



POLÍCIA MILITAR DO DISTRITO FEDERAL
DEC/INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS POLICIAIS
DIRETORIA DE APERFEIÇOAMENTO E EXTENSÃO
CENTRO DE ALTOS ESTUDOS E APERFEIÇOAMENTO



**TREINAMENTO DE ENTRADA INADVERTIDA EM CONDIÇÕES
METEOROLÓGICAS DE VOO POR INSTRUMENTOS PARA PILOTOS DE
HELICÓPTEROS DA POLÍCIA MILITAR DO DISTRITO FEDERAL COMO
PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS**

Deroci Barbosa Ximendes Júnior¹

Alda Lino dos Santos²

RESUMO

Este artigo busca compreender os riscos à segurança de voo pela ausência do treinamento de entrada inadvertida em condições meteorológicas de voo por instrumento para pilotos de helicópteros da Polícia Militar do Distrito Federal - PMDF, seja no processo de formação ou de manutenção de proficiência dos referidos pilotos. Faz uma breve apresentação sobre a aviação e o treinamento de pilotos de helicóptero na PMDF. Explica quais os sistemas que o corpo humano utiliza para se orientar e como a perda das referências visuais pode levar o piloto à perigosa condição de desorientação espacial durante o voo e, por fim, esclarece o que é uma entrada inadvertida em condições meteorológicas de voo por instrumento, suas consequências, como evitar e como se preparar para sobreviver a este evento, considerando o risco potencializado quando se trata de aeronaves que operam em missões policiais, pois os voos geralmente ocorrem em baixa altura. A pesquisa foi exploratória e explicativa, com levantamentos bibliográficos, questionário aplicado a pilotos e experimento que reproduziu, de forma controlada, as reações dos pilotos durante os eventos, tendo sido possível comprovar a importância do treinamento de entrada inadvertida em condições meteorológicas de voo por instrumento para pilotos de helicópteros da PMDF, tanto na formação como na capacitação continuada.

Palavras-chave: Polícia Militar. Aviação na PMDF. Treinamento de Pilotos. Entrada Inadvertida em IMC. IIMC. Desorientação Espacial.

¹ Capitão da Polícia Militar do Distrito Federal. Graduado em Segurança Pública pela Academia de Polícia Militar de Brasília. Pós-Graduado em Direito Público pela Faculdade Processus. Piloto de Helicóptero da PMDF.

² Graduada em Pedagogia pela Universidade de Brasília. Mestrado em Educação. Pós-Graduada em Psicopedagogia Institucional.

1 INTRODUÇÃO

O tema “Treinamento de Entrada Inadvertida em Condições Meteorológicas de Voo por Instrumentos (*IIMC*)³ para Pilotos de Helicópteros da PMDF como Prevenção de Acidentes Aeronáuticos” está inserido na Área de Concentração Atividade Policial Reflexiva e dentro da Linha de Pesquisa Educação Policial, do Núcleo de Ensino e Pesquisa em Segurança Pública, Violência e Cidadania (NEPES).

A escolha do tema é relevante para a sociedade considerando que a desorientação espacial em pilotos, causada por uma *IIMC*, é responsável por grande parte dos acidentes aeronáuticos no mundo, inclusive em áreas habitadas. Portanto, o risco de vidas da tripulação e das pessoas em solo, bem como danos a equipamentos custeados pelos contribuintes, poderão ser minimizados com a adequada preparação das tripulações policiais.

Para a Polícia Militar do Distrito Federal, a relevância do tema apresenta-se na melhor capacitação de seus pilotos para a tomada de decisão correta em caso de uma entrada inadvertida em condições meteorológicas por instrumento durante um voo policial, aumentando o nível de alerta dos seus pilotos e as ações de prevenção de um acidente aeronáutico que, além das perdas materiais e das vidas, causaria uma imensa mancha na credibilidade da Corporação junto à comunidade aeronáutica e à sociedade em geral. Cabe ressaltar que o Batalhão de Aviação Operacional (BAvOp), antigo Grupamento de Operações Aéreas (GOA), em 17 (dezessete) anos de operação não registrou sequer um único acidente aeronáutico em sua história.

O pesquisador é piloto de helicópteros da PMDF e a escolha do tema se deu em razão de seu interesse pelo estudo de caso de acidentes aeronáuticos com helicópteros, especialmente em relatórios publicados pelo CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos).

O Batalhão de Aviação Operacional da PMDF é a unidade responsável pelo policiamento aéreo na região do Distrito Federal, cumprindo missões desde o transporte de autoridades até o atendimento de ocorrências policiais em apoio às equipes de solo da Corporação, ficando suas aeronaves prontas para decolagem 24 (vinte e quatro) horas por dia durante os 07 (sete) dias da semana.

³ *Inadvertent Entry Into Instrument Meteorological Conditions* – Expressão, em inglês, que significa Entrada Inadvertida em Condições Meteorológicas de Voo por Instrumentos.

Desta forma, as operações estão sujeitas às condições climáticas adversas que nem sempre são passíveis de previsão, como o caso de uma decolagem para apoio em uma emergência policial, quando a tripulação busca a maneira mais rápida de chegar ao local da ocorrência.

Durante o deslocamento ou mesmo no local da ocorrência, em razão das condições meteorológicas degradadas, o piloto pode, inadvertidamente, ingressar em uma condição em que perca as referências visuais com o solo, passando a depender dos instrumentos da aeronave para o prosseguimento do voo com segurança.

Um piloto acostumado a voar somente com referências visuais, sem o treinamento para atuar em uma situação de entrada inadvertida em condições de voo por instrumento, ao ingressar nessa condição (*IIMC*), tem grandes chances de sofrer uma Desorientação Espacial (*DE*), o que pode ocasionar, na pior das hipóteses, uma colisão contra o solo em voo controlado (*CFIT*)⁴, ou mesmo contra outras aeronaves e outros obstáculos quaisquer, como antenas, torres ou redes de alta tensão.

A PMDF possui, atualmente, 24 pilotos de aeronaves (helicópteros e avião) em suas fileiras, sendo apenas 4 (quatro) habilitados para voo sob regras de voo por instrumento – IFR (*Instrument Flight Rules*). Mesmo com habilitação para voo por instrumentos, estes 4 (quatro) pilotos também não possuem treinamento para *IIMC*, que seria a transição de um voo visual para o voo por instrumentos inadvertidamente, ou seja, todos os pilotos da PMDF estão sujeitos a sofrerem uma desorientação espacial caso haja uma *IIMC* durante um voo policial, podendo levar a aeronave a uma colisão contra o solo em voo controlado.

Neste sentido, faz-se necessário questionar: o Treinamento de Entrada Inadvertida em Condições Meteorológicas de Voo por Instrumentos durante a formação e instrução continuada dos pilotos da Polícia Militar do Distrito Federal contribuiria para a prevenção de acidentes aeronáuticos na Corporação?

Há indícios de que o Treinamento de *IIMC* durante a formação e instrução continuada dos pilotos de helicópteros da Polícia Militar do Distrito Federal contribuiria, sim, para a prevenção de acidentes aeronáuticos na Corporação.

O objetivo geral da presente pesquisa é examinar a contribuição do Treinamento de Entrada Inadvertida em Condições Meteorológicas de Voo por Instrumentos durante a formação e instrução continuada dos pilotos de helicópteros da PMDF para prevenção de

⁴ *Controlled Flight Into Terrain* – Expressão, em inglês, que significa colisão contra o solo, água ou obstáculo durante um voo onde a tripulação tem total controle sobre os comandos da aeronave.

acidentes aeronáuticos envolvendo este tipo de evento, o qual estatisticamente é responsável pelo maior índice de fatalidades em acidentes de helicópteros no Brasil e no mundo.

Os objetivos específicos deste artigo são descrever um breve histórico da aviação na PMDF, citar as missões cumpridas pelo Batalhão de Aviação Operacional da PMDF e o treinamento de seus pilotos. Apresentar as causas, os efeitos e os tipos de desorientação espacial em pilotos. Identificar uma situação de entrada inadvertida em condições meteorológicas de voo por instrumento em um voo inicialmente autorizado para regras de voo visuais (VFR)⁵ e descrever o tipo de treinamento aplicado aos pilotos de helicóptero que aumentam as chances de sobrevivência e a condução do voo em segurança caso ocorra uma *IIMC*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aviação na PMDF

2.1.1 Breve histórico

Segundo site da PMDF (2002), no dia 18 de Setembro de 1996 a Polícia Militar do Distrito Federal recebeu da Secretaria de Segurança Pública, um helicóptero modelo AS 350B ESQUILO, com 1515,6 horas voadas. O FÊNIX 01, como é chamado, teve sua fabricação concluída pela HELIBRÁS em 27 de agosto de 1991.

O Grupamento de Operações Aéreas (GOA) foi instituído na estrutura da Polícia Militar do Distrito Federal em 25 de abril de 1997, através do Decreto nº 18.204, de mesma data, o qual estabeleceu diversas atribuições a esta unidade aérea no âmbito da PMDF.

O GOA teve como 1º Comandante, o então Major QOPM Castro Neves e Subcomandante, o então Capitão QOPM Machado Garcia.

⁵ VFR - *Visual Flight Rules* – Expressão, em inglês, que significa regras de voo visual, quando a aeronave deve ser operada se parâmetros mínimos de visibilidade e afastamento de nuvens puderem ser mantidos durante o voo.

Em 2009, o FÊNIX 01 passou por um *Retrofit*⁶, passando de AS 350 B para AS 350 B2, ampliando sua capacidade de peso máximo de decolagem e, consequentemente, maior potência disponível, o que tornou mais eficiente o emprego da aeronave no Distrito Federal, pois novos equipamentos de puderam ser agregados ao FÊNIX 01.

Em 2011, com a reestruturação da PMDF prevista na Lei 12.086/2009, e o Decreto 31.793/2011, o GOA passou à condição de batalhão e a chamar-se BAvOp (Batalhão de Aviação Operacional), contando agora, além do helicóptero, com um avião monomotor Cessna, modelo T210.

Em 2011, o BAvOp recebeu outras duas aeronaves modelo AS 350 B2 – Esquilo ampliando assim sua frota para 4 (quatro) aeronaves e, consequentemente a demanda por pilotos.

Por fim, em 2012, o Batalhão recebeu um helicóptero Robinson R44 - Raven II, para auxiliar nas instruções básicas de formação de pilotos e tripulantes.

2.1.2 Missões do BAvOp

O artigo 99 do Decreto GDF nº 31.793/2011 define o Batalhão de Aviação Operacional (BAvOp) como responsável pela execução do policiamento aéreo, comando, planejamento, coordenação, operacionalização, fiscalização, instrução, treinamento, segurança, manutenção e controle das atividades aéreas da Polícia Militar do Distrito Federal.

As missões operacionais do BAvOp, que constam na Seção II das Normas Gerais de Ação (NGA) da Unidade, são as seguintes:

- I. Policiamento Ostensivo Aéreo de cidades;
- II. Policiamento Ostensivo Aéreo Ambiental de Florestas, Rios, Lagos e Mananciais;
- III. Policiamento Ostensivo Aéreo de Controle de Trânsito Rodoviário e Urbano;
- IV. Apoio Aéreo a Controle de eventos, distúrbios civis e rebeliões penitenciárias;
- V. Policiamento Aéreo em acompanhamento e perseguições em fugas de pessoas em atitudes suspeitas, a pé e em veículos;
- VI. Policiamento Aéreo em apoio à repressão a assaltos a bancos e a estabelecimentos financeiros;
- VII. Policiamento Aéreo em apoio a escoltas de dignitários e de presos;
- VIII. Policiamento Aéreo em apoio a transporte de Valores;
- IX. Atendimentos em casos de Calamidades Públicas;

⁶ *Retrofit* – processo de modernização da aeronave.

- X. Evacuação Aeromédica;
- XI. Missão de misericórdia, salvamento de vida humana, transporte de órgão humano para transplante, missão de busca, salvamento, resgate e transporte de enfermos e feridos em caráter de urgência e em locais de difícil acesso;
- XII. Observações de Cortejos;
- XIII. Instruções de atualização e manutenção operacional de tripulantes e
- XIV. Outras julgadas necessárias pelo Comando da Corporação.

2.1.3 Treinamento dos pilotos

Os pilotos de helicópteros da PMDF, atualmente em atividade, são todos formados em escolas de aviação civil, portanto, seguiram os programas de treinamento previstos na RBAC 61⁷, editado pela reguladora, no caso a ANAC⁸, com a formação inicial de seus pilotos contendo apenas manobras básicas de pilotagem, como se vê a seguir:

61.83 Requisitos de proficiência para a concessão da licença de piloto privado

- (a) O candidato a uma licença de piloto privado deve demonstrar, em exame de proficiência, sua capacidade para executar, como piloto em comando de aeronave da categoria [...]:
- (1) reconhecer e gerenciar ameaças e erros;
 - (2) operar a aeronave dentro de suas limitações de emprego;
 - (3) executar todas as manobras com suavidade e precisão;
 - (4) revelar bom julgamento e aptidão de pilotagem;
 - (5) aplicar os conhecimentos aeronáuticos; e
 - (6) manter controle da aeronave durante todo o tempo do voo, de modo que não ocorram dúvidas quanto ao êxito de algum procedimento ou manobra.

Após a obtenção da Licença de Piloto Privado de Helicóptero (PPH), o oficial passa a voar no BAvOp e a receber instruções de voo até que esteja apto prestar o exame teórico e prático para Piloto Comercial de Helicóptero (PCH), que conforme RBAC 61:

61.99 Requisitos de instrução de voo para a concessão da licença de piloto comercial

- (a) O candidato a uma licença de piloto comercial deve ter recebido instrução [...]. O conteúdo da instrução de voo deverá ser, no mínimo, o seguinte:
- (1) categoria avião:
 - (i) [...]
 - (2) categoria helicóptero:
 - (i) reconhecimento e gerenciamento de ameaças e erros;
 - (ii) procedimentos anteriores ao voo, inclusive determinação de peso e balanceamento, inspeções e serviços de manutenção no helicóptero;
 - (iii) operações em aeródromos e em circuitos de tráfego; precauções e procedimentos relativos à prevenção de colisões;
 - (iv) controle do helicóptero utilizando referências visuais externas;**
 - (v) recuperação no estágio inicial de descida vertical lenta com motor, técnicas de

⁷ RBAC 61 – Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 61 – LICENÇAS, HABILITAÇÕES E CERTIFICADOS PARA PILOTOS

⁸ ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil – Agência reguladora da aviação civil no Brasil.

- recuperação com o rotor em baixo regime dentro do regime normal do motor;
- (vi) manobras e corridas em voo próximo ao solo; voo pairado; decolagens e aterrissagens normais, sem vento e em terreno inclinado;
 - (vii) decolagens e aterrissagens com potência mínima necessária; técnicas de decolagem e aterrissagem de máximo desempenho; operações em locais restritos; paradas rápidas;
 - (viii) voo pairado sem efeito solo; operações com carga externa, se aplicável; voo a grande altitude;
 - (ix) manobras básicas de voo e recuperação de atitude anormal somente por referência dos instrumentos básicos de voo;**
 - (x) voo de navegação por referências visuais, navegação estimada e, quando disponível, com auxílio de rádio navegação, incluindo um voo de pelo menos 1 (uma) hora;
 - (xi) operações de emergência, incluindo falhas simuladas de equipamentos do helicóptero, aproximação e aterrissagem em procedimento de autorrotação.**
 - (xii) operações com origem, destino ou trânsito por aeródromos controlados, cumprindo os procedimentos dos serviços de controle de tráfego aéreo e os procedimentos e fraseologia de radiocomunicações;
 - (xiii) procedimentos e fraseologia para as comunicações; e,
 - (xiv) procedimentos e fraseologia sobre instrução aos passageiros quanto aos procedimentos de embarque e desembarque e procedimentos de segurança;

Nota-se que, apesar de prever a execução de “manobras básicas de voo e recuperação de atitude anormal somente por referência dos instrumentos básicos de voo”, o regulamento não exige treinamento simulado de *IIMC* na formação do piloto comercial de helicóptero.

O BavOp/PMDF, que opera sob o regime do RBHA 91 Subparte K, é responsável pela formação e treinamento de manutenção de proficiência de suas tripulações e possui publicados diversos Planos de Instrução Técnica (PIT), os quais regulam todas as manobras e treinamentos de pilotos e tripulantes operacionais em relação aos procedimentos operacionais das missões afetas ao batalhão, desde manobras básicas previstas nas exigências da ANAC (RBAC 61), bem como as específicas da atividade policial, tais como embarque e desembarque a baixa altura⁹, rapel¹⁰, mcguire¹¹ e salvamento aquático¹².

⁹ Embarque e desembarque a baixa altura – treinamento em que o piloto mantém a aeronave no pairado a baixa altura e os tripulantes operacionais realizam o embarque e desembarque da aeronave, simulando operações policiais onde não seja possível realizar o pouso completo da aeronave.

¹⁰ Rapel – Técnica de desembarque utilizando-se uma corda fixada na aeronave que vai até o solo, cerca de 30m, simulando o desembarque de tripulantes operacionais em locais onde não seja possível a aproximação da aeronave em razão de obstáculos.

¹¹ Mcguire – Técnica de transporte de carga viva (pessoas) no lado externo da aeronave, utilizando cordas para a amarração destas pessoas, simulando o resgate de uma pessoa em local inacessível por viaturas e onde o pouso da aeronave não seja praticável.

¹² Salvamento aquático – lançamento do tripulante operacional, a partir da aeronave em voo, em meio líquido e posterior resgate do tripulante e da vítima de afogamento através do Mcguire.

Porém não existe no BAvOp/PMDF, mesmo no Plano de Instrução Técnica nº 01, que define as etapas da ascensão do copiloto a Comandante de Aeronave Policial de Asas Rotativas, protocolo de treinamento para entrada inadvertida em condições meteorológicas de voo por instrumento, que é um dos principais fatores contribuintes de acidentes aéreos com mortes no Brasil e no mundo, classificado nos relatórios finais como deficiente julgamento do piloto, deficiente planejamento ou condições meteorológicas adversas.

2.2 Desorientação Espacial

2.2.1 Definição

Desorientação espacial (DE) é um termo usado para descrever uma variedade de incidentes que ocorrem em voo, no qual o piloto não consegue detectar corretamente a posição, o movimento ou a atitude¹³ da aeronave ou de si mesmo dentro do sistema fixo de coordenadas da superfície terrestre (norte, sul, leste e oeste) e da vertical gravitacional (subindo ou descendo). Além disso, os erros na percepção pelo piloto de sua posição, movimento ou atitude em relação a sua aeronave, ou desta em relação a outras aeronaves, também pode ser adotada dentro de uma definição mais ampla de desorientação espacial em voo. Esta definição mais ampla diz respeito aos casos em que a outra aeronave é realmente utilizada como um ponto de referência espacial visual. Desde o início da aviação há um século, até os dias atuais, a desorientação espacial tem causado muitos acidentes aéreos. Por exemplo, durante o período 1990 - 2005 os acidentes causados por desorientação espacial na Força Aérea Norte Americana (USAF) totalizaram 11% de todos os eventos (NATO, 2008, p.19, tradução nossa).

2.2.2 Sistemas de orientação espacial do homem

Para entendermos o fenômeno da desorientação espacial que ocorre com pilotos, precisamos primeiro conhecer quais são e como funcionam os sistemas de orientação do homem, que o permite equilibrar-se em pé e identificar a direção/sentido de qualquer movimento ou repouso do corpo humano.

¹³ Posição da aeronave em relação ao horizonte, considerando seus três eixos: longitudinal, transversal e vertical.

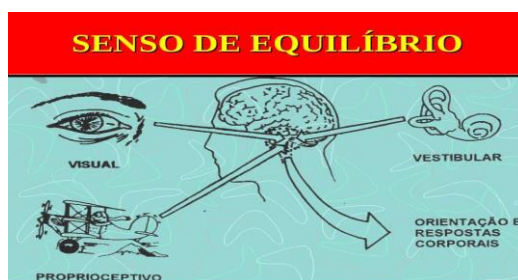
Do ponto de vista funcional, a percepção estática e de movimento e o controle do equilíbrio necessitam da integração dos sistemas vestibular, proprioceptivo e visual, o que torna essas funções multissensoriais (KANASHIRO , 2009, p.13).

Segundo Hoffman (2015, tradução nossa), os três sistemas funcionam da seguinte forma:

- a. Sistema visual: sua visão ajuda a ver onde sua cabeça e corpo estão em relação ao mundo ao seu redor e para detectar o movimento entre você e seu ambiente.
- b. Sistema proprioceptivo: sensores especializados em sentir estiramento ou pressão nos seus músculos, tendões e articulações que informam ao seu cérebro sobre a posição dos seus pés e pernas em relação ao solo e como sua cabeça está posicionada em relação a seu peito e ombros.
- c. Sistema vestibular: órgão de equilíbrio do ouvido interno que informa ao cérebro sobre os movimentos e a posição de sua cabeça. Há um conjunto de três tubos (canais semicirculares) em cada orelha, que sentem quando você move a cabeça ao redor e ajudam a manter sua visão clara (estabilizada). Há também duas estruturas em cada orelha chamadas de órgãos otolíticos (o utrículo e o sáculo). Eles informam ao cérebro quando a cabeça está se movendo em linha reta (como quando você está andando em um carro ou indo para cima ou para baixo em um elevador) e sentem a posição da cabeça, mesmo que esteja parado (se é vertical ou inclinado).

Ainda segundo a autora, as informações provenientes dos três sistemas são enviadas ao tronco cerebral, que também recebe informações de outras partes do cérebro (cerebelo e córtex cerebral), sobre experiências prévias que afetaram seu senso de equilíbrio, mantendo assim, o controle do equilíbrio e a orientação corporal, conforme figura 1.

Figura 1: Senso de equilíbrio com informações dos 3 sistemas



Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFgJYAA/12-desorientacao-medicina-aeroespacial>

Em condições normais, com o cérebro recebendo perfeitamente todas as informações, o corpo humano detém um eficiente mecanismo de orientação, sendo ainda capaz de adaptar-se caso algum dos sistemas tenha sua eficiência reduzida. Por exemplo, se estivermos em um elevador sem qualquer iluminação, a visão em nada poderá auxiliar na percepção da posição ou dos movimentos que ocorrem. Neste caso, o sistema proprioceptivo, através do aumento da pressão sob os pés e a força gravitacional, bem como o sistema vestibular, através do sáculo (um dos órgãos otolíticos), informarão ao cérebro que o corpo está em movimento linear para cima.

No entanto, é importante lembrar que estes sistemas não foram “projetados” para operar no ambiente tridimensional do voo. Neste ambiente, é possível manter-se orientado mesmo sem condições visuais, porém os complexos movimentos do voo aumentam drasticamente o risco de DE (Desorientação Espacial), dadas as limitações fisiológicas dos sistemas de orientação humano (ALVES, 2014).

Ainda segundo Alves (2014), o sistema visual responde por 80% da informação bruta para orientação do corpo humano, sendo os outros 20% divididos entre o os sistemas vestibular e proprioceptivo, que são propensos a erros e podem conduzir a pessoa a experimentar uma DE.

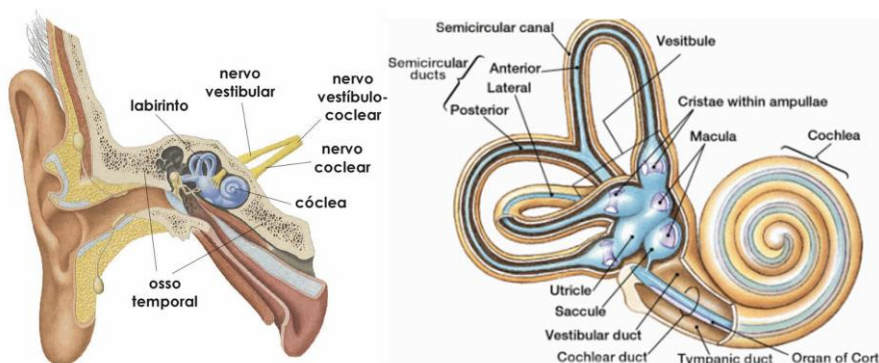
Noventa por cento das informações que usamos como referência para nos orientarmos vem de nossos olhos. A mais confiável de nossos sentidos, a visão supera as sensações conflitantes dos nossos outros sistemas (vestibular e proprioceptivo). Quando voamos em condições meteorológicas visuais (VMC)¹⁴, a nossa visão nos permite manter a aeronave devidamente orientada tomando por referência a terra, o céu e o horizonte. Portanto, quando o cérebro recebe informações conflitantes dos três sistemas, a visão, inconscientemente, supera as sensações dos demais sistemas e orienta o cérebro.

Para entender o quanto o mecanismo de orientação espacial do piloto torna-se frágil durante um voo, sem qualquer referência visual, vamos nos aprofundar um pouco no estudo do sistema vestibular.

¹⁴ VMC: *Visual Meteorological Conditions* - O vôo é realizado inteiramente fora das nuvens e com boa visibilidade. Existe contato visual com o relevo, solo ou água durante o tempo todo. O vôo poderá ocorrer sobre REGRAS visuais ou de instrumento.

O sistema vestibular é bastante complexo e possui três principais funções, nas quais ele é auxiliado ou atua em conjunto com outros sistemas na informação da orientação. São elas: estabilização da imagem na retina, ajuste postural e orientação gravitacional. Para que isto seja realizado, é necessária a informação sobre a posição e movimento da cabeça, o que é feito pelo labirinto. Assim como os olhos percebem os estímulos luminosos, e a cóclea percebe o estímulo auditivo, o labirinto é um sensor de posição e de movimento. Esta informação é transmitida ao tronco cerebral, e aí são estabelecidas conexões com outros sistemas - motor ocular, visual e proprioceptivo - e são realizados os ajustes necessários às três funções do sistema vestibular (PEREIRA, 2014).

Figura 2 – Sistema Vestibular e Labirinto



Fonte: <http://www.fisioequality.com.br/index.php/2015/01/fisioterapia-reabilitacao-vestibular-labirintite/>

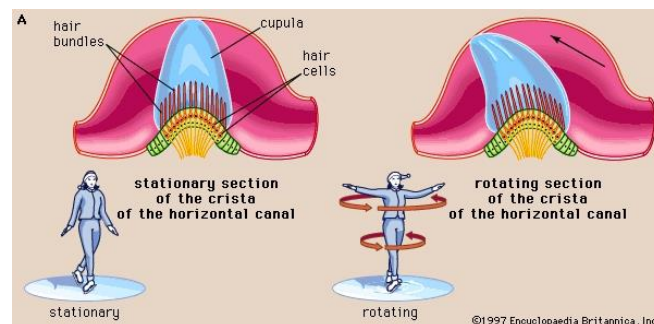
O labirinto é constituído pelo vestíbulo, pela cóclea (localizada antes do vestíbulo) e pelos canais semicirculares (localizados após o vestíbulo). O vestíbulo contém dois sacos, os otólitos, particularmente chamados de sáculo e utrículo. Finos tubos conectam o sáculo com a cóclea e com o utrículo que, por sua vez, se conecta aos três canais semicirculares membranosos, demonstrados na figura 2 (COHEN, 2001 apud NUNES, 2007).

Movimentos de rotação, como virar-se, deitar-se, levantar-se, olhar para cima e para baixo, estimulam os canais semicirculares, enquanto os movimentos lineares, como subir e descer de elevador, estar em veículo em movimento, estimulam o utrículo e o sáculo (PEREIRA, 2015)

Os três canais semicirculares estão dispostos aproximadamente em ângulos retos entre si. São conhecidos como: canal horizontal, canal anterior e canal posterior. Estes dois últimos são orientados verticalmente. Os dois canais posteriores localizados em cada ouvido, apontam para o nariz e os dois canais anteriores apontam em direção oposta, de modo que formam pares contralaterais, formando os canais anterior direito e posterior esquerdo (ADPE) e os canais anterior esquerdo e posterior direito (AEPD) (COHEN, 2001 apud NUNES, 2007).

Os canais semicirculares são preenchidos por um líquido, denominado endolinfa. A cada movimento da cabeça, ocorre um deslocamento da endolinfa (no interior do respectivo canal semicircular) no sentido contrário. O movimento contrário da endolinfa provoca uma inclinação da cúpula. A inclinação da cúpula é então percebido pelas células do labirinto, transformando esta informação de movimento em sinal elétrico, que pode ser transmitido às outras estruturas do sistema nervoso central, como na figura 3 (PEREIRA, 2015).

Figura 3 - movimento dos cílios na cúpula causados pela rotação da cabeça



Fonte: <http://www.otorrinocuerna.com/equilibrio.html>

O problema começa quando se mantém a curva da aeronave em uma taxa constante (como em uma curva coordenada) por mais de 20 segundos. Neste tipo de curva, o fluido dentro do canal começa a se mover inicialmente e, a seguir, o atrito faz com que ele se estabilize com as paredes do canal rotativo.

Quando isso acontece, os cílios dentro do canal voltarão a sua posição para cima, enviando um sinal errado para o cérebro que a curva parou, quando na verdade, ela continua (figura 4).

Figura 4 - Comportamento da endolinfa durante curvas constantes e prolongadas



Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAafgJYAA/12-desorientacao-medicina-aeroespacial>

Se você, em seguida, começar a inclinar para o lado contrário da sua curva, para voltar ao voo nivelado, o fluido dentro do canal mover-se-á (devido à sua inércia), e os

cabelos agora vão se mover na direção oposta, enviando um sinal errado para o cérebro, indicando que você está girando no sentido contrário, quando, na verdade, você está desfazendo a curva inicial e iniciando o nivelamento (figura 4). O risco nessa manobra é o piloto não acreditar na indicação do instrumento (horizonte artificial) que estará indicando aeronave nivelada, e irá seguir o que seu corpo manda, ou seja, acentuará a curva inicial, podendo entrar em uma atitude perigosa para o controle da aeronave.

Além disso, qualquer inclinação em curva de menos de 2°/s é insuficiente para estimular o fluido nos canais semicirculares, e não será sentida. Considerando-se que a inclinação normal em uma curva de 180° é de 3°/s, deve-se compreender que, sem referência visual, é possível iniciar um *bank*¹⁵ que se torna progressivamente mais acentuado, mesmo sentindo que a aeronave está voando reto e nivelado.

Da mesma forma, movimentos lineares estimulam o deslocamento da membrana otolítica sobre a mácula, seja quando a cabeça e o corpo são deslocados seguindo uma linha, como se deslocar para frente ou para trás (ex: carro, avião), ou para cima e para baixo (ex: helicóptero/elevador).

As forças de aceleração e desaceleração também estimulam os órgãos otolíticos e, sem referência visual, o corpo não pode dizer a diferença entre as forças de inércia resultante da aceleração e da força da gravidade. Assim, a aceleração pode dar a sensação de inclinação para trás. Desaceleração pode dar a percepção de inclinado para frente, conforme figura 5 (WYNBRANDT, 2015).

Figura 5 - Sensações geradas pela aceleração e desaceleração através da movimentação das membranas otolíticas sobre os cílios.



Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfgJYAA/12-desorientacao-medicina-aeroespacial>

¹⁵ Bank – inclinação da aeronave.

De acordo com Wynbrandt (2015), o sistema visual, assim como os demais, está sujeito a ilusões durante o voo. Porém como este estudo busca compreender como ocorre a desorientação espacial quando perdemos as completamente as referências visuais externas durante uma entrada inadvertida em condições *IMC*¹⁶, vamos concentrar a pesquisa nas ilusões vestibulares.

O mesmo autor afirma ainda que, na ausência de referência visual, nós confiamos em nosso sistema vestibular para manter-nos orientados. Mas, já foi demonstrado que este sistema é falível quando em movimento no espaço aéreo. Portanto, as ilusões vestibulares podem, facilmente, induzir a uma desorientação espacial, nas seguintes situações:

The Leans (inclinar-se) - **Esta é a forma mais comum de desorientação espacial.** É a deficiência do piloto em detectar o movimento de inclinação. Se uma inclinação iniciou-se lentamente, ou é mantido por tempo suficiente para o líquido no canal semicircular se estabilizar e a aeronave rapidamente volta para o voo reto e nivelado, o movimento do fluido no canal vai dar a sensação de que a aeronave está inclinando na direção oposta, o piloto, erroneamente, tende a curvar a aeronave para o lado em que entende ser o reto nivelado. Com isso, sem perceber, o piloto estará entrando em uma curva inclinando cada vez mais a aeronave (grifo nosso).

A Espiral Gravitacional – É uma curva em alta velocidade e descendente em que o piloto entrou por um erro na detecção do início de um movimento de rolamento/inclinação. Uma vez que uma inclinação com aceleração de menos de 2°/s não é sentida, a asa pode cair a aeronave pode iniciar um giro sem o piloto perceber. Como a descida se acelera, o piloto sente a descida, mas não o giro. A tendência natural do piloto é puxar o manche para parar a perda de altitude. Mas, com o ângulo de inclinação aumenta gradualmente, este comando de manche só aumenta a curva e a velocidade de descida, tornando a recuperação praticamente impossível em razão da rápida perda de altura.

Ilusão de Coriolis - Os movimentos bruscos da cabeça podem colocar o fluido nos canais semicirculares em movimento de tal de forma a criar uma forte pressão na cabeça. A sensação pode ser tão forte que pode fazer o piloto perder o controle da aeronave. Olhar para

¹⁶ *Instrument Meteorological Conditions* – Significa que as condições meteorológicas estão abaixo dos mínimos para voo visual (VMC) e só permitem voo sob regra de instrumentos (IFR).

baixo, como se fosse apanhar uma carta na cabine e depois olhar para cima, pode causar vertigem.

Ilusão de inversão - Uma mudança brusca de uma subida para voo reto nivelado pode excessivamente estimular a órgãos sensoriais para gravidade e aceleração linear, criando a ilusão de cair para trás.

2.2.3 Tipos de Desorientação Espacial

Para Alves (2014), os eventos de Desorientação Espacial (DE) são classificados em três tipos, segundo o grau de consciência situacional do piloto para com o problema e sua habilidade em agir nos comandos de forma a solucioná-los.

- a. No Tipo I (Não reconhecida), o piloto não percebe que está desorientado e continua a voar a aeronave normalmente, sem tomar nenhuma ação corretiva, até o impacto com o solo. Um bom exemplo deste tipo de desorientação é a que pode ocorrer em voo noturno sobre área com poucas referências iluminadas. Condição ainda mais crítica, e de maior probabilidade de ocorrência desse tipo de desorientação, é a decolagem em direção a uma área escura.
- b. A DE Tipo II (Reconhecida) é que proporciona maior probabilidade de recuperação. O piloto reconhece que há um problema e pode ou não identificá-lo como DE, mas percebe que seu sistema sensorial está lhe dando informações conflitantes com aquelas vindas dos instrumentos da aeronave. Caso seja capaz de conter o ímpeto de agir com base em seus sentidos, confiar nos instrumentos da aeronave e recuperar o voo, o piloto terá recebido a mais valiosa lição a respeito de desorientação espacial.
- c. O Tipo III (Incapacitante), quando envolve uma aeronave *single-pilot* (aeronave certificada para tripulação mínima de 1 piloto), leva, inevitavelmente, ao acidente. Neste tipo de desorientação espacial, o piloto percebe a situação, porém está mental ou fisicamente sobrecarregado e incapaz de agir nos comandos de forma correta. O piloto “cristaliza” e não apresenta qualquer tipo de reação ou passa a aplicar comandos que tendem a piorar a situação em lugar de recuperar o controle do voo (ALVES, 2014).

Os manuais de informação aeronáutica classificam a DE como um dos fatores contribuintes mais presentes em acidentes aéreos fatais. De 1994 a 2003, causou pelo menos 202 acidentes, com 184 mortes (WYNBRANDT, 2015).

O autor afirma ainda que uma das principais causas da desorientação espacial de pilotos é a decisão de continuar o voo visual em locais que apresentam condições meteorológicas degradadas, incorrendo em Entrada Inadvertida em Condições Meteorológicas de Voo por Instrumento (IIMC).

2.3 *Inadvertent Entry Into Instrument Meteorological Condition – IIMC*

2.3.1 Definição

Quando o piloto, durante o voo, perder completamente as suas referências visuais, passando a depender exclusivamente dos instrumentos, ocorreu uma *IIMC*.

Inadvertent Entry Into Instrument Meteorological Condition – IIMC, ou Entrada Inadvertida em Condições Meteorológicas de Voo por Instrumento, é uma situação em que a deterioração das condições meteorológicas impedem que o piloto continue seu voo em meteorológicas visuais (VMC) sob regras VFR. A *IIMC* também pode ser definida como a perda de referência do horizonte e/ou uma perda de contato visual com o solo. Encontros com situações de inadvertido IMC inadvertidas são algumas das condições mais exigentes, desorientadoras e perigosas que um piloto pode experimentar. Estes encontros representam o mais elevado percentual de ferimentos fatais em acidentes de helicóptero. Dados do NTSB¹⁷ relativos a 2011 mostram que 45 dos 52 acidentes ocorridos em decorrência de *IIMC* naquele ano foram fatais, representando 86%, o que lhe dá um índice de sobrevivência de apenas 14%, se você enfrentar uma *IIMC* (NICK MAYHEW, 2014, tradução nossa)!

Em linhas gerais, significa que um piloto decolou com sua aeronave para realizar um voo, com condições meteorológicas visuais (VMC), sob regras de voo visuais (VFR) e, em algum momento do voo, inadvertida, ou inesperadamente, ingressou dentro de uma nuvem, ou nevoeiro, ou chuva, ou fumaça, enfim, qualquer meio onde o piloto perde completamente as referências visuais com o solo ou com o horizonte.

Nestas condições, sem referências visuais, caso o piloto não passe a observar imediatamente os instrumentos da aeronave, o risco de experimentar uma desorientação espacial é elevado, tendo em vista as limitações de nossos sistemas vestibular e proprioceptivo, conforme já foi explicado anteriormente no tópico 2.2.2 deste trabalho. Ocorrendo a desorientação espacial dos tipos I (não reconhecida) ou III (incapacitante), a consequência mais provável será o impacto contra o solo, em um *CFIT*.

Segundo Alves (2014), um estudo americano indica que, em média, leva-se apenas 178 segundos (menos de três minutos) para que um piloto, sem habilitação para voar sob regras de voo por instrumento – IFR, perca o controle de um avião depois de ingressar inadvertidamente em IMC, atingindo o solo. Considerando que os helicópteros são mais instáveis, estima-se que este tempo seja bem menor. Este é o perigoso cenário da entrada

¹⁷ National Transportation Safety Board – órgão ligado ao governo Norte Americano responsável por investigar os acidentes aeronáuticos naquele país.

inadvertida em condições IMC para helicópteros, especialmente para aeronaves de segurança pública, como veremos adiante.

2.3.2 Como evitar uma IIMC

Para qualquer piloto, a melhor forma de se evitar uma *IIMC*, por mais óbvia que pareça a afirmação, é simplesmente não decolar ou, caso já tenha decolado, retornar à base e pousar. Esta fantástica máquina, chamada “helicóptero”, ainda possibilita uma terceira opção para o piloto em comando que se depara com uma condição meteorológica degradada que não permite nem prosseguir o voo e nem retornar à base: pousar imediatamente no local mais próximo onde caiba o helicóptero. Pronto, todos a bordo agora estão em segurança novamente!

Portanto, a primeira defesa seria o planejamento do voo. Antes da decolagem, o piloto em comando, dentre várias outras questões que envolvem a missão, analisa as condições meteorológicas presentes no local da decolagem, no trajeto previsto para o voo e no destino. Constatando que as condições estão desfavoráveis para manter o voo inteiramente sob condições visuais, a decolagem pode e deve ser abortada.

Porém, a presença de condições meteorológicas favoráveis no local da decolagem e o pensamento de que é possível prosseguir o voo realizando desvios das más formações¹⁸ ao longo do trajeto, fazem com que os pilotos quebrem a primeira barreira de prevenção da *IIMC*, que seria não decolar.

Durante o voo, ao perceber a deterioração das condições meteorológicas que tornem impossível continuar o voo *VFR*, o piloto tem a opção de retornar ao ponto de origem e pousar, ou ainda desviar a rota e pousar em algum aeródromo¹⁹.

A *IIMC* é considerada uma condição de voo tão perigosa que Michael Phillips, oficial de segurança de voo da 57th Medical Company (AA), descreve a preocupação com este tipo de evento entre suas tripulações e como evitá-la.

¹⁸ Nuvens ou nevoeiros onde o piloto perde as referências visuais com o solo ou horizonte.

¹⁹ Área definida sobre a terra, água ou área flutuante, destinada à chegada, partida ou movimentação de aeronaves.

Nós treinamos nossas equipes para evitá-la (*IIMC*) a todo custo. Nós dizemos-lhes repetidamente: não tente voar *VMC* em condições *IMC*. É perigoso. Nós todos temos visto os gráficos das Agências de Segurança que mostram os resultados catastróficos destes eventos. Se o tempo estiver ruim, não voe. Se tempo torna-se ruim, faça a curva e volte ou pouse onde estiver e aguarde o mau tempo passar (PHILLIPS, 2001, tradução nossa).

Em diversos artigos publicados sobre *IIMC*, sobretudo por pilotos de helicóptero experientes, seja na área de instrução ou de segurança de voo, a conclusão é sempre a mesma: a decisão do piloto em decolar ou continuar o voo visual em condições meteorológicas degradadas, conduzem a uma entrada inadvertida em condições de voo *IMC*, com grande possibilidade de ocorrência de desorientação espacial e, conseqüentemente o acidente aeronáutico, sendo o mais comum, o *CFIT*.

Em relação a essa tomada de decisão, Bitton (2008) enfatiza:

Novos e experientes pilotos devem compreender que as horas de voo não fazem pilotos serem bons ou seguros – o bom senso faz um piloto seguro. O bom senso no pré-voo, o bom senso em saber quais são suas limitações e não voar fora delas, o bom senso em saber a altura dos obstáculos na sua trajetória, o bom senso em não continuar um voo sob deterioração do tempo, bom senso de confiar no seu instinto e sinais de aviso são apenas algumas das questões de bom senso que fazem um piloto verdadeiramente seguro. Ter isso em mente é o núcleo para atingirmos o bom senso. Como pilotos de helicóptero, temos uma vantagem que os pilotos de avião não têm; a capacidade de pousar na vertical (BITTON, 2008, tradução nossa).

Portanto, o bom senso do piloto é mais importante que sua experiência neste caso. Por vezes, em uma condição meteorológica degradada e desfavorável para o voo *VMC*, até mesmo por insegurança, um piloto menos experiente tomará a ação mais segura, ou seja, não irá decolar ou irá pousar assim que se deparar com o mau tempo em voo. Já um piloto mais experiente, extremamente confiante em sua capacidade de conduzir o voo nestas condições, terá tendência em ignorar o risco e decolar ou continuar em um voo em condições de *VMC* marginais²⁰.

Segundo Araújo (2011), o excesso de confiança nas suas habilidades, bem como a pressão existente em para o cumprimento das missões são os principais fatores para que pilotos tentem continuar um voo *VFR* em condições adversas de tempo, o que leva a uma *IIMC*. Em relação às pressões sobre os pilotos, algumas são impostas pela Unidade Aérea (cumprimento da missão) e outras geradas pelo próprio piloto (resistência em admitir a

²⁰ Quando um voo ocorre muito próximo dos mínimos meteorológicos para voo visual, com possibilidade de deterioração das condições, passando a um voo em *IMC* (Instrument Meteorological Condition)

necessidade de abortar o voo). Ceder a estas pressões pode levar a tripulação a perigosa situação de um voo inesperado (*IIMC*).

2.3.3 O treinamento de *IIMC*

Se as três barreiras antes de uma *IIMC* (1ª – não decolar / 2ª – retornar e pousar na base ou em outro aeródromo / 3ª – pousar na área livre mais próxima) forem vencidas, somente o treinamento pode aumentar as chances de um piloto de helicóptero evitar a desorientação espacial e adotar as ações corretas para conduzir a aeronave em segurança até o pouso.

Engana-se quem acredita que um piloto com habilitação para voo *IFR* está imune aos efeitos da desorientação espacial induzida por uma *IIMC*. O prévio conhecimento de como monitorar e fazer o cheque cruzado dos instrumentos apenas aumentará as chances de um piloto sobreviver a uma *IIMC*. A respeito disso, Patrick Shaub (2015) afirma em seu artigo:

Surpreendentemente, 43 % dos pilotos que, inadvertidamente, entraram em *IMC* e tiveram acidentes, eram habilitados para voo por instrumentos. Isso significa que não é a habilitação de voo por instrumentos, mas a proficiência em voar por instrumentos que irá salvar no dia em que esta situação ocorrer em voo (PATRICK SHAUB, 2015, tradução nossa).

Somente em 2008, nos Estados Unidos, as operações de transporte aeromédico com helicópteros registraram 12 acidentes, totalizando 29 vítimas fatais (em 8 dos acidentes). Esse elevado índice de acidentes envolvendo *IIMC* aumentou a preocupação das autoridades americanas, sobretudo a *Federal Aviation Administration (FAA)* e a *National Transportation Safety Board (NTSB)*, com recomendações de segurança prevendo o treinamento de pilotos para agirem nestas situações (*IIMC*).

Em 2009, a *NTSB* expediu a seguinte Recomendação de Segurança (*Safety Recommendation*):

À Administração Federal de Aviação (FAA): Desenvolver critérios de treinamento para pilotos de helicópteros de serviço médico de emergência (HEMS) com base em cenários que incluam voo com entrada inadvertida em condições meteorológicas de instrumentos e riscos exclusivos para operações HEMS, bem como determinar a frequência com que é necessário esse treinamento para garantir proficiência dos pilotos (NTSB, 2009, tradução nossa).

A *FAA*, como agência reguladora da aviação civil norte americana já emitiu, através da Docket No.: *FAA-2010-0982*; *Amdt. Nos. 91-330; 120-2; 135-129*, uma regulamentação determinando que, pilotos que operam helicópteros de serviços médicos de emergência sejam submetidos a treinamento de recuperação de *IIMC*, bem como que estes procedimentos façam parte da verificação de proficiência de pilotos para revalidação das habilitações.

No Brasil, recentemente a *ANAC* atualizou a *RBAC 61* e passou a exigir, a partir de 22/09/2014, que o candidato a uma licença de piloto comercial de helicópteros, além dos demais requisitos anteriores, possua 10 (dez) horas de voo por instrumentos (*IFR*), das quais 05 (cinco) podem ser substituídas por *FSTD*²¹, aprovado pela *ANAC*. Porém, o foco das horas de voo *IFR* é conhecer as “regras” e não o treinamento para recuperação de atitudes anormais e demais procedimentos de uma *IIMC*. Apesar de trazer o benefício de uma familiarização do piloto com o voo utilizando-se apenas os instrumentos da aeronave, essa medida pode induzir alguns pilotos ao “falso” sentimento de que estão aptos a pilotarem uma aeronave em *IIMC*, por supostamente conhecerem o voo por instrumento.

Algumas instituições que operam aeronaves de asas rotativas no Brasil, como o Exército Brasileiro, já identificaram o risco que uma *IIMC* representa para as operações e iniciaram o treinamento de seus pilotos.

Segundo Araújo (2011), o treinamento de *IIMC* para os pilotos de uma organização deve ser considerado uma das prioridades para chefes e demais líderes em geral, pois não é possível prever como um piloto reagirá a uma entrada inadvertida em *IMC*. O oficial do Exército Brasileiro acrescenta que “voar por instrumento deve ser uma segunda natureza para o piloto”. Uma formação consistente e prática regular desenvolvem as habilidades necessárias a qualquer piloto para a realização de um voo seguro.

O treinamento para uma *IIMC*, segundo recomendação da *ALEA* (*Airborne Law Enforcement Association*), passa por três fases. 1ª - *IIMC avoidance* (como evitar), 2ª - *IIMC initial response procedures* (procedimentos de primeira resposta) e 3ª - *IIMC recovery procedures* (procedimentos de recuperação da aeronave).

²¹ *Flight Simulator Training Device* – Simulador de voo

Para Bryan Smith (2015), na primeira fase, o durante o voo, instrutor deve apresentar ao piloto um cenário de deterioração das condições meteorológicas. Continuamente informar ao piloto (simuladamente) tetos e/ou visibilidade que estão baixando e, com isso, monitorar se o piloto decide realizar uma curva de 180° e retornar, pousar ou desviar para o aeroporto mais próximo com condições *VMC* antes de entrar em um simulado *IIMC*.

A decisão de voltar ou de pousar imediatamente deve ser amplamente incentivada pelo instrutor.

Para as demais fases do treinamento, ou seja, simulação de uma *IIMC*, os procedimentos a serem seguidos pelos pilotos, conforme orientação pacífica de vários experientes instrutores de voo, como Keith C. Raley (2010), Alves (2011) e Nick Mayhew (2014), quando o piloto perder as referências visuais, baseiam-se em seguir os quatro C's (*Control, Climb, Course, Communicate*).

A – *Control* (Controle) – Voe a aeronave. A atenção do piloto deve voltar-se para os instrumentos primários de voo, principalmente o indicador de atitude (horizonte artificial). Como primeira ação, o piloto deve nivelar a aeronave. Neste momento, que seu corpo lhe dê informações diferentes em razão da deficiência do sistema vestibular (tópico 2.2.2), o piloto deve acreditar nos instrumentos, realizando o cheque cruzado dos parâmetros para manter um voo reto nivelado e com velocidade de segurança. Cabe ressaltar que qualquer comando (cíclico, coletivo ou pedais), nesta situação, deve ser aplicado de maneira suave. Pequenas discrepâncias requerem pequenas correções.

B – *Climb* (Suba) – Assim que estiver com a aeronave estabilizada, inicie uma subida para uma altitude de segurança no setor. Por esta razão, os pilotos devem conhecer a altitude do mais alto obstáculo de voo em sua região, de maneira que possa estabelecer uma altitude confortável de voo, passando a se preocupar apenas com os procedimentos e não mais com a colisão contra obstáculos.

C – *Course* (Curso) – Após estabilizar o voo em uma altitude de segurança, uma curva pode ser iniciada para evitar outros obstáculos ou mesmo para tentar sair da condição *IMC*. A recomendação da *ALEA* é de que esta curva não deve exceder 10° de inclinação, para que o piloto não corra o risco de perder o controle da aeronave. Novamente, qualquer

comando (cíclico, coletivo ou pedais), nesta situação, deve ser aplicado de maneira suave. Pequenas discrepâncias requerem pequenas correções.

D – *Communicate* (Comunicar) – Após estabilizar o voo em uma altitude e curso de segurança, permanecendo em IMC, o piloto deve comunicar sua condição ao órgão de controle de tráfego aéreo (**VOCÊ ESTÁ EM EMERGÊNCIA**), informando suas necessidades. O controle de tráfego irá manter o afastamento de outras aeronaves no setor, poderá auxiliá-lo até o pouso ou mesmo retornar a condição VMC.

O piloto em comando da aeronave que voa sob regras visuais (VFR) é responsável por manter-se afastado de nuvens e qualquer outra formação que reduza as condições de visibilidade abaixo dos mínimos previstos na legislação ICA 100-4²². Ao ingressar em IIMC, o piloto comete uma infração de tráfego aéreo e pode ser punido. Por este motivo, alguns pilotos deixam de comunicar sua condição de “emergência” e acabam sofrendo a pior das punições: a morte em um acidente aeronáutico.

2.4 Metodologia

O artigo visou estudar o treinamento dos pilotos de helicópteros da PMDF e compreender o fenômeno da desorientação espacial em voo causada por uma entrada inadvertida em condições meteorológicas de voo por instrumento (IIMC), fator contribuinte presente na maioria dos acidentes fatais envolvendo helicópteros no Brasil e no mundo e, a partir da compreensão deste fenômeno, auxiliar na elaboração de Planos de Instrução Técnica que possam melhor capacitar os pilotos de helicóptero da Corporação, prevenindo a ocorrência de acidentes aeronáuticos.

Quanto aos objetivos, a pesquisa foi exploratória, porque conseguiu inserir uma quantidade significativa de informações e conceitos sobre um assunto do qual não há qualquer estudo na aviação da PMDF, e também explicativa, pois foi possível fazer uma análise e interpretação correta de como ocorrem os acidentes que possuem uma IIMC como fator

²² Instrução do Comando da Aeronáutica 100-4 – Regras e Procedimentos Especiais para Tráfego Aéreo de Helicópteros.

contribuinte e de como os pilotos de helicóptero da PMDF estão sujeitos a experimentar esse tipo de evento durante um voo de ocorrência policial (PMDF, 2014).

Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa é bibliográfica, pois a busca de material se deu em legislações e regulamentos vigentes na Corporação e na Aviação Civil, bem como livros e, especialmente, artigos eletrônicos, que são a principal fonte de consulta para este tipo de assunto, pois a desorientação espacial e entrada inadvertida em condições *IMC*, apesar de não serem muito exploradas no Brasil, há muito tempo já fazem parte de publicações norte americanas. Foi utilizado ainda o levantamento, através de um questionário aplicado aos pilotos para identificar suas percepções a cerca do assunto e, por fim, a pesquisa também foi experimental, com a realização, de forma controlada, uma simulação de *IIMC* em voo com três pilotos de helicópteros do Batalhão de Aviação Operacional, onde foi possível comprovar, na prática, a ocorrência da desorientação espacial dos pilotos quando perdem a referencia visual e, ainda, provar a eficiência da aplicação da técnica dos quatro Cs no treinamento de *IIMC* para pilotos (PMDF, 2014).

2.5 Análise de dados

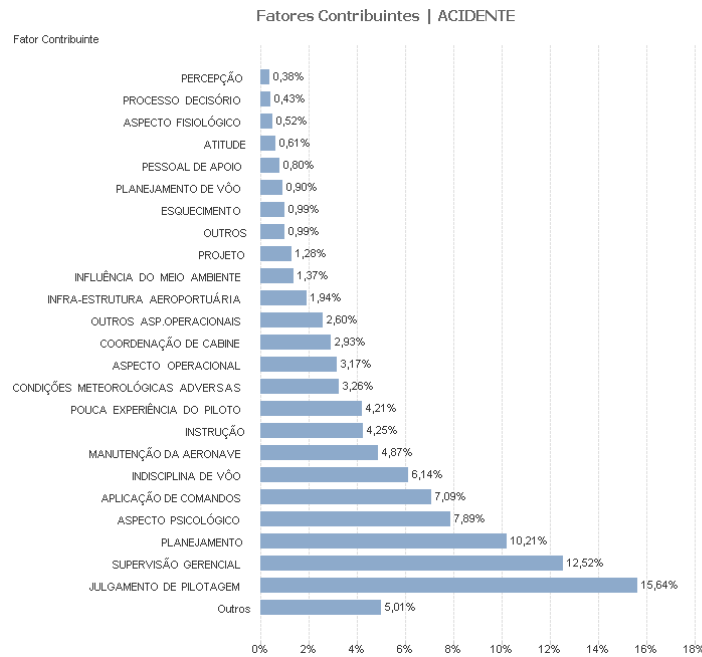
2.5.1 Dados estatísticos

Para fins de dados estatísticos, nos limitaremos ao estudo dos Fatores Contribuintes para acidentes aeronáuticos do CENIPA, através dos Panoramas Estatísticos da Aviação Civil Brasileira, publicados nos anos de 2013 e 2014.

Estatística do CENIPA sobre fatores contribuintes em acidentes aeronáuticos (aviões e helicópteros), apresentado no “Panorama Estatístico da Aviação Civil Brasileira de 2014”, constando dados de acidentes entre 2004 a 2013, demonstra que o julgamento de pilotagem (15,64%), o planejamento (10,21%) e condições meteorológicas adversas (3,26%), comuns em acidentes de *IIMC*, representam considerada parcela de “todos” dos acidentes aeronáuticos ocorridos entre 2004 e 2013, conforme gráfico 1.

Neste último levantamento estatístico do CENIPA, não foram apresentados dados exclusivos sobre acidentes envolvendo helicópteros.

Gráfico 1: Fatores Contribuintes nos acidentes aeronáuticos entre 2004 – 2013



Fonte : CENIPA

Porém, no relatório “Panorama Estatístico da Aviação Civil Brasileira de 2012”, constando dados de acidentes entre 2003 a 2012, foram apresentados os fatores contribuintes para ocorrência de acidentes aeronáuticos envolvendo apenas helicópteros. Como podemos verificar no gráfico 2, fatores contribuintes como o julgamento de pilotagem (63,6%), o planejamento (45,5%) e as condições meteorológicas adversas (15,5%), **comuns em acidentes de IIMC**, representam agora um elevadíssimo percentual nos acidentes envolvendo helicópteros com matrícula nacional.

Gráfico 2 - Fatores contribuintes nos acidentes da aviação civil – Helicópteros



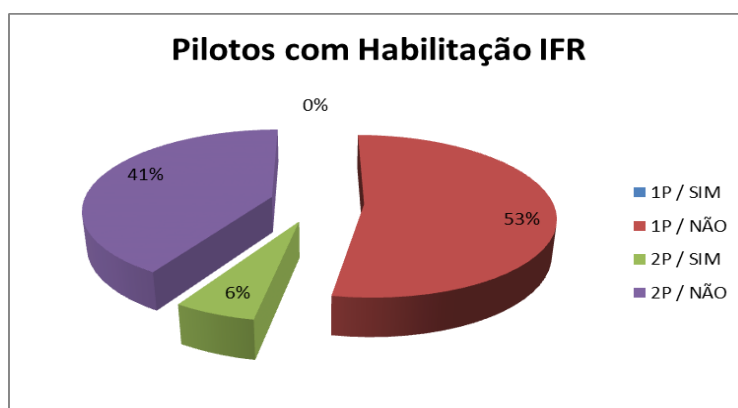
Fonte: CENIPA

2.5.2 Questionários aplicados

Os questionários aplicados foram respondidos por 16 (dezesesseis) pilotos de helicóptero, sendo 9 (nove) comandantes de aeronave (1P) e 7 (sete) copilotos (2P).

Entre os pilotos de helicóptero que participaram da pesquisa, somente um possui a habilitação de voo por instrumentos, até porque este, apesar de ser copiloto de helicóptero, é comandante de avião e esta habilitação é requerida para a função, representando 6%, enquanto 94% de todos os pilotos (100% dos 1P) não possuem habilitação de voo por instrumentos (Gráfico 3)

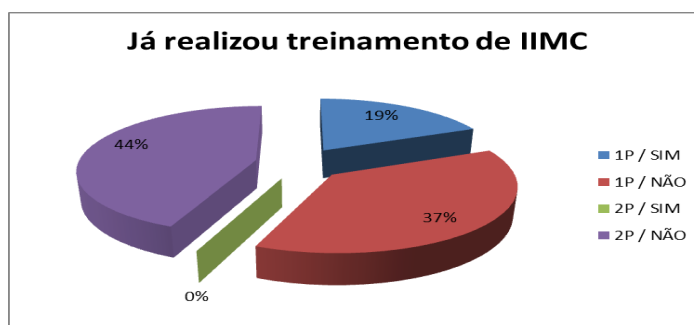
Gráfico 3 – Habilitação IFR



Fonte: pesquisa de campo

Em relação a treinamento de entrada inadvertida em condições *IMC*, apenas 19% dos pilotos entrevistados afirmam que tiveram pelo menos um treinamento desta natureza na Corporação, porém, não foi especificado a quantidade e nem a metodologia utilizada nos treinamentos, enquanto 81% jamais realizaram qualquer treinamento desta natureza (gráfico 4).

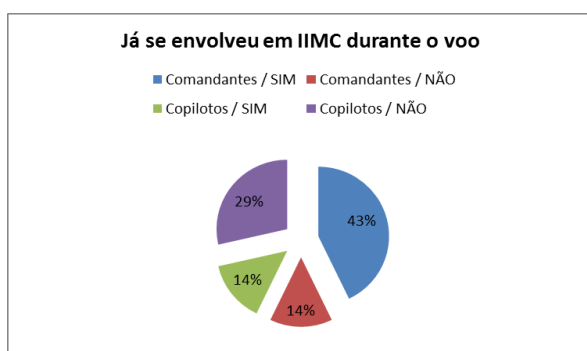
Gráfico 4 – Treinamento de *IIMC* na Corporação



Fonte: pesquisa de campo

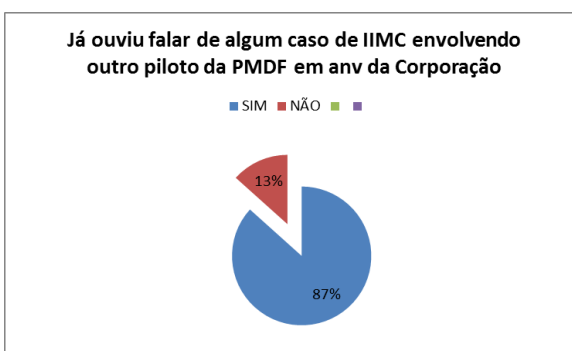
Dois gráficos que chamam bastante atenção, são os gráficos 5 e 6, que exibem um contraste operacional imenso quando comparados com o gráfico 3, que nos informa que 94% dos pilotos não possuem habilitação para voo por instrumentos, e o gráfico 4, no qual 81% jamais realizou qualquer treinamento de *IIMC*. O alerta deve ser direcionando ao fato de que, mesmo com tão baixo nível de preparação para este tipo de evento, 57% dos pilotos já se envolveram em *IIMC*, conforme gráfico 5 e, surpreendentemente, **87% dos pilotos já souberam de algum caso de *IIMC* envolvendo outros pilotos em aeronave da Corporação** (gráfico 6).

Gráfico 5 – Já se envolveram em IIMC



Fonte: pesquisa de campo

Gráfico 6 – Teve conhecimento de IIMC na PMDF



Fonte: pesquisa de campo

Para que um piloto consiga identificar o princípio de uma desorientação espacial e, conseqüentemente possa lidar com o conflito de informações enviados ao cérebro caso venha a experimentar uma *IIMC*, é necessário que conheça quais são e como funcionam os sistemas de orientação do corpo humano. Conforme o gráfico 7, ficou evidenciada que apenas 31% dos pilotos entrevistados sabem que utilizamos o sistema visual, o sistema vestibular e o sistema proprioceptivo para nos orientar, enquanto 38% refere-se a um ou outro sentido e, 31% não souberam responder.

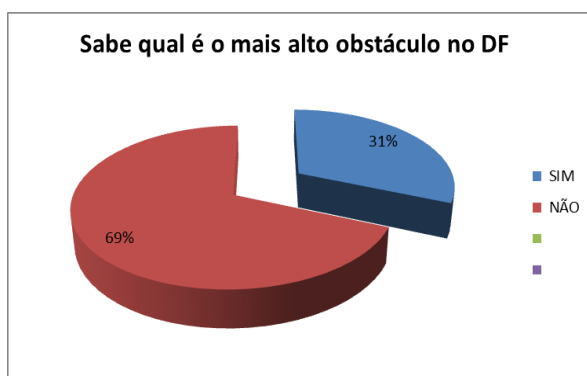
Gráfico 7 – Conhece os sistemas de orientação do corpo humano



Fonte: pesquisa de campo

Por fim, e não menos preocupante, o gráfico 8 revela que, apesar de 31% dos pilotos entrevistados saberem qual é o mais alto obstáculo do Distrito Federal, que são as antenas do Rodeador (próximo a Brazlândia-DF), 100% dos pilotos desconhece a sua altitude no topo, que é de 4.950 Ft (gráfico 9). Esta informação torna-se importantíssima no momento de uma *IIMC*, quando o piloto precisa realizar a subida (*CLIMB*) até uma altura de segurança onde seja impossível a colisão com qualquer obstáculo, conforme o procedimento dos quatro Cs explicado no tópico 2.3.3 deste Artigo.

Gráfico 8 – Mais alto obstáculo do DF



Fonte: pesquisa de campo

Gráfico 9 – Altitude (QNH) no topo do maior obstáculo



Fonte: pesquisa de campo

2.5.3 Experimento

Para fins de comprovar os efeitos da desorientação espacial a eficácia da aplicação da técnica dos quatro Cs (*Control, Climb, Course, Comunicate*) em uma recuperação de atitudes anormais da aeronave, foram realizados voos de teste simulando estes eventos. Em todos os testes, as manobras foram iniciadas a 1000 ft AGL²³, havia um piloto responsável pela segurança da aeronave no assento da esquerda e o piloto em teste no assento da direita, utilizando óculos para treinamento IFR.



Figura 6 – Óculos com zero visibilidade



Figura 7 – Óculos de treinamento IFR (visão do painel)

²³ Above Ground Level - Cerca de 350 metros de acima do nível do solo.

Para demonstração da desorientação espacial, foram utilizados óculos que não possibilitavam qualquer referencia visual para os pilotos em teste (figura 6). Os comandos da aeronave, sob supervisão, eram passados aos pilotos em teste com a aeronave reta, nivelada e com velocidade de 80 kt, sendo solicitado aos pilotos que mantivessem o voo reto nivelado, mesmo sem referências visuais. Em cerca de 10 segundos, os pilotos iniciavam uma curva sem perceber. Quando percebiam a curva, iniciavam a correção para o lado oposto, porém pouco depois, retornavam a curva para o lado inicial, com maior inclinação. Com a aeronave já estava em uma descida com velocidade acima de 100 kt e em curva de 45° de inclinação, os pilotos conseguiam perceber que a aeronave estava descendo, mas com curva para o lado oposto. Antes que a aeronave entrasse em uma condição crítica, o piloto de segurança assumia os comandos e realizava a recuperação da aeronave. Com este exercício, ficou comprovada a ilusão vestibular conhecida como “espiral gravitacional”, na qual a aeronave desce em alta velocidade e em espiral.

O segundo teste comprovou a ilusão vestibular de Leans (inclinar-se). Nesta situação, os pilotos em teste utilizaram óculos para treinamento IFR (figura 7), com o qual é possível visualizar apenas o painel de instrumentos da aeronave. No início da manobra, o piloto de segurança estabeleceu uma atitude de voo reto e nivelado com 80kt de velocidade e solicitou aos pilotos em teste que mantivessem os olhos fechados, devendo reportar qualquer mudança na trajetória da aeronave. O piloto de segurança iniciava então uma curva de cerca de 5° de inclinação para a direita e, imediatamente, os pilotos em teste acusavam o início da curva. Cerca de 30 segundos após, ainda em velocidade constante e em curva para a direita, os pilotos em teste (ainda com os olhos fechados) informavam que a aeronave estava nivelada e, pouco tempo depois, informavam que a aeronave iniciava uma curva para o lado esquerdo (oposto). Importante frisar que o piloto de segurança manteve a curva de mínima inclinação constante à direita. Em seguida, de forma controlada, foram passados os comandos da aeronave para os pilotos em teste que, imediatamente ao assumirem os comandos, comandaram uma curva acentuada à direita tentando nivelar a aeronave, pois estavam com a sensação (ilusão vestibular “The Leans”) de curva para a esquerda. Ao fazerem o cheque cruzado dos instrumentos, realizavam o nivelamento da aeronave.

Interessante foi a observação de um dos pilotos em teste. Durante o voo, após realizar o controle da aeronave que estava em atitude anormal, ele informou que apesar de estar vendo os instrumentos indicando que estava em voo reto nivelado, estava com uma forte

sensação de que estava em curva para a direita e descendo. Este fato comprova a afirmação de que a desorientação espacial ocorre quando há conflito entre as informações enviadas ao cérebro pelos sistemas vestibular e proprioceptivo e as informações que a visão encaminha sobre a indicação dos instrumentos. Quando o piloto deixa de acreditar nos instrumentos da aeronave para seguir o que seu corpo está falando, a possibilidade de ocorrer uma desorientação espacial e, conseqüentemente um acidente, é potencializada.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa fez uma análise sobre a contribuição que o treinamento de entrada inadvertida em condições meteorológicas de voo por instrumento (*IIMC*) traria para os pilotos de helicópteros da PMDF.

Para compreender o risco de uma *IIMC*, na qual o piloto perde completamente as suas referências visuais durante o voo, buscamos entender como o corpo humano se orienta e quais as conseqüências da perda da referência visual neste mecanismo.

O corpo humano possui três sistemas, o visual, o vestibular e o proprioceptivo, que quando funcionam bem, promovem entre si a complementação das informações que serão enviadas ao cérebro para manutenção do equilíbrio e orientação do corpo.

Porém, perdendo-se as informações visuais, que representam 90% das informações de orientação, o corpo passa a depender exclusivamente dos sistemas vestibular e proprioceptivo para se orientar. No solo, estes sistemas funcionam bem, mas no ambiente tridimensional da aviação, estas informações passam a estar sujeitas a “ilusões” e, portanto, deixam de ser confiáveis.

Quando um piloto é submetido às ilusões vestibulares potencializadas pela falta de referências visuais, corre o sério risco de sofrer a desorientação espacial, que é um dos fatores contribuintes mais presentes nos acidentes aéreos envolvendo helicópteros no Brasil e no Mundo.

Compreendendo a desorientação espacial e o risco que ela representa para a segurança de voo, passamos a estudar a *IIMC* que, justamente por ser uma emergência em que

o piloto perde completamente as referências visuais com o solo, água ou horizonte, é uma das principais causas de desorientação espacial em pilotos que iniciam um voo *VFR* e ingressam em *IMC*.

Pilotos de helicópteros das forças policiais e de resgate carregam sobre si uma imensa pressão pelo cumprimento da missão, pois se a aeronave não decolar ou não chegar ao local do socorro, vidas poderão ser perdidas. Essa pressão muitas vezes faz com que os pilotos policiais ignorem as condições meteorológicas adversas, ignorem sua falta de treinamento para enfrentar uma *IIMC* e colocam suas vidas, as vidas das tripulações e das pessoas em solo em um risco INACEITÁVEL²⁴. O mais grave é que no BAvOp/PMDF, essa realidade está bem presente e demonstrada nos gráficos 3 e 4 do tópico 2.5.2.

Portanto, como a natureza da missão policial por vezes expõe as tripulações a ignorar o risco de se voar em condições *IMC* inadvertido, é necessário que seja realizado o treinamento das tripulações para que estejam preparadas caso ocorra esse tipo de evento.

Testes realizados com três pilotos de helicópteros do BAvOp confirmaram três situações.

A – Perdendo-se a referência visual, a desorientação espacial ocorre em cerca de 10 segundos;

B – Perdendo a referência visual, em um primeiro momento o piloto tende a aplicar os comandos de maneira a atender o que seus sistemas vestibular e proprioceptivo lhe informam, ignorando as informações dos instrumentos da aeronave;

C – Após demonstrar ao piloto os efeitos da desorientação espacial, realizar o treinamento de recuperação de atitudes anormais utilizando apenas os instrumentos primários de voo da aeronave torna-se muito mais fácil e natural para o piloto.

Com base em toda pesquisa bibliográfica realizada, os dados obtidos através dos questionários aplicados aos pilotos de helicópteros da PMDF e, principalmente, com o experimento realizado, simulando situações de voo nas quais todo conteúdo teórico do artigo foi comprovado, não resta dúvidas de que o treinamento de entrada inadvertida em condições

²⁴ Frequente e de resultados catastróficos

meteorológicas de voo por instrumentos para pilotos de helicópteros da PMDF trará grande contribuição para a prevenção de acidentes aeronáuticos na aviação da Corporação.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Nilton Cícero. **Helicóptero Sob IMC: Inadvertido ou Não, Voe Seguro**. 2014. Disponível em: <http://www.efai.com.br/uploads/artigos/helicoptero_sob_imc.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2014.

ARAÚJO, Maj Paulo Roberto do Bomfim e. Entrada Inadvertida em Condições Meteorológicas de Instrumento. **Revista Eletrônica Pegasus: CIAVEx - Exército Brasileiro**, Brasil, n. 16, p.4-7, jun. 2011. Semestral. Disponível em: <<http://www.ciavex.ensino.eb.br/pegasus/pegasus16/flash/RevistaPegasus16.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2014.

Batalhão de Aviação Operacional. **Plano de Instrução Técnica nº 01: Comandantes de Aeronaves Policiais de Asas Rotativas**. Brasília: PMDF, 2014.

BITTON, Dan. Helicopter Flight: The Basics of Preventing Inadvertent IMC and CFIT. **Rotor**, Alexandria, p.34-39, 2008. Trimestral. Disponível em: <<http://www.rotormagazine.org/portals/24/pdf/winter09/34.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2014.

BRASIL. RBAC nº 61, de 05 de junho de 2012. **LICENÇAS, HABILITAÇÕES E CERTIFICADOS PARA PILOTOS. Rbac 61: LICENÇAS, HABILITAÇÕES E CERTIFICADOS PARA PILOTOS**. Ementa 05. ed. Brasília, Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbac/RBAC61EMD05.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2015.

BRASIL. RBHA nº 91, de 22 de abril de 2003. **Rbha 91 Subparte K: Operações Aéreas de Segurança Pública e/ou Defesa Civil**. 01. ed. Brasil, Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha091.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2015.

BRYAN SMITH (Usa). Alea - Airborne Law Enforcement Association. **IIMC TRAINING RECOMMENDATIONS**. Disponível em: <<http://www.alea.org/safety>>. Acesso em: 01 jan. 2015.

CENIPA, FCA 58-1, Panorama Estatístico da Aviação Civil Brasileira em 2012. CENIPA – Centro de Prevenção e Investigação de Acidentes Aeronáuticos. 2013. 77p.

CENIPA, FCA 58-1, Panorama Estatístico da Aviação Civil Brasileira em 2013. CENIPA – Centro de Prevenção e Investigação de Acidentes Aeronáuticos. 2014. 44p.

COHEN, H. **Neurociência para fisioterapeutas**: incluindo correlações clínicas. 2 ed. São Paulo: Manole, 2001.

DECEA. AIC nº 27/14, de 11 de dezembro de 2014. **Operações Aéreas de Segurança Pública e/ou Defesa Civil**, Disponível em: <<http://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4087>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

DISTRITO FEDERAL. Decreto nº 31.793, de 11 de junho de 2010. Organização Básica da Polícia Militar do Distrito Federal. **Decreto**. Brasília, DF,

HOFFMAN, Shannon L.g.. **How does the balance system work?** Disponível em: <<http://www.neuropt.org/docs/vsig-english-pt-fact-sheets/how-does-the-balance-system-work.pdf?sfvrsn=2>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

KANASHIRO, Aline Mizuta Kozoroski. **Avaliação da função vestibular através da vertical visual subjetiva em pacientes com doença de**. 2009. 109 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências - Neurologia, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

KEITH C. RALEY (Usa). Department Of The Interior. **Lessons Learned**. 2010. Disponível em: <<http://oas.doi.gov/safety/library/LessonsLearned/FY2010/DOILL1001.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2014.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD. **A-09-87**: Safety Recommendation. Usa, 2009. 19 p. Disponível em: <http://www.nts.gov/safety/safety-recs/recletters/A09_87_96.pdf>. Acesso em: 25 dez. 2014.

NICK MAYHEW (Eua). International Helicopter Safety Team. **Training Fact Sheet**: Inadvertent Entry Into Instrument Meteorological Conditions (IIMC). Disponível em: <http://www.ihst.org/portals/54/insights/Training_IIMC.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2014.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. **TR-HFM-118**: Spatial Disorientation Training – Demonstration and Avoidance. [] ed. Bruxelas: Research And Technology Organisation, 2008. 132 p.

NUNES, Paula Issob. **ANALISE COMPARATIVA DA OSCILAÇÃO CORPORAL ENTRE INDIVÍDUOS PORTADORES E NÃO PORTADORES DE SEQUÊLAS**. 2007. Disponível em: <http://www.wgate.com.br/conteudo/medicinaesaude/fisioterapia/variedades/corporal_paula/corporal_paula.htm>. Acesso em: 10 jan. 2015.

PATRICK SHAUB (Eua). Aopa - Aircraft Owner And Pilots Association. **A Better Way to Escape IMC?** Disponível em: <http://www.aopa.org/asf/publications/inst_reports2.cfm?article=6153>. Acesso em: 01 jan.2015

PEREIRA, Cristiana B.. **Sistema Vestibular**: Anatomia e fisiologia. 2014. Disponível em: <[http://www.vertigemetontura.com.br/sistema vestibular - anatomia e fisiologia.pdf](http://www.vertigemetontura.com.br/sistema%20vestibular%20-%20anatomia%20e%20fisiologia.pdf)>. Acesso em: 26 dez. 2014.

PEREIRA, Cristiana B.. **VERTIGEM E TONTURA**: Labirinto: Estrutura. 2015. Disponível em: <[http://www.vertigemetontura.com.br/labirinto funcao.htm](http://www.vertigemetontura.com.br/labirinto_funcao.htm)>. Acesso em: 11 jan. 2015.

PMDF. **Historico do goa**. 2002. Disponível em: <<http://web.archive.org/web/20060813155027/http://www.pmdf.df.gov.br/goa/historico.htm/>>. Acesso em: 01 dez. 2002.

PMDF. NGA, de 01 de janeiro de 2013. **Normas Gerais de Ação do Bavop**.

Polícia Militar do Distrito Federal (PMDF). Guia Acadêmico de Orientação de Trabalhos de Conclusão de Curso (GTCC) da PMDF / Coordenação de Solange Vitória Alves...[et al.], Instituto Superior de Ciências Policiais – Brasília : ISCP, 2014. 35p : il

WYNBRANDT, James. **Spatial Desorientation**: Confusion that kills. 2015. Disponível em: <https://www.faasafety.gov/files/notices/2014/Dec/SA17_Spatial_Disorientation.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2015.