramente acompanhar uma reflexão sobre aviação. Significa entrar em contato com uma discussão mais ampla sobre profissões críticas, sistemas complexos e os limites de uma racionalidade que, por vezes, confunde controle com compreensão. O leitor encontrará nestas páginas não um manifesto, mas uma provocação séria, bem construída e intelectualmente honesta. Talvez essa seja sua maior virtude: recolocar no centro do debate uma pergunta que o presente já não permite adiar.

Que este livro encontre, entre pilotos, instrutores, profissionais da segurança operacional e leitores atentos ao futuro da aviação, o espaço de interlocução que seu tema exige. Obras

como esta não oferecem conforto fácil. Oferecem algo mais raro e mais necessário: a oportunidade de pensar melhor aquilo que, por hábito, muitas vezes se aceita sem reflexão suficiente.

INTRODUÇÃO

A aviação contemporânea alcançou elevado grau de sofisticação técnica. Sistemas automatizados, protocolos operacionais, programas de treinamento e doutrinas corporativas passaram a organizar a atividade do piloto com crescente precisão. O ambiente resultante é marcado por padronização, controle e previsibilidade. À primeira vista, esse quadro parece traduzir avanço inequívoco.

De fato, quanto mais refinados os procedimentos, mais consistentes tendem a ser as rotinas. Quanto mais robustos os sistemas de apoio, maior tende a ser a sensação de segurança. Essa relação, porém, não encerra a questão. A experiência prática mostra que a operação real nem sempre coincide plenamente com o cenário previsto.

Há momentos em que o contexto se afasta do modelo, as variáveis se embaralham e o que foi antecipado já não basta para orientar, com clareza, a resposta necessária. Nessas circunstâncias, o manual não decide sozinho. A automação tampouco interpreta por si. O que se impõe é a capacidade humana de perceber, analisar, adaptar e agir com responsabilidade.

É a partir dessa tensão que nasce a inquietação central desta obra. Ao longo dos anos, foi se tornando mais visível uma mudança silenciosa na aviação. Enquanto os sistemas evoluem, cresce também a impressão de que parte da formação contemporânea do piloto tem privilegiado a conformidade procedimental em intensidade superior ao desenvolvimento do raciocínio crítico, da leitura situacional e da maturidade decisória.

A questão não está em rejeitar a padronização, o treinamento ou a tecnologia. Uma leitura assim seria simplista. O ponto central é perguntar se, na busca legítima por operações mais seguras e controladas, não se tem reduzido justamente aquilo que permanece essencial: a capacidade do piloto de interpretar a situação, manter consciência situacional, fazer julgamentos próprios, assumir decisões e agir quando a realidade não se encaixa totalmente no que foi previsto pelo sistema.

Essa preocupação não nasce de abstrações distantes da prática. Ela se forma no contato contínuo com a rotina da aviação, com os treinamentos, com as culturas profissionais e com as conversas de cabine. Também se consolida pela observação de padrões que, com o tempo, deixam de parecer episódicos. O que inicialmente surge como impressão isolada passa a adquirir densidade mais ampla.

Em diferentes contextos, reaparece a percepção de que muitos pilotos são tecnicamente corretos, disciplinados e aptos a cumprir com precisão o que lhes foi ensinado. Nem sempre, contudo, são estimulados com a mesma intensidade a pensar para além do procedimento. Nem sempre são chamados a interpretar com profundidade situações complexas ou a sustentar, com segurança, uma decisão quando o cenário exige mais do que a aplicação automática do previsto.

Não se trata de atribuir o problema a falhas individuais tomadas como origem autônoma de tudo. O que interessa é o sistema que forma, treina, avalia, corrige e, em certa medida, modela esse profissional. Quando determinados padrões se repetem, a análise já não pode permanecer restrita ao plano da conduta isolada.

Ela precisa alcançar a estrutura que torna tais padrões possíveis e, por vezes, normais.

Nessa mesma linha, o treinamento ocupa lugar decisivo. Em sua melhor expressão, deveria constituir espaço de amadurecimento técnico, reflexão crítica e ampliação de repertório operacional. Nem sempre, porém, é assim que se apresenta. Há contextos em que a experiência pedagógica perde densidade e cede lugar a ambientes excessivamente hierarquizados, pouco abertos ao questionamento e mais comprometidos com validação de autoridade do que com formação efetiva.

Quando isso ocorre, o treinamento deixa de ser ocasião privilegiada de crescimento profissional. Passa a operar sob lógica mais estreita, na qual o piloto aprende, antes de tudo, a não errar diante de quem o observa. Aprende menos a compreender a complexidade do que faz. O efeito não é banal, porque altera o sentido formativo de uma etapa central da vida profissional.

O problema, contudo, não começa nem termina na sala de treinamento. Ele também alcança a base da formação. A entrada precoce de aviadores pouco experientes em funções instrucionais, pressionada por exigências de mercado e trajetórias aceleradas de progressão, tende a produzir efeito cumulativo. Lacunas de experiência, visão operacional restrita e maturação incompleta podem ser reproduzidas desde os estágios iniciais da carreira.

Aquilo que mais tarde aparece como limitação de leitura situacional ou dificuldade de adaptação pode, em muitos casos, ter raízes bem anteriores ao ambiente da linha aérea. Por isso, compreender o presente da profissão exige olhar também para sua base. Sem esse retorno, o debate tende a tratar como evento tardio aquilo que, na verdade, vem sendo gestado há mais tempo.

A esse quadro se soma outro elemento incontornável: o avanço da automação e, mais recentemente, da inteligência artificial. Longe de simplificar a discussão, esse avanço a torna ainda mais exigente. Já não basta perguntar se a tecnologia ampliou a segurança e a eficiência operacional. A questão mais delicada é outra: que tipo de relação está sendo construída entre o ser humano e sistemas cada vez mais sofisticados de apoio, monitoramento e decisão?

Quanto mais complexas se tornam essas tecnologias, menos plausível parece a ideia de desaparecimento do papel humano. O que ocorre, na verdade, é um deslocamento. O piloto deixa de executar certas tarefas, mas continua responsável por interpretar o conjunto, reconhecer limites, desconfiar do automatismo excessivo e responder quando a lógica do sistema não coincide plenamente com a lógica da situação concreta.

É nesse cenário que este livro se insere. Sua proposta não é combater a tecnologia, rejeitar manuais ou idealizar um passado romântico da aviação. Também não é atacar empresas, instrutores ou profissionais específicos. O que se busca é examinar, com honestidade intelectual, como a formação do piloto, os ambientes de treinamento, a cultura organizacional e a expansão da automação vêm reconfigurando o lugar do ser humano na segurança operacional.

A pergunta que atravessa a obra é simples na forma, mas ampla em suas implicações: que tipo de piloto está sendo formado em uma aviação que se torna, a cada ano, mais automatizada, mais procedimental e mais dependente de sistemas? Essa indagação conduz o percurso inteiro do livro. Organiza os capítulos e oferece unidade ao debate.

Essa questão será observada por ângulos diferentes. Será necessário compreender o deslocamento gradual do avião de uma posição mais centrada em interpretação e responsabilidade para outra fortemente condicionada ao cenário previsto. Também será preciso examinar o que ocorre quando treinar deixa de significar, em sentido pleno, ensinar.

A reflexão recuará à formação inicial, buscando compreender como certas fragilidades da base se prolongam silenciosamente na vida profissional. Também ganhará relevo a cultura que desencoraja perguntas, restringe o questionamento e produz silêncio justamente onde a segurança exigiria lucidez e abertura. A discussão avançará, então, para a automação, a inteligência artificial e os limites da confiança depositada em sistemas técnicos.

Este não é um livro de respostas definitivas. Em um campo tão sensível, complexo e dinâmico, a promessa de conclusões finais diria menos sobre rigor e mais sobre simplificação. A intenção é outra. O que se pretende é sustentar uma conversa necessária sobre formação, responsabilidade, tecnologia e futuro, sem ceder ao conforto de oposições fáceis.

A aviação pode dispor de máquinas extraordinárias, sistemas refinados e protocolos cada vez mais consistentes. Ainda assim, haverá momentos em que a diferença entre cumprir e compreender continuará delimitando uma de suas fronteiras mais exigentes. É nessa fronteira que este livro decide permanecer.

CAPÍTULO I

O aviador diante do sistema moderno

Há mudanças profissionais que não se anunciam por ruptura visível. Instalam-se gradualmente, legitimadas pela linguagem da eficiência, pela força da padronização e pela promessa de maior controle sobre a operação. Na aviação, uma dessas mudanças alcança o núcleo da atuação do piloto.

Não se trata da perda formal de sua função, nem da eliminação explícita de sua autoridade. O que se observa é um deslocamento mais sutil: a passagem de uma atuação marcada pela interpretação do cenário e pela responsabilidade decisória para outra progressivamente orientada pela conformidade ao que já foi previsto, normatizado e estruturado em procedimentos.

A padronização, por si mesma, não constitui problema. Em sistemas complexos, ela reduz variabilidades desnecessárias e favorece consistência operacional. Como argumenta James Reason, em *Human Error* (1990), sistemas de alta confiabilidade dependem de estruturas organizadas e previsíveis para mitigar erros e limitar suas consequências. O ponto sensível não está na existência dos procedimentos, mas no modo como eles passam a ocupar o espaço da decisão.

Quando o procedimento deixa de atuar como referência e passa a ser interpretado como resposta suficiente, modifica-se o equilíbrio das competências exigidas do piloto.

A operação real nem sempre coincide integralmente com o cenário previsto. Há situações em que as variáveis que sustentavam

o planejamento inicial deixam de se comportar como esperado, os sinais tornam-se ambíguos e o modelo previamente estabelecido já não oferece, sozinho, a resposta necessária. Nessas circunstâncias, a diferença entre executar corretamente e compreender o que ocorre deixa de ser abstrata e passa a ter consequência operacional.

Historicamente, a prática do piloto esteve associada a um conjunto de capacidades que ultrapassavam a execução técnica. Pilotar implicava interpretar o ambiente, reconhecer desvios e responder a condições que nem sempre eram totalmente antecipáveis. Como destaca Sidney Dekker, em *The Field Guide to Understanding 'Human Error'* (2014), a segurança em sistemas complexos não depende apenas da ausência de erros, mas da capacidade dos operadores de se adaptarem às variações inevitáveis da realidade. Essa capacidade não só permanece necessária, como essencial.

O que muda é o peso relativo das competências que passam a ser continuamente reforçadas. À medida que o ambiente de formação e operação valoriza predominantemente a aderência a rotina operacional prevista, consolida-se uma representação implícita de excelência baseada na conformidade. O piloto passa a ser reconhecido, sobretudo, pela precisão com que executa o que foi previamente definido.

Esse movimento não elimina a necessidade de julgamento, mas pode reduzir o espaço em que ele é efetivamente exercido. Essa mudança torna-se mais evidente quando a realidade deixa de coincidir com o modelo.

Considere uma aproximação sob condições meteorológicas instáveis, com variações rápidas e presença de condições adversas no setor de arremetida. A tripulação encontra-se com combustível

dentro do planejamento, mas com margem limitada para prolongar a permanência na área.

Nesse cenário, a carga de trabalho aumenta e a necessidade de antecipação se intensifica. Procedimentos se acumulam, e a operação passa a exigir constante adaptação.

Existem referências claras para a fase final de aproximação. É mandatório que a aeronave esteja estabilizada, com velocidade e configuração dentro dos limites definidos. Caso esses parâmetros não sejam atendidos, a conduta estabelecida é direta: arremeter.

Ainda assim, a decisão operacional exige leitura do conjunto, sem perder de vista os critérios obrigatórios que preservam a segurança do voo

Ela integra a leitura do cenário como um todo: a evolução das condições meteorológicas, o risco associado ao setor de arremetida, a limitação de combustível e as condições reais de continuidade da operação. Na leitura construída pela tripulação naquele conjunto específico de variáveis, a irregularidade observada parecia administrável, sem indicar comprometimento imediato da segurança. Em contrapartida, a arremetida ampliaria a exposição a um ambiente potencialmente mais severo.

A partir dessa assimetria operacional, a decisão da tripulação foi prosseguir. O pouso ocorreu sem intercorrências.

Posteriormente, a análise concentrou-se na aderência ao procedimento, questionando a decisão por não cumprir integralmente os critérios estabelecidos.

Esse tipo de situação, no entanto, exige uma leitura cuidadosa, pois evidencia a distância entre a avaliação retrospectiva do procedimento e a complexidade percebida no momento da decisão.

A questão não se limita à decisão final: prosseguir ou arremeter. Antes disso, é possível refletir sobre o próprio contexto em que essa decisão se tornou necessária. Em cenários como esse, a tripulação frequentemente já opera próxima de limites: combustível restrito, condições meteorológicas em deterioração e opções progressivamente reduzidas.

Nessas circunstâncias, a decisão passa a não ser apenas uma escolha entre alternativas ideais, mas uma resposta construída dentro de um conjunto de possibilidades já condicionadas.

Pode-se questionar, então, se o ponto crítico da análise deveria recair exclusivamente sobre o momento final da decisão, ou se deveria incluir também a compreensão de como o encadeamento dos eventos restringiu gradualmente o espaço decisório disponível à tripulação.

Uma alternativa possível poderia ter sido não iniciar a aproximação. No entanto, esse tipo de avaliação depende de variáveis dinâmicas, muitas vezes ainda em formação no momento da tomada de decisão. O cenário não se apresenta como uma situação fechada, mas como um processo em evolução.

Não se trata de classificar a decisão como correta ou incorreta. Trata-se de compreender o ambiente no qual ela foi produzida.

Na operação, a decisão é construída em tempo real, sob pressão, com informações incompletas e dentro de um sistema que impõe limites concretos. Já fora da operação, a análise tende a reorganizar o evento a partir de critérios mais estáveis, frequentemente centrados na aderência ao procedimento.

Como observa Sidney Dekker, em *The Field Guide to Understanding Human Error* (2014), análises retrospectivas tendem a

simplificar a complexidade da situação original, reinterpretando decisões à luz do resultado conhecido. Esse fenômeno é denominado *hindsight bias*.

Esse viés consiste na tendência de, após conhecer o desfecho de um evento, reconstruir mentalmente o processo decisório como se ele tivesse sido mais previsível, linear e evidente do que realmente era no momento em que ocorreu.

Nessa perspectiva, sinais que eram ambíguos passam a ser percebidos como claros; alternativas disponíveis parecem mais evidentes do que efetivamente eram; e decisões tomadas sob incerteza passam a ser julgadas como se o resultado já pudesse ser antecipado. Com isso, reduz-se a complexidade do cenário original e desloca-se o julgamento para um plano retrospectivo, no qual a decisão deixa de ser avaliada pelo contexto em que foi construída e passa a ser interpretada pelo conhecimento que só existiu depois do evento.

Esse tipo de distorção produz uma consequência importante: transforma processos dinâmicos, incertos e progressivos em narrativas simplificadas, nas quais a decisão final aparece, muitas vezes, como erro isolado, desconectado das condições que a tornaram possível.

É nesse ponto que emerge uma distinção fundamental: a lógica operacional e a lógica administrativa não são idênticas. A lógica operacional está inserida em um ambiente dinâmico, variável e dependente de decisões imediatas. A lógica administrativa busca organizar, padronizar e garantir consistência ao sistema. Ambas são necessárias. O problema surge quando deixam de dialogar de modo adequado. Quando o distanciamento entre essas dimensões se amplia, cria-se um descompasso.

A operação passa a ser avaliada a partir de critérios que nem sempre refletem a complexidade do ambiente real. Ao mesmo tempo, a estrutura administrativa pode não capturar integralmente as limitações práticas enfrentadas no momento da execução.

Nesse espaço, forma-se um intervalo entre a regra e a realidade. Esse intervalo não é, necessariamente, produto de erro ou negligência. Trata-se de uma característica inerente a sistemas complexos. A função do piloto inclui atuar nesse espaço, interpretando, ajustando e decidindo quando o cenário não coincide com o modelo previsto. Essa constatação conduz a um questionamento que tende a ganhar relevância crescente: como sistemas cada vez mais avançados de automação e inteligência artificial responderiam a situações dessa natureza?

Sob uma perspectiva formal, sistemas orientados por regras ou por parâmetros previamente definidos tenderiam, em princípio, a privilegiar a conformidade. Diante de um critério não atendido, a resposta esperada seria interromper a operação. Essa lógica reduz ambiguidades e padroniza decisões.

A decisão humana, por sua vez, frequentemente emerge da interação entre fatores que não se apresentam de maneira totalmente formalizável: experiência acumulada, leitura de sinais incompletos e sensibilidade para identificar incoerências sutis. Na literatura de fatores humanos, esse tipo de competência aproxima-se da *expertise* construída ao longo do tempo, especialmente daquela descrita por Gary Klein, em *Sources of Power* (1998), como capacidade de reconhecer padrões e adaptar a decisão à situação concreta.

Isso não representa oposição à tecnologia. Ao contrário. O avanço dos sistemas automatizados tem contribuído de forma expressiva para a segurança operacional.

A questão, porém, não é substituir o julgamento humano, mas compreender como preservá-lo e integrá-lo. Quando o previsto deixa de bastar, o procedimento permanece como referência fundamental, mas exige interpretação para ser aplicado de modo adequado. É nesse ponto que se torna necessário alguém capaz de compreender o que ocorre, reconhecer os limites do modelo e sustentar uma decisão responsável. Essa competência precisa continuar sendo cultivada.

CAPÍTULO II

Quando treinar deixa de ser ensinar

Nenhuma profissão se transmite apenas por manuais, regulamentos ou procedimentos escritos. Ela se preserva, sobretudo, nos espaços em que ensina a si mesma o que considera aceitável, o que entende como excelência e o que escolhe corrigir. Na aviação, o treinamento ocupa esse lugar de modo particularmente nítido. É nesse ambiente que o piloto revisa técnica, mas também aprende como a profissão interpreta o erro, distribui autoridade e define competência.

Para compreender essa análise, é importante contextualizar, ainda que brevemente, como se estrutura o treinamento de um piloto de linha aérea. De modo geral, pilotos passam por ciclos recorrentes de formação e revalidação ao longo da carreira. Não se trata de processo pontual, mas contínuo. Para manter suas habilitações válidas e poder operar, o piloto participa periodicamente de treinamentos teóricos e práticos.

Esses treinamentos incluem aulas e avaliações escritas, seguidas por sessões em simulador de voo realizadas ao longo do ano. Em regra, as sessões ocorrem em intervalos semestrais, organizadas em blocos de aproximadamente quatro horas, com briefings antes da atividade e debriefings detalhados ao final.

Durante essas sessões, são revisadas manobras, cenários operacionais e exigências específicas que o piloto precisa demonstrar para cumprir os objetivos do treinamento. A avaliação

considera tanto a execução técnica quanto a aderência aos procedimentos estabelecidos.

Esse modelo não existe somente para aferir competência. Também atua como mecanismo central de reforço dos padrões operacionais, favorecendo comportamento consistente ao longo do tempo.

É nesse ambiente estruturado, recorrente e baseado em validação que parte significativa das características discutidas neste capítulo começa a se consolidar. Por isso, o treinamento nunca é uma etapa neutra. Seu alcance ultrapassa a revisão de procedimentos e a consolidação de rotinas operacionais: forma disposições profissionais, estabelece prioridades e ensina, de modo explícito e implícito, como o piloto se relaciona com o erro, com a correção e com suas próprias limitações.

O ambiente instrucional, nesse sentido, não transmite somente conteúdo. Transmite cultura.

É importante reconhecer que o treinamento de linha aérea evoluiu de modo expressivo nos últimos anos. Hoje, organiza-se segundo padrões definidos por autoridades de aviação civil e pelas próprias empresas, com objetivos claros, cronogramas compactos e requisitos específicos a serem cumpridos em cada sessão. Essa estrutura trouxe ganhos relevantes de padronização, previsibilidade e controle. O problema surge quando a necessidade de cumprir o programa previsto reduz o espaço para explorar, com profundidade, uma fragilidade identificada durante a sessão ou uma dúvida que exigiria mais tempo de elaboração.

O instrutor pode perceber uma dificuldade, e o piloto, reconhecer uma lacuna. Ainda assim, a sessão precisa avançar, os

objetivos precisam ser cumpridos e o cronograma precisa ser respeitado.

Nesse contexto, a dúvida não desaparece necessariamente por falta de abertura nem por ausência de interesse em aprender. Muitas vezes, ela simplesmente não encontra espaço suficiente para ser desenvolvida com a profundidade necessária dentro de um programa altamente ajustado. Assim, o treinamento corre o risco de tornar-se mais eficiente na verificação do desempenho do que na maturação do entendimento.

A consequência é sutil, mas relevante: o piloto pode concluir formalmente os objetivos previstos sem que determinadas fragilidades tenham sido suficientemente elaboradas, discutidas ou convertidas em aprendizado mais profundo.

Esse ponto é decisivo porque, em sistemas complexos, a segurança não depende unicamente da repetição correta do procedimento. Depende também da qualidade com que os profissionais aprendem a interpretar situações, elaborar incertezas e responder, com responsabilidade, ao que não se apresenta de forma linear. Como mostra James Reason, em *Human Error* (1990), o erro humano não pode ser reduzido a falha individual isolada, pois emerge de contextos organizacionais e operacionais mais amplos. Na mesma direção, Sidney Dekker, em *The Field Guide to Understanding Human Error* (2014), critica a leitura simplificada do erro como mero desvio pessoal.

Em sua melhor expressão, treinar deveria significar ampliar repertório, refinar percepção e fortalecer maturidade operacional. Não bastaria verificar se o piloto reproduz corretamente uma manobra ou checklist. Seria necessário favorecer compreensão mais ampla sobre o que está sendo feito, por que está sendo feito e em

que medida esse conhecimento se sustenta quando o contexto se afasta da forma ideal em que foi apresentado. Erik Hollnagel, em *Safety-II in Practice* (2017), reforça essa perspectiva ao mostrar que a segurança, em ambientes complexos, exige capacidades de responder, monitorar, aprender e antecipar.

Nem sempre, porém, é isso que se encontra. Em determinados contextos, o treinamento mantém sua estrutura formal, com briefing, execução, correção, avaliação e debriefing, mas pode deixar pouco espaço para aprofundar aquilo que surge durante a própria sessão. Continua havendo exigência, verificação de desempenho e demonstração de domínio técnico. No entanto, uma dúvida, uma hesitação ou uma fragilidade identificada pelo instrutor nem sempre encontra tempo suficiente para ser explorada com a profundidade necessária.

O treinamento, então, cumpre sua função de validar se o piloto atingiu os objetivos previstos, mas pode não desenvolver plenamente a compreensão por trás daquilo que foi corrigido.

O problema, nesse caso, não está em exigir padrão. O padrão é indispensável. O ponto mais sensível aparece quando a experiência de aprendizagem passa a ser reduzida ao êxito visível da conformidade. Nessa lógica, o treinamento deixa de funcionar prioritariamente como espaço de amadurecimento e passa a operar, com intensidade crescente, como instância de verificação, exposição e enquadramento. A estrutura permanece. O centro pedagógico, contudo, se desloca.

Quando isso acontece, o erro também muda de estatuto. Em vez de ser tratado como oportunidade privilegiada de elaboração, passa a carregar peso simbólico excessivo. James Reason, em *Human Error* (1990), já advertia que o erro, em sistemas complexos, precisa

ser compreendido como parte da condição humana, e não como evento moral simples. Sidney Dekker, por sua vez, em *The Field Guide to Understanding Human Error* (2014), aprofunda essa crítica ao mostrar que culturas orientadas à busca de culpados tendem a empobrecer a aprendizagem e a obscurecer os fatores sistêmicos que tornam o erro possível.

Em ambiente instrucional marcado por essa lógica, o piloto aprende rapidamente que não basta compreender. É preciso também administrar a forma como se apresenta diante de quem o avalia. Aprende-se a calcular o risco da exposição, a medir o peso da pergunta, a seleccionar a dúvida que pode ser revelada e a conter aquilo que talvez seja interpretado como fragilidade. O treinamento continua existindo. O aprendizado, porém, passa a conviver com uma pedagogia da cautela.

Esse deslocamento nem sempre se manifesta por meio de autoritarismo aberto. Muitas vezes, instala-se de forma mais discreta: no tom da correção, na impaciência diante da pergunta, no constrangimento que acompanha a hesitação, na resposta que desqualifica mais do que esclarece. Pequenos sinais, quando reiterados, alteram profundamente o ambiente. O piloto começa a perceber que há perguntas aceitáveis e outras que custam caro demais em termos simbólicos.

Com isso, a relação com o saber se modifica. O treinamento deixa de ser espaço em que se pensa para compreender e passa a ser ambiente em que se administra o risco de parecer inadequado. Ganha-se disciplina externa. Pode-se perder, ao mesmo tempo, liberdade intelectual para aprofundar o problema. O piloto se torna mais atento ao erro visível, mas nem sempre mais preparado para compreender aquilo que o torna possível.

A instrução nem sempre envolve uma assimetria simples de experiência. Em muitos casos, especialmente na aviação comercial, o piloto em treinamento pode ter ampla vivência operacional, enquanto o instrutor pode ser mais novo, ter trajetória diferente ou menor experiência em determinados contextos. Ainda assim, naquele ambiente específico, existe uma assimetria funcional: o instrutor ocupa a posição de quem conduz, avalia, corrige e valida o desempenho. Essa autoridade instrucional não depende somente de maior experiência acumulada, mas da função que ele exerce dentro do sistema.

Isso não constitui problema em si. A autoridade instrucional é necessária para garantir rigor, direção e consistência ao treinamento. Sem ela, o processo perde estrutura. A questão decisiva está no modo como essa autoridade é exercida. Quando se coloca a serviço da formação, ela orienta, exige, organiza e amplia o entendimento. Quando se descola dessa função, pode passar a buscar confirmação de status, preservação simbólica de poder ou demonstração permanente de superioridade, mesmo quando essa superioridade não corresponde, necessariamente, a maior experiência operacional.

É nesse ponto que o ego deixa de ser detalhe. Não porque todo instrutor esteja capturado por vaidade ou incapaz de ensinar. Uma afirmação assim seria simplista. O problema está em reconhecer que a posição de instruir, por sua própria natureza, oferece margem para uso narcisista da autoridade. Quem ensina domina o conteúdo, conduz o ritmo da interação e decide, em certa medida, quais falhas merecem ênfase. Em ambiente pouco refletido, esse poder pode deixar de operar como mediação pedagógica e passar a funcionar como reafirmação de centralidade.

Quando isso ocorre, a pedagogia perde espaço para a encenação de competência. Corrige-se para marcar distância. Interrompe-se para reafirmar posição. Endurece-se o tom menos por necessidade formativa do que por conveniência hierárquica. O piloto, então, pode sair da sessão tendo reproduzido a resposta esperada, mas sem compreender, com profundidade, a estrutura do problema enfrentado. A performance melhora. O entendimento, nem sempre.

Em uma atividade de baixa complexidade, esse dano já seria grave. Na aviação, ganha peso ainda maior. O piloto não precisa somente repetir corretamente. Precisa reconhecer variações, perceber sinais fracos, articular informações dispersas e sustentar leitura coerente sob pressão. Erik Hollnagel, em *Safety-II in Practice* (2017), insiste que a segurança depende da capacidade de adaptação e da qualidade da aprendizagem, não somente da observância de sequências formalmente corretas. Um treinamento que valoriza predominantemente a submissão ao procedimento pode produzir boa aderência e, ao mesmo tempo, deixar em segundo plano aquilo que mais fará diferença quando a realidade se afastar do exercício idealizado.

Por isso, convém distinguir correção e ensino. Corrigir é indispensável. Apontar falhas, interromper sequências inadequadas e proteger o padrão operacional fazem parte do dever de instruir. Ensinar, porém, envolve mais do que isso. Significa criar condições para que o outro compreenda, relacione, interiorize e converta desempenho em repertório. Quando a correção expulsa o ensino, o treinamento preserva sua face mais visível, mas perde parte de sua força formativa.

Essa perda nem sempre aparece de imediato. O ambiente pode continuar produzindo aprovação, aderência e execução tecnicamente satisfatória. A aparência de eficiência permanece. O custo interno desse modelo torna-se menos visível. Pilotos podem sair formalmente validados, porém mais orientados à evitação do erro exposto do que à construção de entendimento sólido. Em vez de crescerem em autonomia responsável, crescem em sensibilidade ao juízo hierárquico.

Com isso, instala-se uma economia de autopreservação. O piloto passa a organizar sua atuação não somente em função da operação, mas também da imagem que projeta diante do instrutor. Esse duplo foco consome energia cognitiva e altera a qualidade da aprendizagem. Onde deveria haver elaboração, surge cálculo. Onde deveria haver aprofundamento, cresce a administração de risco simbólico.

A dúvida, nesse ambiente, muda de natureza. Em contexto formativo saudável, indica engajamento e oferece oportunidade real de aprofundamento. Em ambiente capturado por validação hierárquica, passa a carregar risco. Quem pergunta demais pode parecer inseguro. Quem hesita demais pode parecer fraco. Quem deseja compreender além do estritamente necessário pode ser recebido como alguém que compromete o ritmo esperado. Ganha-se fluidez aparente. Perde-se densidade.

Esse silenciamento não se encerra no treinamento. Acompanha o profissional. Quem aprende cedo que a dúvida deve ser administrada com cautela excessiva tende a carregar essa disposição para outros espaços da vida operacional. O modo como se ensina prepara, de forma discreta, o modo como depois se pergunta, se relata, se hesita e se decide. O treinamento, portanto,

não forma somente desempenho. Forma também a maneira como a profissão aprende a falar de si mesma.

Por isso, a discussão sobre treinamento não pode ser reduzida a método instrucional. Trata-se também de debate sobre cultura profissional. O instrutor não transmite somente conhecimento técnico. Transmite postura, clima, limite e forma de habitar a profissão. Pode ensinar disciplina sem sufocar pensamento. Pode exigir precisão sem humilhar. Pode corrigir falhas sem transformar o erro em espetáculo. Pode, ainda, usar sua autoridade para expandir o outro, e não para diminuí-lo.

Quando isso ocorre, o treinamento cumpre uma de suas funções mais altas. Torna-se espaço em que a experiência acumulada se converte em herança profissional de qualidade. O instrutor deixa de ser mero fiscal da aderência e passa a atuar como mediador entre padrão operacional e inteligência prática. Ensina não só o que fazer, mas como pensar diante do que se faz. Essa diferença altera o sentido do processo inteiro.

Nem sempre, contudo, é essa a cultura que prevalece. Em alguns contextos, o valor pedagógico do treinamento é corroído por uma lógica de performance hierárquica. O saber deixa de circular com generosidade técnica e passa a ser administrado sob economia de poder. O erro deixa de ser ocasião privilegiada de aprendizagem e passa a carregar peso simbólico desproporcional. Preserva-se o rigor. Empobrece-se a formação.

O que se perde, então, não é mero conforto subjetivo. Perde-se a possibilidade de converter o treinamento em espaço real de amadurecimento profissional. Perde-se a oportunidade de formar pilotos que não somente executem com precisão, mas compreendam com profundidade. Perde-se, ainda, a chance de

construir relação mais honesta com o erro, menos voltada à exposição e mais orientada à aprendizagem.

Esse quadro se torna ainda mais sensível quando se considera a presença crescente da automação nos ambientes operacionais. Parasuraman e Riley, em *Humans and Automation: Use, Misuse, Disuse and Abuse* (1997), mostram que a interação entre humano e automação envolve uso, mau uso, desuso e abuso, e que confiança, carga mental e distribuição de autoridade são elementos centrais nessa relação. Isso significa que formar um piloto para operar em contexto automatizado não consiste somente em ensiná-lo a acionar sistemas corretamente. Exige, também, formar discernimento sobre quando confiar, quando monitorar, quando desconfiar e quando recuperar autoridade sobre a situação.

Sheridan, em *Humans and Automation* (2002), examina justamente essa redistribuição de funções entre operador humano e sistema automatizado. Em cenários assim, a autoridade humana não desaparece. Ela se desloca. O piloto deixa de executar certas tarefas, mas continua responsável por interpretar o conjunto, reconhecer limites e agir quando a lógica do sistema já não coincide com a lógica da situação concreta. Quanto mais sofisticada a tecnologia, mais refinada precisa ser a formação que prepara o profissional para conviver com ela.

Quando o treinamento perde densidade pedagógica, essa camada também se enfraquece. O piloto pode aprender o procedimento automatizado sem desenvolver compreensão suficientemente robusta da relação entre sua atenção, a lógica do sistema e os limites da automação. Aprende a operar, mas aprende menos a interpretar. Em uma aviação cada vez mais mediada por

tecnologia, essa diferença deixa de ser periférica e passa a tocar o centro da segurança operacional.

Essa questão se torna ainda mais sensível quando a própria informação disponível ao piloto sobre determinados sistemas é limitada, simplificada ou apresentada de forma insuficiente para sustentar compreensão mais profunda da lógica automatizada. O problema, nesse caso, já não está somente no treinamento oferecido pela empresa aérea, mas também na forma como fabricantes, certificadores, operadores e manuais constroem, ou deixam de construir, a inteligibilidade do sistema para quem estará responsável por operá-lo. Em uma aviação cada vez mais automatizada, a redução da informação técnica disponível ao piloto pode parecer, à primeira vista, um ganho de simplicidade operacional.

No entanto, quando essa simplificação impede que o aviator compreenda adequadamente os modos, os limites e os efeitos de um sistema, pode reduzir sua capacidade de interpretar o comportamento da aeronave justamente quando a automação deixa de corresponder ao esperado.

O caso do Boeing 737 MAX tornou essa tensão particularmente visível. O sistema MCAS, Maneuvering Characteristics Augmentation System, foi introduzido como parte da arquitetura de controle de voo do modelo e esteve no centro das investigações dos acidentes do Lion Air Flight 610 e do Ethiopian Airlines Flight 302. Relatórios do National Transportation Safety Board (NTSB), elaborados no contexto de sua participação nas investigações internacionais conduzidas segundo os procedimentos do Anexo 13 da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI/ICAO), que define como acidentes aeronáuticos são investigados e estabelece a cooperação entre países, incluindo o

papel de autoridades do país de projeto e fabricação da aeronave, destacaram preocupações relacionadas ao processo de certificação e às premissas utilizadas na avaliação de segurança do sistema.

De forma específica, o NTSB apontou que “the accident pilot responses to the unintended MCAS operation were not consistent with the underlying assumptions about pilot recognition and response”. Isso remete diretamente à lógica adotada durante a certificação, na qual se assume que determinadas falhas serão prontamente identificadas e corrigidas pela tripulação. Entre essas premissas, está a ideia de que “uncommanded system inputs are readily recognizable and can be counteracted by overriding the failure by movement of the flight controls 'in the normal sense'“, bem como a expectativa de que o piloto “will take immediate action to reduce or eliminate increased control forces”.

Em termos de ensaio em voo, essas premissas estão diretamente ligadas à noção de controlabilidade, isto é, ao grau de dificuldade que o piloto encontra para perceber, interpretar e controlar a aeronave em uma condição específica. Esse aspecto é formalmente avaliado por meio de ferramentas como a Cooper-Harper Handling Qualities Rating Scale, na qual o piloto atribui um valor à dificuldade de cumprir uma tarefa definida. Essa avaliação não considera somente a resposta da aeronave, mas também a carga de trabalho associada à tarefa e a clareza com que o problema pode ser reconhecido e tratado.

Na prática, isso significa que o processo de certificação assume determinado nível de facilidade na execução da tarefa: que a anomalia será identificada como tal, que os sinais percebidos serão coerentes entre si e que a ação necessária estará dentro de um nível de esforço considerado aceitável. Em outras palavras, pressupõe-se

que o piloto conseguirá manter o controle e responder adequadamente sem que a carga cognitiva se torne excessiva ou comprometa a interpretação da situação.

No entanto, os dados dos acidentes mostram um cenário operacional mais complexo. O relatório descreve que “automatic aircraft nose-down stabilizer trim input occurred” de forma recorrente, caracterizando comandos repetidos de nariz para baixo que exigiram intervenções contínuas da tripulação. Essas intervenções de fato ocorreram: as tripulações aplicaram comandos sucessivos para contrabalançar o movimento do estabilizador ao longo do voo.

O ponto sensível, porém, não está na presença ou ausência de ação por parte dos pilotos, mas nas condições em que essas ações ocorreram. Diferentemente do cenário idealizado durante a certificação, o ambiente incluía múltiplas indicações simultâneas, discrepâncias de velocidade e altitude, ativação contínua de alertas e sinais conflitantes, o que aumentou em grau expressivo a carga de trabalho e a complexidade do diagnóstico. Nesse contexto, a tarefa deixa de ser somente corrigir um comando indevido e passa a envolver controle, interpretação e priorização sob pressão de tempo.

Essa diferença também se manifesta na forma como o evento é percebido. Um runaway trim clássico tende a apresentar comportamento contínuo, o que favorece o reconhecimento e a aplicação direta de procedimentos conhecidos. No caso analisado, os comandos eram intermitentes e dependentes de condição, podendo cessar e retornar após intervenção do piloto. Isso fragmenta a percepção do problema e dificulta sua identificação

imediate como falha única e coerente, especialmente quando combinada com outros alertas concorrentes.

Do ponto de vista do ensaio em voo, é justamente nesse tipo de situação que a avaliação de qualidade de pilotagem deixa de ser somente uma característica isolada do sistema e passa a refletir a interação completa entre piloto, máquina e contexto operacional. Uma condição que, em ambiente controlado ou simplificado, poderia ser considerada administrável pode, na prática, assumir nível de dificuldade consideravelmente maior quando inserida em cenário de alta carga cognitiva.

Sob essa perspectiva, a questão central não é determinar se o sistema era controlável em condições ideais, mas compreender se as premissas utilizadas para definir essa controlabilidade permanecem válidas quando expostas às condições reais de operação. O que esse episódio evidencia, portanto, é a distância que pode existir entre o comportamento previsto em projeto e aquele efetivamente experimentado no cockpit, não como resultado de um único fator isolado, mas como consequência da interação entre automação, informação disponível e exigências impostas ao piloto em tempo real.

CAPÍTULO III

A base que ninguém revisou

Se o capítulo anterior demonstrou como o ambiente de treinamento na aviação comercial pode reforçar determinados comportamentos e formas de decisão, torna-se necessário olhar ainda mais para trás.

Antes da linha aérea, antes do treinamento estruturado e das avaliações formais, existe uma fase anterior. É nesse momento que o piloto não somente aprende a voar. Ele aprende a pensar sobre o voo.

A formação inicial não se resume à aquisição de habilidades técnicas básicas. Ela estabelece os primeiros modelos mentais que irão acompanhar o profissional ao longo de toda a carreira. Esses modelos não são construídos somente por meio de manuais ou regulamentos. Surgem também da interação.

Conversas informais, interpretações transmitidas por instrutores e trocas entre alunos criam um ambiente em que conceitos são absorvidos, muitas vezes antes de serem plenamente compreendidos ou questionados.

Foi nesse contexto que, em uma ocasião, surgiu uma discussão aparentemente simples, mas conceitualmente reveladora.

Durante uma conversa entre alunos e instrutores em uma escola de aviação, levantou-se a questão sobre a decisão de pousar ou não diante de condições meteorológicas abaixo do ideal. A resposta veio de forma imediata.

Um instrutor destacou que o piloto deveria considerar não somente os mínimos publicados, mas também sua própria experiência, seu conhecimento da área e sua percepção geral da situação para decidir.

A resposta foi bem recebida. A ideia pareceu intuitiva. No entanto, levanta uma questão fundamental: se a operação é sustentada por limites técnicos estabelecidos a partir de certificações, testes e margens de segurança rigorosas, até que ponto esses limites podem ser reinterpretados individualmente?

Se cada piloto passa a operar a partir de um ‘mínimo próprio’, os limites operacionais deixam de funcionar como referência comum e passam a depender de interpretações individuais.

Essa reflexão não elimina a importância da análise contextual. Por análise contextual, entende-se a capacidade de avaliar a situação como um todo, considerando simultaneamente as condições operacionais, meteorológicas e técnicas, e não somente a verificação isolada de critérios específicos. A aviação se desenvolve em ambientes dinâmicos, nos quais variáveis se alteram continuamente e exigem adaptação constante por parte do piloto.

No entanto, essa adaptação não ocorre na ausência de referência. Os limites operacionais não são arbitrários. Existem para estruturar a decisão dentro de fronteiras seguras.

O papel do piloto não é redefinir esses limites. É operar dentro deles, traduzindo-os para uma realidade dinâmica. Essa distinção é essencial.

Adaptar não é flexibilizar indiscriminadamente. É interpretar corretamente sem ultrapassar o que é tecnicamente estabelecido.

Para que isso ocorra, a decisão precisa estar ancorada em critérios objetivos.

Na prática, essa lógica se organiza de forma clara: segurança, conformidade legal e, somente então, continuidade operacional. Nessa ordem.

Se a operação não é segura, não deve ocorrer. Se não é legal, não pode ocorrer. Somente após esses critérios serem atendidos é que aspectos operacionais passam a ser considerados.

Essa estrutura deveria estar presente desde o início da formação. Quando não está, cria-se um risco silencioso: o piloto passa a construir seu processo decisório com base em referências que não estão totalmente alinhadas à realidade técnica da operação.

A literatura de decisão em ambientes complexos demonstra que os modelos mentais adquiridos nas fases iniciais têm impacto direto na forma como decisões são tomadas posteriormente, especialmente sob pressão e incerteza diz Gary Klein, em *Sources of Power* (1998).

Isso significa que o piloto não responde somente à situação presente. Ele responde com base na forma como aprendeu a interpretar situações. Essa influência pode levar a dois extremos.

De um lado, a supervalorização da experiência subjetiva, criando falsa sensação de controle sobre variáveis que, na prática, são limitadas. De outro, uma relação inadequada com o procedimento, ora visto como excessivo, ora como insuficiente.

Nenhum desses extremos é desejável. O equilíbrio está em compreender que o procedimento não limita a decisão: ele é parte fundamental. A experiência não substitui essa base; complementa-a

Essa tensão se aprofunda ainda mais quando se observa a natureza das decisões em ambientes reais de operação.

Na aviação, classificar decisões de forma rígida como ‘certas’ ou ‘erradas’ pode, em determinados contextos, ser perigoso. Não porque a segurança dependa de critérios claros, mas porque a realidade operacional raramente se apresenta de forma perfeitamente alinhada a esses critérios.

Quando conceitos são absorvidos de forma rígida, cria-se o risco de decisões condicionadas por julgamentos preconcebidos. Esses julgamentos podem limitar a capacidade de adaptação justamente nos momentos em que ela se torna mais necessária.

A decisão, em aviação, emerge da interação entre três pilares fundamentais: o homem, o meio e a máquina. Esses elementos coexistem e se influenciam continuamente. Nenhuma decisão pode ser compreendida isoladamente.

É nesse contexto que exemplos reais ajudam a iluminar o problema.

O pouso realizado no rio Hudson, conduzido pelo comandante Chesley Sullenberger, tornou-se um caso emblemático. Diante da perda simultânea de ambos os motores logo após a decolagem, a tripulação precisou tomar uma decisão em questão de segundos.

Não havia um procedimento específico para aquela situação, tampouco um cenário perfeitamente treinado que correspondesse àquela condição. Ainda assim, a decisão tomada, pousar no rio, representou, naquele momento, a melhor alternativa disponível.

Essa decisão não surgiu da aplicação literal de um procedimento. Resultou da integração entre experiência, leitura do

cenário, compreensão das limitações da aeronave e avaliação do ambiente.

É precisamente esse tipo de situação que evidencia um ponto central da formação: nem toda decisão pode ser definida previamente. Mais importante ainda, nem toda decisão pode ser compreendida com base em uma lógica simplificada de certo ou errado.

O que se torna essencial, então, não é somente o resultado, mas o processo que levou à decisão. Esse processo precisa ser desenvolvido, porque o objetivo da formação não é somente preparar o piloto para seguir o previsto. É prepará-lo para decidir quando o previsto não for suficiente.

Isso não significa abandonar disciplina. Pelo contrário, significa fortalecer a capacidade de pensamento crítico dentro de limites técnicos claros. Sem isso, corre-se o risco de formar profissionais extremamente competentes na execução, mas limitados na adaptação. Na aviação, a limitação da capacidade adaptativa pode ser decisiva.

Instrutores desempenham papel fundamental nesse processo. Mais do que transmitir conhecimento técnico, ajudam a moldar a forma como o aluno compreende a operação. Quando essa transmissão ocorre sem conexão consistente com a realidade operacional, há o risco de consolidação de modelos mentais que não refletem integralmente as exigências da prática profissional.

Esses modelos não desaparecem com o tempo. Refinam-se e passam a orientar, muitas vezes de forma silenciosa, a maneira como o piloto percebe e reage às situações. Por isso, a formação inicial carrega um peso desproporcional. Pequenas simplificações, interpretações apressadas ou ênfases equivocadas não ficam restritas

ao momento em que surgem; acumulam-se e passam a estruturar decisões futuras.

No início da formação, o aprendizado costuma se concentrar na execução: o que fazer, quando fazer e como fazer. Isso é necessário, mas cria uma base incompleta se não vier acompanhado de algo essencial: a compreensão do porquê aquilo está sendo feito e em que condições deixa de funcionar como rotina. Quando esse segundo elemento não é desenvolvido com a mesma intensidade, o piloto aprende a operar corretamente, mas pode não construir uma leitura suficientemente profunda da operação.

Com o tempo, essa diferença se manifesta com mais clareza. Diante de situações menos previsíveis, o piloto não responde somente com base no que lembra, mas na forma como foi condicionado a interpretar o que está acontecendo. É nesse ponto que a formação inicial revela seu impacto real: ela não define somente o que o piloto sabe fazer, mas o tipo de leitura que ele será capaz de sustentar quando a operação deixa de ser direta.

A qualidade da decisão operacional, portanto, não começa na cabine de uma aeronave comercial. Começa muito antes, no momento em que o piloto aprende a relacionar limites técnicos, realidade operacional e responsabilidade decisória.

É nesse ponto que se define algo fundamental: não somente como ele irá operar, mas como irá decidir quando operar deixa de ser somente executar.

CAPÍTULO IV

Quando a organização deixa de escutar a operação

Em sistemas complexos como a aviação, a existência de estruturas organizacionais sólidas não é somente desejável, mas essencial. Procedimentos, normas e políticas operacionais constituem os pilares que sustentam a segurança em larga escala, permitindo que operações altamente complexas sejam conduzidas com níveis elevados de previsibilidade e controle. No entanto, a eficácia dessas estruturas não está somente em sua existência, mas em sua capacidade de permanecer conectadas à realidade operacional que pretendem organizar. Quando essa conexão se enfraquece, surge uma tensão silenciosa entre aquilo que é prescrito e aquilo que é efetivamente vivido.

A operação aérea, por sua natureza, não é estática. Trata-se de um ambiente dinâmico, variável e constantemente influenciado por condições que não podem ser totalmente antecipadas. Mesmo o manual mais detalhado não consegue capturar integralmente a complexidade do cenário no qual será aplicado. Como ressalta James Reason, em *Human Error* (1997), sistemas seguros não dependem somente de regras bem definidas, mas também da capacidade de adaptação dos operadores diante das variações inevitáveis do mundo real. As regras estruturam o funcionamento do sistema, mas não eliminam, muito menos substituem, a necessidade de interpretação. Essa interpretação ocorre na operação, no momento em que o piloto precisa compreender o que

acontece à sua volta e tomar decisões com base em um conjunto de fatores que não se apresentam de forma perfeitamente previsível.

É nesse ponto que o distanciamento começa a se formar. À medida que decisões organizacionais passam a ser tomadas em ambientes progressivamente afastados da prática operacional, por vezes inseridos em contextos administrativos, jurídicos ou estratégicos, surge o risco de que as regras deixem de refletir integralmente a realidade para a qual foram criadas. Esse movimento não decorre, na maior parte das vezes, de negligência ou falta de competência, mas de uma característica inerente a sistemas complexos: a separação entre quem vive a operação e quem estrutura o sistema que a regula. O problema emerge quando essa distância passa a influenciar diretamente o conteúdo das regras e a forma como elas são aplicadas.

Em determinados cenários, novas diretrizes passam a ser introduzidas não somente como resposta à operação em si, mas como reação a pressões externas: exposição pública, necessidade de proteção institucional ou tentativa de demonstrar controle sobre eventos adversos. Nesse processo, a intenção de aumentar a segurança pode, paradoxalmente, gerar novos pontos de tensão dentro da própria operação.

Um episódio operacional ilustra essa dinâmica de forma particularmente clara. Após um evento amplamente divulgado pela mídia, no qual passageiros foram expostos a condições térmicas severas dentro de uma aeronave devido a problemas técnicos, a organização reagiu rapidamente com a emissão de uma nova diretriz operacional, estabelecendo que o embarque não deveria ser iniciado caso a temperatura da cabine ultrapassasse um limite definido. Sob uma perspectiva organizacional, a medida apresentava coerência:

tratava-se de resposta direta ao evento, com a intenção de evitar sua repetição, reforçar o cuidado com o passageiro e introduzir um critério objetivo de controle.

No entanto, ao ser transferida para a operação real, a regra revelou outra dimensão do problema. Em determinadas regiões e períodos do ano, especialmente em ambientes com temperaturas externas extremas, não é incomum que a cabine ultrapasse esse limite mesmo com todos os sistemas funcionando dentro dos parâmetros normais. Ou seja, a condição que a norma buscava evitar não era uma exceção absoluta, mas parte do contexto operacional previsível. A consequência foi imediata: aeronaves prontas para operar deixaram de iniciar embarque não por qualquer comprometimento técnico, mas por não atenderem a um critério que não refletia integralmente a realidade da operação naquele ambiente.

Com isso, o fluxo operacional começou a se fragmentar. Atrasos passaram a se acumular, sequências previamente organizadas deixaram de se sustentar e soluções alternativas começaram a surgir como forma de contornar a própria limitação criada pela regra. Em alguns casos, aeronaves precisaram adotar procedimentos adicionais, como acionamento de motores e movimentação no solo, não por necessidade operacional direta, mas como meio de atingir o parâmetro de temperatura interna da cabine exigido pela nova diretriz. Ou seja, uma regra criada para resolver um problema específico acabou introduzindo uma nova camada de complexidade e problemas adicionais no sistema, além de prejuízo operacional.

Esse comportamento está alinhado com o que Sidney Dekker, em *The Field Guide to Understanding Human Error* (2014), descreve ao

analisar como organizações reagem a eventos adversos. Há uma tendência recorrente de responder a essas situações com aumento de controle e normatização, partindo da premissa de que mais regras levarão automaticamente a maior segurança ou ao efeito desejado. No entanto, essa abordagem frequentemente desconsidera que a operação já depende, em grande medida, da capacidade dos operadores de gerir variabilidade. A tentativa de eliminar essa variabilidade por meio de regras pode não somente falhar, mas também gerar novas tensões.

Quando a regra deixa de emergir da operação e passa a ser imposta sobre ela, a relação entre sistema e prática se altera. O procedimento, que deveria funcionar como suporte ao raciocínio, passa a competir com ele. O piloto se encontra, então, diante de uma tarefa que vai além da operação da aeronave: precisa conciliar a realidade do voo com um conjunto de exigências que nem sempre refletem plenamente aquele contexto.

Essa conciliação não cria uma nova demanda cognitiva naquele momento; exige uma capacidade que já deveria estar desenvolvida. A operação passa a depender da qualidade do conhecimento, da experiência acumulada e da capacidade de interpretar o cenário. Quando essa base é limitada, as respostas tendem a ser mais restritas; quando é consistente, permite sustentar decisões mais adequadas diante da mesma situação.

Esse processo não resulta necessariamente em falhas evidentes. O sistema continua operando, muitas vezes de forma aceitável. No entanto, há uma mudança na forma como a atividade é conduzida. Parte da atenção que deveria estar centrada na consciência situacional passa a ser direcionada ao cumprimento de exigências que nem sempre contribuem diretamente para a

compreensão da situação. A operação deixa de ser organizada prioritariamente pela lógica operacional do momento, isto é, por aquilo que o cenário exige, e passa a incorporar também a necessidade de atender a regras e critérios externos que nem sempre refletem plenamente a realidade imediata do voo.

É nesse ponto que o distanciamento organizacional deixa de ser somente estrutural e passa a ser operacional. A diferença entre a lógica de quem cria a regra e a lógica de quem a aplica torna-se evidente. A organização tende a pensar em termos de consistência, padronização e controle. A operação, por sua vez, existe dentro de variabilidade, tempo limitado e necessidade constante de ajuste. Essas duas perspectivas não são incompatíveis, mas são fundamentalmente distintas. Quando deixam de dialogar, o sistema passa a gerar tensões que precisam ser absorvidas pela própria operação.

Isso conduz a uma constatação central. O problema não reside na existência de regras, nem na autoridade da organização para defini-las. O problema está na distância entre o contexto em que essas regras são construídas e o contexto em que são aplicadas. Quanto maior essa distância, maior será a necessidade de adaptação local. E quanto maior essa adaptação, maior o risco de introdução de variabilidade não controlada.

Em sistemas complexos, a segurança não depende somente de controle. Depende, sobretudo, de coerência entre os diferentes níveis do sistema. Quando a organização escuta a operação, as regras tendem a surgir como extensão da realidade prática, reforçando aquilo que já funciona. Quando essa escuta se perde, as normas passam a atuar como tentativas de impor estrutura a uma realidade que não pode ser integralmente estruturada.

É nesse intervalo, entre o que é prescrito e o que é vivido, que se encontram algumas das tensões mais relevantes da aviação contemporânea. É também nesse espaço que o piloto continua exercendo uma de suas funções mais essenciais: interpretar, adaptar e decidir, mesmo quando o sistema que o cerca não foi completamente desenhado para acompanhar essa complexidade.

CAPÍTULO V

Quando a máquina assume o comando

A automação deixou de ser elemento acessório na aviação contemporânea. Passou a integrar o próprio desenho da operação, reorganizando tarefas, redistribuindo funções e modificando a forma como o piloto se relaciona com a aeronave, com os sistemas e com o ato de decidir. Qualquer leitura séria do tema precisa partir desse reconhecimento. O problema não nasce do avanço tecnológico em si. Surge do modo como esse avanço desloca a presença humana no cockpit.

Durante muito tempo, a centralidade do piloto se expressava de forma mais visível. O comando passava pelo gesto, pela intervenção contínua e pela resposta direta ao comportamento da aeronave. Com a automação, essa centralidade não desaparece, mas muda de configuração. O piloto continua responsável pela operação, embora já não permaneça o tempo todo na posição de executor direto. Cresce, em seu lugar, o peso da supervisão, do monitoramento, da interpretação e da intervenção seletiva, como observa Thomas Sheridan, em *Humans and Automation* (2002).

Esse rearranjo trouxe ganhos reais. A automação refinou a navegação, estabilizou parâmetros, reduziu parte da carga manual em fases sensíveis e ampliou a regularidade operacional em contextos de elevada complexidade. Em voos longos, densos ou fortemente mediados por sistemas, tais ganhos deixaram de ser complementares. Passaram a compor a própria lógica da operação contemporânea. Negá-los enfraqueceria a crítica antes mesmo de começar.

A dificuldade começa quando esse ganho técnico passa a ser lido como redução proporcional da exigência humana. O fato de a máquina executar mais não significa que o piloto responda por

menos. O que se altera é a forma de sua atuação. Parte da execução se desloca para o sistema, enquanto a responsabilidade interpretativa, prudencial e decisória continua vinculada ao humano. O piloto deixa de agir continuamente sobre a aeronave, sem deixar de ser chamado a reconhecer limites, perceber incoerências e responder quando a lógica do sistema já não acompanha integralmente a lógica da situação.

Thomas Sheridan, em *Humans and Automation* (2002), mostra com clareza que a automação redistribui funções entre operador e sistema, sem dissolver a responsabilidade humana. Esse ponto é decisivo. O debate não está em saber se a máquina executa melhor determinada tarefa. O centro da questão está em compreender o que ocorre quando parte crescente da condução operacional se afasta do piloto, mas a responsabilidade final continua, em sentido técnico e moral, atribuída a ele. A forma da operação muda. O encargo humano, não.

Daí decorre uma exigência nova e, em alguns aspectos, mais difícil do que a anterior. Controlar diretamente uma aeronave requer técnica, disciplina e habilidade. Supervisionar sistemas complexos sem perder qualidade de percepção requer outro tipo de preparo. Exige atenção sustentada, leitura de contexto, confiança bem calibrada e capacidade de intervenção no instante adequado. O risco já não reside somente na ação mal executada. Pode nascer de monitoramento rarefeito, interpretação tardia ou retomada insegura em momento de ruptura.

Parasuraman e Riley, em *Humans and Automation: Use, Misuse, Disuse and Abuse* (1997), formularam esse problema de maneira particularmente precisa ao tratarem do uso, mau uso, desuso e abuso da automação. Sua contribuição permanece central porque desloca o debate para a qualidade da relação entre operador e sistema. A confiança não se divide somente entre presença e ausência. Pode ser insuficiente, excessiva ou inadequadamente calibrada. Em qualquer dessas hipóteses, a automação deixa de ampliar a capacidade operacional e passa a introduzir nova forma de fragilidade.

No cockpit, essa fragilidade raramente assume forma abrupta desde o início. Tende a se instalar pela rotina, pelo sucesso reiterado do sistema e pela estabilidade que a automação oferece ao longo de muitos voos. Quanto mais a operação flui sem atrito, mais plausível se torna a expansão silenciosa da confiança. A máquina calcula, corrige, estabiliza e mantém coerência funcional por longos períodos. Pouco a pouco, o piloto pode deixar de supervisioná-la com a mesma densidade com que, em princípio, deveria acompanhá-la.

A dependência cognitiva ganha corpo exatamente nessa zona. O problema não está em uma simples falha do profissional, nem em uma perda evidente de atenção. Em muitos casos, o funcionamento consistente da automação tende a induzir um nível elevado de confiança no sistema. Tampouco se resume à redução do monitoramento ativo, ainda que isso seja um fator relevante. Parte da complexidade da operação passa a não ser acompanhada com a mesma intensidade, e o piloto permanece presente, mas já não está tão envolvido na dinâmica do sistema quanto estaria em um cenário de menor automação.

Esse é um dos efeitos desse processo, mas não o único. Quando a situação exige uma intervenção mais ativa, o piloto pode se encontrar menos imerso no detalhe operacional do que a responsabilidade do momento exigiria, tendo que reconstruir rapidamente uma compreensão que antes vinha sendo sustentada pelo automatismo.

Metzger e Parasuraman, em estudos sobre complacência automatizada (2001), mostram que a complacência relacionada à automação não se confunde com descuido banal. Ela pode surgir em ambientes nos quais a confiabilidade do sistema e sua estabilidade prolongada reduzem, de forma gradual, a vigilância crítica do operador. O risco, nesse caso, não está em o sistema falhar de maneira espetacular. Está em funcionar bem o bastante para induzir monitoramento menos denso do que a complexidade da situação exige.

Essa distinção merece formulação direta. Um dos novos riscos da automação não está somente na falha da máquina. Está na erosão do monitoramento humano. O acidente do voo Air France 447, ocorrido em 2009, oferece um exemplo concreto dessa dinâmica. Durante o voo em altitude de cruzeiro, a aeronave sofreu perda temporária de informações confiáveis de velocidade, o que levou à desconexão do piloto automático. A partir desse ponto, a tripulação passou a conduzir manualmente uma situação que, até então, vinha sendo gerida pela automação.

O que se seguiu não foi uma falha única ou imediatamente evidente, mas um processo de deterioração progressiva da compreensão da situação. Embora existissem indicações e alertas disponíveis, a tripulação não conseguiu reconstruir com clareza o estado real da aeronave. As ações de comando deixaram de produzir o efeito esperado e, ao longo do tempo, a interpretação do cenário passou a se afastar da realidade operacional, culminando na perda de controle.

Esse tipo de evento evidencia que a dificuldade não estava somente na execução de um procedimento, mas na retomada da leitura da situação em um momento em que a automação deixou de sustentar o voo. A exigência passou a ser cognitiva antes de ser técnica: compreender novamente aquilo que havia deixado de ser acompanhado de forma ativa.

É nesse contexto que a reflexão proposta por Paul A. Craig, em *The Killing Zone*, se torna particularmente relevante. Ao observar que acidentes envolvendo automação tendem a ser analisados a partir de seu resultado final, e não do contexto no qual foram produzidos, Craig destaca o risco de se ignorar o processo gradual no qual a confiança no sistema reduz a necessidade de interpretação contínua do piloto. Quando a tecnologia acerta reiteradamente, a atenção tende a ser redistribuída. Parte da energia cognitiva deixa de se concentrar na supervisão minuciosa do sistema e passa a confiar no histórico de estabilidade que ele acumulou. Se esse equilíbrio se

rompe, o piloto precisa reconstruir, sob pressão, a inteligibilidade do que acontece.

Usar a automação, portanto, não equivale a compreender seus limites. Essa diferença precisa permanecer explícita. Um piloto pode operar corretamente um sistema, dominar seus fluxos, acionar suas funções e, ainda assim, não possuir entendimento suficientemente robusto de seus modos, transições, limites de lógica e condições de degradação. Em situações normais, essa distinção quase não chama atenção. Em cenários marginais, passa ao centro do problema. O operador é chamado a intervir precisamente quando o sistema já não oferece, sozinho, clareza suficiente.

A dificuldade aumenta porque a automação moderna torna o voo mais elegante na superfície. Interfaces funcionais, estabilidade de parâmetros e integração de tarefas podem produzir a impressão de que a operação está, ao mesmo tempo, mais simples e mais segura. De fato, os avanços tecnológicos contribuíram de forma expressiva para elevar os níveis de segurança operacional.

O problema surge na interpretação desse próprio avanço. A aparente simplicidade pode induzir a percepção de que a operação se tornou intrinsecamente segura pela tecnologia, reduzindo, de forma implícita, a percepção da importância do piloto nesse sistema. No entanto, essa leitura é imprecisa. A segurança não passou a existir independentemente do avião, mas em conjunto com ele.

O que se oculta nesse refinamento é o fato de que parte da complexidade foi transferida para o sistema, e não eliminada. O piloto já não precisa executar tudo diretamente, mas continua responsável por compreender o suficiente para perceber quando a coerência aparente da aeronave deixa de coincidir com a coerência real da situação.

A inteligência artificial já começa a ocupar espaço relevante na aviação, ainda que não estejam diretamente integrada aos sistemas operacionais da cabine. Hoje, sua atuação ocorre principalmente nos sistemas que organizam e sustentam o voo: planejamento de rotas,

gestão operacional, previsão de fadiga, escalas de tripulação e análise de dados em larga escala. Esses sistemas não conduzem a aeronave, mas moldam, de forma expressiva, as condições sob as quais o piloto irá operar.

Diferentemente da inteligência artificial, a automação já está profundamente integrada ao cockpit. Sistemas como piloto automático, gerenciamento de voo e controle de potência operam com base em regras definidas, executando tarefas, mantendo parâmetros e reduzindo a carga de trabalho em cenários estruturados. A automação executa com precisão aquilo que foi programada para fazer.

A inteligência artificial, por sua vez, introduz uma lógica diferente. Estudos recentes sobre a integração entre humanos e inteligência artificial na aviação indicam que esses sistemas tendem a atuar como assistentes inteligentes, capazes de processar grandes volumes de dados e oferecer recomendações em tempo real. No entanto, essa capacidade não equivale à compreensão da operação em sua totalidade. A inteligência artificial trabalha dentro de parâmetros definidos e otimiza decisões com base em critérios estabelecidos, mas não interpreta, por si só, a complexidade do contexto nem antecipa, de forma crítica, as consequências que escapam ao modelo.

É nesse ponto que emerge uma distinção fundamental. A automação executa o que foi previsto; a inteligência artificial começa a sugerir respostas a partir de dados. Ainda assim, ambas permanecem limitadas ao modelo que as sustenta. A decisão que a inteligência artificial sugere pode ser logicamente correta dentro das regras que recebeu, mas nem sempre corresponder à melhor escolha no cenário real. O sistema tende a validar aquilo que é permitido; o piloto precisa avaliar aquilo que é adequado. É nessa diferença que a presença humana permanece imprescindível.

Pedro Domingos, em *The Master Algorithm* (2015), mostra que sistemas de aprendizagem de máquina aprendem padrões e ampliam

desempenho em espaços modelados, mas isso não equivale à compreensão humana do mundo. Eles identificam regularidades, otimizam respostas e produzem resultados expressivos em termos estatísticos. Ainda assim, não hierarquizam ambiguidade contextual, conflito de valores e responsabilidade situacional do modo como um agente humano precisa fazer em ambientes críticos. Essa diferença é particularmente importante quando a tentação de equiparar performance técnica e discernimento se torna mais forte.

Stuart Russell, em *Human Compatible* (2019), desloca o debate para o problema do controle e do alinhamento. Sistemas altamente competentes não se tornam, por isso, automaticamente alinhados ao que os humanos precisam, valorizam ou consideram prudente em contextos complexos. Em operações críticas, a pergunta não se resume à taxa de acerto do sistema. Interessa saber até que ponto sua lógica permanece compreensível, supervisionável e subordinada a critérios humanos de decisão. Em aviação, essa pergunta deixa o plano abstrato e assume consequência operacional imediata.

A opacidade emerge, então, como risco próprio da sofisticação. Quanto mais avançado o sistema, maior pode ser a distância entre sua capacidade de operar e a capacidade humana de acompanhar plenamente sua lógica interna. O perigo não está somente em a máquina produzir resposta inadequada. Está em o operador não dispor de inteligibilidade suficiente para reconhecer, a tempo, porque aquela resposta é inadequada, em que limite falha ou que tipo de premissa a conduziu. Em ambiente de alta criticidade, essa distância entre desempenho e compreensão não é detalhe. É vulnerabilidade estrutural.

Também aqui o risco não decorre somente de pane ou anomalia grosseira. Pode nascer da falsa sensação de controle produzida por operações longamente estáveis. O sistema opera com eficiência, reduz atritos e sustenta aparência de domínio contínuo. O piloto continua formalmente responsável, mas parte da inteligibilidade da operação passa a residir em camadas técnicas que ele supervisiona sem necessariamente penetrar em profundidade.

Quando surge a ruptura, não basta agir. Antes disso, é preciso reconstruir o sentido da situação. Esse esforço é cognitivamente exigente e nem sempre encontra o profissional em sua melhor condição de presença.

Erik Hollnagel, em *Safety-I and Safety-II* (2014), propõe uma leitura da segurança centrada na adaptação. Essa inflexão é particularmente útil aqui. Em um cockpit altamente automatizado, a adaptação não desaparece. O que muda é sua posição. O sistema continua operando dentro de seus limites, mas a resposta decisiva em situações não previstas ainda depende da capacidade humana de perceber o que a lógica automatizada não percebe ou de agir quando o padrão de normalidade já se rompeu. O piloto continua sendo a instância de rearticulação do sentido da operação.

Esse quadro transforma a formação em questão central. Não basta ensinar o profissional a acionar corretamente a automação, conhecer suas funções ou navegar seus modos básicos. A exigência contemporânea é outra. O piloto precisa ser formado para conviver criticamente com a tecnologia. Precisa desenvolver supervisão ativa, desconfiança qualificada, leitura de limites, consciência dos modos de degradação e capacidade de retomada responsável quando a situação exige mais do que adesão ao fluxo previsto. Uma formação centrada somente no uso da ferramenta não basta para o ambiente que a ferramenta passou a criar.

O problema, então, já não está em saber operar a tecnologia. Está em permanecer intelectualmente presente diante dela. Aqui se encontra uma das tensões mais delicadas do capítulo. Quanto mais o sistema assume a condução operacional de certas tarefas, mais importante se torna preservar no humano a capacidade de acompanhar, interpretar, tensionar e, se necessário, contrariar o automatismo. O risco contemporâneo da cabine não é somente técnico. É relacional. Nasce na interface entre desempenho da máquina e espessura cognitiva do operador.

Aquilo que a tecnologia não substitui, portanto, não corresponde a resíduo romântico de um passado menos automatizado. O que permanece irredutível é a capacidade humana de atribuir sentido ao contexto, trabalhar com ambiguidade, hierarquizar variáveis concorrentes, reconhecer quando a coerência do sistema já não garante a coerência da situação e decidir sob responsabilidade quando nenhum fluxo entrega sozinho a resposta necessária. Essa presença interpretativa não se tornou menos importante. Tornou-se mais exigente, menos visível e, por isso mesmo, mais fácil de subestimar.

Em última instância, a máquina pode assumir partes crescentes do comando operacional. Pode calcular, estabilizar, antecipar e integrar em escala superior à humana. Ainda assim, continua dependente de arquitetura, objetivos, limites e supervisão que não nascem dela. O ser humano permanece como instância que responde pelo sentido da operação, por sua correção última e por sua recondução quando o sistema deixa de bastar. A automação modifica o formato da presença humana. Não revoga sua necessidade.

O futuro da profissão, portanto, já não pode ser pensado somente em termos de técnica ou experiência tradicional. Exige discussão mais rigorosa sobre o tipo de discernimento que deve ser preservado quando o humano continua responsável por aquilo que nenhum sistema, por mais sofisticado que seja, consegue substituir integralmente.

CAPÍTULO VI

O aviador que ainda precisamos formar

A pergunta que atravessa este livro nunca esteve voltada ao passado por apego a uma figura idealizada do aviador. O problema sempre foi outro. Importava compreender que tipo de profissional a aviação continua a exigir quando a operação se torna mais padronizada, mais automatizada e mais dependente de sistemas cuja sofisticação cresce sem cessar. A resposta não está em recusar a técnica nem em defender retorno impossível a outra época. Está em reconhecer quais qualidades humanas permanecem centrais justamente porque o ambiente se tornou mais exigente.

A aviação contemporânea exige profissionais tecnicamente competentes, disciplinados e capazes de operar em sistemas de alta complexidade. Nada disso está em disputa. O ponto decisivo está no fato de que esse conjunto já não basta por si só. Quanto mais mediada por tecnologia se torna a operação, maior a necessidade de preservar a capacidade de perceber o que não está explícito, interpretar o que se desloca, sustentar leitura coerente sob pressão e decidir com responsabilidade quando a situação já não cabe inteiramente no previsto.

Os capítulos anteriores mostraram que essa exigência não se enfraquece em nenhum nível do sistema. Aparece na formação inicial, reaparece no treinamento, é tensionada pela cultura institucional e retorna com força redobrada no cockpit automatizado. Em cada uma dessas camadas, a mesma assimetria se impõe: fortalece-se a conformidade, mas nem sempre se cultiva,

com a mesma convicção, a presença cognitiva que o real continua a exigir. O avião que ainda precisamos formar começa a se delinear justamente contra esse desequilíbrio.

A palavra ‘julgamento’ pode ajudar a descrever parte desse problema, mas aqui não se refere a uma ideia abstrata. Trata-se de algo concreto: a capacidade de interpretar situações complexas, trabalhar com informações incompletas e tomar decisões responsáveis quando o que foi previsto já não é suficiente. Erik Hollnagel, em *Safety-II in Practice* (2017), reforça, em outra perspectiva, que a segurança em sistemas complexos depende menos da simples adesão ao previsto e mais da qualidade da resposta humana à variabilidade do real.

Esse avião não se define por oposição à tecnologia. Tampouco se caracteriza pela recusa do procedimento. Sua singularidade está na forma como permanece dentro da operação sem entregar à máquina a totalidade da leitura do contexto. Conhece o valor da padronização, mas não transfere a ela o trabalho do pensamento. Reconhece a utilidade da automação, mas não abdica da vigilância interpretativa. Usa sistemas avançados, mas não renuncia a compreender seus limites, seus modos e o instante em que a coerência da máquina já não garante a coerência da situação.

A consciência situacional ocupa, nesse quadro, lugar decisivo. Não como expressão técnica de uso protocolar, mas como qualidade de presença diante do voo, da cabine e do contexto. Consciência situacional envolve perceber o que acontece, compreender o que essa percepção significa e antecipar o que pode decorrer disso. Em ambientes fortemente mediados por sistemas, essa qualidade deixa de ser complemento. Passa a funcionar como

uma das formas mais sensíveis de resistência ao automatismo excessivo.

O problema ganha espessura nova quando a operação começa a incorporar inteligência artificial com mais profundidade. Esse avanço, no entanto, exige um cuidado adicional que não pode ser negligenciado. A inteligência artificial possui potencial extraordinário como ferramenta de apoio ao piloto, especialmente por sua capacidade de processar e organizar volumes de informação muito superiores à capacidade humana. Na prática, isso pode se traduzir em sistemas que sugerem rotas mais eficientes, antecipam áreas de turbulência, reorganizam prioridades operacionais ou até influenciam decisões antes mesmo de a tripulação assumir o voo, como ocorre no planejamento e na gestão de escalas e operações.

Nesse sentido, pode tornar-se um sistema de assessoria altamente valioso, ampliando a consciência operacional e oferecendo suporte consistente em cenários complexos, sem que isso represente, necessariamente, substituição da decisão humana. O ponto sensível, portanto, não está na utilização dessa capacidade, mas na forma como ela redefine, ainda que de maneira sutil, a autoridade decisória dentro da operação. À medida que sistemas passam a sugerir soluções otimizadas com base em grandes volumes de dados, cresce o risco de que essas sugestões sejam aceitas com menor nível de questionamento, especialmente quando se apresentam como tecnicamente consistentes e alinhadas aos parâmetros do sistema.

A distinção entre identificar a alternativa mais lógica e reconhecer a decisão mais adequada ainda não pertence integralmente ao domínio da inteligência artificial. Sistemas podem apontar aquilo que, do ponto de vista procedimental ou estatístico,

parece mais correto, organizando dados, projetando cenários e sugerindo respostas com alto grau de consistência. No entanto, a conversão dessa informação em uma decisão responsável, situada e coerente com a realidade concreta continua sendo, em essência, uma função humana. Nem sempre fazer o correto coincide com aquilo que parece correto sob uma lógica formal, e é exatamente nessa diferença que se estabelece um dos limites mais relevantes da tecnologia aplicada à decisão.

Em seu relato sobre o pouso no rio Hudson, o comandante Chesley Sullenberger oferece uma formulação que transcende o episódio e se insere diretamente no centro deste problema. Ao ser questionado por sua filha sobre o significado de integridade, responde de forma simples: fazer a coisa certa, mesmo quando não é conveniente. Essa ideia, embora aparentemente intuitiva, revela uma dimensão decisória que vai além de qualquer estrutura formal ou algoritmo. Decidir corretamente não significa, necessariamente, seguir a opção mais evidente, nem a mais alinhada com um procedimento previamente estabelecido; significa, antes, assumir responsabilidade sobre o contexto, mesmo quando a decisão não se ajusta perfeitamente ao modelo.

Considere uma situação hipotética. Uma aeronave encontra-se a poucos minutos do pouso em um aeroporto remoto quando um passageiro apresenta quadro grave de dor no peito. De acordo com o manual da operação, em casos de emergência médica, a orientação seria desviar para um aeroporto alternativo mais estruturado, ainda que isso implique tempo adicional de voo. Sob uma lógica estritamente procedural e, possivelmente, sob a lógica de um sistema de inteligência artificial, a decisão se apresentaria como clara: arremeter e prosseguir para o aeroporto alternativo. No

entanto, a realidade operacional raramente se sustenta nessa linearidade.

A decisão passa a incorporar outras dimensões: o passageiro suportará o tempo adicional? Sua condição permite essa extensão? Existe possibilidade de atendimento imediato no aeroporto atual que possa estabilizar o quadro até a evacuação? Qual alternativa, naquele contexto específico, oferece maior probabilidade real de preservar a vida? Essas perguntas não pertencem somente ao domínio do dado, nem podem ser plenamente resolvidas por lógica probabilística. Pertencem ao domínio da responsabilidade, e é justamente essa dimensão que permanece irreduzível à automação.

A inteligência artificial pode oferecer opções, calcular cenários e indicar caminhos com base em parâmetros definidos. O que ela ainda não assume, de forma plena, é o peso da decisão quando os critérios deixam de ser exclusivamente técnicos e passam a envolver julgamento contextual, incerteza e consequência humana direta. É nesse espaço que a autonomia do piloto precisa ser preservada, não como resistência à tecnologia, mas como complemento essencial a ela. No limite, sistemas podem indicar o caminho mais provável, mas a decisão sobre qual caminho deve ser seguido, especialmente quando o cenário escapa ao modelo, continua exigindo algo que não se reduz a cálculo: capacidade de interpretação, responsabilidade e, sobretudo, integridade.

Essa questão passa a envolver sistemas que reconhecem padrões, produzem inferências, oferecem respostas adaptativas e podem operar com grau crescente de opacidade para quem os supervisiona.

Korentsides e colaboradores, em estudo recente sobre inteligência artificial no cockpit (2025), mostram que a integração

entre humano e IA no *flight deck* exige clareza de papéis, confiança calibrada e preservação da consciência situacional. Essa formulação importa muito para este capítulo porque impede duas simplificações igualmente frágeis. De um lado, a ideia de que a IA substituirá integralmente o humano. De outro, a ideia de que bastaria mantê-la como ferramenta neutra, sem reconfigurar formação, supervisão e cultura operacional. O futuro da profissão não se decidirá somente pela presença da tecnologia, mas pela qualidade da relação construída com ela.

Essa relação se tornará ainda mais exigente porque o piloto será cada vez menos chamado a executar continuamente e cada vez mais convocado a perceber limites, interpretar desvios e reassumir, sob pressão, o comando cognitivo da situação. O centro da profissão não desaparece. Torna-se menos visível e mais difícil de sustentar. O aviador do futuro não será definido pela quantidade de tarefas que ainda executa manualmente, mas pela qualidade com que consegue permanecer intelectualmente presente quando o sistema conduz boa parte da operação.

Fercho, Beringer e Donovan, em estudo apresentado na Human Factors and Ergonomics Society (2023), reforçam essa necessidade ao argumentarem que requisitos e orientações para *displays* e controles de cabine precisam ser revistos não somente porque a tecnologia muda, mas porque os próprios aviadores mudam. Esse ponto é particularmente fértil para o livro. Impede que o futuro da profissão seja pensado somente em função da máquina. O piloto do futuro não será simplesmente o mesmo profissional diante de interfaces mais sofisticadas. Sua atenção, sua carga cognitiva, sua forma de aprender e sua relação com a autoridade também estarão em transformação.

Daí decorre uma exigência de formação em dois níveis. O primeiro é técnico: o piloto precisa compreender melhor a arquitetura dos sistemas com os quais opera, seus limites, seus modos de degradação e as condições em que a retomada humana deixa de ser opcional e passa a ser decisiva. O segundo é cultural: a profissão precisará formar pessoas menos inclinadas à obediência automática e mais preparadas para sustentar leitura própria, nomear desconfortos operacionais e assumir responsabilidade intelectual diante de contextos ambíguos.

A responsabilidade humana, nesse horizonte, não se reduz a responder depois do evento. Começa antes. Está na forma como o piloto mantém atenção, organiza dúvida, calibra confiança e reconhece o momento em que precisa reassumir a leitura da situação. Stuart Russell, em *Human Compatible* (2019), é incisivo ao mostrar que sistemas inteligentes podem ser altamente competentes sem que isso resolva o problema do controle, do alinhamento e da supervisão humana. Em atividades críticas, a decisão continua exigindo alguém que responda pelo sentido do que está sendo feito, e não somente pelo êxito técnico imediato da resposta.

Essa responsabilidade possui dimensão operacional e dimensão ética, e ambas se entrelaçam. Uma profissão que transfere demais para a tecnologia sem fortalecer, na mesma medida, a responsabilidade interpretativa do operador produz fragilidade mascarada de modernidade. A máquina pode sugerir, calcular, estabilizar e prever. O que ela não faz é assumir o peso humano da decisão quando a situação deixa de caber no padrão que a alimentou.

O futuro da aviação também exigirá revisão mais rigorosa do trabalho em equipe, mesmo quando a cabine vier a ser ainda mais mediada por assistentes digitais, automação avançada e novos

arranjos operacionais. Estudos recentes sobre operações civis com piloto único mostram que o debate contemporâneo já se desloca para cenários em que apoio cognitivo, monitoramento e redistribuição de tarefas ocuparão lugar ainda mais central. Puca e Guglieri, em estudo sobre operações com piloto único (*single-pilot operations*, 2025), indicam, nesse sentido, que o futuro não será sustentado somente por mais tecnologia, mas pelo modo como a profissão repensará supervisão, *pilot monitoring* e desenho do sistema como um todo.

Nesse horizonte, o aviador que ainda precisamos formar não será o profissional que disputa espaço com a máquina nem aquele que se limita a operar seus comandos com eficiência disciplinada. Será alguém capaz de conviver com sistemas sofisticados sem se dissolver neles. Alguém que preserve leitura ativa do contexto, vigilância sobre o automatismo, abertura para questionar e capacidade de decidir quando a situação exigir presença mais profunda do que a interface aparenta pedir. Essa figura não corresponde a ideal romântico. Corresponde ao tipo de profissional que a operação continuará a reclamar quando o previsto já não bastar.

Talvez o maior risco do presente esteja em imaginar que a sofisticação técnica reduzirá a importância dessas qualidades. Tudo indica o contrário. Quanto mais mediada por sistemas se torna a operação, mais refinada precisa ser a formação da presença humana nela. Menos improvisação rudimentar, sem dúvida. Menos anti-intelectualismo operacional, também. Menos obediência vazia ao procedimento, acima de tudo. O futuro da profissão não exige menos pensamento. Exige pensamento melhor situado e mais vigilante.

Sidney Dekker, em *The Field Guide to Understanding Human Error* (2014), permite ler esse problema com nitidez ao deslocar o foco da culpa individual para a compreensão do sistema e da cultura em que as ações fazem sentido. O aviador que ainda precisamos formar não é herói solitário nem operador obediente. É profissional formado em ambiente capaz de sustentar dúvida qualificada, leitura de contexto, entendimento do erro, relação madura com a tecnologia e responsabilidade sem caricatura. Nada disso surge espontaneamente. Tudo isso precisa ser intencionalmente cultivado.

Este capítulo não oferece resposta definitiva, nem pretende fixar imagem pronta do piloto ideal. Seu propósito é outro. Interessa sustentar uma conversa necessária sobre aquilo que a profissão corre o risco de perder justamente quando se torna mais sofisticada. Se a aviação pretende permanecer segura em ambientes cada vez mais automatizados, inteligentes e institucionalmente complexos, precisará preservar no humano algo que não pode ser delegado sem resto: a capacidade de atribuir sentido ao real quando ele já não cabe inteiramente no sistema.

Talvez esse seja o ponto mais exigente de toda a obra. A aviação do futuro continuará a precisar de máquinas extraordinárias. Continuará a depender de automação avançada, integração de dados e inteligência artificial. Nada disso está em dúvida. O que permanece em aberto é se saberá formar, com a mesma competência, profissionais capazes de continuar percebendo, pensando e decidindo quando a sofisticação técnica já não entregar, sozinha, a resposta necessária.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inquietação que deu origem a esta obra nunca se resumiu à constatação de que a aviação mudou. Mudanças técnicas, institucionais e operacionais são parte constitutiva de sua história. O que motivou esta reflexão foi outra pergunta, mais exigente e menos confortável: que tipo de piloto está sendo formado em uma aviação cada vez mais padronizada, automatizada e orientada por procedimentos? Ao longo do percurso, tornou-se evidente que essa pergunta não diz respeito apenas à instrução, à tecnologia ou à cultura organizacional tomadas isoladamente. Ela atinge o centro da profissão.

A análise desenvolvida ao longo dos capítulos permitiu sustentar a tese de que a aviação contemporânea formou pilotos tecnicamente competentes, disciplinados e aptos a operar em sistemas de alta complexidade, mas nem sempre igualmente fortalecidos para interpretar, adaptar-se e decidir quando a realidade ultrapassa o cenário previsto. O problema, portanto, não reside na existência de procedimentos, treinamentos ou sistemas automatizados. O ponto mais delicado aparece quando a conformidade cresce mais rapidamente do que a espessura interpretativa do profissional, e quando a resposta correta ao fluxo passa a receber mais investimento do que a formação da presença cognitiva diante do inesperado.

Também se tornou visível que essa dificuldade não nasce em um ponto isolado do sistema. Ela começa a ser produzida na base da formação, quando etapas decisivas podem ser atravessadas sob lógica de aceleração e profundidade insuficiente. Reaparece no

treinamento, quando a pedagogia cede espaço à validação hierárquica e o erro deixa de funcionar plenamente como matéria de aprendizagem. Consolida-se, ainda, na cultura institucional que estreita a circulação da dúvida, da divergência e da palavra incômoda, reduzindo a capacidade do sistema de aprender sobre si mesmo antes que suas tensões se convertam em evento visível.

A automação e a inteligência artificial não eliminaram essa questão. Ao contrário, tornaram-na mais delicada. A máquina pode executar, calcular, estabilizar e integrar em escala muito superior à humana, mas não substitui, sem resto, a prudência interpretativa, a leitura de contexto e a responsabilidade pela decisão quando a situação deixa de caber integralmente no previsto. Em ambientes cada vez mais mediados por tecnologia, a presença do piloto se torna menos manual e mais interpretativa, menos ligada ao gesto contínuo e mais exigida nas rupturas. O fator humano não desaparece. Seu lugar apenas se torna menos visível e mais fácil de subestimar.

Por isso, a reflexão proposta por este livro conduz a uma exigência incontornável. A aviação nunca deixou de depender de profissionais tecnicamente preparados. O que está em transformação não é essa necessidade, mas o tipo de capacidade que se exige desses profissionais em um contexto em que a própria estrutura da operação aponta para uma mudança de rumo, com sistemas cada vez mais sofisticados e uma tendência crescente de redistribuir e, em alguns aspectos, reduzir o papel do piloto dentro do sistema.

Torna-se necessário preservar e formar, com maior intencionalidade, capacidades como discernimento, consciência situacional, leitura ativa do contexto e vigilância sobre os limites dos

sistemas, especialmente diante de cenários ambíguos. Nada disso corresponde a um resquício de um passado menos tecnológico. Trata-se, ao contrário, do núcleo mais exigente da segurança em uma operação cada vez mais sofisticada.

Estas considerações finais não pretendem encerrar o debate com fórmulas prontas. Uma atividade tão complexa não se deixa reduzir a resposta definitiva. O que se buscou aqui foi abrir, com honestidade intelectual, uma conversa necessária sobre formação, tecnologia e futuro profissional. Se a aviação pretende sustentar seus níveis de segurança em um ambiente de crescente automação, será necessário decidir não apenas que sistemas deseja desenvolver, mas também que tipo de aviador precisa continuar formando. Em última instância, a segurança da operação dependerá menos da capacidade da máquina e mais da capacidade do ser humano de compreender e interpretar o que está acontecendo.

REFERÊNCIAS

COOPER, George E.; HARPER JUNIOR, Robert P. **The use of pilot rating in the evaluation of aircraft handling qualities.** Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration, 1969. NASA Technical Note D-5153. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19690013177>. Acesso em: 1 jul. 2026.

CRAIG, Paul A. **The Killing Zone:** how and why pilots die. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2013.

DEKKER, Sidney. **The Field Guide to Understanding 'Human Error'.** 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.

DOMINGOS, Pedro. **The Master Algorithm:** how the quest for the ultimate learning machine will remake our world. New York: Basic Books, 2015.

FERCHO, Kelene A.; BERINGER, Dennis B.; DONOVAN, Colleen. The role of human factors in evaluating and updating requirements for flight deck displays and controls. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, v. 67, n. 1, p. 57-62, 2023. DOI: 10.1177/21695067231193651.

HOLLNAGEL, Erik. **Safety-I and Safety-II:** the past and future of safety management. Farnham: Ashgate, 2014.

HOLLNAGEL, Erik. **Safety-II in Practice:** developing the resilience potentials. Abingdon: Routledge, 2017.

KLEIN, Gary. **Sources of Power:** how people make decisions. Cambridge, MA: MIT Press, 1998.

KORENTSIDES, Jenna et al. The use of artificial intelligence (AI) in the flight deck: enhancing human-AI teamwork in aviation. **Journal of the Air Transport Research Society**, v. 6, art. 100099, 2026. DOI: 10.1016/j.jatrs.2025.100099.

METZGER, Ulla; PARASURAMAN, Raja. Automation-related complacency: theory, empirical data, and design implications. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, v. 45, n. 4, p. 463-467, 2001. DOI: 10.1177/154193120104500442.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD. **Assumptions used in the safety assessment process and the effects of multiple alerts and indications on pilot performance.** Safety Recommendation Report ASR-19/01. Washington, DC: National Transportation Safety Board, 2019. Disponível em: <https://www.nts.gov/investigations/accidentreports/reports/asr1901.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2026.

PARASURAMAN, Raja; RILEY, Victor. Humans and automation: use, misuse, disuse, abuse. **Human Factors**, v. 39, n. 2, p. 230-253, 1997. DOI: 10.1518/001872097778543886.

PUCA, Nicola; GUGLIERI, Giorgio. Enabling civil single-pilot operations: a state-of-the-art review. **Aerotecnica Missili & Spazio**, v. 104, p. 187-212, 2025. DOI: 10.1007/s42496-024-00223-7.

REASON, James. **Human Error**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

RUSSELL, Stuart. **Human Compatible: artificial intelligence and the problem of control**. New York: Viking, 2019.

SHERIDAN, Thomas B. **Humans and Automation: system design and research issues**. New York: John Wiley & Sons, 2002.

SULLENBERGER, Chesley B.; ZASLOW, Jeffrey. **Highest Duty: my search for what really matters**. New York: William Morrow, 2009.

POSFÁCIO

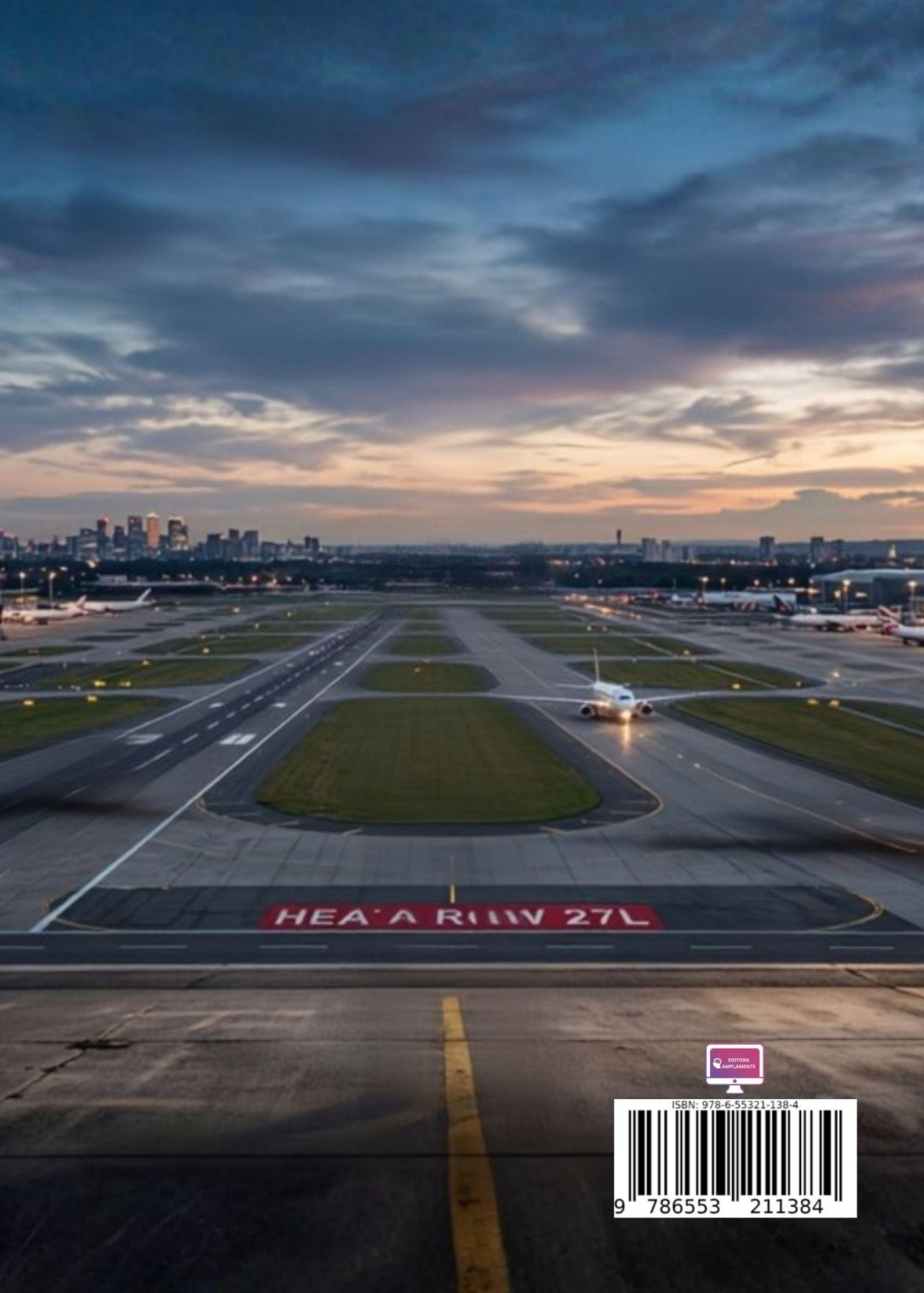
Alguns livros se encerram na última página. Outros apenas suspendem a voz, deixando que a pergunta central continue a trabalhar o leitor mesmo depois do fim. Esta obra pertence à segunda espécie. Ao concluir sua leitura, não se leva consigo apenas uma reflexão sobre treinamento, automação ou cultura organizacional. O que permanece é uma inquietação mais funda: que tipo de presença humana a aviação ainda será capaz de preservar em meio à expansão contínua dos sistemas que passaram a organizá-la?

Tudo indica que a sofisticação técnica continuará avançando. Novas interfaces, sistemas mais integrados, automação mais refinada e inteligência artificial cada vez mais presente tenderão a redesenhar o cockpit, a formação e a própria percepção social da profissão. Nada sugere retorno a um passado menos mediado por tecnologia. O movimento seguirá adiante. O que permanece em aberto não é a continuidade desse avanço, mas a qualidade com que a profissão saberá atravessá-lo sem empobrecer aquilo que, no humano, continua a sustentar a segurança quando o previsto se rompe.

Talvez a questão mais sensível não esteja em saber até onde a máquina poderá ir. Mais decisivo do que isso será compreender até que ponto o aviador do futuro continuará sendo formado para perceber, interpretar e decidir quando a operação exigir mais do que aderência aos procedimentos e checklist, confiança em sistemas e repetição disciplinada do que já foi antecipado. O risco maior não está na presença da tecnologia, mas na possibilidade de que, sob sua promessa de precisão, se torne cada vez menos visível aquilo que

não pode ser delegado sem perda: a consciência do contexto, a responsabilidade pelo sentido da decisão e a vigilância sobre os limites do próprio sistema.

Se este livro cumprir sua tarefa, ele não terá oferecido respostas finais. Terá feito algo talvez mais importante. Terá recolocado a profissão diante de uma pergunta que não poderá ser contornada por muito tempo. Porque, no fim, a aviação poderá continuar a construir máquinas extraordinárias. O que seguirá em disputa é se também saberá formar, com a mesma competência, os profissionais capazes de permanecer intelectualmente presentes dentro delas.



HEA A RIW 27L



ISBN: 978-6-55321-138-4

