

---

# A influência do treinamento em situações anormais de voo de desorientação espacial

João Paulo de Sousa Silva<sup>1</sup>, Thaissa Neves Rezende Pontes<sup>2</sup>

1 Egresso do Curso de Ciências Aeronáuticas da Escola de Gestão e Negócios Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC/GO). Foi monitor de Regulamento de Tráfego Aéreo pela PUC-GO, no ano de 2017, e aluno de Iniciação Científica dessa mesma universidade. É qualificado como piloto privado de aeronaves de asa fixa. Trabalha atualmente como auxiliar de despacho operacional de voo na empresa Brasil Vida Táxi Aéreo.

2 Graduação em Psicologia pela PUC-GO (2008), mestrado em Ciências do Comportamento pela UnB (2010), doutorado sanduíche pelo Wofford College (2012/2) e doutorado em Ciências do Comportamento pela UnB (2014). Participou da elaboração do Projeto Político Pedagógico do Curso de Psicologia da Faculdade Alfredo Nasser (Unifan) em 2016, como membro do Núcleo Docente Estruturante. Foi membro do Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos (2015/1 a 2016/2) da PUC-GO e atualmente é professora efetiva do Curso de Psicologia (PUC-GO/Unifan) e coordenadora do grupo de pesquisa sobre Psicologia da Aviação (PUC-GO).

---

**RESUMO:** O termo ‘desorientação espacial’ refere-se à perda, impossibilidade ou incorreta determinação da orientação do piloto no espaço aéreo. A falta de informações visuais provocada por condições meteorológicas adversas faz com que o organismo priorize as informações provenientes de outros órgãos sensoriais, como o vestibular e o proprioceptivo, ambos propensos a ilusões e erros de interpretação. O objetivo do presente trabalho consistiu-se em demonstrar a influência do treinamento realizado em aeronaves reais sobre a tomada de decisão do piloto em situações anormais de voo ocasionadas por desorientação espacial. Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o fenômeno do efeito *startle* e sua relação com a tomada de decisão nessas situações. Os conceitos relacionados ao tema foram discutidos sob a ótica da história de reforçamento, ferramenta da psicologia da análise do comportamento. A partir de pesquisas experimentais, foi observado que quanto maior a fidedignidade da situação de treino em relação à situação de teste, melhor será o desempenho do indivíduo. Constatou-se, ainda, a relevância de se relacionar o efeito *startle* com tomada de decisão em situações de emergência provocadas pela desorientação espacial durante o voo. Percebe-se, portanto, que em campos teóricos e conceituais a correlação é viável e abre espaço para essa discussão. Verificou-se, nesse sentido, que, para diminuir a ocorrência da desorientação espacial, o treinamento de situações anormais de voo deve ser realizado também em aeronaves, e não somente em simuladores, uma vez que naquelas o corpo é exposto a condições e sensações completamente diversas das que seriam apresentadas em ambiente de simulação, complementando e sedimentando, assim, o conhecimento dos aeronautas diante da complexidade do ambiente de voo.

**Palavras Chave:** Desorientação Espacial. Efeito *startle*. Treinamento UPRT. Recuperação de situação anormal de voo.

## The influence of training in flight upset situations on spatial disorientation

**ABSTRACT:** The term spatial disorientation refers to the loss, impossibility, or incorrect determination of the pilot's orientation. The lack of visual information caused by adverse weather conditions causes the organism to prioritize information from other sensory organs such as vestibular and proprioceptive, both of which are prone to illusions and errors of interpretation. The objective of this work was to demonstrate the influence of aircraft training on pilot decision making in critical operating situations in which spatial disorientation is present. For that, a bibliographical review was carried out on the phenomenon of spatial disorientation and on the study area called history of reinforcement. From experimental research it was observed that the more similar the training situation of the test situation, the better the performance of the individual. As a result, it was concluded that, in order to reduce the occurrence of spatial disorientation, the training of abnormal flight situations should be performed in aircraft rather than in simulators, since the body is exposed to conditions and sensations completely different from those would be presented in a simulation environment, complementing the knowledge of the pilots considering the complexity of flight environment.

**Key words:** Spatial Disorientation. Startle effect. Training. Upset Recovery.

**Citação:** Silva, JPS, Pontes, TNR. (2019). A influência do treinamento em situações anormais de voo de desorientação espacial. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 10, N<sup>o</sup>. 3, pp. 26-38.

## 1 INTRODUÇÃO

A desorientação espacial é caracterizada pela dificuldade ou incapacidade do piloto em perceber a atitude de sua aeronave em relação à superfície terrestre, o que pode ocorrer principalmente durante as operações de pouso e decolagem, devido à maior necessidade de se orientar em relação à rota e aos procedimentos operacionais.

Para o atendimento dessa necessidade e no intuito de capacitar os pilotos na habilidade de identificar e solucionar situações anormais de voo [SAV] de maneira eficaz, foi elaborado, em 2014, o *Manual on Aeroplane Upset Prevention and Recovery Training* [Manual UPRT], pela *International Civil Aviation Organization* [ICAO] juntamente com equipe formada por

fabricantes de aeronaves, autoridades da aviação civil, fabricantes de *Flight Simulation Training Devices* [FSTD], associações diversas relacionadas à indústria da aviação internacional, entre outros colaboradores.

O UPRT trata-se de um treinamento de prevenção e recuperação do avião para SAV consistente em uma combinação de conhecimentos teóricos e treinamentos práticos de voo real e em dispositivo de treinamento de simulação de voo [FSTD], que tem por objetivo “fornecer à tripulação as competências necessárias para prevenir e recuperar situações nas quais um avião excede involuntariamente os parâmetros da linha operação ou treinamento.”(EASA, 2019).

Este estudo aborda o citado Manual da ICAO, voltado para o treinamento de pilotos em situações específicas, uma vez que o órgão regulador brasileiro de aviação civil, a Agência Nacional de Aviação Civil [ANAC], e o Comitê Nacional de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos [CNPAA], responsável por estabelecer discussões sobre a segurança de voo, possuem apenas publicações acerca da desorientação espacial, sem relacionarem o assunto ao efeito *startle* – consequência física e mental de um estímulo inesperado (tema debatido mais adiante) – ou à aplicação do treino em situações anormais para mitigar a ocorrência de incidentes e acidentes.

Ademais, a baixa popularidade e divulgação desse tipo de treinamento na comunidade aeronáutica brasileira, juntamente com a frequente ocorrência de acidentes relacionados à desorientação espacial, elevam essa temática, chamando a atenção para a importância do desenvolvimento de aeronautas capazes de lidar com o complexo ambiente aeronáutico.

Dentre a gama de fatores humanos causadores de acidentes, a desorientação espacial e o processo decisório dos pilotos permanecem representativos nas investigações empreendidas pelas entidades aeronáuticas. Com efeito, referências recentes têm mostrado que a tomada de decisão em situações de emergência a bordo das aeronaves ainda apresenta lacunas, apesar dos esforços empregados na capacitação desses profissionais.

Nesse contexto, o presente estudo expõe como a definição de repertórios prévios de comportamento apontados pelo UPRT, com a exposição do indivíduo ao efeito *startle*, pode melhorar a capacidade decisória dos tripulantes em situações emergenciais. Por meio de uma pesquisa exploratória de cunho dedutivo, analisa-se como o efeito *startle age* no corpo humano e a sua relação com o processo de tomada de decisão dentro do *cockpit*.

Dessa forma, o artigo tem como objetivo propor a adoção do UPRT como forma de prevenção a acidentes ocasionados por desorientação espacial devido à sua significativa relação com a tomada de decisão do piloto. Dito de outro modo, por meio deste treinamento, busca-se atenuar as consequências das respostas do corpo, conhecidas como ‘efeito *startle*’, em situações de emergência que representam ameaça ou risco à vida, o que permite ao piloto adotar ações corretas, com base no citado treinamento.

Na primeira parte do artigo, foram relacionados os principais temas ligados à desorientação espacial e à tomada de decisão, como o funcionamento dos sistemas do corpo humano responsáveis pelo fornecimento de informações sensoriais, assim como os processos de orientação no espaço e percepção dos elementos do ambiente.

Posteriormente, são expostos alguns tipos de ilusões que podem levar o piloto à desorientação espacial e, conseqüentemente, a uma situação anormal de voo. Apresenta-se, ainda, o papel da consciência situacional no processo de tomada de decisão em situações de emergência.

Em seguida, são apresentados o efeito *startle* e suas consequências para o piloto na operação da aeronave em circunstâncias críticas, em que o tempo de resposta é reduzido e o risco à vida, iminente. O UPRT é trazido como proposta de tratativa para as consequências do citado efeito na tomada de decisão do piloto, uma vez que considera, além dos conhecimentos teóricos e em simuladores, a exposição a um ambiente real de voo como essencial para o treinamento do tripulante.

A segunda fase da pesquisa, o método, utiliza-se da história de reforçamento, conceito advindo da psicologia, para salientar a importância do histórico do indivíduo para a criação de novos repertórios, principalmente no que se refere ao treinamento.

### 1.1 Evolução humana

O avanço tecnológico no campo da engenharia aeronáutica permitiu a criação dos sistemas de controle ambiental, cuja finalidade é manter a subsistência humana nos voos a grandes altitudes. Os sistemas da aeronave efetuam o controle da pressão, umidade e temperatura do ar para valores próximos do adequado para o organismo (HELFENSTEIN, 2012). Assim como os equipamentos nos permitem sobreviver em ambientes não propícios, o corpo também o faz, adaptando-nos a fatores ambientais não usuais ao organismo (DEHART, 1996 apud ALVES, 2008).

Durante seu processo evolutivo, o homem foi se adaptando visando à garantia da continuidade de sua espécie. A coexistência com outros seres vivos agregou a necessidade de sobreviver num ambiente com espécies mais fortes, fazendo com que os sentidos e sistemas humanos se desenvolvessem (GUYTON, 1989 apud ALVES, 2008).

Os sistemas sensoriais como olfato, gustação, audição, tato e visão foram desenvolvidos sempre com referências voltadas para o contato com o solo. Portanto, eles são capazes de manter o corpo em equilíbrio e orientado, mesmo quando experimentam diversos tipos de movimentos. Porém, quando a orientação precisa ser estabelecida em voo, o ambiente aéreo não proporciona estímulos adequados para os sentidos, que durante anos foram adaptados à vida terrestre (ERNSTING, 1998 apud ALVES, 2008).

No alto de uma montanha, por exemplo, o ser humano, por meio da homeostase, tem tendência à estabilidade do meio interno do organismo ou equilíbrio biológico, ou seja, o corpo é preparado para se adaptar. A quantidade de partículas de oxigênio é menor, levando à taquipneia (respiração mais rápida) na tentativa de inspirar mais partículas. Como somente o aumento de

frequência respiratória não é o suficiente para suprir a falta de oxigênio, o corpo produz mais glóbulos vermelhos que conseguem captar e levar as partículas de oxigênio para todo o organismo. Sem essa adaptação, ocorre o fenômeno denominado "mal das montanhas" ou hipóxia<sup>1</sup> (HELFENSTEIN, 2012).

## 1.2 Orientação em voo

O senso de orientação detém representativa importância fisiológica para as atividades diárias e sobrevivência do corpo humano no ambiente terrestre. Realizada de forma inconsciente, assim como respirar, o termo 'orientação' corresponde a uma autoconsciência em relação ao ambiente e seus elementos, ou, ainda, a um senso de localização geográfica. Em voo, a orientação refere-se, mais especificamente, a uma consciência de atitude e posição espacial da aeronave em relação à referência externa fornecida pela superfície terrestre e gravidade. Diferentemente do que acontece em solo, o senso de orientação do piloto precisa manter-se consciente durante todo o voo (STOTT, 2013).

Os receptores sensoriais, estruturas presentes em desde uma simples terminação nervosa até um órgão complexo, como o ouvido ou o olho, criam uma representação interna dos estímulos recebidos do ambiente externo, originando um processo chamado de 'sensibilidade', que envolve, essencialmente, a coleta de pequenas quantidades de energia do ambiente (calor, pressão, vibrações etc.), bem como o seu uso. Alguns receptores são classificados em função da natureza de sinais, como no caso dos proprioceptivos<sup>2</sup>, que fornecem informação sobre a posição das articulações, a atividade muscular e a orientação do corpo no espaço (RHOADES; TANNER, 2005).

O processo da sensação faz parte da percepção, que é complexa e integra a informação sensorial atual com a já aprendida previamente, permitindo que se façam julgamentos sobre o que se está sentindo (RHOADES; TANNER, 2005). Assim, em condições normais, na orientação espacial em voo, a atitude da aeronave em relação à superfície do solo se dá em função da visão do piloto, que o mantém orientado por meio da linha do horizonte com a confirmação pelos instrumentos.

Porém, quando as referências visuais são precárias, como no caso de voo com baixa visibilidade, vale dizer, quando o horizonte terrestre não está visível, as informações provenientes dos sistemas vestibular<sup>3</sup> e proprioceptivo passam a predominar. Isso pode levar a uma incompatibilidade dos dados obtidos na análise dos instrumentos em relação às oriundas dos dois sistemas de orientação citados, induzindo a uma interpretação errônea da situação pelo cérebro, o que propicia uma perda da consciência de localização no espaço (GILLINGHAM; PREVIC, 1996 apud ALVES, 2008).

A percepção dos seres humanos sobre onde se encontram no tempo e no espaço é realizada pelos sistemas sensoriais especializados que, constantemente, nutrem o sistema nervoso central<sup>4</sup> [SNC] de informações.

Relatório elaborado pelo CENIPA em 2014 – Relatório Final A-134 – que trata do acidente fatal do então candidato à presidência da República Eduardo Campos, informa, após contextualizar o acidente, que em condições normais, o ser humano é capaz de determinar, com precisão, a sua orientação espacial usando informações fornecidas por esses sistemas, quais sejam o visual, o vestibular e o proprioceptivo (somatossensorial), os quais fornecem, respectivamente, 80%, 10% e 10% das informações sobre orientação (CENIPA, 2014). A maior parte dos processos dos sistemas de orientação ocorre inconscientemente e uma falha no seu funcionamento leva à perda da orientação espacial.

A desorientação espacial do piloto é apontada no documento citado como uma das causas contribuintes para o acidente, além de fatores como estresse, aumento da carga trabalho em decorrência do procedimento de arremetida, possível perda da consciência situacional e falta de treinamento adequado.

Na aviação, de todos os sentidos usados pelo corpo humano, a visão é o mais importante, pois age no fornecimento de visualização de dados dos instrumentos, do tráfego e provê referências para operações de taxi, decolagem e pouso. Porém a perturbação ou a interrupção da visão praticamente incapacitam o piloto, aumentando a probabilidade de um voo inseguro (REINHART, 2008). Ela, a visão, relaciona a própria posição dos objetos ao redor ou próximos, que, quando combinada com a experiência de voo, constrói uma representação da orientação do corpo em relação a estes objetos do ambiente. Paralelamente a isso, o cérebro recebe estímulos dos sistemas proprioceptivos e vestibular responsáveis por informar a posição do indivíduo, os quais podem ser por ele confundidos no complexo e dinâmico ambiente de voo (CIVIL, 2014).

<sup>1</sup> Patologia acometida pela variação de pressão atmosférica e da pressão parcial do oxigênio (CIVIL, 2014)

<sup>2</sup> Sistema formado por diversos tipos de receptores que transmitem ao cérebro informações sobre o grau de estiramento muscular, a posição das articulações e tensão dos tendões. Informam o indivíduo sobre a posição e movimento relativo às diversas partes do corpo, principalmente do pescoço, necessário à manutenção do equilíbrio, já que, quando a cabeça está inclinada pela torção do pescoço, isso leva o indivíduo a uma situação de desequilíbrio, pois os sinais proprioceptivos recebidos são diferentes dos enviados pelo sistema vestibular.

<sup>3</sup> Composto pelos canais semicirculares e órgãos otolíticos, os primeiros responsáveis pela captação das acelerações angulares por meio da movimentação da endolinfa (líquido dos canais), ou seja, rotações, e os segundos pelas acelerações lineares e gravidade (HELFENSTEIN, 2012).

<sup>4</sup> Responsável por receber e transmitir informações para todo o organismo, coordena as atividades do corpo (HELFENSTEIN, 2012).

Quando as condições meteorológicas visuais são limitadas, como durante o mau tempo ou à noite, até 80% do sistema normal de orientação podem ser perdidos devido à incapacitação do sistema visual. O SNC do piloto passa então a receber apenas as informações sensoriais dos sistemas vestibular e proprioceptivo, ambos propensos a ilusões e erros de interpretação (CENIPA, 2014).

### 1.2.1 Ilusões sensoriais

O estímulo visual externo nem sempre é suficiente para perceber a posição exata da aeronave em relação ao ambiente. Fatores como fenômenos meteorológicos, falta de sinalização, características do terreno e luminosidade ambiente (dia/noite) influenciam e podem distorcer essa percepção (RUSSOMANO; CASTRO, 2012). A falsa percepção de posição ou de direção do movimento em relação à superfície da terra é chamada de ilusão. As ilusões do tipo visuais afetam aquilo que o piloto detectaria unicamente pela visão e, dessa maneira, determinam como ele irá responder a uma situação na cabine de voo.

Assim, apesar de preponderante para a determinação da orientação, o sistema visual atuando isoladamente pode enganar o piloto, caso não sejam consideradas informações fisiológicas, como as do sistema vestibular (REINHART, 2008).

Em um ambiente considerado divergente do habitual, o sistema vestibular, contudo, é estimulado de maneira errônea, provendo informações conflituosas, que não coincidem com as fornecidas pelo sistema proprioceptivo e, portanto, com o que ocorre de fato (GILLINGHAM; PREVIC, 1996 apud ALVES, 2008).

As ilusões vestibulares são divididas em dois tipos: somatogiratórias, relacionadas aos canais semicirculares, e somatogravitacionais, referentes aos órgãos otolíticos (GILLINGHAM; PREVIC, 1996 apud ALVES, 2008). Exemplo das ilusões relacionadas aos canais semicirculares é o Coriolis, termo usado para descrever o efeito vestibular da inclinação da cabeça durante uma rotação que envolva o corpo inteiro (RODRIGUES, 2016).

Quando o piloto experimenta, por exemplo, mover a cabeça para baixo durante uma curva prolongada em voo, ou seja, em um plano de rotação diferente do plano de curva realizado pela aeronave, pode experimentar este tipo de ilusão e entender que sua aeronave está realizando manobras que, na realidade, não estão sendo executadas (CIVIL, 2014). Segundo Reinhart (2008), esta ilusão é considerada uma das mais graves e incapacitantes devido à ausência de referência visual do horizonte, dificultando a reação do piloto.

Outro exemplo é o desnivelamento, forma mais comum de ilusão vestibular, que consiste em uma falsa percepção de ângulo de posicionamento em relação ao eixo X (rolamento). O efeito decorre de uma deficiência sensorial dos canais semicirculares que só são estimulados com uma aceleração maior que 2 graus/segundo. Se, por exemplo, o piloto é submetido a uma inclinação para a direita inferior a esse número, ela não será percebida. Ao checar os instrumentos é que o piloto corrigirá a inclinação para o centro, porém ele passa a ter a sensação de que se inclinou para a esquerda (BENSON, 1998 apud ALVES, 2008).

Já a principal ilusão referente aos órgãos otólitos (somatogravitacional) é a de inversão, que ocorre durante uma subida rápida em aviões de alta performance. O rápido nivelamento leva o piloto de uma situação de hipergravidade a uma de hipogravidade (RODRIGUES, 2016). A súbita mudança de atitude da aeronave e a subsequente diminuição da força gravitacional – agindo para baixo, sobre os órgãos otolíticos – gera uma sensação de *pitch*<sup>5</sup>-up (nariz da aeronave para cima). Esta situação pode levar o piloto a tentar corrigir esta atitude ilusória, conduzindo a um *pitch-down* (nariz da aeronave para baixo), o que vai intensificar a sensação e piorar a ilusão (CENIPA, 2014).

### 1.2.2 Situação Anormal de Voo (SAV)

A agência americana *Federal Aviation Administration* [FAA] define situação anormal de voo ou *airplane upsets* como uma aeronave que não responde aos comandos e que está se aproximando de parâmetros inseguros de voo. Para se definir uma aeronave em situação anormal de voo, são estabelecidos critérios de acordo com o tipo do avião e sua performance. Contudo, de um modo geral, são eles: (i) *pitch* mais alto que 25° ou mais baixo que 10°; (ii) curva maior que 45°; e (iii) velocidades inapropriadas para a fase de voo para operações e treinamentos, mesmo voando dentro dos limites citados (FAA, 1991).

As causas de incidentes relacionados à SAV são variadas e, de acordo com a FAA (1991), podem ser categorizadas em quatro tipos: (i) os induzidos pelo ambiente, como turbulência, *windshear* e formação de gelo na aeronave; (ii) os induzidos por anomalias do sistema, como falhas no piloto automático (ainda que pouco frequente); (iii) os induzidos pelo piloto, como *cross-check* deficiente dos instrumentos, desatenção às tarefas primárias da cabine e desorientação espacial (significante fator em muitos acidentes ocasionados por atitude anormal de voo); e (iv) os decorrentes de uma combinação desses três tipos.

### 1.3 Desorientação espacial (DE)

Segundo Previc e Ercoline (2004 apud RODRIGUES, 2016), no contexto da aviação, a DE é um termo usado para se referir à perda ou determinação incorreta da percepção da posição do piloto e/ou do avião em relação ao eixo de coordenadas fixo constituído pela superfície da terra e gravidade vertical. De forma mais concreta, há a DE quando não se consegue determinar

<sup>5</sup> Atitude ou *Pitch*: movimento do nariz do avião sobre seu eixo lateral (ANAC, 2018).

ou se determinam de forma equivocada o movimento, a atitude, a velocidade e altitude do avião. Esta definição abrange também os erros de percepção relativos à posição/movimento e atitude do piloto em relação ao “seu” avião e aos demais.

As causas da DE são variadas e a maioria das situações advém de respostas fisiológicas a estímulos de um ambiente incomum para o ser humano. Assim, sua ocorrência não está necessariamente relacionada a uma patologia do piloto, embora pilotos que não estejam bem física e psicologicamente sejam mais suscetíveis ao fenômeno (GRADWELL; RAINDFORD apud RODRIGUES, 2016). Dessa forma, determinados eventos podem potencializar a ocorrência de DE. Destacam-se fatores humanos, como estresse, fadiga, baixa resposta à hipóxia, medicamentos, baixa tolerância a forças gravitacionais, diferenças de temperatura, problemas emocionais que reduzam a atenção, elevada carga de trabalho, pouca experiência e proficiência em voo, baixa quantidade de horas de voo em condições meteorológicas visuais [VMC] e por instrumento [IMC] do piloto; tipo de voo a efetuar (voo de formação, por exemplo); a fase do voo (decolagem, aterragem, ataque ar-solo) e, por fim, fatores ambientais, como as más condições meteorológicas (RODRIGUES, 2016).

A DE divide-se em três tipos, com a possibilidade de o piloto reconhecer ou não a ocorrência do fenômeno, ou mesmo de tornar-se incapacitado para a operação da aeronave.

A desorientação não-reconhecida (Tipo I) se dá quando o piloto não percebe o mau funcionamento de um instrumento ou quando há uma distração na sua leitura, ou seja, ele não tem consciência da situação e, portanto, não percebe qualquer manifestação de desorientação. É comumente associada ao *Controlled Flight Into Terrain* [CFIT], que ocorre quando o piloto voa em direção ao solo ou água, sem ter essa percepção até pouco antes do choque (RODRIGUES, 2016). Em outras palavras, o tripulante não identifica qualquer disparidade entre as informações advindas de seus instrumentos a bordo da aeronave e o senso de orientação do seu corpo e conduz a aeronave com uma falsa percepção de orientação. Além disso, ele não suspeita de qualquer mau funcionamento dos instrumentos, tampouco sente que a aeronave possa estar em atitude anormal (GILLINGHAM; PREVIC, 1996).

Na DE reconhecida (Tipo II), apesar de o piloto desconhecer que se trata de um evento de desorientação, ele é consciente de que existe uma discrepância entre as informações advindas de seu sistema sensorial sobre a atitude da aeronave e a leitura dos instrumentos de bordo, ou até mesmo entre dois dos sistemas sensoriais, como o visual e o vestibular, por exemplo (CENIPA, 2014).

Por fim, na desorientação incapacitante (Tipo III), o aeronauta experimenta o seu estágio mais inquietante: apesar de consciente da desorientação, o conflito sensorial ou o estresse psicológico são tão severos que o julgamento do piloto fica bloqueado, a ponto de ser incapaz de recuperar, com sucesso, o controle da aeronave (CENIPA, 2014). Pode haver, ainda, pânico ou medo extremo por parte do piloto, como decorrência do processo de DE, que o torna incapaz de adotar uma atitude racional, podendo “congelar-se” nos controles e não apresentar qualquer tipo de reação ou, ainda, tomar atitudes que agravem a situação, em vez de revertê-la (GILLINGHAM; PREVIC, 1996 apud SANTI, 2009).

#### 1.4 Consciência situacional

Consciência situacional ou *Situational Awareness* [AS] é definida como a percepção dos elementos em um ambiente dentro de uma porção de tempo e espaço, a compreensão dos seus significados e a sua projeção em um futuro próximo. Segundo a teoria defendida por Endsley (1999), a SA envolve perceber fatores críticos no ambiente, entender seus significados, particularmente quando vistos em conjunto com os objetivos ou as tarefas do piloto, e entender o que acontecerá com os sistemas em um futuro próximo.

Esse processo é dividido em três níveis: percepção dos elementos do ambiente (Nível 1), compreensão do significado de cada estímulo na situação e sua relação com as tarefas atuais (Nível 2) e, por fim, a projeção de uma situação futura (Nível 3), altamente influenciada pelas etapas anteriores e alcançada pelo conhecimento do evento e da dinâmica dos estímulos. É neste último nível que a insuficiência ou baixa qualidade de informações pode gerar previsões incertas, acarretando possíveis erros nas tomadas de decisões (ENDESLEY, 1995 apud FERREIRA, 2014).

Os três níveis de consciência situacional são influenciados por diversos fatores, até que ocorra a tomada de decisão; logo, a SA requer que a percepção seja “dividida” entre os diferentes estímulos ambientais (TRETESKY, 2008 apud PENTEADO; DAOU, 2013).

#### 1.5 Julgamento e tomada de decisão

É pacífico o entendimento de que o elemento humano é a parte mais flexível e valiosa do sistema aeronáutico, visto que é suscetível a influências que podem afetar o seu desenvolvimento (OACI, 1998 apud PENTEADO; DAOU, 2013).

Segundo Silva (2011 apud PENTEADO; DAOU, 2013), a constatação inicial da influência dos fatores humanos na aviação começou com a análise das gravações de voz da cabine, o que permitiu concluir que aproximadamente 75% dos acidentes na aviação aconteciam em decorrência de uma sequência de falhas, diretamente ligadas aos fatores humanos. Os erros tinham como base, em sua maioria, a percepção deficiente do piloto em situações nas quais o tempo era considerado um fator crítico, o que, por sua vez, comprometia a consciência do piloto em relação ao ambiente em que estava inserido e o seu processo decisório.

Diante desse cenário preocupante, a FAA emitiu, em 1991, a Circular Consultiva 60-22, que versa especificamente sobre o processo de tomada de decisão no ambiente aeronáutico, a *Aeronautical Decision Making* [ADM], incitado pela percepção de

que algo no voo mudou ou pela expectativa de uma mudança. Dito de outro modo, a tomada de decisão indica que uma resposta ou ação apropriada é necessária para modificar uma situação.

Portanto, frisa-se, estar consciente dos elementos presentes no *cockpit* é a chave para um julgamento mais seguro e exitoso. O documento compreende a ADM como uma abordagem sistêmica, ou seja, que analisa e estuda um objeto por meio de diversas ciências e dimensões (FAA, 2008).

Com efeito, a ADM é usada por pilotos para determinar, de forma consistente, o melhor curso de ação e a forma com que fatores humanos como estresse e avaliação do risco podem influenciar no processo de tomada de decisão. Tal processo aborda, assim, todos os aspectos presentes no *cockpit* e identifica as etapas necessárias a um bom julgamento, tais como: identificar atitudes pessoais perigosas para o voo; aprender técnicas de modificação do comportamento e de como reconhecer e lidar com o estresse; desenvolver habilidades de avaliação de risco; usar todos os recursos em uma situação com tripulação e, por fim, avaliar a efetividade das habilidades da ADM. (FAA, 2008).

Klein (1998 apud ANDRIOTTI, 2012) vai além e aponta elementos que impossibilitam uma perfeita racionalidade no processo decisório, tais como incerteza em função do ambiente e das situações adversas, objetivos mal definidos, visto que a falta de clareza na fase de definição dos objetivos pode ser comum, tempo para resposta insuficiente para a busca de informações e reflexão acerca da situação, falta de experiência do piloto naquele tipo de situação e, por fim, o ambiente, passível de inúmeras mudanças, tornando-se muitas vezes incerto. Logo, quanto mais ameaçadora a situação, mais incerto se torna o ambiente e menor a racionalidade do processo decisório.

O bom julgamento consiste, assim, na habilidade do piloto em tomar uma decisão imediata visando à garantia da segurança de voo por meio de uma série de avaliações realizadas em determinado período de tempo. Por certo, é por meio do treinamento e da experiência que os pilotos desenvolvem a capacidade para um bom julgamento. Quanto mais informação e experiência um piloto reunir, melhor será sua capacidade de fazer bons julgamentos e tomar decisões adequadas, considerando suas atribuições de monitorar, interpretar e compreender as funções do avião (FILHO, 2005; CHAPANIS, 1972 apud BRAGA; LOPES, 2006).

O processo decisório, portanto, consiste na escolha, aplicação e avaliação da decisão adequada e oportuna à situação, por meio de etapas e ações eficazes, como percepção da necessidade, identificação do problema, agrupamento das informações disponíveis, identificação dos critérios e das possíveis alternativas, relevância, escolha e a aplicação da ação apropriada e, por fim, o acompanhamento dos resultados. Após concluídas todas as fases e ações que compõem esse processo, o operador adota uma atitude em relação à ação necessária, com base na sua capacidade de comparação, que é a relação entre o que se observa e a experiência passada. Todavia, constantemente, pessoas tomam decisões equivocadas baseadas em informações inadequadas e em estratégias ineficientes (BOHRER; KORTLANDT; PRADO, 2004; CHAPANIS, 1972; STERNBERG, 2000 apud BRAGA e LOPES, 2006).

Nesse contexto, a atuação preventiva relacionada a aspectos psicológicos do desempenho humano ganha relevância à medida que determinados procedimentos atribuídos ao fator operacional poderão tornar-se mais seguros, visto que certas falhas operacionais também estão associadas à influência de condicionantes psicológicos (SANTI, 2009). Desse modo, tanto a tomada de decisão como o condicionamento comportamental pressupõem treinamento técnico e psicológico.

No contexto da aviação, tal condicionamento consiste na prática repetida de procedimentos, de modo a produzir no piloto um comportamento mais natural e racional em uma situação imprevisível ou de emergência, visto que, quando o tempo para efetuar a ação é crítico, ele possibilita que o piloto reaja prontamente (KORTLANDT; PRADO, 2004 apud BRAGA; LOPES, 2006), minimizando o efeito *startle* que a situação inesperada provoca.

## 1.6 Efeito *startle*

Para Martin, Murray e Bates (2012), o sentimento de segurança entre os pilotos motivado pelo baixo número de acidentes observados nos últimos anos, assim como a utilização crescente de sistemas de automação que aumentam a segurança dos voos, como o *Airborne Collision Avoidance Systems* [ACAS] e *Vertical Situation Displays* [VSD], contribuem, paradoxalmente, para o baixo rendimento desses profissionais em situações de alto risco, devido a uma frequente e acomodada expectativa de normalidade por parte dos pilotos.

Além disso, análises de acidentes mostram que grande parte dos pilotos está longe de atingir a excelência em relação ao manuseio correto da aeronave em situações inesperadas, mesmo providos de habilidades e conhecimentos obtidos durante os treinamentos (WIEGMAN; SCHAPPELLE, 2003 apud SOUZA, 2017).

Uma das razões pelas quais isso ocorre consiste no fato de que tais situações e estímulos inesperados ou de emergência levam o corpo a apresentar uma resposta psicofisiológica de autodefesa extremamente rápida, conhecida como efeito *startle*. Nos seres humanos, essa resposta é manifesta fisicamente no arqueamento involuntário dos membros e músculos, alteração da frequência cardíaca, respiração e condutância da pele, assim como na elevação dos níveis de estresse. Esse tipo de reação, apesar de resistente à extinção ou modificação por aprendizado, pode ter sua intensidade minimizada por repetição (obtida em treinamento) da situação ou antecipação (BRITANNICA, 2018).

Fato é que, ao serem submetidas a elevado grau de estresse, a capacidade cognitiva e a atenção dos seres humanos ficam comprometidas, fazendo com que eles entrem facilmente em “visão de túnel”<sup>6</sup>. Esta restringe a percepção dos estímulos presentes na cabine de voo àqueles mais sobressalentes ou ameaçadores, perdendo informações fundamentais para o processo de solução de problemas e provocando erros e degradação do desempenho pela limitação cognitiva propiciada por emergências (SOUZA, 2017).

Quando um estímulo de surpresa ou susto provoca o efeito *startle*, um processo de 14 milissegundos [ms] é iniciado e a atenção é automaticamente voltada para a fonte do estímulo na tentativa de identificar o perigo. Este processo inicialmente introduz adrenalina e outros hormônios na corrente sanguínea e eleva a frequência cardíaca, pressão arterial, ativando outros processos de respostas a emergências, tudo a causar perturbações cognitivas significativas nos sujeitos, segundo as pesquisas de Eysenck, Payne e Derakshan (2005 apud MARTIN et al., 2016).

Os efeitos degradadores de desempenho cognitivo e psicomotor podem perdurar por até 30 segundos e têm grande impacto em eventos com tempo crítico de resposta. Outros efeitos observados pelas pesquisas dos mencionados autores são a redução da capacidade de resolução de problemas durante situações complexas, multifacetadas ou ambíguas e na tomada de decisão, afetada pela perseverança<sup>7</sup> em uma única opção de solução, pela indecisão ou pela hipervigilância sob condições estressantes (SERPELL et al., 2009 apud MARTIN, 2016).

A resposta de um piloto sob efeito *startle* pode incluir confusão, identificação errônea da situação ou mesmo a inserção agressiva de comandos de voo, dificultando ainda mais a solução de recuperação da aeronave. A confusão pode ocorrer também entre pilotos, caso não tenham sido expostos a situações semelhantes anteriormente, vale dizer, se não tiverem sido adequadamente treinados nas habilidades do *Crew Resource Management* [CRM] para lidar com situações desconhecidas ou não tenham aprendido comportamentos adequados para lidar com a situação (IPTS, 2012).

Devido ao caráter de “surpresa” que o nível de desenvolvimento de situações críticas apresenta, como uma situação anormal de voo, há constantemente um alto risco de o piloto entrar em pânico ou ter uma reação exagerada ao evento, com a possibilidade de tornar a situação pior, irrecuperável ou, até mesmo, gerar falha estrutural à aeronave, em alguns casos (RANSBURY; KOCHAN, 2010).

Os autores também apontam que a capacidade do piloto treinado para superar o fator surpresa pode ser significativamente aprimorada mediante a exposição a eventos similares que envolvam operações com tempo crítico durante treinamento, em combinação com um conjunto de habilidades de pilotagem, para, assim, resolver uma condição além das experimentadas nas operações do dia a dia (RANSBURY; KOCHAN, 2010).

Em outras palavras, o melhor desempenho na recuperação de uma situação anormal advém da habilidade de processar informação advinda da familiaridade com situações similares adquiridas durante o treinamento. A exposição desse piloto, durante o treinamento, a cenários semelhantes aos que podem ser encontrados em uma operação real tem a capacidade de diminuir o efeito do estresse, permitindo que o cérebro funcione com mais eficiência e clareza (BROOKS; RANSBURY, 2014).

Com efeito, em eventos que envolvam risco ou ameaça contra a vida, o indivíduo naturalmente buscará um curso de ação imediato, com base nos modelos mentais previamente estabelecidos. Deste modo, opções e ideias de intervenção para solução de problemas serão necessariamente baseadas nas experiências de voo obtidas, conforme o envelope de voo<sup>8</sup> ao qual o piloto foi exposto. É com base nessas informações que são desenvolvidos comportamentos “automáticos” que, se estimulados de maneira errônea, podem aumentar potencialmente o risco de acidentes, tornando a aeronave em situação anormal de voo em uma ameaça à vida (APS, 2018).

Portanto, as respostas mentais em uma situação de emergência não só dependem de conhecimentos e habilidades essenciais para sua solução, como também da acessibilidade a essas informações. Mesmo que sejam aprendidas técnicas de prevenção e recuperação em um simulador de voo, elas podem não ser úteis em voo real caso outras condições psicológicas e fisiológicas presentes na operação da aeronave inibam a habilidade de executá-las na situação real. *Buffeting*<sup>9</sup>, vibração, taxas aumentadas de movimento de *pitch*<sup>10</sup> e *roll*<sup>11</sup>, aumento e diminuição de fatores de carga *g* e a percepção do risco e da ameaça das

---

<sup>6</sup>A visão de túnel restringe a varredura do ambiente; dessa forma, o indivíduo se concentra na percepção das indicações mais ameaçadoras ou salientes. Assim, sob estresse, o piloto pode se concentrar em um único indicador do *cockpit* e desconsiderar outras indicações igualmente relevantes para a situação (MARTIN; MURRAY; BATES, 2012)

<sup>7</sup> Inércia mental, persistência em ideias e na incapacidade de modificá-las (MARTIN, 2016).

<sup>8</sup> Formulário que representa os limites máximos e mínimos da *performance* de uma aeronave, especificamente velocidades, fatores “g”, altitudes etc.

<sup>9</sup> Sinal de pré-estol que se caracteriza por vibração de comandos da própria aeronave (ANAC, 2018).

<sup>10</sup> Rotação sobre o eixo longitudinal da aeronave criado pelo movimento dos ailerons (ANAC, 2018).

consequências de ações tomadas, tudo ocorre segundo a capacidade de resposta do piloto sob um evento de situação anormal de voo (APS, 2018).

Cumpra registrar que procedimentos e repertórios de resposta executados em situações normais podem ser comprometidos sem que o piloto perceba. Isso porque, quando sobrecarregado por situações de estresse e perigo, ele sofre degradação de seu desempenho devido às limitações cognitivas motivada pelo efeito *startle*. Este atua pontualmente na consciência situacional, na capacidade de solução de problemas e na tomada de decisão dos aeronautas, fazendo com que ajam de forma precipitada, tomem ações erradas ou permaneçam estáticos, sem qualquer reação, prejudicando o processamento de informações por até 30 segundos, o que pode levar à ocorrência de incidentes ou acidentes (SOUZA, 2017).

Por certo, o efeito *startle* explica por que o piloto pode demonstrar proficiência durante um treinamento em simulador e falhar em procedimentos realizados em situações similares durante os voos reais. No simulador, o piloto geralmente espera que a manobra aconteça e já estudou os procedimentos aplicáveis anteriormente à exposição. Porém, durante o voo real, se o piloto encontra a mesma situação, mas não a está esperando, ele é surpreendido (IPTS, 2012).

Destarte, segundo a *IFALPA Pilot Training Standards* (IPTS, 2012), os programas de treinamento devem tratar o fator surpresa de forma a minorar o efeito de congelamento provocado no piloto, para que ele possa entender a situação. Isso porque a exposição desse piloto, durante o treinamento, a cenários semelhantes aos que podem ser encontrados em uma operação real tem a capacidade de diminuir o efeito do estresse, permitindo que o cérebro funcione com maior eficiência e clareza (BROOKS; RANSBURY, 2014).

Desta maneira, ele aplicará as tratativas adequadas e manobras proporcionais para evitar situações anormais de voo e delas se recuperar durante os treinamentos em cenários reais, criando, assim, um repertório de respostas adequado à situação da aeronave para que o efeito *startle* seja controlado enquanto se recupera o controle do avião. Sobre os citados treinamentos, passa-se a discorrer.

### 1.7 Treinamento UPRT

A estrutura apresentada pela ICAO, por meio do *Manual on Aeroplane Upset Prevention and Recovery Training*, de 2014, emprega uma abordagem integrada e abrangente e eficaz, intitulada URPT. Trata-se de um treinamento de prevenção e recuperação do avião para SAV formado por uma combinação de três recursos: conhecimentos teóricos, treinamentos de voo real e treinamento em dispositivo de simulação de voo (FSTD). O treinamento UPRT foi concebido com o intuito de fornecer aos pilotos conhecimentos, habilidades e atitudes necessárias para reduzir a probabilidade de ocorrência de SAV e/ou maximizar a capacidade de se recuperar desse evento (ICAO, 2018).

O treinamento é composto de duas fases: teórica e prática. A primeira trata dos conhecimentos acadêmicos-aerodinâmicos e dinâmica de voo, bem como da consciência necessária para detectar e compreender as ameaças do voo e do emprego de estratégias para a mitigação das SAV (ICAO, 2018). Igualmente, é de suma importância o entendimento das limitações humanas e de como elas podem afetar a habilidade do piloto em evitar, reconhecer e se recuperar de SAV (ICAO, 2018).

Desse modo, as estratégias de recuperação devem ser ensinadas antes do treinamento prático, que compõem a segunda fase da instrução.

Essa etapa, por sua vez, mune os pilotos de habilidades para que, de forma eficaz, possam empregar as estratégias aprendidas na fase teórica no intuito de evitar que a aeronave exceda os parâmetros normais de voo, assim como recuperá-la para a trajetória pretendida (ICAO, 2018).

O uso apropriado do treinamento na aeronave (voo real) deve enfatizar a introdução de princípios gerais de entendimento e técnicas que possam ser aplicadas em um amplo número de equipamentos, sem entrar em conflito com as técnicas de recuperação de aeronaves que o piloto opera profissionalmente. Essa parte do treinamento busca, em síntese, trazer ao piloto, na prática, as habilidades, os conhecimentos e as experiências relativas à SAV, bem como analisar efetivamente o evento para, então, aplicar as técnicas de recuperação corretas (BROOKS; RANSBURY; STOWELL, 2014).

A segunda fase do UPRT ainda engloba uma subetapa final treinamento em simulador (FSTD) – de um tipo específico para a aquisição de novos conhecimentos e sua aplicação a um ambiente de CRM, com tripulação múltipla, em todos os estágios do voo e em condições representativas com a aeronave apropriada, contemplando ainda sua performance, funcionalidade e respostas (ICAO, 2018).

Da etapa prática que compõe a UPRT, importa explorar o treinamento em voo real.

#### 1.7.1 Treinamento em voo real

Para a realização de uma instrução em voo real, torna-se necessário o uso de uma aeronave apropriada e instrutor qualificado, sem qualquer orientação prévia acerca do que será realizado durante a lição, o que o diferencia de um voo acrobático e reafirma o UPRT como uma ferramenta válida para a exposição do sujeito ao efeito *startle* (ICAO, 2018).

Esse estágio do treinamento tem o intuito de ampliar o conhecimento, consciência e experiência em SAV e possibilitar a análise da situação de forma eficaz, aplicando técnicas corretas de prevenção e recuperação. Todavia, para que a experiência adquirida seja integrada com os princípios do CRM, os treinamentos baseados em FSTD devem simular uma aeronave

correspondente àquela que o piloto opera profissionalmente, em vez de uma aeronave de *performance*, como a utilizada no UPRT. Desta forma, o aeronauta experimentará um ambiente com condições representativas de uma situação real anormal de voo cujas respostas são constituídas a partir de uma aeronave específica, dotada de funcionalidade e operação próprias (BROOKS; RANSBURY; STOWELL, 2014).

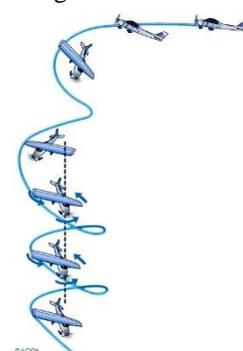
A exposição do sujeito a situações diversas que estimulam habilidades de conscientização e manuseio manual – como, por exemplo, a inserção de vários níveis de carga *g* (positiva, negativa e lateral) nas diversas atitudes do avião –, desenvolve um padrão essencial de reconhecimento e faz com que ele adquira experiência com os efeitos das ilusões sensoriais. A carga *g* positiva e negativa deve ser experimentada com *pull-ups* (aumento da altitude), vários *bank angles* (rotação ou rolamento no eixo longitudinal da aeronave para um determinado ângulo), tudo no intuito de se aplicar a quantidade apropriada de comandos para cada situação (ICAO, 2018).

Este tipo de exercício auxilia o piloto a prevenir situações críticas de maneira mais eficiente e a reagir adequadamente diante de uma crescente situação de perda de controle, uma vez que o comportamento da aeronave e do piloto não é tão seguro e bem estabelecido quando o limiar de uma situação anormal é ultrapassado (APS, 2018).

Os diversos fatores presentes no desenvolvimento da consciência situacional têm uma variedade de aplicações nas fases do treinamento de prevenção e recuperação de situações anormais. É por meio do foco nos elementos do voo – como ângulo de ataque, fatores de carga, vetor de sustentação, gerenciamento da energia –, bem como nas consequências da falta de gerenciamento desses itens, logo no começo do UPRT, que o piloto em treinamento tem a oportunidade de ganhar confiança na plataforma de treinamento, no instrutor e na construção do programa em si (RANSBURY; KOCHAN, 2010).

Desta forma, é crucial que os conceitos basilares sejam introduzidos de forma não ameaçadora para que o aeronauta desenvolva sua capacidade de consciência do ambiente de treinamento a uma taxa que possa ser internalizada. Sujeitá-lo a treinamento de modo inapropriado, em situações muito drásticas ou radicais que vão além de suas habilidades, para tentar solucioná-las, pode produzir consequências negativas de longo prazo associadas à confiança, à habilidade e à capacidade para conter o medo e as respostas excessivas, induzidas pelo estresse, em momentos posteriores ao programa de treinamento (RANSBURY; KOCHAN, 2010).

Os pilotos precisam, ainda, conhecer os erros comuns e por que eles ocorrem, bem como a importância do *cross-check* nos instrumentos e técnicas efetivas de monitoramento nas fases de voo (ICAO, 2018). Além disso, o treinamento inclui manobras de voo como o *steep turns* e o *spiral dive*, ilustrados, respectivamente, nas figuras 1 e 2 a seguir:



**Figura 1** – *Steep turns* (FLIGHT LITERACY, 2018). **Figura 2** – *Spiral Dive* (MANADI, 2018).

Cabe ainda considerar a natureza contraintuitiva de algumas informações e habilidades. Significa dizer que estas não são percebidas facilmente pela intuição e requerem treinamento e desenvolvimento de habilidades específicas, pois, se comparado ao envelope normal de voo, o processo de aquisição e consolidação de novas habilidades, as quais devem ser confiáveis diante de ameaça iminente, leva certo tempo (APS, 2018).

É, ainda, durante o treinamento em voo que se cria um “quadro” de referência a ser transmitido posteriormente para o ambiente FSTD. A instrução teórica torna-se realidade e pode ser aplicada, em condições próximas às reais, com um comportamento aerodinâmico mais preciso, no qual os níveis de estresse do piloto podem ser manipulados para níveis comparáveis àqueles de uma situação anormal de voo real, com a diferença de que, durante o treinamento, a SAV ocorre em um ambiente controlado, em que as habilidades podem ser aperfeiçoadas, os vínculos com os modelos mentais para a recuperação de um situação anormal de voo se fortalecem e, de efeito, ganha-se confiança (BROOKS; RANSBURY; STOWELL, 2014).

Por fim, outro fator essencial ao se considerar o treinamento em aeronaves é a quantidade necessária de voos para munir o piloto dessas novas habilidades. A repetição da prática de novas manobras e procedimentos é compreendida como de grande ajuda no estabelecimento de um repertório de respostas consistentes, mesmo quando os níveis de perigo e estresse são altos. No entanto, o processo de constituição dessas respostas que ajudam no reconhecimento de situações inesperadas não é imediato. Segundo a *Aviation Performance Solutions*, empresa que treina milhares de pilotos, um treinamento confiável não pode ser realizado em menos de 4 voos, nem em período inferior a três dias (APS, 2018).

### 1.7.2 Simuladores x treinamento real

Conforme afirmado no tópico anterior por Brooks, Ransbury e Stowell (2014), a prática e a aplicação de habilidades adquiridas durante o treino de UPRT em aeronave promovem experiência e confiança que não poderiam ser completamente adquiridas caso a instrução ocorresse apenas em ambiente simulado.

Isso porque os atuais FSTDs apresentam limitações relacionadas ao movimento e às reduzidas respostas emocionais. Assim, nesse ambiente há barreiras que impedem os pilotos de experimentarem uma gama completa de atitudes das aeronaves, fatores de carga *g* e comportamentos que podem estar presentes durante um voo real. Uma lacuna dessa natureza na experiência produz deficiências na proficiência e compreensão dos pilotos quando confrontados com uma real situação anormal (ICAO, 2018).

Por certo, os simuladores passíveis de uso, apesar do desenvolvimento tecnológico, não podem reproduzir todas as forças que ocorrem em aeronaves reais. Simuladores hexápodes, ou seja, com seis eixos, fornecem cerca de 35° de inclinação, rotação e guinada e cerca de 2 m de deslocamento linear. Devido ao espaço operacional limitado, as respostas emocionais sob os movimentos do simulador são deliberadamente atenuadas e normalmente mantidas por não mais do que 0,3 s (HEINTZMAN, 1996 apud DE WINTER; DODOU; MULDER, 2012).

Além disso, os simuladores sempre apresentam limites de aceleração e atrasos de tempo no comando de ações, que variam de 300 ms para as plataformas mais antigas; 100 ms para plataformas hidráulicas modernas e até 20 a 30 ms para as mais recentemente desenvolvidas (hexápodes) (BERKOUWER et al., 2005 apud DE WINTER; DODOU; MULDER, 2012).

A ICAO traz a inclusão do treinamento em aeronaves reais como necessária, visto que a experiência e a confiança no domínio psicofisiológico de uma situação anormal de voo não podem ser totalmente adquiridas apenas via FSTDs (BROOKS; RANSBURY; STOWELL, 2014). A ICAO, a *International Air Transport Association* [IATA] e *European Union Aviation Safety Agency* [EASA] ainda afirmam que o treinamento feito em uma aeronave aborda, de forma eficaz, os fatores humanos associados às situações anormais de voo e propiciam aos pilotos uma percepção real do risco gerenciado (APS, 2018).

### 1.8 História de reforçamento

Para Freenan e Lattal (1992 apud ALÓ, 2007), a história de reforçamento é definida pelos efeitos de relações funcionais passadas e presentes no contexto atual, na qual o modo de responder a um evento é função de uma interação prévia. Desta forma, as situações passadas às quais o indivíduo foi exposto, como treinamentos, por exemplo, têm influência na resposta desse sujeito perante um novo contexto.

O experimento de Hanna, Blackman e Todorov (1992) demonstra, empiricamente, como os estímulos presentes nas situações de treino e teste podem afetar o comportamento do indivíduo. Nesse experimento, quando os estímulos que sinalizavam a maneira correta de responder na situação de treino foram mantidos no teste, o comportamento dos sujeitos se manteve na mesma situação. Por outro lado, quando os estímulos nas situações de treino e teste eram diferentes, os sujeitos alteraram suas respostas de acordo com o novo contexto. Esse resultado sugere que quando as situações de treino e teste forem iguais, o comportamento do sujeito não será alterado, mas se houver diferença, haverá alteração do responder.

O experimento de Freeman e Lattal foi replicado com estudantes universitários em 2012 por Costa, Soares e Ramos. Na fase de treino, os autores utilizaram um esquema múltiplo Razão Fixa [FR] e Reforçamento diferencial de baixas taxas [DRL] no qual o botão que deveria ser apertado para emitir as respostas tinha cor diferente para cada componente. O número de respostas exigido no esquema FR era continuamente ajustado de modo que as taxas de reforços fossem similares entre os dois componentes. Na fase de teste, os participantes foram expostos ao esquema múltiplo sendo que nos dois componentes estava em vigor um esquema de intervalo fixo [FI]. No entanto, as cores do botão eram as mesmas da fase anterior. Foi observado que na fase de treino, os participantes emitiram uma taxa de resposta maior na presença do esquema que exigia mais respostas, ou seja, no FR. Na fase de teste, no entanto, quando os esquemas do múltiplo eram iguais e exigia poucas respostas, foi observada uma maior taxa de resposta quando o botão era iluminado com a mesma cor do esquema que exigia maior taxa de resposta na fase de treino. Os autores argumentaram afirmando que os resultados não foram idênticos aos de Freeman e Lattal, uma vez que apenas três de quatro participantes apresentaram o resultado descrito acima. Contudo, os resultados não são descartáveis, pois, a maioria dos participantes demonstraram que um controle de estímulos foi estabelecido. Ou seja, quando o contexto de treino e teste são similares, a probabilidade de o indivíduo emitir a mesma resposta nas duas situações é alta. Essa análise é favorável a ideia de realizar um treinamento de simulação com voo real para que as chances de emitir o comportamento treinado seja alta quando o piloto estiver na situação anormal de voo provocada por um evento de desorientação espacial (BORGES; BANACO, 2010).

## 2 METODOLOGIA

A partir de uma revisão bibliográfica de cunho dedutivo, o artigo baseia-se na análise de proposições e argumentos de pesquisadores e agências de aviação internacionais a partir de artigos, documentos e recomendações publicadas. Além disso, utiliza-se essencialmente a publicação relativa ao UPRT elaborada pela ICAO, juntamente com fabricantes e operadores da aviação internacional, para evidenciar a importância do treinamento em situações anormais para os pilotos de linha aérea.

Por meio desse treinamento, os pilotos são expostos a eventos com características ambientais (força gravitacional, tempo crítico de resposta, ameaça, efeito *startle*) similares às encontradas em SAV presentes em eventos de DE. Como fundamentação teórica, foram apresentadas discussões sob a ótica da história do reforçamento, ferramenta da psicologia da análise do comportamento trabalhada por vários autores e analisada por Raquel Moreira Aló (2007) na obra ‘Análise do Comportamento – Pesquisa, Teoria e Aplicação’.

### 3 RESULTADOS

Foram trazidos ao estudo conceitos relacionados à adaptabilidade do corpo humano em ambientes não usuais. Em seguida, os artigos de Rhoades e Tanner (2005) e de Alves (2008) foram explorados. Uma publicação do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos [CENIPA] – Relatório Final A-134 –, referente ao acidente fatal ocorrido em 2014 com o ex-presidenciável Eduardo Campos, apresenta alguns dos diversos fatores e processos mentais/físicos relacionados à desorientação espacial. Todo esse material, ainda que em apertada síntese, elucida como é constituída a orientação espacial do piloto em voo e quais órgãos e sistemas do corpo estão envolvidos nesse contexto.

Considerando que as ilusões sensoriais, assim como outros fatores preponderantes, representam a gênese da DE, Russomano e Castro (2012) e Reinhart (2008) ressaltam a importância da integração entre os órgãos sensoriais para prover uma informação sensorial confiável.

Para descrever, definir e caracterizar a SAV, apresentou-se uma publicação de 2012 da FAA de modo a relacioná-la à desorientação espacial [DE], conceituada no estudo de Rodrigues (2016).

Documentos do CENIPA (2014) e Santi (2009) atuam na descrição dos tipos desorientação. Um conceito fundamental a ser invocado, ao se tratar de DE e de tomada de decisão, é a consciência situacional [SA]. Os trabalhos mais notórios nessa área de estudo são os de Endsley, sendo o *Situation Awareness in Aviation Systems*, de 1999, e o *Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems*, de 1995, os utilizados neste artigo, além da publicação de Tretesky, de 2008, trazida por Penteado e Daou, em estudo de 2013.

A concepção de tomada de decisão é exposta por três autores. Inicialmente, a Circular Consultiva 60-20, de autoria da FAA (1991), elucida a forma com a qual o piloto lida com o estresse e suas influências no processo da decisão. Ademais, a pesquisa de Klein, de 1998, publicada por Andriotti, em 2012, versa sobre o tempo de resposta e a experiência obtida pelo piloto antes de experimentar uma situação ameaçadora. Braga e Lopes (2006), por meio de outros estudos, fazem a relação do processo decisório com os níveis da SA e o estabelecimento de comportamentos, reforçando a relação entre os conceitos e a problemática proposta pelo artigo.

Para debater o efeito *startle*, foram utilizados nove trabalhos no intuito de descrevê-lo e relacioná-lo à tomada de decisão e à consciência situacional em situações de emergência. Os autores examinados descrevem os prejuízos dos efeitos provocados por esse estado de alerta do corpo. Além disso, pesquisas do IPTS (2012) e Souza (2017) também apontam os motivos pelos quais o treinamento em simulador não são capazes de propiciar uma exposição completa aos pilotos que promova a criação de modelos mentais.

Na apresentação da sugestão de tratativa da problemática levantada pelo artigo, são utilizados o Manual UPRT da ICAO (2014), que estabelece parâmetros de treinamento com o intuito de habilitar pilotos para a percepção, evolução e, até mesmo, recuperação de um evento de SAV. Também é utilizada a publicação do APS (2018), instituição privada internacional especializada em prover treinamento de UPRT para pilotos. A obra traz a importância de se estabelecer um treinamento em aeronave real de modo que as habilidades adquiridas sejam sedimentadas e possam ser usadas mesmo em uma situação em que o sujeito esteja sob o efeito *startle*.

A obra de Ransbury e Kochan (2010) consultada defende a inserção do treinamento em aeronaves reais, porém, estabelece a sua forma de realização para que se respeite a taxa de internalização e transmissão de conhecimento do aluno. Brooks, Ransbury e Stowell (2014) igualmente trazem especificidades a serem observadas no intuito de se garantir uma confiança no treinamento e fortalecer os modelos mentais de recuperação de SAV.

No intuito de corroborar a ineficácia dos FSTDs em prover uma completa exposição aos estímulos *startle*, são utilizados os estudos de ICAO (2014) e de De Winter, Dodou e Mulder (2012), que definem os parâmetros utilizados nos dispositivos de simulação oferecidos aos aeronautas atualmente. Ademais, Brooks, Ransbury e Stowell (2014) e APS (2018) ainda consideram os efeitos psicofisiológicos presentes na exposição do sujeito ao voo real.

### 4 DISCUSSÃO

Analisa-se, a seguir, o treinamento em aeronave real a partir do Programa UPRT para mitigação das consequências do efeito *startle* em situações anormais de voo provocadas por desorientação espacial, com base no referencial teórico e nos resultados encontrados.

Segundo Alves (2008), a limitação de informações sensoriais visuais pode ser crítica em determinadas fases de voo. No intuito de exemplificar o quão catastrófico pode ser um evento de desorientação espacial, cita-se o acidente com a aeronave PR-AFA, ocorrido com o ex-candidato a presidente da república Eduardo Campos, em 2014. O relatório final do evento aponta a

DE como causa contribuinte para o acidente, além de alguns fatores a ela atrelados, como: estresse; aumento da carga trabalho, em virtude de procedimento de arremetida; possível perda da consciência situacional; realização de manobras realizadas acima de 1,15 g e, por fim, falta de treinamento adequado.

Por meio do levantamento realizado neste estudo, é possível inferir que há uma correlação entre o acidente relatado, provocado por DE, e as consequências do efeito *startle*, da SA e SAV, o que torna esta temática, além de atual, um objeto de estudo para a segurança de voo (CENIPA, 2014).

O conjunto de habilidades relacionadas à UPRT passa pela discussão de temas relacionados ao fator susto/surpresa e ao efeito *startle*, entre outros, bem como pela compreensão teórica e experiência prática, adquirida em voos reais e simuladores, de modo a permitir ao piloto, de forma confiável, efetuar a recuperação de uma aeronave em situação anormal e em um ambiente mental e fisicamente exigente. Por certo, a realidade de um treinamento UPRT insere o piloto em fidedignidade aumentada do fator susto/surpresa, exclusivo do ambiente de voo real (BROOKS; RANSBURY, 2014).

## 5 CONCLUSÃO

Esta pesquisa se propôs a compreender alguns dos principais elementos relativos à tomada de decisão em eventos de desorientação espacial. A partir do conceito de história de reforçamento trazido por Hanna, Blackman e Todorov (1992) é exequível uma análise acerca do ‘responder humano’ no contexto da aviação. Logo, salienta-se a influência que a similaridade entre os estímulos apresentados durante a fase de instrução do UPRT e, posteriormente, em voo real traz, por exemplo, para um evento de DE, de forma que permita ao sujeito responder conforme sua exposição prévia ao treinamento.

Além disso, entende-se que a capacitação de pilotos para lidar de maneira eficaz com eventos de DE requer mais do que a simples inserção do sujeito em um simulador com certo grau de fidedignidade em relação ao voo real. Isto porque o efeito *startle* é indiscutivelmente uma variável presente no ambiente aeronáutico que pode provocar acidentes e que, portanto, demanda atenção dos órgãos reguladores e implementação, por parte das empresas aéreas, do UPRT ou de treinamento equivalente que construam repertórios de respostas consistentes a ponto de mitigar a influência do efeito surpresa na tomada de decisão dos pilotos durante eventos de DE.

Entre as limitações desta revisão, estão a não completa exposição do piloto ao treinamento em todas as aeronaves reais devido às inúmeras características e descrições envolvidas. Além disso, não foi mencionada qualquer publicação que demonstre os pontos positivos e benéficos do uso do simulador no treinamento de outras habilidades, o que seguramente ocorre. Não foram trazidas, ainda, publicações que tratam das taxas de transferência de conhecimento por meio do uso de aeronaves, ou até mesmo linhas de estudos que defendem o FSTD como ferramenta capaz de suprir todas as necessidades do treinamento de exposição a situações anormais de voo.

## REFERÊNCIAS

- ABREU-RODRIGUES, J.; RIBEIRO, M. R. Análise do Comportamento – Pesquisa, Teoria e Aplicação. In: ALÓ, R. M. **História de reforçamento**. São Paulo: Artmed, 2007. cap. 3, p. 45-62.
- ALVES, C. V. **Desenvolvimento de um sistema para quantificação da desorientação espacial**. 2008. 244 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. **ANACpédia**. Disponível em: <<https://bit.ly/2OQkpWd>>. Acesso em: 23 mar. 2018.
- ANDRIOTTI, F. K. **A intuição no processo de tomada de decisão instantânea**. 2012. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- AVIATION PERFORMANCE SOLUTIONS. **Required intensity for effective airplane upset training**. 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/2PkaUif>>. Acesso em: 8 mar. 2019.
- BORGES, N. B.; BANACO, R. A. História comportamental: efeitos de história de reforçamento em FR sobre desempenho posterior em DRL em ratos Wistar. **Psicologia: teoria e prática**, v. 12, n. 2, p. 112-126, 2010.
- BRAGA, C. K.; LOPES, E. J. Avaliação de Fatores Cognitivos e Afetivos na Tomada de Decisão em Contextos Naturais. **Horizonte Científico**, v. 1, p. 1-27, 2006.
- BRITANNICA, Editores Enciclopédia. **Startle reaction**. Encyclopedia Britannica, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/2J5Dytf>>. Acesso em: 7 mar. 2019.
- BROOKS, R.; RANSBURY, P. B. J.; STOWELL, R. **Addressing on Aeroplane Upset Prevention & Recovery Training: primary considerations for the safe and effective delivery of UPRT**. 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2L767hB>>. Acesso em: 15 mar. 2018.
- BROOKS, R.; RANSBURY, P. B. J. **Why upset prevention training alone is not enough**. 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2UxcZua>>. Acesso em: 23 mar. 2018.
- CENIPA. CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS. **Relatório Final A-134**. 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2HbQrME>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

- CIVIL, Editora Escola de Aeronáutica. **Instrutor de Voo Manual Teórico**. 1ª. ed. São Paulo: Editora Bianchi, v. 1.0.0, 2014.
- DE WINTER, J. C. F.; DODOU, D.; MULDER, M. Training effectiveness of whole body flight simulator motion: a comprehensive meta-analysis. **The International Journal of Aviation Psychology**, v. 22, n. 2, p. 164-183, 2012.
- EASA, European Union Aviation Safety Agency. **What is UPRT?**. Disponível em: <<https://www.easa.europa.eu/faq/44870>>. Acesso em: 15 fev. 2019.
- ENDSLEY, M. R. Situation Awareness in Aviation Systems. In: GARLAND, D. J.; WISE, J. A.; HOPKIN, V. D. **Handbook of Aviation Human Factors**. 2ª ed. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 1999. cap. 11, p. 257-276.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Airplane Upset Recovery Training Aid Revision 2**. 2008. Disponível em: <<https://bit.ly/2L5jC1n>>. Acesso em: 10 de mar. 2019.
- \_\_\_\_\_. **Aeronautical Decision Making**. 1991. Disponível em: <<https://bit.ly/2MXC6Te>>. Acesso em: 12 mar. 2018.
- FERREIRA, L. C. **Desenvolvimento de interface de usuário para a melhoria da consciência situacional em sistemas de tomada de decisões**. 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2Pkb45h>>. Acesso em: 8 nov. 2017.
- FLIGHT LITERACY. **Steep Turns**. Performance Maneuvers. Disponível em: <<https://www.flightliteracy.com/steep-turns>>. Acesso em: 9 mar. 2019.
- HANNA, E. S.; BLACKMAN, D. E.; TODOROV, J. C. Stimulus effects on concurrent performance in transition. **Journal of the Experimental Analysis of Behavior**, v. 58, n. 2, p. 335-347, 1992.
- HELFENSTEIN, J. E. **Uirateonteon – Medicina Aeronáutica**. 3ª ed. São Paulo: ASA, 2011.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. ICAO. 2014. **Manual on Aeroplane Upset Prevention and Recovery Training**. Disponível em: <<https://bit.ly/2MzPNku>>. Acesso em: 14 fev. 2018.
- ITPS. IFALPA Pilot Training Standards. **Training Paths and Methodology: Non-Technical Skills**. 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/2J3ikYI>>. Acesso em: 15 jul. 2018.
- MANADI, Sayza (2018). **An Aircraft Spiral Dive**. 2018. Disponível em: <<http://www.rightimage.co/an-aircraft-spiral-dive/>>. Acesso em: 9 mar. 2019.
- MARTIN, Wayne L. et al. A flight simulator study of the impairment effects of startle on pilots during unexpected critical events. **Aviation Psychology and Applied Human Factors**, 2016.
- MARTIN, W. L.; MURRAY, P. S.; BATES, P. R. The Effects of *Startle* on Pilots During Critical Events: A Case Study Analysis. **30th EAAP Conference: Aviation Psychology and Applied Human Factors – Working Towards Zero Accidents**. Villasimius: Hogrefe. 2012. p. 387-394.
- PENTEADO, R. V.; DAOU, M. Tomada de decisão de pilotos de caça em voos praticados em simulador. **Conexão SIPAER**, Brasília, v. 4, n. 3, p. Capa, 2013. ISSN 2176-7777.
- RANSBURY, Paul B. J.; KOCHAN, Janeen. **Deficiencies in Upset Recovery Training Methodologies**. 2010. Disponível em: <<https://bit.ly/2vXzBtt>>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- REINHART, R. O. **Basic Flight Physiology**. 3ª ed. New York: Mc Graw Hill, 2008.
- RHOADES, R. A.; TANNER, G. A. **Fisiologia Médica**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A., 2005.
- ROBBINS, S. P. **Comportamento Organizacional**. 11ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
- RODRIGUES, A. M. **Desorientação Espacial de Causa Vestibular na Aviação**. 2016. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Faculdade de Medicina, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- RUSSOMANO, T.; CASTRO, J. D. C. **Fisiologia Aeroespacial: conhecimentos essenciais para voar com segurança**. 1ª ed. Porto Alegre: ediPUCRS, 2012.
- SANTI, S. **Fatores humanos como causas contribuintes para acidentes e incidentes aeronáuticos na aviação geral**. 2009. 85 f. Monografia (Especialização em Gestão da Aviação Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- SOUZA, C. E. G. Aplicabilidade do treinamento baseado em evidências na aviação civil. **Ciências Aeronáuticas, Unisul Virtual**, 2017.
- STOTT, J. R. R. Orientation and disorientation in aviation. **Extreme Physiology & Medicine**, Londres, Janeiro. 2013. ISSN: 2046-7648.