

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia do Curso de Mestrado Profissional em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica.

Jackson Lauffer Lima

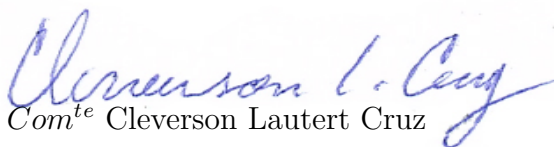
**APLICABILIDADE DE CRITÉRIOS DE
QUALIDADE DE PILOTAGEM PARA
OPERAÇÕES DE RESGATE E AEROMÉDICAS
NA AVIAÇÃO DE SEGURANÇA PÚBLICA
BRASILEIRA**

Dissertação aprovada em sua versão final pelos abaixo assinados:



Prof. Dr. Fábio Andrade de Almeida

Orientador



Com^{te} Cleverson Lautert Cruz

Co-orientador

Prof. Dr. Celso Massaki Hirata

Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa

Campo Montenegro

São José dos Campos, SP - Brasil

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Divisão de Informação e Documentação

Lima, Jackson Lauffer

APLICABILIDADE DE CRITÉRIOS DE QUALIDADE DE PILOTAGEM PARA OPERAÇÕES DE RESGATE E AEROMÉDICAS NA AVIAÇÃO DE SEGURANÇA PÚBLICA BRASILEIRA Jackson Lauffer Lima.

São José dos Campos, 2012.

155f.

Dissertação de Mestrado – Curso de Mestrado Profissional em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada. Área de no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica. – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2012. Orientador: Prof. Dr. Fábio Andrade de AlmeidaCo-orientador: *Com^{te}* Cleverson Lautert Cruz.

1. Qualidade de Pilotagem. 2. Operações Aéreas de Resgate e Aeromédicas. 3. Aviação de Segurança Pública. I. Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Pós-Graduação. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LIMA, Jackson Lauffer. **APLICABILIDADE DE CRITÉRIOS DE QUALIDADE DE PILOTAGEM PARA OPERAÇÕES DE RESGATE E AEROMÉDICAS NA AVIAÇÃO DE SEGURANÇA PÚBLICA BRASILEIRA**. 2012. 155f. Dissertação de Mestrado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Jackson Lauffer Lima

TÍTULO DO TRABALHO: APLICABILIDADE DE CRITÉRIOS DE QUALIDADE DE PILOTAGEM PARA OPERAÇÕES DE RESGATE E AEROMÉDICAS NA AVIAÇÃO DE SEGURANÇA PÚBLICA BRASILEIRA.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / 2012

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias desta dissertação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

Jackson Lauffer Lima

Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 HTO - Vila das Acácias

CEP 12.228-901 – São José dos Campos–SP

**APLICABILIDADE DE CRITÉRIOS DE
QUALIDADE DE PILOTAGEM PARA
OPERAÇÕES DE RESGATE E AEROMÉDICAS
NA AVIAÇÃO DE SEGURANÇA PÚBLICA
BRASILEIRA**

Jackson Lauffer Lima

Composição da Banca Examinadora:

| | | | | |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------|---|---------|
| Prof. Dr. | Fábio Andrade de Almeida | Presidente/Orientador | - | ITA |
| <i>Com^{te}</i> | Cleverson Lautert Cruz | Co-orientador | - | DPRF |
| Prof. | Donizeti de Andrade, Ph.D. | Membro Interno | - | ITA |
| Dr. | Celso Braga de Mendonça | Membro Externo | - | EMBRAER |

Dedico este trabalho à minha esposa Cláudia e a minha filha Beatriz, como forma de reconhecimento pelo apoio incondicional.

No futuro, olharemos para o passado e veremos a grande capacidade de superação.

Agradecimentos

Inicialmente a Deus, pela presença de espírito e força de vontade que me permitiram concluir o presente trabalho.

Aos meus pais, Glicério e Luci, por serem a maior referência durante toda a minha vida.

À Cláudia, minha esposa, por ter superado os momentos de solidão devidos a minha ausência, além de ter me incentivado e apoiado incondicionalmente, com seu amor, carinho e compreensão.

Ao Prof. Dr. Fábio Almeida, por sua paciência, empenho e valiosos conhecimentos a mim passados.

Ao Prof. Dr. Donizeti de Andrade, sem o qual o programa de mestrado não existiria.

Agradecimento especial:

Ao *Com^{te}* Cleverson Lautert Cruz, grande amigo e coorientador, pela confiança depositada desde o início desta longa jornada e o imensurável apoio e estímulo.

*“Se você conhece o inimigo e conhece a si mesmo, não precisa temer o resultado de cem batalhas.
Se você se conhece, mas não conhece o inimigo, para cada vitória ganha sofrerá uma derrota.
Se você não conhece nem o inimigo nem a si mesmo, perderá todas as batalhas” — SUN TZU.*

Resumo

Com a crescente necessidade de eficiência e segurança na realização de operações aéreas de segurança pública, verifica-se a possibilidade de utilização de conceitos de Qualidades de Pilotagem ou *Handling Qualities*, que são as qualidades ou características de voo e operacionalidade de uma aeronave que regem a facilidade e precisão com que um piloto é capaz de realizar as tarefas necessárias à determinadas missões. A avaliação dessas qualidades com sustentação na segurança operacional está fundamentada em uma estrutura quadripartite, composta dos seguintes integrantes: a missão e as tarefas de pilotagem associadas; o ambiente operacional onde ocorre a missão; a configuração do veículo, sua dinâmica e o envelope de voo; e o piloto e a interface piloto-veículo. A concretização deste processo no escopo militar dos Estados Unidos da América é a *Aeronautical Design Standard ADS-33*, que na década de 70 revolucionou a forma como a comunidade aeronáutica pensava sobre qualidades de pilotagem. Constatando-se a similaridade com o contexto operacional da aviação de segurança pública, o trabalho propõe o emprego da metodologia da ADS-33 como fator de incremento da segurança operacional e otimização de especificação de equipamentos na aviação de segurança pública brasileira, em especial quanto às operações de resgate e aeromédicas.

Abstract

With the growing need for efficiency and safety in the performance of aerial operations for public safety, there is the possibility of using concepts of Handling Qualities, which are the qualities or characteristics of flight and operation of an aircraft that rule the easiness and precision with which a pilot is able to perform the tasks required for certain missions. The assessment of these qualities supported by the operational safety is based on a quadripartite structure, composed by the following elements: the mission and the associated piloting tasks; the operational environment; the vehicle configuration, dynamics and the flight envelope; the pilot and the pilot-vehicle interface. The completion of this process in the military scope of the United States of America is the Aeronautical Design Standard ADS-33, which in the 70's revolutionized the way the aviation community thought about handling qualities. Verifying the similarity with the operational context of public security aviation, the work proposes the use of the ADS-33 methodology as a factor to increase the operational safety and optimization of equipment specification in the Brazilian public security aviation, especially applied to aeromedical and rescue operations.

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| FIGURA 1.1 – Acidentes por categoria de ocorrência (INTERNATIONAL HELICOPTER SAFETY TEAM, 2011). | 22 |
| FIGURA 1.2 – As influências sobre a estratégia de controle do piloto. Adaptado de PADFIELD (2007). | 23 |
| FIGURA 1.3 – Acidentes com Helicópteros (ANAC, 2010). | 24 |
| FIGURA 1.4 – Acidentes com Aeronaves de Segurança Pública (ANAC, 2010). | 25 |
| FIGURA 2.1 – Escala <i>Cooper-Harper</i> de avaliação subjetiva do piloto - Forma resumida. Adaptado de PADFIELD (2007). | 38 |
| FIGURA 2.2 – Helicóptero RAH-66 - Comanche. (WIKIPEDIA, 2012) | 39 |
| FIGURA 2.3 – Evolução da ADS-33 (MITCHELL, 2004). | 40 |
| FIGURA 2.4 – Os quatro pontos de referência das dinâmicas de voo do helicóptero. Adaptado de PADFIELD (2007). | 42 |
| FIGURA 2.5 – Hierarquia das tarefas de voo. Adaptado de PADFIELD (2007). | 44 |
| FIGURA 2.6 – Elementos de uma missão civil. Adaptado de PADFIELD (2007). | 45 |
| FIGURA 2.7 – As três atividades de pilotagem. Adaptado de PADFIELD (2007). | 50 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 2.8 – O piloto como sensor e motivador em circuito fechado. Adaptado de PADFIELD (2007). | 52 |
| FIGURA 3.1 – Horas de voo e acidentes por 100.000 horas no mundo | 58 |
| FIGURA 3.2 – Acidentes HEMS na Parte 91 e 135 (NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD, 2009). | 63 |
| FIGURA 3.3 – Acidentes HEMS (NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD, 2009). | 64 |
| FIGURA 3.4 – Categoria dos acidentes de Helicópteros de Segurança Pública nos EUA (NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD, 2009). | 71 |
| FIGURA 3.5 – Acidentes com Aeronaves de Segurança Pública no Brasil (ANAC, 2010). | 72 |
| FIGURA 3.6 – Participação das Aeronaves de Segurança Publica (ANAC, 2010). | 73 |
| FIGURA 3.7 – Modelo 5M. Adaptado de (UNITED STATES, 2000). | 79 |
| FIGURA 4.1 – Distribuição dos tipos de ocorrência DOA/SC. | 97 |
| FIGURA 4.2 – Aeronave no local de pouso para atendimento (DOA, 2012). | 99 |
| FIGURA 6.1 – UCE Determinação e Uso. Adaptado de (Hanks; Ham, 1992) | 113 |
| FIGURA 6.2 – Características da ADS-33-E-PRF. Adaptado de (MITCHEL, 2004). | 116 |
| FIGURA 6.3 – Avaliação das Qualidades de Pilotagem (Hanks; Ham, 1992). | 119 |
| FIGURA 6.4 – Sugestão para realização da manobra Pirueta. | 126 |

Lista de Tabelas

| | |
|--|-----|
| TABELA 3.1 – Acidentes por tipo de atividade. | 60 |
| TABELA 3.2 – Tabela para o cálculo da probabilidade para o UH-50 (BRASIL, 2006). | 78 |
| TABELA 4.1 – Distribuição das causas de mortes por trauma (NAEMT, 2007). | 87 |
| TABELA 4.2 – Atividades Desenvolvidas com Resgate Aeromédico pela DOA-DPRF. | 95 |
| TABELA 4.3 – Aeronaves/Tripulações da DOA-DPRF. | 96 |
| TABELA 6.1 – MTES ADS-33-E-PRF (UNITED STATES, 2000). | 121 |
| TABELA 6.2 – MTEs para as Operações de Segurança Pública. Adaptado de UNITED STATES (2000). | 122 |
| TABELA 6.3 – Desempenho da MTE (UNITED STATES, 2000). | 125 |

Lista de Abreviaturas e Siglas

- ADS - *Aeronautical Design Standard*
- AGARD - *Advisory Group for Aerospace Research and Development*
- ANAC - *Agência Nacional de Aviação Civil*
- AQTD - *Airworthiness Qualification Test Directorate*
- BIUG - *Background Information and User Guide*
- CG - Centro de Gravidade
- COTS - *Commercial Off-The-Shelf*
- DOA - Divisão de Operações Aéreas
- DoD - *Department of Defense - Departamento de Defesa dos Estados Unidos*
- DPRF - Departamento de Polícia Rodoviária Federal
- DVE - *Degraded Visual Environment*
- EMS - *Emergency Medical Service*
- EUA - Estados Unidos da América
- FAA - *Federal Aviation Administration*
- FAI - *Fédération Aéronautique Internationale*
- FAR - *Federal Aviation Regulation*
- FIFA - *Fédération Internationale de Football Association*
- GRO - Gerenciamento do Risco Operacional

GRPAe - Grupamento de Radio Patrulhamento "João Negrão"

GSE - Grupo de Socorro de Emergência

GSO - Gerenciamento da Segurança Operacional

GVE - *Good Visual Environment*

HEMS - *Helicopter Emergency Medical Service*

HQR - *Handling Qualities Ratings*

ICAO - *International Civil Aviation Administration - OACI*

IHSS - *International Helicopter Safety Symposium*

IHST - *International Helicopter Safety Team*

IMC - *Instrument Meteorology Condition*

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

JHSAT - *Joint Helicopter Safety Analysis Team*

LHX - *Light Helicopter Attack*

LOC - *Loss of Control*

LUH - *Light Utility Helicopter*

MASH - *Mobile Army Surgical Hospital*

MSGR - Método SIPAER de Gerenciamento do Risco

MTE - *Mission Task Element*

NACA - *National Advisory Committee for Aeronautics*

NASA - *National Aeronautics and Space Administration*

NoE - *Nap-of-the-Earth*

NSCA - Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica

- NTSB - *National Transportation Safety Board*
- OFE - *Operational Flight Envelopes*
- ONU - Organização das Nações Unidas
- OTAN - *North Atlantic Treaty Organization (NATO)*
- OVC - *Outside Visual Cues*
- PIO - *Pilot Induced Oscillation*
- PRF - *Performance Specifications*
- RBAC - Regulamento Brasileiro de Aviação Civil
- SAMU - Serviço de Atendimento Móvel de Urgência
- SAR - Serviço Aéreo de Resgate
- SCF - *System Component Failure*
- SFE - *Service Flight Envelopes*
- SIPAER - Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
- UCE - *Usable Cue Environment*
- V/STOL - *Vertical/Short Takeoff and Landing*
- VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado
- VNE - Velocidade a Não ser Excedida

Sumário

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 18 |
| 1.1 | Objetivo | 18 |
| 1.1.1 | Objetivo Geral | 18 |
| 1.1.2 | Objetivo Específico | 19 |
| 1.2 | Relevância do Tema | 19 |
| 1.3 | Motivação do Tema | 21 |
| 1.4 | Resultados Esperados | 26 |
| 1.5 | Organização do trabalho | 27 |
| 2 | ABORDAGEM SISTÊMICA DO HELICÓPTERO | 29 |
| 2.1 | Resumo histórico das aeronaves de asas rotativas | 29 |
| 2.2 | Histórico das Qualidades de Pilotagem | 34 |
| 2.3 | Conceitos e Definições | 40 |
| 2.4 | A Missão e as Tarefas de Pilotagem | 43 |
| 2.5 | O Ambiente Operacional | 46 |
| 2.6 | A Configuração Dinâmica da Aeronave e o Envelope de Voo | 48 |
| 2.7 | A Interface Piloto-Veículo | 49 |
| 2.8 | A Contribuição das Qualidades de Pilotagem para a Efetividade Operacional e a Segurança do Voo | 53 |
| 3 | FATORES DE SEGURANÇA OPERACIONAL | 57 |
| 3.1 | Acidentes com Helicópteros | 57 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 3.2 | Acidentes com <i>Helicopter Emergency Medical Service</i> - HEMS . . . | 62 |
| 3.3 | Acidentes com Helicópteros na Aviação de Segurança Pública . . . | 70 |
| 3.4 | A Experiência Brasileira Segundo a Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC | 71 |
| 3.5 | A Taxonomia dos Acidentes | 73 |
| 3.6 | A Norma NSCA e o Gerenciamento do Risco | 74 |
| 4 | OPERAÇÃO DE RESGATE AEROMÉDICO | 83 |
| 4.1 | Histórico da Aviação de Helicópteros e sua Operação Aeromédica . | 83 |
| 4.2 | A Operação de Resgate Aeromédico - Fases do Voo e a Importância do Fator Tempo | 85 |
| 4.3 | A Singularidade da Operacionalidade do Helicóptero em Operação Aeromédica | 88 |
| 4.4 | O Impacto dos Acidentes de Trânsito na Economia e a Importância do Resgate Aeromédico como Fator Mitigador do Prejuízo | 90 |
| 4.5 | A Operação Aeromédica na Polícia Rodoviária Federal - Caso Base Santa Catarina | 93 |
| 5 | FATORES DE REFERÊNCIA PARA AVALIAÇÃO | 101 |
| 5.1 | Avaliação das Qualidades de Pilotagem | 101 |
| 5.2 | As Características Dinâmicas do Helicóptero | 102 |
| 5.3 | Aeronaves <i>Commercial-Off-the-Shelf</i> | 108 |
| 6 | <i>Aeronautical Design Standard</i> - ADS-33 | 112 |
| 6.1 | ADS-33 e suas características | 112 |
| 6.2 | Estrutura da ADS-33 | 115 |
| 6.3 | A Aplicabilidade da ADS-33-E-PRF como Processo de Qualidade de Pilotagem na Operação de HEMS na Segurança Pública | 120 |

| | |
|---|-----|
| 6.4 Os Ensaios em Voo para Verificação das Características de Qualidade de Pilotagem | 123 |
| 7 CONCLUSÕES | 129 |
| 7.1 Considerações Finais | 129 |
| 7.2 Recomendações | 131 |
| 7.3 Sugestões para Elaboração de Trabalhos Futuros | 131 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 133 |
| APÊNDICE A – EXTRATO DA ADS-33-E-PRF | 137 |

1 Introdução

Com o aumento da violência e a necessidade de socorro e resgates, seja por desastres naturais ou provocados pelo homem, as operações de segurança pública incorporam cada dia mais o emprego de recursos aéreos, em especial o helicóptero.

Por suas características operacionais, o helicóptero é notadamente o equipamento mais utilizado na busca por velocidade no atendimento e agilidade neste tipo de operação. A facilidade em empregar o helicóptero, sem a prévia avaliação de suas características e qualidades operacionais, termina por incrementar o Risco Operacional.

1.1 Objetivo

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem o objetivo geral de verificar a conveniência da aplicação sistêmica de processos de avaliação da qualidade de pilotagem como fator de melhoria da segurança operacional e das especificações de helicópteros para operações de resgate e aeromédicas na aviação de segurança pública brasileira.

1.1.2 Objetivo Específico

Considerando que atualmente a norma do Exército dos Estados Unidos, a ADS-33-E-PRF, é utilizada para a avaliação das qualidades de pilotagem de helicópteros militares, verificar-se-á a possibilidade e conveniência da aplicação e adequação da ADS-33E-PRF para a definição das qualidades de pilotagem e especificação de helicópteros em operação de resgate e aeromédica na aviação de segurança pública brasileira, tomando como referencial a missão de transporte e resgate e aeromédica do Departamento de Polícia Rodoviária Federal (DPRF).

1.2 Relevância do Tema

Para a realização deste trabalho, levam-se em conta a relevância da atividade aérea a serviço da segurança pública, a relevância de seus serviços para a sociedade, o ambiente externo em que essas operações ocorrem, a necessidade de promover garantias de operação segura para as aeronaves e seus ocupantes, além de melhoria da efetividade no cumprimento de suas missões.

O contexto em que ocorrem as operações aéreas abordadas neste trabalho beiram o hostil, ou condições extremas de operação, como são referenciadas.

Dentro desse contexto, a aviação de segurança pública no Brasil encontra-se em plena expansão. A realização de eventos internacionais no país, como a Copa das Confederações, a acontecer em 2013, e a Copa do Mundo da *Fédération Internationale de Football Association* (FIFA), em 2014, vem estimulando a economia nacional com a realização de vários investimentos, dentre eles a aviação de segurança pública.

Como mencionado, os órgãos de segurança pública, em consonância com essas atividades e conscientes do seu compromisso, estão ampliando seus investimentos buscando adequar-se ao novo panorama com suas novas demandas. Nesta óptica, verifica-se a necessidade de investimentos em uma grande quantidade de áreas, entre elas a aviação, sendo tais investimentos focados na implantação ou ampliação das unidades aéreas, aumentando a capacidade de resposta de cada uma das instituições no atendimento às novas demandas.

Esse aumento exige que novos equipamentos sejam adquiridos. Como os custos dessas aeronaves são consideravelmente elevados, esforços significativamente elevados são empregados nos processos de aquisição. Além desses, os custos com capacitação e treinamentos de pessoal para utilização das aeronaves, contratos de manutenção e fornecimento de peças e equipamentos, e toda a logística necessária à operação avultam o custo global relacionado com a operação dessas aeronaves.

Ainda, atualmente a aviação de segurança pública não conta com instrumentos efetivos para a avaliação, qualificação e especificação de helicópteros adequados às suas realidades e necessidades. Dessa forma, devido à falta de definições, as aquisições sofrem com as pobres especificações contidas nos instrumentos legais e formais (editais) dos processos de aquisição, questionáveis e muitas vezes contestados por fabricantes e fornecedores.

Assim institui-se um sistema de duas forças, no qual por um lado estão os órgãos de segurança Pública, com suas demandas operacionais, necessitando dos equipamentos para cumprirem suas missões, e por outro, os fornecedores, trabalhando no sentido de convencê-los sobre a adequabilidade dos seus equipamentos as suas necessidades.

Essa instabilidade costuma arrastar-se judicialmente, atrasando os processos de aquisição e, por vezes, inviabilizando-os e, conseqüentemente, prejudicando a prestação

do serviço à sociedade.

Pela ausência de requisitos adequados e robustos nas especificações das aeronaves nos editais dos processos de aquisição, por vezes constata-se que o equipamento adquirido e suas características são distintas das adequadas à operação efetivamente realizada pelo órgão adquirente, levando a um emprego limitado quando as características operacionais da aeronave ou suas capacidades operacionais são inferiores para atender as demandas operacionais da missão. A limitação operacional do equipamento pode levar a extrapolação de parâmetros do envelope de voo de serviço, ou *Service Flight Envelopes* (SFE) da aeronave, ocasionando uma situação de perigo ou emergência, que pode gerar um acidente aeronáutico com consequências fatais ou a indisponibilidade do equipamento, deixando a sociedade desprovida da prestação do serviço.

Por outro lado a especificação superdimensionada, devido a grande margem operacional disponível, pode levar à subutilização do equipamento, conduzindo a elevados custos operacionais, que se contrapõem aos escassos recursos da administração pública.

Nesse impasse, a situação adequada é a identificação correta e eficiente do melhor equipamento para o cumprimento da missão, que diminua os riscos operacionais e proporcione a devida harmonia com a aplicação do recurso público.

1.3 Motivação do Tema

Em uma análise realizada pelo *US Joint Helicopter Safety Analysis Team* (JHSAT), foram analisados 523 relatórios de acidentes do *National Transportation Safety Board* (NTSB) de três anos diferentes (2000, 2001 e 2006), e classificados pelas suas causas que resultaram em primeiro lugar a perda de controle (*Loss of Control - LOC*) (40,5%),

seguida por autorrotação (*Autorotation* - AR) (32,7%), e seguida por falha em sistemas ou componentes (*Sistem Component Failure*- SCF) (27,9%), como principais fatores de ocorrência dos acidentes, conforme ilustra a Figura 1.1.

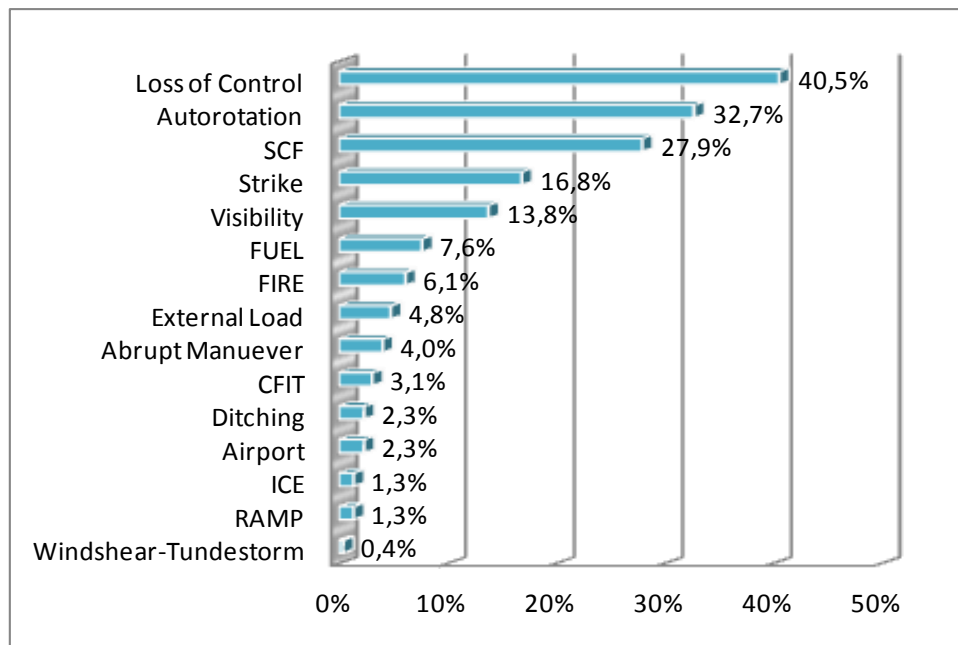


FIGURA 1.1 – Acidentes por categoria de ocorrência (INTERNATIONAL HELICOPTER SAFETY TEAM, 2011).

Boas qualidades de pilotagem de uma aeronave garantem que determinada missão terá uma grande probabilidade de sucesso, sendo cumprida com segurança, no menor tempo possível, e com o menor desgaste do equipamento e da tripulação, podendo reduzir os graves prejuízos causados pelos fatores motivadores dos acidentes acima identificados.

A Figura 1.2 descreve pictoricamente a representação da estratégia de controle que deve ser refletida na opinião do piloto. Em função das demandas do ambiente, da tarefa, e considerando-se as informações disponíveis (“pistas”), e as dinâmicas do veículo, o piloto adota uma estratégia para o desempenho da tarefa com produção da menor carga de trabalho.

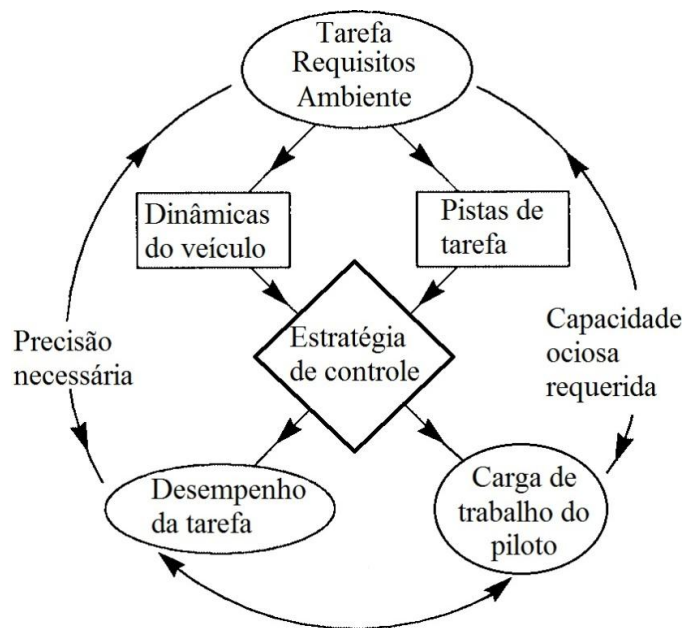


FIGURA 1.2 – As influências sobre a estratégia de controle do piloto. Adaptado de PADFIELD (2007).

PADFIELD (2007) define que, em termos objetivos, o valor de boas qualidades de pilotagem deve refletir em produtividade, desempenho e segurança, pois a escala Cooper-Harper, usada para avaliar as qualidades de pilotagem, mede a carga de trabalho exigida do piloto para alcançar um desempenho definido. A premissa considerada é que o piloto pode ser caracterizado como um componente vital do sistema da aeronave que possui possibilidade (e probabilidade) de falhar. Por exemplo, o piloto pode estar estressado devido à sobrecarga de trabalho, por causa da compensação necessária pela baixa qualidade de pilotagem de uma aeronave e, nessa condição psicológica, poderá proceder a uma avaliação errada e causar um acidente.

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), no Brasil, apresentou o Relatório Anual de Segurança Operacional, no qual são analisados os acidentes com aeronaves de asas rotativas e descritos pela Figura 1.3 (ANAC, 2010). No Brasil, essa tendência apresenta-se

crecente, com os acidentes fatais apresentando aumento, ou seja, na contramão da tendência mundial de redução (INTERNATIONAL HELICOPTER SAFETY TEAM, 2011).

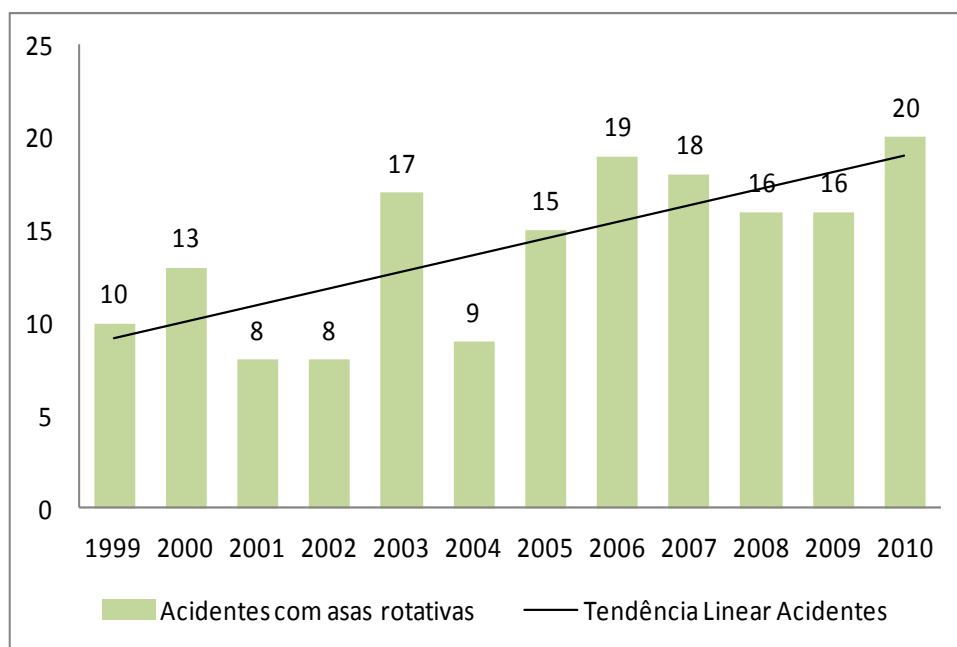


FIGURA 1.3 – Acidentes com Helicópteros (ANAC, 2010).

A Figura 1.4 apresenta a participação dos acidentes das aeronaves que operam de acordo com RBAC 91, subparte K (operações aéreas policiais e/ou de defesa civil). Tais acidentes representam, em média para o período 1999-2010, aproximadamente 15% dos acidentes com helicópteros. Tal índice é classificado como alto, e deve-se, principalmente, à natureza das operações de segurança pública, que envolvem voos em condições extremas, em baixa altitude, com alta exigência psicológica sobre a tripulação e, conseqüentemente, extrema carga de trabalho. Muitas vezes os trágicos resultados são motivados pela deficiente utilização e adequação do equipamento à missão realizada e, numa análise mais detalhada, pela ausência de avaliação das qualidades de voo do equipamento em conformidade com a operação.

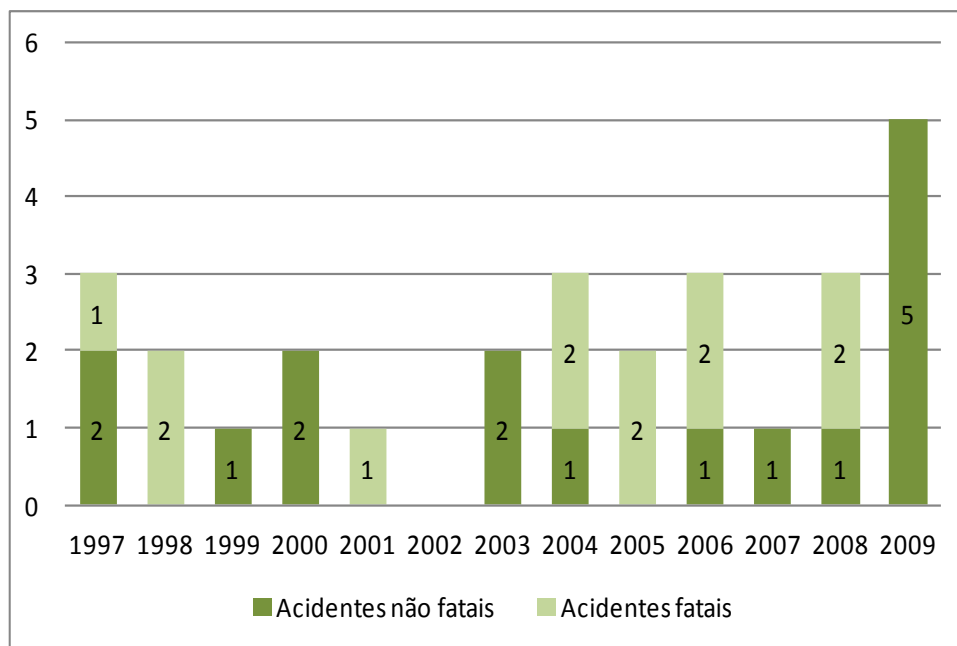


FIGURA 1.4 – Acidentes com Aeronaves de Segurança Pública (ANAC, 2010).

A *International Civil Aviation Organization* (ICAO), agência da Organização das Nações Unidas (ONU), publicou em 2006 o manual de *Safety Management Systems - SMS* (ICAO-2009), no qual define o gerenciamento do risco operacional - GRO como uma ferramenta fundamental para a aviação civil, que possibilita identificar e analisar os perigos associados às diversas atividades e operações, classificando-os em níveis diferenciados de riscos e tratando-os adequadamente.

Em função dessa proposta pela ICAO, no Brasil foi lançado, através do CENIPA, o Método SIPAER do Gerenciamento do Risco - MSGR. Esse método utiliza tabelas de avaliação do risco contemplando os diversos tipos de missões e emprego para o planejamento da atividade aérea. Nessas tabelas verifica-se a condição quadripartite do gerenciamento do risco aeronáutico - Missão, Meio, Homem e Máquina - na qual cada integrante tem suas características avaliadas e onde a interação das mesmas define o grau de probabilidade de sucesso e o risco da missão.

Especificamente no tocante à máquina, atualmente a avaliação utiliza os quesitos de estrutura do setor de manutenção, tempo em que foi feita a manutenção, confiabilidade dos instrumentos e sistemas, entre outros, sem se referir às qualidades de voo do equipamento. Ou seja, não é feita uma análise crítica sobre a adequabilidade do equipamento para a respectiva missão, nem da qualidade de voo e pilotagem do equipamento em relação às configurações intrínsecas da máquina.

As qualidades de pilotagem (PADFIELD, 2007) orientadas a missão, consideram a mesma configuração quadripartite, revelando uma interação entre as qualidades de pilotagem com o MSGR.

1.4 Resultados Esperados

Espera-se, com este trabalho, a confirmação da hipótese de utilização da Norma ADS-33-E-PRF como marco inicial do desenvolvimento do processo de avaliação de qualidade de pilotagem para a especificação de helicópteros para operação de resgate e aeromédica da segurança pública Brasileira, com foco na segurança operacional.

Espera-se ainda, possibilitar a proposta de adequação ou elaboração de um processo de avaliação de qualidades de pilotagem para especificação de aeronaves de acordo com a missão, de forma a melhorar a segurança operacional com maior aproveitamento dos investimentos aplicados nas atividades aéreas de resgate e aeromédica.

1.5 Organização do trabalho

Além dos elementos pré-textuais e pós-textuais, o presente trabalho está dividido em seis capítulos. No primeiro capítulo, é apresentada a introdução, por meio do objetivo geral e objetivo específico, da relevância do tema, da motivação, dos resultados esperados e da estruturação do trabalho.

O segundo capítulo destina-se à revisão do referencial teórico, revelando a origem do estudo, sua sistematização, seus conceitos fundamentais, e suas contribuições para a segurança operacional.

No terceiro capítulo é apresentado um panorama atual dos acidentes da aviação de helicópteros nos segmentos de interesse do estudo: no mundo, nos Estados Unidos da América (EUA) e no Brasil, e a relação com os métodos e fatores de segurança operacional.

No quarto capítulo é apresentado o histórico da aviação de transporte aeromédico, as características desta operação, a relação com o trauma, a operação singular do helicóptero no atendimento, e a apresentação do histórico e características da operação aérea do Departamento de Polícia Rodoviária Federal (DPRF), tomando por base o case da base regional de Santa Catarina.

O quinto capítulo aborda os pontos de referência necessários para avaliação das qualidades de pilotagem para a operação aeromédica, a relação das Missões com a tarefa de pilotagem, o ambiente operacional em que ocorre a operação, a configuração dinâmica da aeronave.

O sexto capítulo apresenta a ADS-33-E-PRF, ferramenta que serve de base para a definição das qualidades de pilotagem sugerindo um modelo de método de avaliação para os helicópteros empregados na operação de resgate e aeromédica na aviação de segurança

pública brasileira.

O sétimo e último capítulo revela as conclusões do trabalho, por meio de considerações finais, de recomendações ao setor da aviação de segurança pública e de sugestões para trabalhos futuros.

Nota: Este trabalho tem como principal referencial teórico o livro [htbp]Helicopter Flight Dynamics: the theory and application of flying qualities and simulation modelling. 2. Ed, de autoria do Prof. Gareth D. Padfield.

2 Abordagem Sistêmica do Helicóptero

A percepção da relação entre o desenvolvimento do helicóptero e das qualidades de pilotagem contextualizam alguns dos avanços ocorridos nessa área, e as suas contribuições para a operacionalidade e a segurança. Para a identificação das contribuições, é importante a assimilação dos principais conceitos envolvidos, entre eles: a missão e as tarefas de pilotagem associadas; o ambiente operacional onde ocorre a missão; a configuração do veículo, sua dinâmica e o envelope de voo; e o piloto e a interface piloto-veículo.

2.1 Resumo histórico das aeronaves de asas rotativas

O desenvolvimento das aeronaves de asas rotativas e, em especial, do helicóptero, exigiu uma grande dose de dedicação, genialidade, criatividade e visão de corajosos pioneiros no decorrer dos últimos cinco séculos.

Os pioneiros buscaram no helicóptero o meio no qual o homem concretizaria o seu desejo de voar. No começo do século XX, antes de qualquer invento bem-sucedido de uma aeronave de asas rotativas, Alberto Santos-Dumont decolou e pousou o famoso 14 Bis no

campo de Bagatele, em Paris, no dia 23 de outubro de 1906.

Para construir uma aeronave com a capacidade de permanecer pairada no ar, de decolar e pousar verticalmente em uma área restrita, era necessário resolver três problemas fundamentais: 1) A operação no voo pairado exige potência bem maior que na condição de voo a frente e, na época, os motores disponíveis contavam com uma relação peso/potência muito alta, inviabilizando o seu uso; 2) A aplicação da terceira lei de Newton: ação e reação. A transmissão mecânica e o rotor girando num determinado sentido impõe um torque remanescente à fuselagem, que tende a girar a aeronave no sentido contrário; e 3) A ineficácia das superfícies de controle e estabilidade convencionais a baixa velocidade, em particular no voo pairado (CRUZ, 2009).

Enquanto o primeiro problema foi o responsável pelo lento progresso nos experimentos iniciais, os demais predominaram nos anos subsequentes, resultando em um grande número de configurações de rotores e de helicópteros devido ao comportamento multifuncional do rotor principal, impondo uma série de desafios tecnológicos.

O início do desafio tecnológico e a solução do quebra-cabeças do voo vertical são antigos, mais especificamente no século IV antes de Cristo, quando o “*Chinese Top*” se tornou o primeiro invento capaz de voar.

No século XV, em seu famoso esboço do *Helix*, Leonardo da Vinci desenhou o primeiro helicóptero. Em 1754, Mikhail V. Lomonosov refinou o projeto de Leonardo da Vinci e sugeriu que um pequeno rotor coaxial pudesse ser usado para alçar o voo.

Para o problema do equilíbrio do torque remanescente, o naturalista francês Launoy, em 1783, construiu um pequeno modelo usando dois rotores coaxiais feitos de penas de peru que giravam em direções opostas.

Em um artigo científico publicado em 1843, Sir George Cayley descreveu um modelo de helicóptero denominado de “Carruagem Voadora”, formado por dois suportes laterais gêmeos montados de cada lado a um par de rotores coaxiais e contra-rotativos, permanecendo só como uma ideia porque os motores disponíveis na época eram a vapor, apresentando uma grande relação peso/potência e inviabilizando seu uso.

Em 1878, Enrico Forlanini construiu um modelo de helicóptero com dois rotores coaxiais e contra-rotativos impulsionados a vapor. Esse modelo elevou-se a 12,8 m do solo, permanecendo em voo livre durante cerca de vinte minutos.

No dia 13 de novembro de 1907, o francês Paul Cornu conseguiu realizar o primeiro voo de um helicóptero com seus próprios meios, quando a aeronave, transportando um piloto, atingiu a altura de um a cinco pés por vinte segundos (PROUTY, 2004).

Em 1916, o tenente austríaco Stefan Von Petroczy, com a ajuda do professor Theodor Von Karman, realizou, com uma aeronave sem o observador, diversos ensaios em voo presos ao solo por meio de cabos, atingindo uma altura estimada de 150 ft. e permanecendo no ar durante uma hora.

Em 1921, o exército norte-americano empreendeu seu primeiro importante programa de voo vertical sob a direção do engenheiro russo George de Bothezat, em Dayton, Ohio. No dia 18 de dezembro de 1922, o helicóptero construído por Bothezat fez seu primeiro voo, permanecendo numa altura de 2 a 6 *ft* por um minuto e quarenta e dois segundos.

No começo da década de 1920, o engenheiro espanhol Marquis Raoul Pateras Pescara construiu um helicóptero coaxial com rotores biplanos de quatro pás, montados rigidamente em um eixo. No dia 18 de abril de 1924, Pescara realizou um voo de 736 metros, estabelecendo o recorde mundial para distância em linha reta da *Fédération*

Aéronautique Internationale (FAI). Um dos mais importantes aspectos de sua criação foi o emprego da roda livre, que permitia a aeronave pousar com segurança em caso de falha do motor, e do passo negativo em voos sem potência - era o início da possibilidade de empregar auto-rotação com esse tipo de aeronave.

Em 1926, o engenheiro espanhol Juan de la Cierva desenvolveu os girocópteros ou *autogyros*, sendo o responsável pela concepção e materialização das articulações de “*flap*” (batimento) e “*lead-lag*” (avanço-recuo) das pás de seus autogiros. Cierva também dedicou-se à obtenção de controle para seus “*autogyros*”, inclinando o rotor em relação à fuselagem.

Em 22 de dezembro de 1935, após mais de vinte anos de seus primeiros experimentos em helicópteros, o francês Louis Breguet, com o auxílio de René Dorand, com seu Giroplano voou, diante de oficiais do FAI, a uma velocidade de 67 mph, estabelecendo o recorde mundial. Em 26 de setembro de 1936, a aeronave atingiu um novo recorde na altitude de 517 ft e, em 24 de novembro daquele ano, estabeleceu o recorde de distância em trajeto de circuito fechado com um voo de 27,4 milhas. Muitos consideram o voo do helicóptero Breguet-Dorand ou Giroplano, como o primeiro voo real de um helicóptero.

Nesse mesmo período, o professor Henrich Karl Johann Focke, na Alemanha, desenvolvia o FOCKE-ACHGELIS Fa-61 (chamado frequentemente de Focke-Wulf 61) que, em 1937, quebrou todos os recordes mundiais para este tipo de aeronave e impulsionou o helicóptero para uma nova era de sucessos (CRUZ, 2009).

Em maio de 1937, o Fa-61 realizava o primeiro pouso em auto-rotação. Em junho, Focke começou a estabelecer sua série de recordes mundiais: velocidade (77 mph), altitude (8.000 ft), autonomia (uma hora e vinte minutos) e distância em trajeto de circuito fechado (50 milhas). Chegou, inclusive, em fevereiro de 1938, a voar dentro de um grande hall de

exposições, em Berlim (PROUTY, 2004). A Focke são reconhecidas as contribuições com relação à introdução dos comandos cíclico e coletivo.

Igor Ivanovich Sikorsky, após ser obrigado a emigrar para os EUA em 1918, fugindo da Revolução Comunista, reiniciou sua carreira como industrial aos 50 anos de idade montando, em um galinheiro na fazenda de um amigo russo em *Long Island*, hoje a *Sikorsky Aircraft Company* sediada em *Stratford, Connecticut*.

As principais contribuições legadas por Igor Sikorsky foram o sucesso na validação e operação do helicóptero em sua forma convencional com um rotor principal e um rotor auxiliar de cauda e a implantação prática do controle cíclico - contribuição materializada desde as primeiras versões do VS-300. Seu primeiro voo, preso ao solo, realizou-se em 14 de setembro de 1939; porém, a aeronave apresentou uma vibração excessiva. Seu primeiro voo livre foi realizado em 13 de maio de 1940.

O *U.S Army Air Corps* ficou muito impressionado com a aeronave e celebrou um contrato com Sikorsky em dezembro de 1940 para construir o helicóptero experimental conhecido como XR-4 (a aeronave voou em janeiro de 1942, tendo-se tornado a primeira de uma longa série de helicópteros produzida com o nome Sikorsky), que era maior que o VS-300 e veio a ser tornar a popular aeronave R-4, que chegou a ser utilizada no final da II Guerra Mundial.

Em 1935, Lawrence (“Larry”) D. Bell fundou a *Bell Aircraft Corporation*, e começou a desenvolver o projeto do seu primeiro helicóptero, em novembro de 1941, com Arthur Young que já vinha trabalhando no desenvolvimento de um aparelho desde 1929. O primeiro voo formal de um helicóptero Bell aconteceu em 29 de julho de 1943. A *Bell Helicopter Co.* recebeu da *Civil Aeronautics Administration*, hoje denominada *Federal Aviation Administration* (FAA), o primeiro Certificado de Homologação Comercial do

mundo concedido para o helicóptero modelo Bell 47B.

Os problemas iniciais de potência disponível, torque remanescente, controle e estabilidade foram sendo mitigados e o helicóptero foi assumindo vários novos papéis. Os helicópteros, recém-inventados e já homologados para uso comercial, iniciavam a conquista de novos espaços e, na atividade policial, as primeiras unidades passaram a ser largamente utilizadas. Primariamente eram empregadas nas missões de observação, busca e/ou salvamento, vigilância de tráfego, transporte, além de combate a incêndios em áreas montanhosas, mas, com o desenvolvimento dos equipamentos e das atividades, os helicópteros passaram a atuar nas mais diferentes demandas.

A necessidade de cumprir de forma correta, eficiente e econômica as novas missões foi desencadeando novos problemas a serem resolvidos e novos desafios a serem vencidos.

Só então os desafios da interface homem-máquina conduziram a estudos que habilitassem que o operador do equipamento pudesse ter o maior desempenho no emprego do helicóptero. Para vencer estes novos desafios, surge o estudo das qualidades de pilotagem ou *Handling Qualities*.

2.2 Histórico das Qualidades de Pilotagem

Os últimos 35 anos apresentaram um elevado desenvolvimento das qualidades de pilotagem. Vários tópicos foram desenvolvidos, como *Pilot-Induced Oscillation* (PIO) que trabalha a questão da ação do piloto no helicóptero, chegando hoje a questões mais críticas nas qualidades de pilotagem remotas para as aeronaves tipo Veículo Aéreo Não-Tripulado (VANT) e como evitar fenômenos indesejáveis, tais como PIO e interações estruturais (MITCHELL, 2004).

Qualidades de pilotagem não é um termo recente - ele certamente começou junto com os primeiros voos. Embora o termo ainda não fosse utilizado, os primeiros projetistas de planadores e aviões sem energia nos séculos antes do “*primeiro voo do mais pesado que o ar*” também tinham interesse no assunto. Em termos práticos, o assunto teve seu início com os primeiros voos, pois estimularam os mais intensos esforços para compreender e quantificar a estabilidade, controle e dinâmica das respostas das máquinas voadoras.

O que poderia ser interpretado como o primeiro tratamento de exigência de qualidades de voo foi lançado em janeiro de 1908 (MITCHELL, 2004). Foi um documento de uma página que definia os requisitos de desempenho para uma aeronave em um contrato exclusivo para os irmãos Wright. Entre os requisitos estava um único parágrafo:

“Ele deve ser suficientemente simples na sua construção e operação para permitir que um homem inteligente possa se tornar proficiente em seu uso dentro de um período de tempo razoável”.

A primeira especificação real para as qualidades de voo foi escrita por Gilruth e publicada pela NACA em 1943. No mesmo ano, nos EUA, a Força Aérea do Exército e da Marinha emitiram documentos, confidenciais à época, que continham requisitos similares em forma àqueles escritos por Gilruth (MITCHELL, 2004).

Em 1948, as especificações militares, configuradas confidenciais, foram lançadas no formato sem classificação. Elas ainda eram essencialmente especificações de estabilidade e controle (MITCHELL, 2004).

Em 1952 foi lançado o primeiro helicóptero com as especificações de qualidades MIL-H-8501. Os requisitos de certificação eram relativamente simples e focavam em estabilidade, capacidade de controle, amortecimento e vinculavam as especificações ao peso e inércia das aeronaves (UNITED STATES, 1961). O Exército e a Marinha dos

EUA continuaram a usar uma versão posterior, a MIL-H-8501A4, até 1995.

Em 1954, foi realizado o primeiro voo de uma aeronave do tipo *Vertical/Short Take Off and Landing* (V/STOL). Oito anos depois, o Grupo de Assessoramento para Pesquisa e Desenvolvimento Aeroespacial, ou *Advisory Group for Aerospace Research and Development* (AGARD), pertencente à estrutura do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), publicou um documento com recomendações de qualidade de pilotagem para V/STOL. Pouco depois, o FAA publicou a sua primeira norma de aeronavegabilidade para a aviação civil: *Federal Aviation Regulations* (FAR) *Parts* 23 e 25 (MITCHELL, 2004).

Talvez a mais significativa revolução nas qualidades de pilotagem ocorreu no final dos anos 1950 e início de 1960, com a preocupação com as respostas dinâmicas, tais como: períodos de amortecimento e frequência, amortecimento do modo *fugóide*, etc, além da importância crítica da turbulência nas especificações das qualidades de voo (MITCHELL, 2004).

Esse trabalho levou à criação de uma nova especificação militar emitida em 1968 como MIL-F-008785A, e no ano seguinte como MIL-F-8785B (ASG) (MITCHELL, 2004).

A documentação completa de modelos de turbulência para serem utilizados para o cumprimento dos requisitos foi incluída como uma parte da especificação em si. Um avanço que acompanhou a publicação da MIL-F-8785B (ASG) foi a emissão de uma informação de base e guia do usuário *Background Information and User Guide* (BIUG).

Tais BIUGs já se tornaram quase essenciais para as especificações que continuavam a aumentar em sofisticação. O BIUG original foi lançado com controles de exportação, portanto, não foi facilmente obtida por entidades fora dos EUA.

Em 1969 a publicação da NASA TN D-5153 (COOPER. G. E.; HARPER. R. P. ,

1969), por George E. Cooper, do *NASA Ames Research Center* e de Robert (Bob) P. Harper da *Calspan Corporation* de escalas de avaliações das opiniões dos pilotos, que já vinham sendo usadas, pelo menos, desde os anos 1950, formalizou a primeira publicação de um guia para a avaliação de qualidades de pilotagem, contendo uma escala de 10 pontos de acompanhamento.

A escala *Cooper-Harper*, Figura 2.1, chamada também de Escala de Qualidades de Pilotagem, *Handling Qualities Ratings* (HQR), tornou-se o padrão mundial para a quantificação das opiniões dos pilotos com base no desempenho das tarefas formais com um determinado conjunto de características da aeronave.

A escala, Figura 2.1, é dividida em três níveis: nível 1, 2 e 3; as discriminações cruciais são o desempenho da tarefa e a carga de trabalho do piloto. As classificações de qualidade de pilotagem, ou HQR, são dadas pela configuração particular da aeronave, voando numa tarefa em particular e sob condições particulares do ambiente - esses pontos não podem ser subestimados (PADFIELD, 2007).

A escala de avaliação é estruturada como uma árvore de decisões, requisitando do piloto alcançar suas avaliações seguindo uma sequência de perguntas e respostas. Uma aeronave nível 1 é satisfatória sem melhorias para todas as tarefas da missão, então nunca poderá ter reclamações acerca da carga de trabalho do piloto.

Com uma aeronave de nível 2, o piloto ainda pode alcançar um desempenho adequado, mas tem de usar compensação moderada à extensiva e, portanto, maior carga de trabalho. No extremo do nível 2 (HQR 6) a aeronave ainda é apta à cumprir a missão, mas o piloto tem pouca disponibilidade de capacidade para exercer outras atividades e não poderá manter a aeronave em voo por períodos longos sem a presença de perigos provenientes da fadiga, isto é, o contínuo perigo à segurança que vem do aumento do risco de um erro do

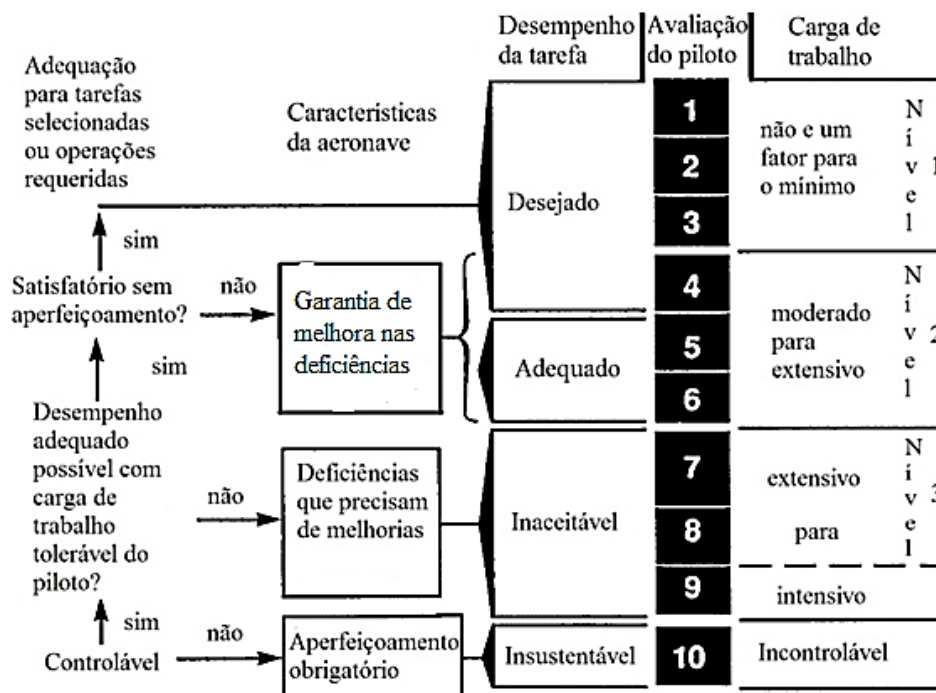


FIGURA 2.1 – Escala *Cooper-Harper* de avaliação subjetiva do piloto - Forma resumida. Adaptado de PADFIELD (2007).

piloto. Uma aeronave nível 3 é inaceitável, não apresentando condições de voo.

Cooper e Harper definiram que qualidades de pilotagem eram mais do que apenas a estabilidade e as características de controle. Existem outros fatores que influenciam as qualidades de pilotagem como: a interface do *cockpit* (monitores, controles, etc.); o ambiente onde ocorre a operação das aeronaves (condições meteorológicas, condições de visibilidade, turbulência, etc.); e o estresse do piloto (carga de trabalho, variáveis psicológicas e físicas). Cooper e Harper definem qualidades de pilotagem por:

“(…) qualidades ou características de uma aeronave que rege a facilidade e precisão com que um piloto é capaz de realizar as tarefas necessárias em apoio a uma missão da aeronave” (MITCHELL, 2004).

Uma segunda revolução em qualidades de pilotagem ocorreu no início dos anos 80 com o Exército dos EUA. A formulação de um substituto para a especificação de helicópteros MIL-H-8501A, com a aquisição planejada de um novo helicóptero *Light*

Helicopter Experimental (LHX), agora já denominado como RAH-66-Comanche (Figura 2.2), em um programa desenvolvido pelas empresas Boeing e Sikorsky, descontinuado em 2004 pelo Exército dos EUA, propiciaram as condições e esforços de desenvolvimento dos estudos para conceber novos critérios que refletiam a análise dos fatores dos ambientes extremos em que os helicópteros iriam operar.



FIGURA 2.2 – Helicóptero RAH-66 - Comanche. (WIKIPEDIA, 2012)

Uma revisão das especificações do Exército dos EUA, designada de ADS-33-C, foi emitida em 1989 juntamente com as suas BIUG, que mais uma vez teve a distribuição limitada. A versão mais recente do ADS-33 foi emitida em 2000 como ADS-33-E-PRF, que o Exército dos EUA configurou como uma especificação de desempenho, *Performance Specifications* (PRF).

A Figura 2.3 apresenta a evolução da Norma ADS-33, a partir dos anos 1980, conferindo um panorama histórico para as qualidades de pilotagem. Verifica-se que o assunto, além de recente, é contemporâneo dado o crescimento do emprego dos helicópteros nas diversas missões. Seu desenvolvimento apresenta a característica de compreender,

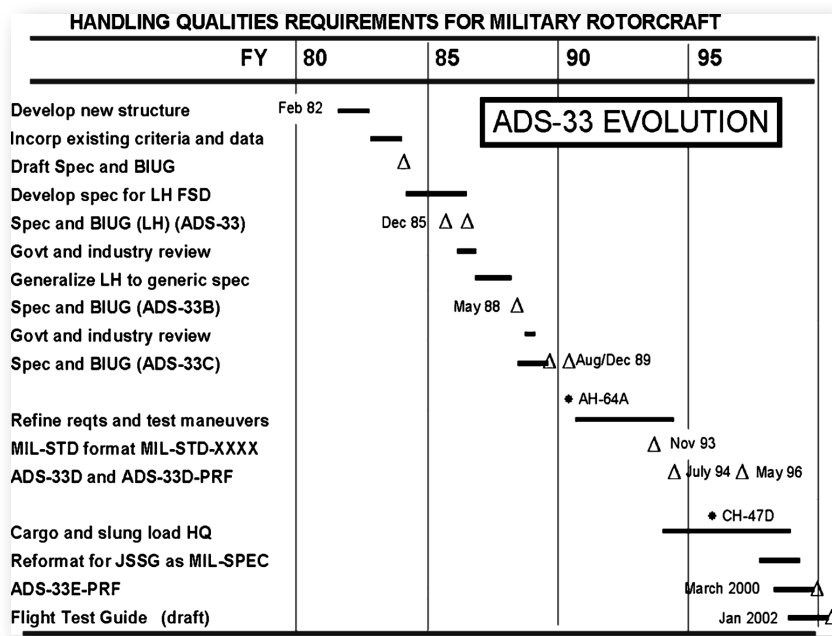


FIGURA 2.3 – Evolução da ADS-33 (MITCHELL, 2004).

mensurar e aperfeiçoar as interações entre o homem e a máquina com o objetivo de cumprir determinada missão.

2.3 Conceitos e Definições

A necessidade de estabelecer um conjunto válido de critérios de qualidades de pilotagem e técnicas de teste para aeronaves de asas rotativas que permitisse tanto a avaliação dos aspectos subjetivos quanto objetivos levou a um avanço da disciplina Qualidades de Pilotagem, com o reconhecimento de que os critérios estão necessariamente relacionado à tarefa que será cumprida (PADFIELD, 2007).

A qualidade de pilotagem é um tópico que tem duas facetas igualmente importantes, que podem facilmente se miscigenar: a subjetiva e a objetiva. Partindo dessa premissa, esforços foram dirigidos no sentido de desenvolver critérios e recursos foram canalizados de forma eficaz e a experiência combinada de várias agências concentraram seus esforços

durante a década de 1980 e 1990 para o desenvolvimento de uma abordagem totalmente nova. O resultado foi a ADS-33, que mudou a forma como a comunidade pensa, fala e age sobre a qualidade de pilotagem da aviação de asas rotativas (PADFIELD, 2007).

Um dos aspectos da nova abordagem é a relação entre os atributos internos da aeronave e as influências externas. A mesma aeronave pode ter qualidades de pilotagem perfeitamente boas para voos *Nap-of-the-Earth* (NoE) em operações durante o dia, mas degradar severamente à noite - obviamente, os elementos visuais disponíveis ao piloto desempenham um papel fundamental na percepção das qualidades de pilotagem.

O Voo NoE, é comumente tratado, pela característica de 1 para 1, i.e., para cada 1 kt de velocidade teremos 1ft de altura - distancia em relação ao solo. Assim, como a ADS-33-E-PRF considera a velocidade inicial de 45kt para os deslocamentos com velocidade à frente, os voos NoE são considerados a partir de 45ft ou 15 metros de altura.

Se a qualidade dos auxílios à visão, como sistemas de visão noturna, e a sua simbologia ajudarem ao piloto, serão um fator de enriquecimento das qualidades de pilotagem, em contrapartida, se não houver qualquer tipo de auxilio, ou mesmo o piloto não estiver familiarizado com esta simbologia, o efeito será contrário, reduzindo as qualidades de pilotagem.

Assim, uma apreciação das qualidades e dinâmicas podem ser separadas em três fatores importantes: a missão e as tarefas associadas à pilotagem; as configurações dinâmicas do veículo e o envelope do voo; e o piloto e as interfaces piloto-veículo, tópicos esses circunscritos pelo ambiente operacional, conforme apresentados na Figura 2.4.

Com esta perspectiva, as dinâmicas do veículo podem ser consideradas como atributos internos, a missão e o ambiente como influências externas e o piloto e a interface

piloto-veículo *Pilot Vehicle Interface* (PVI), como os fatores humanos de conexão.

Assim, verifica-se que existe uma relação intrínseca das capacidades operacionais disponíveis. As dinâmicas do veículo e o envelope operacional de voo, o piloto e a interface piloto-veículo relacionam os sistemas às suas capacidades operacionais, i. e., ao que será possível de ser realizado. A missão e as tarefas de pilotagem e o ambiente operacional, impõem o que será demandado pelo sistema para a execução da tarefa, ou seja as demandas operacionais.

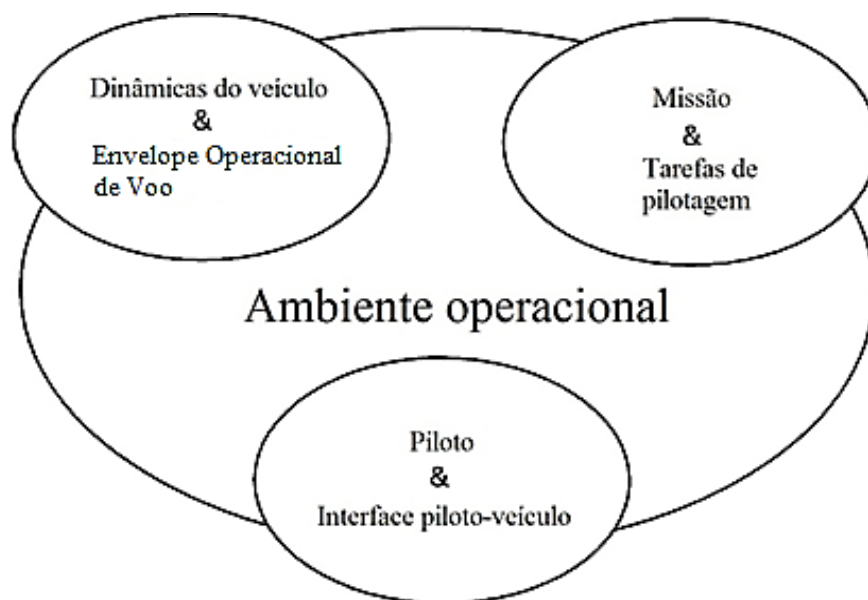


FIGURA 2.4 – Os quatro pontos de referência das dinâmicas de voo do helicóptero. Adaptado de PADFIELD (2007).

As influências das tarefas associadas à missão na carga de trabalho do piloto, em termos de precisão e urgência, somadas ao ambiente externo, em termos de visibilidade e distúrbios como rajadas de vento, determinam, o alcance necessário para a exploração dos atributos internos da aeronave. Em muitos casos, estas relações, são as referências-chave e os principais impulsionadores no desenvolvimento das tecnologias para o helicóptero. As qualidades de pilotagem são determinadas na confluência dessas relações (PADFIELD, 2007).

2.4 A Missão e as Tarefas de Pilotagem

Qualidades de pilotagem mudam de acordo com o tempo ou, geralmente, com a severidade do ambiente no qual o helicóptero opera. Isso também muda com as condições do voo, tipo de missão, fase e as tarefas da missão.

PADFIELD (2007) descreve as tarefas de voo dentro de uma hierarquia, como exibido na Figura 2.5. Uma operação é feita de várias missões as quais, por sua vez, são compostas de uma série de elementos de tarefa de missão MTE. Um MTE é um apanhado de manobras individuais e terão um determinado início e fim e requisitos específicos de desempenho no tempo e no espaço pré-definidos. A amostra de manobra, ou é o menor dos elementos de voo, frequentemente relacionado a um único eixo, por exemplo, mudança nos movimentos de arfagem ou guinada.

Os critérios objetivos das qualidades do voo são normalmente definidos e testados com amostras de manobras, onde as avaliações subjetivas do piloto são normalmente conduzidas por MTEs.

As exigências das qualidades de pilotagem nos requisitos de *Handling Qualities* do Exército dos Estados Unidos, ADS-33E-PRF, são relacionados diretamente com os MTEs requeridos. Por isso, enquanto as missões e o tipo correspondente de aeronave podem ser diferentes, os MTEs são frequentemente comuns e são a chave para as qualidades de pilotagem, sendo esta uma das muitas áreas que a ADS-33 difere significativamente de seu predecessor, a MIL-H-SPEC-8501, onde apenas o tamanho e peso da aeronave serviam como parâmetros-chave para a definição.

Como exemplo de MTE, a Figura 2.6 ilustra uma missão civil, descrita como missão de suprimentos em alto mar. Verificam-se as diversas fases: (a) missão de suprimentos

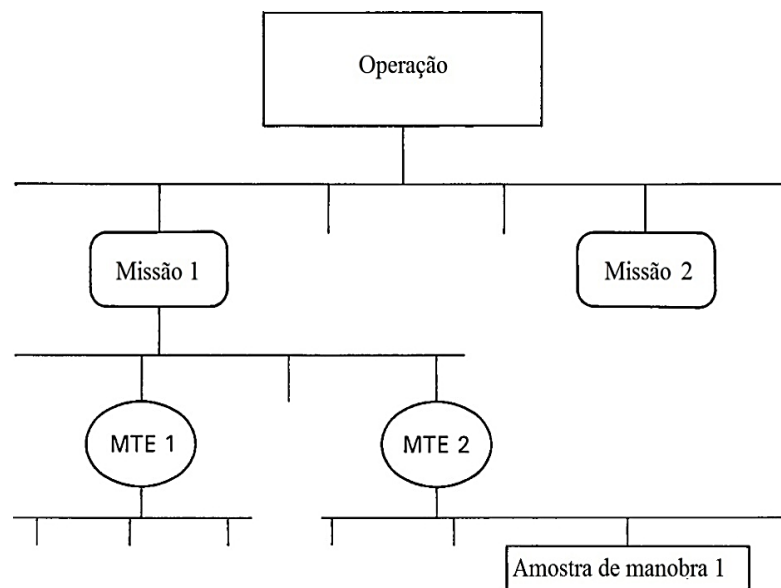


FIGURA 2.5 – Hierarquia das tarefas de voo. Adaptado de PADFIELD (2007).

em alto mar; (b) fase da missão: aproximação e aterrissagem; (c) MTE: aterrissagem.

Na Figura a fase selecionada foi expandida e exibida para compreender uma sequência de MTEs. Um típico MTE é extraído e definido em maiores detalhes (Figura 2.6 (c)). A aterrissagem no heliponto é o MTE selecionado. É difícil dividir os MTEs em mais partes; eles são normalmente tarefas de múltiplos eixos e, como tal, contêm um número de amostras de manobras concorrentes.

O texto que acompanha o MTE define as restrições e requisitos de desempenho, os quais provavelmente são dependentes de uma gama de fatores. As restrições espaciais serão ditadas pelo tamanho do heliponto e a velocidade no contato com o chão na aterrissagem pela força do trem de pouso.

Este é um ponto fundamental. Se tudo o que os helicópteros tivessem de fazer fosse voar de um aeroporto para outro durante o dia e com tempo bom, seria improvável que as qualidades de pilotagem seriam sequer um desafio de projeto. Apenas as exigências de potência, tamanho e autonomia, provavelmente seriam suficientes. Mas se um helicóptero

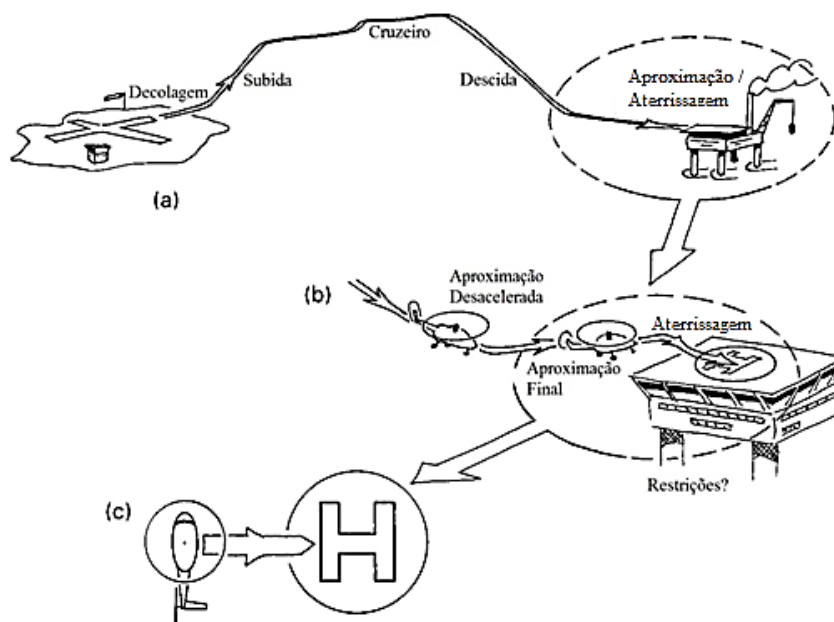


FIGURA 2.6 – Elementos de uma missão civil. Adaptado de PADFIELD (2007).

é obrigado a pousar na parte de trás de um navio em mar agitado ou resgatar uma vítima de acidente de trânsito à noite com chuva, dispor de boas qualidades de pilotagem, que minimizem a probabilidade de falha na missão ou mesmo de um acidente, se configura em um desafio (PADFIELD, 2007).

Critérios que tratam adequadamente do desenvolvimento da missão são os pilares de um projeto e, associados com os MTEs, são as fontes de dados para as especificações de um bom projeto.

A referência ao tempo e a voos noturnos sugere que definições puramente “cinemáticas” do conceito do MTE são insuficientes para definir todo o contexto operacional - o ambiente, em termos de meteorologia, temperatura e visibilidade, são igualmente importantes para trazer um segundo ponto de referência.

2.5 O Ambiente Operacional

Um típico requisito operacional incluiria a definição de condições ambientais na qual o helicóptero precisaria trabalhar em termos de temperatura, altitude, densidade, força do vento e visibilidade, que poderiam ser refletidos no manual de voo da aeronave. Os requisitos podem aparecer no documento tal como: “este helicóptero deve ser capaz de operar (i.e., conduzir a missão pretendida, incluindo partida e corte) com as seguintes condições - 5000 pés de altitude, 15° C, velocidades do vento de 40 nós até 50 nós, de qualquer direção, de dia ou à noite” - esta descrição define os limites das capacidades operacionais na forma de um envelope multidimensional (PADFIELD, 2007).

Por toda a história da aviação, a necessidade de estender operações em críticas condições de tempo e durante a noite vem sendo o carro-chefe da análise da eficácia econômica. Cinquenta anos atrás, helicópteros eram máquinas que apresentavam desempenho razoável em boas condições de tempo. Atualmente eles operam regularmente em condições que vão do árido ao úmido, do frio ao calor, com ou sem ventos, e em baixa visibilidade. Uma das capacidades operacionais singulares do helicóptero é sua habilidade de operar em NoE ou, mais genericamente, em condições de baixa altitude definidas como “operações perto o suficiente do solo, ou objetos fixos no solo, ou próximos à água e nas redondezas de navios, plataformas de petróleo, etc, em que voar é primariamente cumprido com referência a objetos do exterior” (UNITED STATES, 2000).

Em operações de baixa altitude, desviar de obstáculos domina a atenção do piloto e, com baixa visibilidade, o piloto é forçado a voar mais devagar para equilibrar a carga de trabalho. Durante os anos da formulação da ADS-33, a classificação da qualidade dos sinais visuais em termos de condições de voo instrumento ou visual eram inadequadas

para descrever as condições em voo NoE. O contribuinte mais crítico à carga de trabalho total do piloto são as qualidades dos sinais “fora-da-janela” para detecção de atitudes da aeronave e, em menor extensão, posição e velocidade (PADFIELD, 2007).

Atualmente, esses sinais são categorizados numa maneira bem grosseira, sendo designados pelo ambiente e também pelo *Visual Meteorological Conditions* (VMC) - Condições Meteorológicas Visuais, ou *Instrument Meteorological Conditions* (IMC) - Condições Meteorológicas de Instrumento.

O conceito de sinais visuais exteriores, *Outside Visual Cues* (OVC), foi introduzido junto de uma escala OVC do piloto que providenciava uma medida subjetiva da qualidade dos sinais visuais. O estímulo pelo desenvolvimento desse conceito foi o reconhecimento de que as qualidades de pilotagem são afetadas particularmente pelos sinais visuais no NoE e, ainda assim, não houve processo ou metodologia que quantificasse essa contribuição (PADFIELD, 2007).

Um problema é que os sinais são uma dinâmica variável que pode ser julgada somente quando usada em sua respectiva função, ou seja, são variáveis dependentes entre si. Eventualmente, fora da confusão acerca deste tópico, emergiu o sinal ambiental usável, *Usable Cue Environment* (UCE), o qual se tornou estabelecido como uma das inovações-chave da ADS-33. Em sua forma desenvolvida, o UCE adota não somente o OVC, mas também qualquer suporte de visão artificial provido ao piloto, como, por exemplo, os sistemas avançados de visão, *Enhanced Vision System* (EVS), que é determinado por um agregado de taxas de sinais visuais do piloto *Visual Cue Ratings* (VCR), relacionando a habilidade do piloto de perceber mudanças e fazer ajustes na atitude e velocidade da aeronave.

Os MTEs e o UCEs são dois elementos básicos importantes na nova terminologia de

qualidades de pilotagem, porém temos outro elemento relacionado às características da aeronave, que irá proporcionar uma conexão importante entre o MTE e o UCE.

2.6 A Configuração Dinâmica da Aeronave e o Envelope de Voo

O helicóptero é requerido a desempenhar como um sistema dinâmico dentro do envelope operacional de voo definido pelo usuário *Operational Flight Envelope* (OFE), ou a combinação de velocidade, altitude, taxa de subida/descida, derrapagem, taxa de giro, fator de carga e outros parâmetros limitantes que determinam a dinâmica da aeronave, requeridos para completar as funções do usuário (UNITED STATES, 2000).

Além disso, ainda há o envelope de voo de serviço, *Service Flight Envelope* (SFE), definido pelo fabricante, o qual impõe os limites de voo seguro, normalmente nos termos dos mesmos parâmetros que o OFE. Representa os limites físicos das capacidades estruturais, aerodinâmicas, de potência do motor, da transmissão e controle de voo (UNITED STATES, 2000).

Cabe citar que alguns autores utilizam o termo *Safe Flight Envelope*, quando fazem referência ao mesmo conceito de SFE, caso de PADFIELD (2007).

A margem entre o OFE e o SFE precisa ser grande o suficiente para que excursões transitórias inadvertidas além do OFE sejam toleráveis. Dentro do OFE, as mecânicas de voo de um helicóptero podem ser discutidas em termos de três características: equilíbrio, estabilidade e resposta (PADFIELD, 2007).

O Equilíbrio está relacionado com a habilidade de manter um voo equilibrado com

os controles fixos. No geral a condição de equilíbrio é girando (sobre o eixo vertical), descendo e subindo (assumindo temperatura e densidade do ar constantes), e manobras de derrapagem com velocidade constante.

A Estabilidade está relacionada ao comportamento da aeronave quando perturbada da condição de equilíbrio, basicamente para constatar-se se ela retornará ou se distanciará do seu ponto de equilíbrio inicial. A tendência inicial é chamada de estabilidade estática, enquanto as características de longo termo configuram a estabilidade dinâmica.

O valor do conhecimento adquirido pela modelagem teórica é importante quando considerado a resposta aos controles do piloto e os distúrbios externos. Tipicamente, um helicóptero responde a uma entrada de comando de um único eixo com comportamento de multi-eixos - o acoplamento cruzado é um sinônimo para helicópteros.

2.7 A Interface Piloto-Veículo

As tarefas de pilotagem podem ser divididas em três subtarefas (PADFIELD, 2007): navegação (e consciência da situação geral), orientação e estabilização. A Figura 2.7 mostra o piloto desempenhando como um elemento de *feedback* em uma tarefa em circuito fechado.

A navegação preocupa-se em saber onde o piloto está e para onde está indo - o mais exterior dos circuitos na Figura 2.7, com as típicas escalas de tempo/espço medidas em minutos e quilômetros. Na maioria do tempo, o piloto não se preocupará em aplicar ações de controle para auxiliar a função de navegação. Tipicamente, ele irá seguir mapas que o levam de um ponto a outro, quando ele aplica controles para direcionar a aeronave para o seu próximo destino e talvez altitude e velocidade.

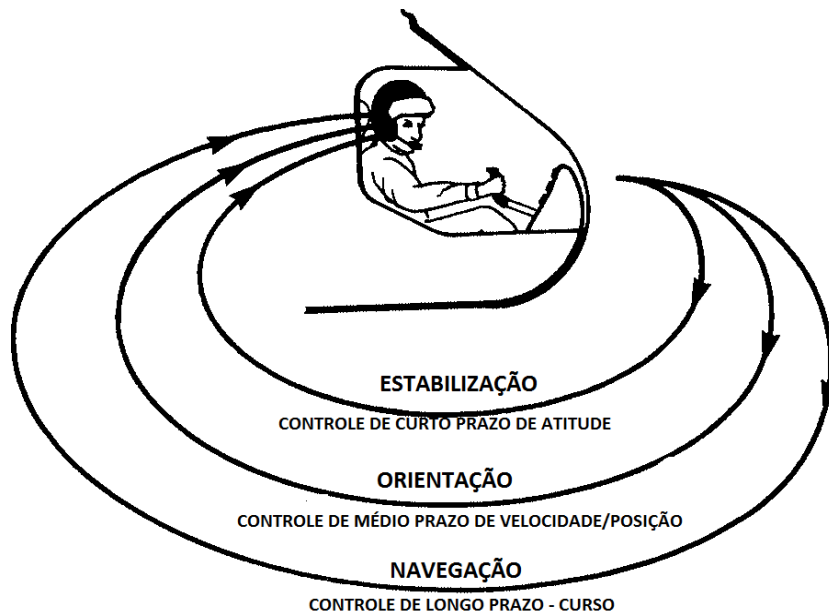


FIGURA 2.7 – As três atividades de pilotagem. Adaptado de PADFIELD (2007).

Voando em baixa altitude e próximo ao solo, NoE, o piloto faz consideravelmente mais demandas na pilotagem, particularmente nas funções dentro do circuito. A função de orientação funciona dentro de escalas de tempo e espaço de alguns segundos e algumas dezenas de metros e preocupa-se em evitar obstáculos e o solo.

Quanto mais perto o piloto tem de voar dos obstáculos, mais árdua a tarefa de orientação torna-se e, tipicamente, mais baixa será a velocidade selecionada. No mesmo terreno, por exemplo, um piloto pode preferir voar com menos urgência, tendo mais capacidade disponível para observação. Similarmente, rajadas ou alterações verticais causadas por distúrbios irão aumentar com o aumento da velocidade à frente, forçando o piloto a voar mais alto para manter o mesmo nível de segurança.

O terceiro, e mais característico é a estabilidade. Motoristas de automóveis geralmente não se preocupam com a estabilidade, exceto em curvas fechadas ou em superfícies escorregadias, ou talvez quando com defeito na direção, pneu desgastado ou sem balanceamento. Contudo, sem uma forma artificial de melhoria de estabilidade, pilotos

de helicóptero precisam fazer correções contínuas em seus controles para assegurarem que a aeronave não se desvie da rota de voo prescrita.

Helicópteros diferentes têm suas próprias características particulares de estabilidade e com isto problemas particulares, mas a maioria sofre com as instabilidades naturais em ambos os movimentos longitudinais e laterais que são difíceis de serem sanados completamente sem a adoção de sistemas artificiais de melhoria da estabilidade, ou seja, *Stability and Control Augmentation System* (SCAS). Sem qualquer forma de SCAS, os helicópteros tem poucas chances de atingir o nível 1 de HQR para qualquer tipo de MTE.

A ausência de qualquer tipo de SCAS é definida como estruturas de voo desprotegidas, apresentando um interesse especial em quatro pontos: 1) pelas características não melhoradas que formam a linha de base para o desenvolvimento de projetos SCAS; 2) no caso de falha do SCAS, permite a determinação se a continuidade do voo é seguro ou crítico para a missão; 3) quanto melhor são as qualidades de pilotagem aferidas pelo projeto das estruturas de voo desprotegidas, menor será a autoridade que o SCAS necessitará, ou seja, menores os ganhos das malhas de retorno, e por isso a aeronave será menos propensa às falhas de SCAS; e 4) com a autoridades limitada do SCAS, qualquer saturação de manobras de voo irá expor o piloto às características das estruturas de voo desprotegidas.

O controle das instabilidades é primariamente alcançado através de atitude, como ilustrado na Figura 2.7, e frequentemente exige que o piloto esteja atento continuamente ao controle da rota de voo, assim contribuindo significativamente para a sua carga de trabalho, e portanto, as tarefas de voo podem ser visualizadas como um sistema de retorno de informações em circuito fechado com o piloto sendo o sensor e motivador-chave, verificado na Figura 2.8.

Os elementos da Figura 2.8 formam o quarto ponto de referência. O piloto é bem

treinado e altamente adaptativo e, por fim, suas habilidades e experiência determinarão quão bem a missão será desempenhada.

Pilotos colhem informações visuais do mundo ao redor, dos painéis de instrumentos, dos sinais de movimentação e dos órgãos sensores táteis. Eles continuamente fazem o julgamento da qualidade de sua manutenção na rota de voo e aplicam as correções necessárias através dos controles.

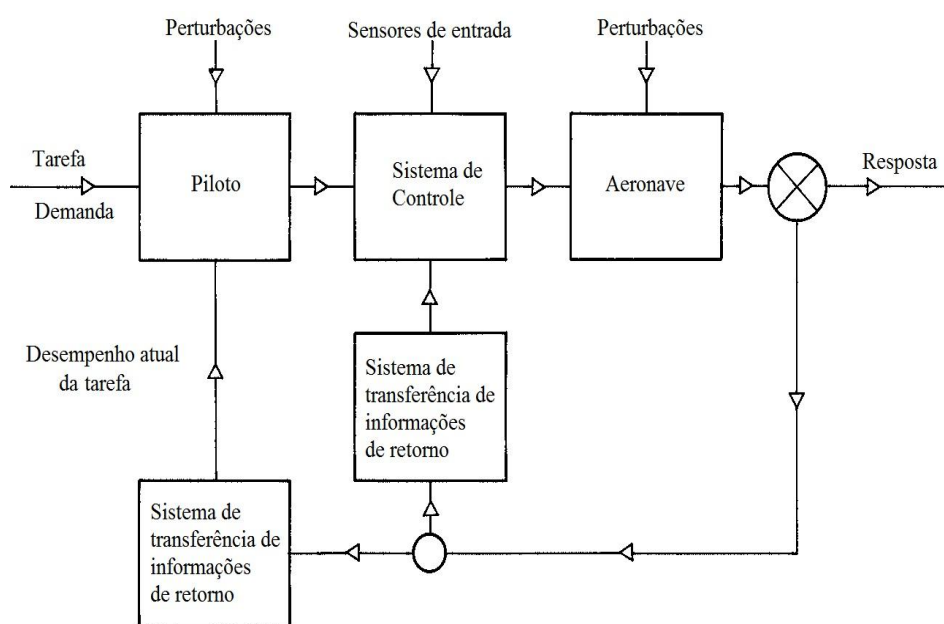


FIGURA 2.8 – O piloto como sensor e motivador em circuito fechado. Adaptado de PADFIELD (2007).

A aceitação do piloto de qualquer nova função ou método que alcance uma função existente que auxilia a tarefa de pilotagem é tão importante que é vital para os protótipos, quando forem avaliados por pilotos de teste, antes de serem entregues para serviço (PADFIELD, 2007).

Esta afirmação assume suma importância, pois exerce grande impacto no processamento das qualidades de pilotagem como, por exemplo, o desenvolvimento de um novo critério de manipulação, um novo formato de painel de informações ou um

controlador de voo multi-eixos estará dependendo da opinião do piloto que irá testá-lo ou utilizá-lo.

A opinião subjetiva do piloto sobre a qualidade, sua medida, interpretação e correlação com as medidas objetivas de qualidades de pilotagem está calçada em todos os dados fundamentados da ADS-33 e, por isso, poderia ser base de todos novos desenvolvimentos.

A maioria dos pilotos aprende a conviver e a admirar a sua aeronave e a compensar suas deficiências no esforço de pilotagem (aumento da carga de trabalho), por isso irá, com alto grau de certeza, ter investido parte de seus egos em seus altos níveis de habilidade para terem bons desempenhos em situações complicadas. Qualquer desenvolvimento que clame por mudanças na maneira que eles voam será recebido com certa resistência. Pilotos de teste são treinados para serem críticos e desafiar as suposições do engenheiro, pois eles irão ter de trabalhar com novos desenvolvimentos.

2.8 A Contribuição das Qualidades de Pilotagem para a Efetividade Operacional e a Segurança do Voo

As duas considerações primordiais para as operações de aeronaves de asas rotativas são: alcançar um bom desempenho e reduzir a carga de trabalho (PADFIELD, 2007).

Tipicamente, operações militares são caracterizadas por alcançar, como prioridade, objetivos de desempenho, enquanto as operações civis têm tendência de priorizar pela segurança. Em qualquer missão ou situação operacional, o piloto irá fazer a decisão pela tática mais vantajosa para o seu desempenho, minimizando sua carga de trabalho, mas a

tensão entre segurança e desempenho sempre estarão presentes.

Considerando a contribuição das qualidades de pilotagem para a eficiência e segurança, essa tensão forma um ponto central da discussão. A escala HQR mede a carga de trabalho exigida do piloto para alcançar um desempenho definido, assim dando uma indicação das margens de segurança disponíveis. HQRs são medidas explícitas da carga de trabalho do piloto e medidas implícitas das características de estabilidade e controle da aeronave.

Geralmente e em termos objetivos, o valor de boas qualidades de pilotagem deveria estar refletido em três áreas principais (PADFIELD, 2007):

- (1) Produtividade - quantas missões ou voos podem ser efetuados;
- (2) Desempenho - quão bem cada voo pode ser efetuado;
- (3) Perdas - quantas perdas podem ser esperadas.

A noção básica é de que as deficiências nas qualidades de pilotagem aumentam a chance de erro do piloto, podendo, conseqüentemente, levar a acidentes, incidentes ou falhas no cumprimento das missões.

Um número significativo de acidentes e incidentes são atribuídos a erros humanos. Conforme o FAA (UNITED STATES, 2009) três em cada quatro acidentes, ou seja, 75% são resultantes do erro humano. Atualmente, considera-se que exista, nesse universo de acidentes, um contra-argumento que sugere que algumas deficiências nas qualidades de pilotagem das aeronaves podem estar contribuindo para esse elevado índice (PADFIELD, 2007).

Considerando-se o piloto como um componente vital do sistema que pode falhar em um contexto operacional, como qualquer outro componente elétrico ou mecânico, a falha do piloto pode se manifestar em falha no MTE, correspondendo à $HQR > 6.5$ ou, em

casos extremos, perda de controle, correspondendo a um HQR > 9.5 . Assim as regiões desejadas, adequadas e inadequadas de desempenho são claramente identificadas. As regiões desejadas e adequadas podem ser consideradas como níveis variantes refletidos do sucesso da MTE, enquanto o nível inadequado corresponde à falha do MTE.

Efetivamente, cada missão é composta de um número contíguo de MTEs, cada um tendo o seu própria HQR virtual. Se um MTE em particular foi definido como um nível três, então o piloto teria que, ou tentar novamente, ou desistir daquele MTE em particular. Perda de controle tem ramificações óbvias no sucesso da missão. Para certos tipos de operação, perda de controle certamente irá resultar em queda, por exemplo, um voo à frente desenvolvido com piloto-automático terá poucas implicações a perda de controle, porém o pouso em área restrita em condições *Degraded Visual Environment* (DVE), provavelmente terá sérias consequências.

Nota-se também que a dispersão produz, até com uma boa taxa média, uma grande probabilidade de desempenho meramente adequado e até uma probabilidade finita de perda total de controle e, em alguns casos, uma queda.

Qualidades de pilotagem são determinadas pela sinergia entre atributos internos (variáveis intrínsecas) e influências externas (variáveis extrínsecas). Atributos internos incluem atenção dividida, estresse, fadiga, habilidade e experiência do piloto. Atributos externos incluem distúrbios atmosféricos, mudanças nos requisitos operacionais e limites de tempo, ameaças, etc. A comunidade que lida com as qualidades de pilotagem tem feito muito para minimizar a dispersão através de atenção cuidadosa com protocolos experimentais; mas em ambientes operacionais a taxa de dispersão efetiva do piloto é onipresente.

Considerando-se a mesma abordagem aplicada a toda extensão da escala de avaliação,

a efetividade em termos de sucesso ou falha do MTE pode ser estimada. Para uma aeronave com um HQR médio de 5, espera-se de uma frota de 100 aeronaves a perda de 1 (uma) aeronave por ano (isto é, 20% da frota, durante a vida útil de 20 anos) (PADFIELD, 2007).

Com uma HQR média de três, nenhuma aeronave será perdida de voar por más qualidades de pilotagem no decorrer da vida útil da frota. Uma grande quantidade das aeronaves, em serviço atualmente, não tem HQRs médios na região de nível 1, por causa da estabilidade limitada e melhorias de controle, orientações pobres dos limites do envelope de voo e qualidades de pilotagem degradadas associadas às falhas e em situações emergenciais.

Desempenhos desejados e adequados podem ser representados por zonas/velocidades de aterrissagem. Perda de controle pode ser motivada por aterrissagem com excesso de velocidade vertical ou por uma porta de hangar que, por falta de comando, a aeronave venha a colidir.

Em linhas gerais, as qualidades de pilotagem podem determinar se a agilidade operacional e a segurança do voo estão impecáveis ou se o controle está perdido, ou ainda se o voo pode ser considerado dentro de margens aceitáveis de desempenho e segurança.

3 Fatores de Segurança Operacional

A identificação das características presentes no contexto dos acidentes envolvendo as aeronaves de asas rotativas é um importante fator para a segurança operacional e apresenta uma interação com as qualidades de pilotagem. Analisar-se-á uma síntese do panorama atual dos acidentes envolvendo a aviação de helicópteros nos segmentos de interesse do estudo: no mundo, nos EUA e no Brasil. Será apresentado os conceitos dos métodos e fatores de gerenciamento do risco e segurança operacional e as contribuições das qualidades de pilotagem nesse contexto.

3.1 Acidentes com Helicópteros

No final de 2005 foi formado o *International Helicopter Safety Team* (IHST) em resposta a um consenso entre órgãos governamentais, fabricantes e operadores de helicópteros no *International Helicopter Safety Symposium* (IHSS) em Montreal, no Canadá, devido à taxa de acidentes com helicópteros em todo o mundo encontrar-se em patamares inaceitáveis e necessariamente demandando redução.

No ano de 2011 estima-se que a aviação mundial de helicópteros realizou 5,815 milhões de horas de voo. A América do Norte realizou 60,2% do total de horas e apresentou o menor índice de acidentes, 4,9 para cada 100.000 horas de voo, configurando-se como

ponto focal de desenvolvimento dos estudos, inclusive por propiciar maior quantitativo e melhor qualidade de informações. A Oceania apresentou a maior taxa de acidente por horas de voo, 15,5, tendo realizado 5,2% do total de horas de voo. A América do Sul foi a segunda maior taxa com 14 acidentes para cada 100.000 horas de voo e realizou 258.000 horas de voo de helicóptero. A Europa foi o segundo a realizar maior quantidade de horas de voo com 1.100.00 horas e a Ásia e África, respectivamente, com 432.000 e 221.000 horas de voo (INTERNATIONAL HELICOPTER SAFETY TEAM, 2011).

A Figura 3.1 ilustra a distribuição das horas de voo e as respectivas taxas de acidentes por horas de voo no mundo.

De 2001 a 2005, a taxa de acidentes mundial situou-se em 9,4 acidentes por cada 100.000 horas de voo. O objetivo do IHST é reduzir esse número para 1,9 acidentes por cada 100.000 horas até 2016 (INTERNATIONAL HELICOPTER SAFETY TEAM, 2010).

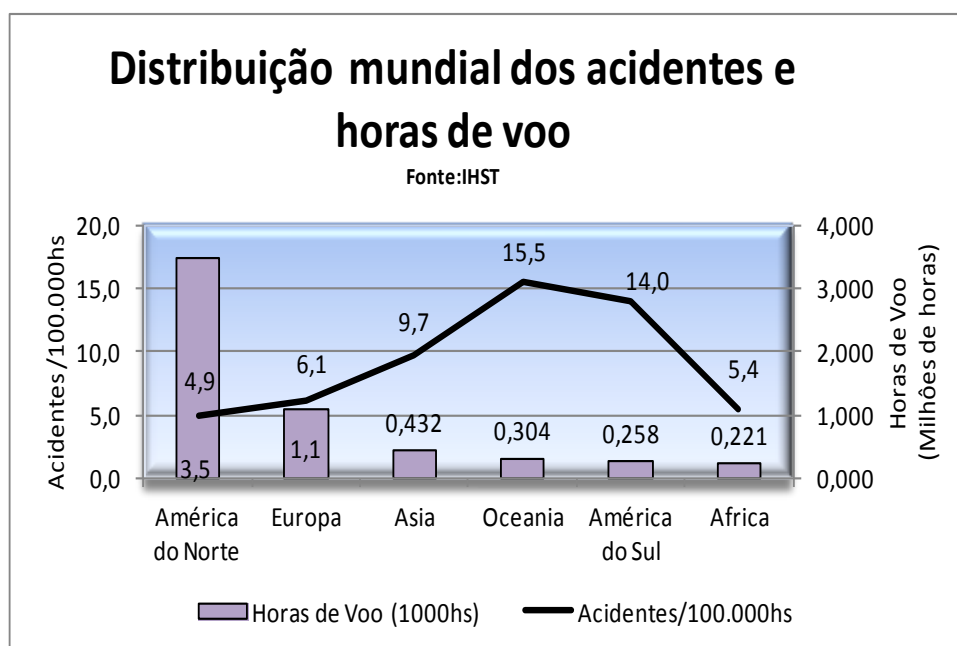


FIGURA 3.1 – Horas de voo e acidentes por 100.000 horas no mundo

De acordo com o IHST, a taxa de acidentes de helicópteros caiu 30% nos últimos cinco anos (de 2006 a 2011/início de 2012) quando comparado com o período de 2001 a 2005. O IHST observa que apesar de fazer progressos, se a tendência estatística atual continuar, a aviação de helicópteros não cumprirá sua meta de redução de 80% até 2016. A organização aponta que, em média, um acidente de helicóptero acontece uma vez por dia em todo o mundo (INTERNATIONAL HELICOPTER SAFETY TEAM, 2010).

O *US Joint Helicopter Safety Analysis Team* - JHSAT estudou 523 relatórios de acidentes do NTSB de três anos diferentes (2000, 2001 e 2006) dividindo-os em 15 categorias por tipo de atividade. O setor privado e de instrução representaram os dois maiores percentuais dos acidentes com helicópteros no total da aviação de helicópteros por tipo de atividade com 18,5% e 17,6%, respectivamente (Tabela 3.1).

A aviação agrícola representa 10,3% do total de acidentes; em seguida as operações de emergência médica ou Emergency Medical Service (EMS), com 7,6%; a aviação comercial com 7,5%; a segurança pública (law enforcement) com 6,5%; e o táxi aéreo com 5,9%. As operações offshore representam 4,2% dos acidentes com helicópteros, e as de combate a incêndios 3,6%, compondo as 15 categorias analisadas (INTERNATIONAL HELICOPTER SAFETY TEAM, 2010).

A avaliação das causas dos acidentes analisados pelo JHSAT apresentaram a perda de controle, *Loss of Control* (LOC) - 40,5%, autorrotação, Autorotation (AR) - 32,7%, e falha em sistemas ou componentes, System Component Failure (SCF) - 27,9%, como principais fatores de ocorrência dos acidentes, conforme ilustrado na Figura 1.1.

TABELA 3.1: Acidentes por tipo de atividade.

| Atividade | Fatal | Não Fatal | Total | % |
|----------------------------------|-------|-----------|-------|-------|
| Particular / Privado | 19 | 78 | 97 | 18,5% |
| Instrução/ Treinamento | 7 | 85 | 92 | 17,6% |
| Agrícola | 4 | 50 | 54 | 10,3% |
| Emergência Médicas | 10 | 30 | 40 | 7,6% |
| Comercial | 7 | 32 | 39 | 7,5% |
| Segurança Pública | 5 | 29 | 34 | 6,5% |
| Taxi Aéreo | 3 | 28 | 31 | 5,9% |
| Negócios | 3 | 22 | 25 | 4,8% |
| Observação Aérea | 6 | 16 | 22 | 4,2% |
| <i>Offshore</i> | 5 | 17 | 22 | 4,2% |
| Combate a incêndios | 7 | 12 | 19 | 3,6% |
| <i>Logging</i> | 4 | 10 | 14 | 2,7% |
| Carga Externa | 0 | 14 | 14 | 2,7% |
| Patrulhamento | 3 | 8 | 11 | 2,1% |
| <i>Electronic News Gathering</i> | 3 | 6 | 9 | 1,7% |
| TOTAL | 86 | 437 | 523 | |

A ocorrência LOC é definida como a perda de controle da aeronave, por qualquer das seguintes razões (INTERNATIONAL HELICOPTER SAFETY TEAM, 2011): Gerenciamento do Desempenho (15,11%) - potência insuficiente ou baixa RPM do rotor; Rolamento Dinâmico (5,93%) - continuar o rolamento quando o ângulo crítico é excedido; Exceder Limites Operacionais (5,16%) - o helicóptero é usado próximo ou acima dos limites operacionais; Procedimentos de Emergência (4,4%) - indevidamente responder a uma emergência; Interferência nos Controles (4,4%) - interferência por pilotos, passageiros, bagagem solta, ou fatores relacionados com a manutenção; Ressonância no Solo (0,96%); Perda de Efetividade do Rotor de Cauda (0,76%); Amarras e Pouso com Potência constituem os fatores remanescentes.

No Canadá, o *Transportation Safety Board of Canada* (TSB), órgão responsável pela segurança dos transportes, publicou o *Statistical Summary Aviation* (TRANSPORTATION SAFETY BOARD OF CANADA, 2009), no qual os acidentes envolvendo LOC ocupam a quarta colocação no ranking de acidentes, com 10,4% do total dos primeiros eventos, atrás somente dos acidentes ocorridos por colisão com objetos ou

terreno e perda de potência.

Em 2011 o NTSB, publicou o *Review of U.S. Civil Aviation Accidents 2007-2009* no qual são consolidados os dados dos acidentes da aviação civil investigados pelo NTSB no período de 2000 a 2009. Nos Estados Unidos, a aviação civil é regulamentada pelo FAA, e uma ampla distinção é feita entre as operações aéreas comerciais de transporte e operações de aviação geral.

Os transportadores aéreos são definidos como operadores de aeronaves que voam no serviço comercial, e esses operadores são regulados pelo Título 14 do Código de Regulamentos Federais (CFR) *Parts* 121 e 135. A *Part* 121, geralmente, refere-se aos operadores de aeronaves de transporte de grande porte. A *Part* 135 regula os transportadores aéreos comerciais que voam aeronaves menores, com nove ou menos assentos para passageiros.

A aviação geral é qualquer operação de aeronaves civis que não é coberta pelo 14 CFR, *Parts* 121 ou 135 (ou *Part* 129), que se aplica às transportadoras aéreas estrangeiras, sendo conduzida nos termos do *Part* 91.

Uma variedade extremamente grande de operações de voo, utilizando uma ampla gama de aeronaves, está incluída dentro da aviação geral. A maior parte da aviação não comercial, inclusive o voo particular, é regida por regulamentos *Part* 91. Algumas operações comerciais, tais como instrução de voo, aplicação aérea de produtos agrícolas, turismo, alguns voos médicos, executivos, segurança pública e agências governamentais são conduzidos sob o abrigo da *Part* 91.

3.2 Acidentes com *Helicopter Emergency Medical*

Service - HEMS

Nos Estados Unidos, as operações com *Helicopter Emergency Medical Service* (HEMS) transportam, a cada ano, aproximadamente 400.000 pacientes e órgãos transplantados (NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD, 2009).

Estima-se que existam 900 helicópteros nos Estados Unidos dedicados ao HEMS (ASSOCIATION OF AIR MEDICAL SERVICES, 2010), onde os transportes aeromédicos são realizados sob o abrigo da *Part 135* e da *Part 91*, dependendo se os pacientes estão a bordo, ou não, da aeronave.

Voos em rota para buscar os pacientes ou órgãos, ou para reposicionar aeronaves após a realização das operações de transporte de doentes, são normalmente realizados nos termos da *Part 91*. Já os voos realizados com pacientes ou órgãos a bordo são realizados sob o abrigo da *Part 135*.

A Figura 3.2 mostra o número de acidentes com helicópteros aeromédicos que operam nas *Parts 91* e *135* entre 2000 e 2009 nos EUA. No período de seis anos, as taxas de acidentes para a *Part 91* - helicópteros de transporte aeromédico - foram acentuadamente superiores. Para a operação na *Part 135*, de helicópteros aeromédicos, verifica-se que no ano de 2006 o valor foi de 24 acidentes para cada 100.000 horas para a *Part 91* enquanto na *Part 135* foi de 0,2 (NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD, 2009).

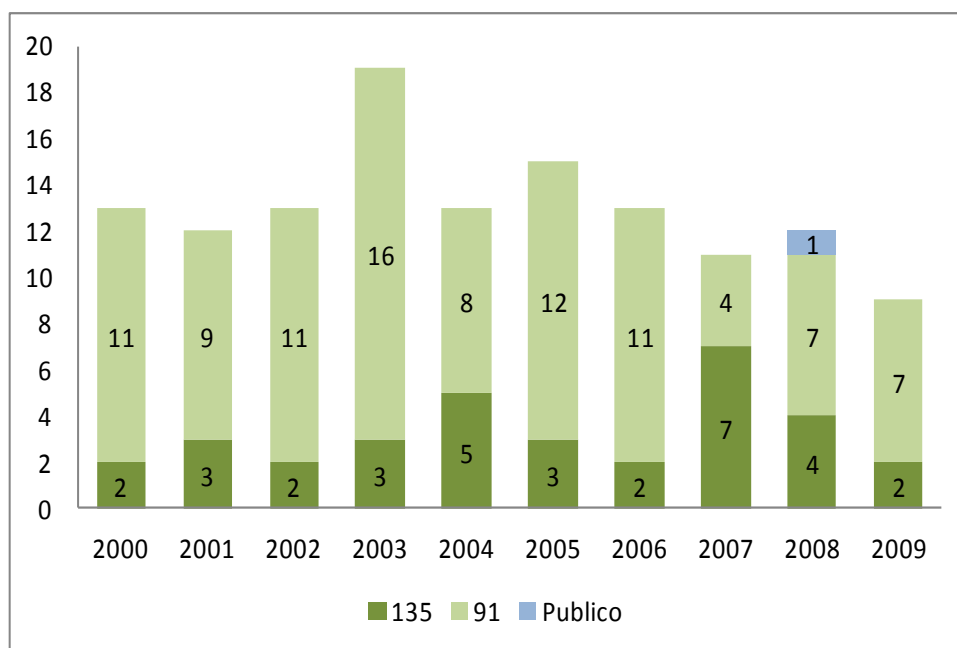


FIGURA 3.2 – Acidentes HEMS na Parte 91 e 135 (NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD, 2009).

Entre os anos de 2007 e 2009 foram analisados 31 acidentes. Dezoito dessas aeronaves estavam sendo operadas nos termos da *Part 91* e 13 na *Part 135*, e um como voo de uso público (com enfermos a bordo). Onze desses acidentes, envolvendo 12 helicópteros, tiveram vítimas fatais. As principais causas foram colisões com objetos na decolagem ou aterrissagem, responsáveis por 7 dos 31 acidentes, todos sem fatalidades (NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD, 2009).

Por outro lado, quatro, dos cinco *Controlled Flight Into Terrain* (CFIT) foram fatais. Dois, dos três acidentes com perda de controle em voo, tiveram vítimas fatais. Outros dois acidentes fatais envolveram uma falha de componente e um evento codificado como outros.

De janeiro de 1998 até abril de 2005, ocorreram 88 acidentes de HEMS (BAKER *et al.*, 2006), uma média de 12 por ano, em comparação com 8,6 acidentes por ano durante

1983 a 1989, e 4,3 em 1990 e 1997. A Figura 3.3 ilustra a variação anual.

Entre os anos de 2003 e 2009, houve 85 acidentes com HEMS, resultando em 77 mortes. O NTSB, em 1988, realizou um estudo de segurança de operações com HEMS, avaliando 59 acidentes HEMS e resultando na emissão de 19 recomendações de segurança (NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD, 2009).

Em janeiro de 2006, o NTSB aprovou um Relatório de Investigação Especial das operações de HEMS. Esse estudo resultou na emissão de quatro recomendações de segurança ao FAA para melhorar a segurança destas operações.

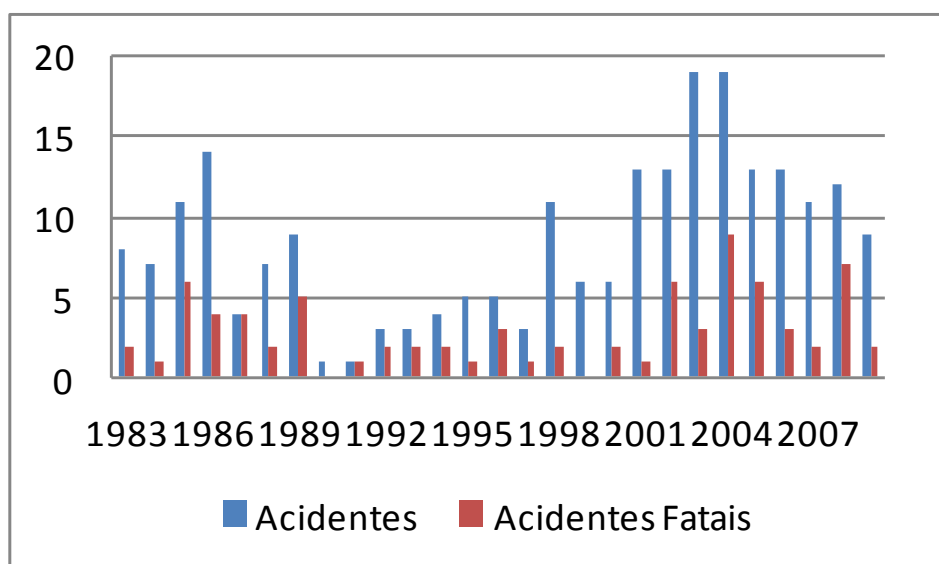


FIGURA 3.3 – Acidentes HEMS (NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD, 2009).

O FAA concluiu que 29 dos 55 acidentes analisados poderiam ter sido evitados se as ações corretivas, publicadas no relatório tivessem sido implementadas. Essas recomendações de segurança sugeriram, principalmente, ao FAA que:

- todos os voos fossem realizados, com o pessoal médico a bordo, em conformidade

com os regulamentos e o manual da aeronave;

- fossem desenvolvidos e implementados programas de avaliação e gerenciamento do risco;
- fosse exigido despacho formalizado dos voos, inclusive com informações meteorológicas;
- fossem instalados sistemas *Terrain Awareness and Warning Systems* (TAWS) nas aeronaves.

Como conclusão da análise dos acidentes, fatores circunstanciais e do ambiente determinam que o período noturno triplica o risco de morte dos ocupantes, o mau tempo aumenta o risco em 8 vezes, e a existência de fogo após o impacto aumenta em 16 vezes o risco de morte.

Além da preocupação com o risco inerente aos pacientes, os tripulantes de helicópteros EMS enfrentam um elevado risco ocupacional - uma taxa 16 vezes maior do que a taxa de mortalidade média ocupacional para os trabalhadores norte-americanos durante o mesmo período (ISAKOV, 2006).

Entre os anos de 1983 e 2005, houve 182 acidentes com helicópteros EMS - média de 8,1 acidentes por ano. Neste período de 22,3 anos (1 de janeiro de 1983 e 30 de abril de 2005), 39% dos acidentes resultaram em vítimas fatais, sendo que 184 ocupantes morreram: 45% dos 44 pacientes e 32% dos 513 tripulantes. Considerando o período do dia, 56% dos acidentes à noite foram fatais em comparação com 24% dos acidentes durante o dia. De acordo com as condições do ambiente, 77% dos acidentes que ocorreram em condições meteorológicas de instrumentos resultaram em vítimas fatais, em comparação com 31% em condições visuais. Cerca de 39% de todas as mortes ocorreram em acidentes com fogo

após o impacto, dos quais 76% dos acidentes com fogo após o impacto foram fatais em comparação com 29% dos outros acidentes (BAKER et al., 2006).

Além da preocupação pela sobrevivência dos pacientes, existe o risco ocupacional para os pilotos, paramédicos e enfermeiros de voo. A análise do número de tripulantes mortos durante os anos de 1995 à 2001, apresenta uma taxa de mortalidade dos tripulantes de helicópteros EMS de 75 para cada 100.000 pessoas/ano, 16 vezes maior que a taxa de mortalidade de acidentes para todos os trabalhadores dos EUA, que é de 4,6 para cada 100.000 pessoas/ano durante o mesmo período (NATIONAL SAFETY COUNCIL, 2005).

Como mencionado, as operações noturnas representaram 56% de todos os acidentes e 68% dos acidentes fatais. Logo, os acidentes ocorridos no período noturno tiveram mais probabilidade de ser fatais comparativamente aos do período diurno, e com uma maior gravidade em relação aos seus resultados. Em 30 acidentes (17%) as operações eram feitas sob condições IMC, onde 77% dos voos em condições IMC foram fatais em comparação com 31% dos acidentes em condições VMC.

Trinta e três acidentes (19%) tiveram fogo após o choque; 76% destes 33 acidentes resultaram vítimas fatais. Em contraste, apenas 29% dos acidentes sem fogo foram fatais. Incêndios após a colisão foram associados com 72 mortes, assim, 39% de todas as mortes ocorreram em acidentes com fogo após a colisão.

A contribuição da redução de iluminação e do mau tempo para a probabilidade de queda de HEMS é significativamente grande. Assim, quando um acidente com HEMS ocorre, a redução de iluminação aumenta o risco de mortes em mais de 3 vezes, e o mau tempo aumenta o risco em 8 vezes.

As condições meteorológicas, a operação, o período noturno e a presença de fogo

são os principais determinantes de sobrevivência das tripulações após um acidente. Tais condições reforçam a necessidade de melhorar os equipamentos das aeronaves e a resistência ao choque.

Os custos de tais melhorias podem muitas vezes ser justificados por benefícios potenciais. Considerando a média de 12 acidentes por ano com HEMS com uma média de tempo de atuação de 15 anos de vida útil de um HEMS (BAKER *et al.*, 2006), e a frota de 900 aeronaves, teremos uma probabilidade de perda de 20% ($12 \times 15 / 900 = 20\%$) da frota durante os 15 anos de vida útil, sugerindo que os investimentos em prevenção, do ponto de vista econômico, têm o potencial de ser altamente rentável.

O aumento de três vezes nas chances de um acidente ser fatal na escuridão reflete maiores probabilidades de colisão quando um piloto não consegue ver bem o suficiente para antecipar um obstáculo, bem como as dificuldades na busca e salvamento à noite. Para reduzir a probabilidade de acidentes e mortes em voos noturnos, muitos têm argumentado o uso de óculos de visão noturna e helicópteros equipados para uso de equipamentos de visão noturna e *Enhanced Vision System* (EVS).

A maioria dos HEMS tem um único piloto, que deve ser capaz de identificar e evitar potenciais ameaças, enquanto atua nos controles de voo e realiza a comunicação. Essas ações conjuntas, com certeza, provocam uma sobrecarga de trabalho quando adicionadas às condições meteorológicas de pouca visibilidade ou à noite.

Por causa do custo de óculos de visão noturna e as modificações necessárias nas aeronaves, poucas empresas têm investido nessas tecnologias. Os dados não apresentam HEMS acidentados onde houve o uso de óculos de visão noturna (BAKER *et al.*, 2006).

O risco do desfecho fatal em acidentes com helicópteros relacionados com as condições

meteorológicas desfavoráveis é quatro vezes maior de mortalidade em acidentes de voos de transporte regional que encontraram visibilidade reduzida. Trinta voos de helicóptero (1/6 do total) envolveram-se em acidentes em condições meteorológicas de instrumentos. Todos, menos um, estavam com um único piloto voando. Nesse cenário, não é incomum para os pilotos perder o controle do helicóptero devido à desorientação espacial (BAKER *et al.*, 2006).

Apesar de os pilotos automáticos poderem reduzir o risco de acidentes de HEMS à noite ou devido ao mau tempo inesperado e a desorientação espacial, regras de voo visual e programas não obrigam a ter dois pilotos para as operações HEMS.

Programas de HEMS poderiam beneficiar-se de protocolos de decisão, tais como os utilizados pela Guarda Costeira dos EUA (UNITED STATES, 1999), em que o alto risco de voos exige o aval do comando - um papel que poderia ser cumprido por um oficial de segurança em HEMS.

Metade dos acidentes fatais tinha pelo menos um sobrevivente, sugerindo que algumas mortes nesses acidentes poderiam ter sido evitadas através de uma maior capacidade de absorção do choque dos helicópteros, incluindo assentos com sistema de absorção da energia - *anti-crash* e trem de pouso, sistemas resistentes a impactos, e os interiores com sistema de desintegração com o impacto, minimizando as lesões aos tripulantes.

Dodd (DODD, 1992) estabelece que os tripulantes na cabine principal dos HEMS estão expostos a um risco 4 vezes maior de ferimentos em acidentes com sobreviventes que os tripulantes nas cabines de outros tipos de helicópteros.

Em parte, isso se deve por causa de modificações na cabine para atendimento e transporte do paciente, com diversos equipamentos de suporte à vida da vítima. A

presença de assentos *anti-crash* para a equipe médica em muitos helicópteros (necessário para os helicópteros novos no EUA) podem reduzir as forças verticais exercidas nos tripulantes no momento da queda, aumentando os níveis de sobrevivência nos acidentes.

Muitas mortes recentes da tripulação ocorreram porque alguns helicópteros EMS não têm cintos de ombro para tripulantes, indicando a necessidade de exigir adaptação nos helicópteros que foram projetados sem cintos de ombro e agora estão sendo utilizados para o transporte médico (WRIGHT, 2005).

Logo após a colisão, as chances de fatalidade aumentam em 16 vezes mais do que qualquer outro fator. Dezenove por cento dos acidentes e 39% de todas as mortes foram associadas com fogo após o impacto.

Os sistemas de *crash-resistance* de combustível, que incluem tanques e acessórios que não liberam combustível em um acidente, poderiam ter evitado alguns dos incêndios após o impacto. Sistemas de tanques de combustível resistente a impactos praticamente eliminaram as mortes por incêndio em acidentes de helicópteros do Exército dos EUA (ISAKOV, 2006).

O transporte aéreo de pacientes entre serviços médicos e diretamente a partir das cenas de acidentes para os hospitais aumentou dramaticamente nos últimos anos, com aumentos desproporcionais em acidentes e mortes. Após um declínio de 15 anos, as taxas de acidentes de serviços de helicópteros de emergência médica (HEMS) aumentaram de 1,7 por 100.000 horas de voo em 1996 a 1997 para 4,8 em 2003-2004 (ISAKOV, 2006), ou seja, mais de 282% de aumento.

A exposição das tripulações de voo e os pacientes a um risco devem ser compensados pelo benefício esperado para o paciente. Um resumo publicado conclui que a maioria

dos pacientes (60%) transportados de helicóptero para centros de trauma tem ferimentos leves, sendo que 26% tiveram alta dentro de 24 horas (BLEDSOE, E. et al., 2005).

Ambas as ameaças à sobrevivência dos HEMS levam a uma análise da importância de adotar e seguir procedimentos padrão para identificar a necessidade de um transporte aeromédico em condições noturnas ou instrumento e a busca por alternativas aos voos à noite, como o uso de outros veículos de transporte ou a transferência dos transportes para o período diurno.

Diversas são as inovações tecnológicas para melhorar a segurança do HEMS: a introdução de óculos de visão noturna e helicópteros equipados para voo com equipamentos de visão noturna, assentos com sistema *anti-crash*, sistema de combustível resistente a impactos, dentre outros.

3.3 Acidentes com Helicópteros na Aviação de Segurança Pública

A Figura 3.4 mostra a distribuição da classificação dos acidentes com helicópteros envolvidos em operações de segurança pública de 2007 até 2009 nos EUA. A perda de controle em voo, os pousos bruscos e as falhas de componentes foram os eventos mais frequentes para os helicópteros envolvidos nesses acidentes. Os acidentes fatais, durante esse período, estão associados a perda de controle em voo, operações a baixa altitude e entrada inadvertida em IMC.

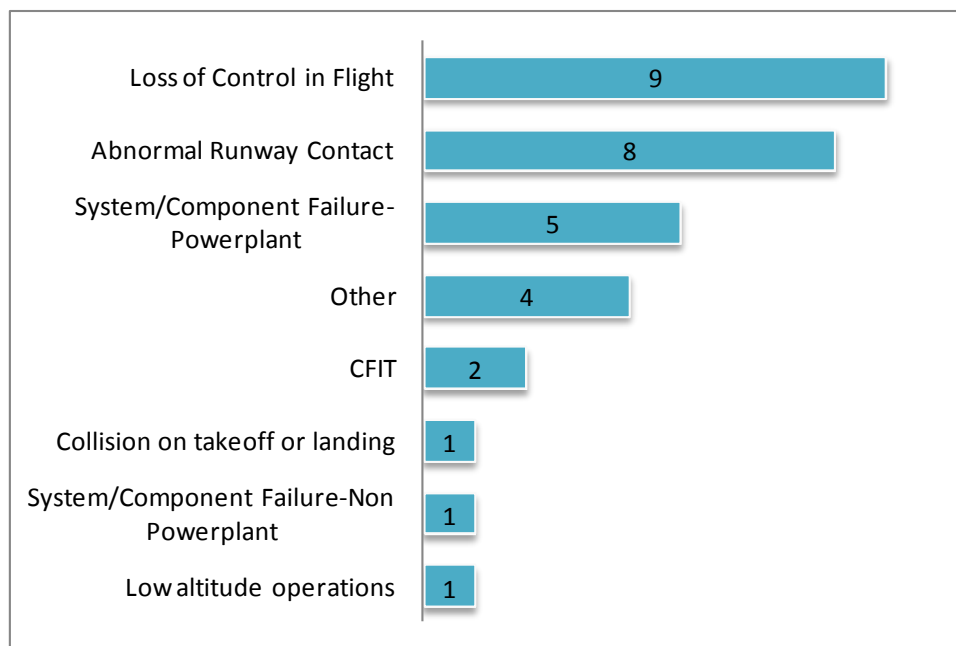


FIGURA 3.4 – Categoria dos acidentes de Helicópteros de Segurança Pública nos EUA (NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD, 2009).

3.4 A Experiência Brasileira Segundo a Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC

A ANAC apresentou o total dos acidentes com aeronaves de asas rotativas no Brasil de acordo com a Figura 1.3 (ANAC, 2010). Observa-se que a tendência é crescente, com os acidentes fatais apresentando considerável aumento. A ANAC considera a aviação de segurança pública e defesa civil aquela que engloba as diversas atividades policiais e as relacionadas com a segurança pública e bem-estar social, seja através das polícias, bombeiros, defesa civil ou demais órgãos.

A Figura 3.5 apresenta a participação dos acidentes das aeronaves de asas rotativas que operam de acordo com RBAC 91, subparte K (operações aéreas policiais e/ou de defesa civil).

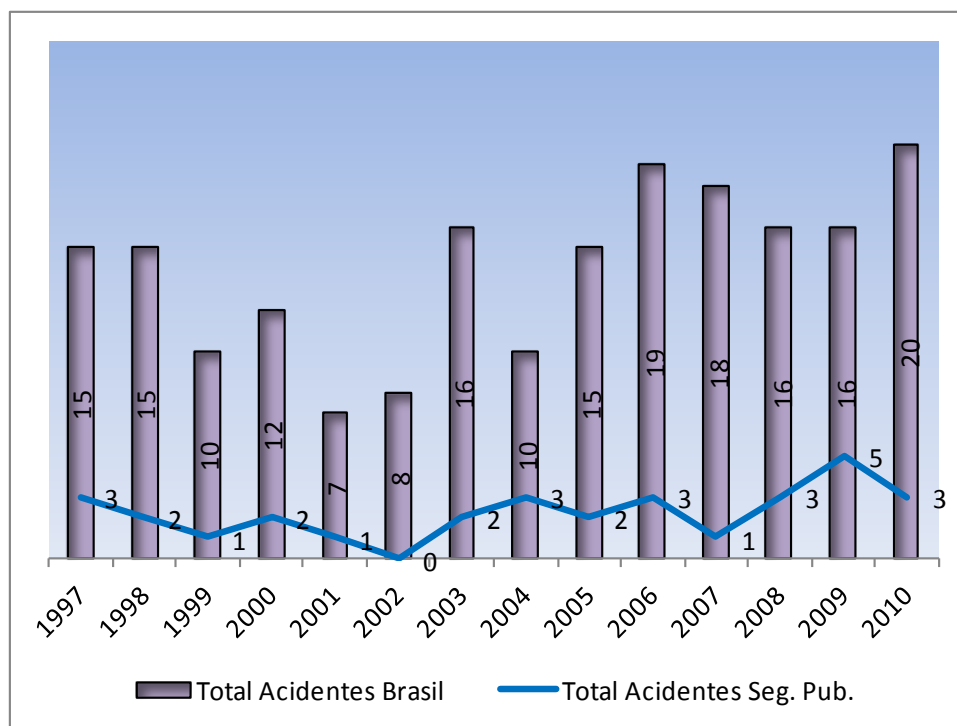


FIGURA 3.5 – Acidentes com Aeronaves de Segurança Pública no Brasil (ANAC, 2010).

Tais acidentes apresentam uma elevada participação proporcional em relação ao total de acidentes com aeronaves de asas rotativas no Brasil, conforme a Figura 3.6 O alto índice de acidentes deve-se, principalmente, à natureza das operações de segurança pública, que envolvem voos em condições extremas, em baixa altitude, com alta exigência psicológica sobre a tripulação e, conseqüentemente, extrema carga de trabalho.

Verificamos ainda, que a projeção linear da participação das aeronaves que operam de acordo com RBAC 91, subparte K, além de ser alta, apresenta uma tendência crescente no período analisado.

No restante do mundo, as aeronaves descritas no RBAC 91, subparte K, cujos acidentes são aqui apresentados, recebem o tratamento de "aeronaves de Estado" e, por este motivo, não são incluídas nas estatísticas de aviação civil (ANAC, 2010).

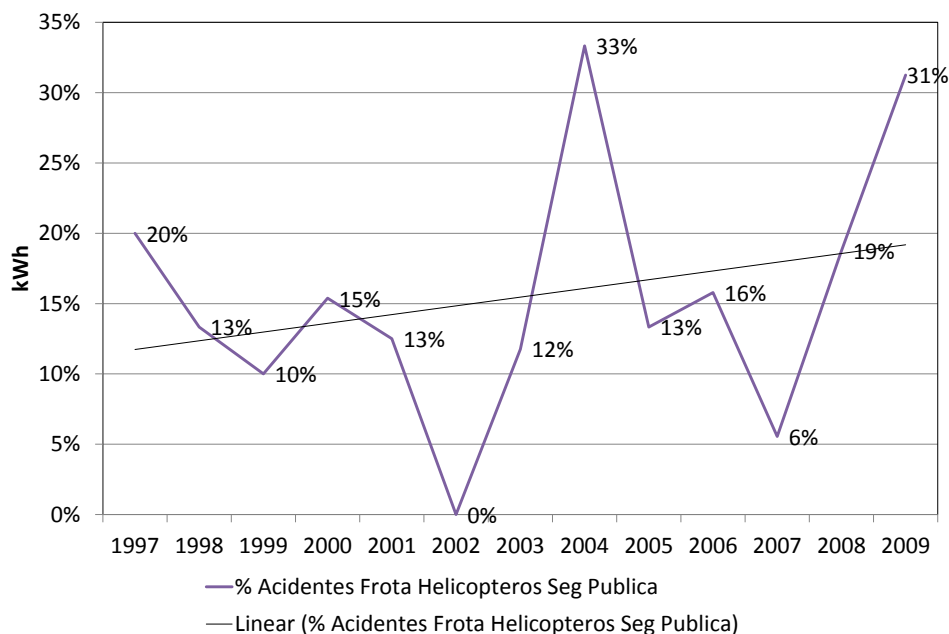


FIGURA 3.6 – Participação das Aeronaves de Segurança Pública (ANAC, 2010).

3.5 A Taxonomia dos Acidentes

A estatística pode-se constituir em uma ferramenta poderosa de auxílio para a análise dos fatos e o planejamento das atividades de prevenção de acidentes. Através da análise minuciosa de uma base de dados, é possível estabelecer tendências que, uma vez avaliadas, poderão sugerir linhas ou áreas de atuação prioritária.

Como parte integrante da atividade de prevenção, o processo de investigação de acidentes tem-se caracterizado por ser um dos maiores responsáveis pela coleta de dados relacionados com a segurança operacional. Nesse sentido, torna-se imprescindível que os termos empregados para a classificação das ocorrências sejam padronizados, de modo a permitir a abrangência e a conformidade adequadas dos dados coletados e, assim, aperfeiçoar os resultados de suas análises.

É particularmente importante que os termos e classificações empregados nas

investigações sejam compatíveis com aqueles adotados internacionalmente, de modo a permitir o intercâmbio de informações, robustecendo a base de dados disponíveis para análise.

Com isso em vista, buscou-se a compatibilização da taxonomia empregada no Brasil àquela sugerida pela ICAO (BRASIL, 2008a).

3.6 A Norma NSCA e o Gerenciamento do Risco

Atualmente, a aviação civil passa por uma fase de transição, em particular no âmbito da segurança operacional, pois a ICAO, criada em 1944 com o objetivo de fomentar o desenvolvimento seguro da aviação mundial, publicou em 2006 o manual de SMS, que apresenta novos conceitos. Entre eles, a nomenclatura de segurança de voo foi alterada para segurança operacional, conceituada como:

O estado em que a possibilidade de lesões às pessoas ou danos à propriedade (bens) é reduzido ou mantido em um nível aceitável, ou abaixo do mesmo, por meio de um processo contínuo de identificação de perigos e gerenciamento dos riscos (ICAO, 2009).

Pela conceituação, nota-se a mudança de filosofia, que anteriormente era focada na busca pela condição de “zero acidente”, para a qual as ações eram meramente reativas, diante do registro de acidentes ou incidentes, ocorrências de solo ou circunstâncias de perigo, quando se buscava desvendar os fatores contribuintes e, sobre eles, estabelecer recomendações de segurança como medida preventiva, que, divulgadas à comunidade aeronáutica, visavam a elevar o nível de alerta e a consciência situacional de todos diante daquele fato, bem como estabelecer barreiras eficientes para a não-ocorrência de fatos similares (SCACHETTI, 2010).

Observou-se, no entanto, que essa busca, embora sempre desejável, é inatingível, pois falhas e erros sempre ocorrerão, apesar de todo o esforço que se faça para combatê-los, pois errar é da natureza humana. Portanto não há como garantir que alguma atividade ou sistema produzido pelo homem seja completamente seguro, livre de riscos.

Pelo novo sistema, ampliam-se as responsabilidades de todos os envolvidos e admitem-se falhas e erros, compreende-se que no ambiente da aviação há perigos e riscos que podem comprometer a operação, inclusive quanto a aspectos organizacionais, mas permite sua execução desde que estejam gerenciados e controlados - gerenciamento do risco.

Para tanto, o gerenciamento do risco operacional é uma ferramenta fundamental, que possibilita identificar e analisar os perigos associados às diversas atividades e operações, classificando-os em níveis diferenciados de riscos e trata-os adequadamente, buscando sempre mitigá-los para níveis aceitáveis, elevando a consciência situacional de todos os envolvidos, antecipadamente e de forma preventiva, e não apenas reagindo diante de acidentes ou incidentes, o que continuará a ser realizado.

Assim, o FAA (UNITED STATES, 2000a) cita que aguardar por um acidente, para depois investigá-lo e emitir recomendações de segurança que divulguem os fatores contribuintes, na expectativa de que novos acidentes sejam evitados, é uma atitude irresponsável, que faz parte de uma filosofia de segurança ultrapassada.

O Gerenciamento do Risco Operacional - GRO possibilita administrar o risco modificando ações e decisões em cada missão, conforme suas características, otimizando as possibilidades de sucesso em relação às de fracasso, prejuízo ou perda. O GRO deve integrar o planejamento e a execução de qualquer operação, e ser aplicado rotineiramente pela administração, e não ser uma ferramenta utilizada somente quando algum problema

ocorre. Daí o caráter preventivo e não reativo do GRO, que é aplicado para minimizar os riscos, reduzir acidentes, preservar a vida e os bens (SCACHETTI, 2010).

Em função dessa mudança proposta pela ICAO, o Brasil vem procurando se adaptar a esses novos conceitos, e, para tanto, as normas que regulam a aviação civil brasileira estão sendo alteradas e atualizadas, tanto pela Força Aérea Brasileira - FAB, quanto pela ANAC, conforme áreas de atuação e responsabilidades. A seguir, as normas mais relevantes que abordam esse tema são apresentadas.

A NSCA 3-3 - Gestão de Segurança Operacional, norma que trata da gestão de segurança operacional, estabelece critérios, normas e procedimentos para o planejamento e a execução das atividades básicas da Prevenção de Acidentes, de Incidentes Aeronáuticos e de Ocorrências de Solo, fazendo uso da Gestão da Segurança Operacional - GSO, permitindo a todos envolvidos, civis e militares, desenvolvê-los de acordo com a realidade de suas organizações, visando à melhoria da segurança das atividades aéreas (SCACHETTI, 2010).

Nota-se que a NSCA 3-3 estabelece o uso da GSO para todas as organizações civis e militares (BRASIL, 2008), abrangendo inclusive as de segurança pública ou de defesa civil, que são caracterizadas pelo atual Código Brasileiro de Aeronáutica - CBAer como pertencentes ao ramo da aviação civil. Prevê também a utilização do Método SIPAER do Gerenciamento do Risco - MSGR para as organizações militares, por meio de procedimentos e tabelas de avaliação de riscos, representadas por formulários próprios, que são utilizados para o planejamento das missões.

O Método SIPAER do Gerenciamento do Risco - MSGR tem a finalidade de orientar as ações voltadas para a utilização do Gerenciamento do Risco, junto aos pilotos e gestores das Organizações Militares operadoras de aeronaves, quando do planejamento de suas

atividades aéreas. O programa deve estabelecer procedimentos visando o estabelecimento e utilização de tabelas de avaliação do risco contemplando os diversos tipos de missões e emprego, para o planejamento da atividade aérea.

O MSGR surgiu por uma iniciativa do CENIPA, mediante um trabalho que envolveu vários oficiais das Forças Armadas, com experiência de voo nos equipamentos a que se destinava. Esse estudo procurou estabelecer os perigos ou riscos mais comuns nas diversas operações que realizavam, diferenciados para cada tipo de equipamento, estabelecendo pesos e valores para a probabilidade e gravidade, bem como definindo uma tabela de risco, que refletiria o nível de risco a ser enfrentado por determinada missão. Esse trabalho foi concretizado em 2001 e desde então as aviações das Forças Armadas brasileiras vêm utilizando e desenvolvendo o MSGR.

O MSGR trabalha com os dois atributos do risco, quer seja a probabilidade, pela valoração de itens relacionados como perigo, quer seja a gravidade, por meio da valoração de condições que potencialmente implicam danos. Essa valoração, tanto da probabilidade, quanto da gravidade, são denominados pesos, que se somam e, ao final, encontra-se um índice específico para cada um deles.

O produto do índice de probabilidade com gravidade encontrados resultará no valor considerado de risco da missão, que comparado a uma tabela previamente elaborada, apresenta uma dimensão do risco daquela missão, à qual se associa uma responsabilidade de decisão, conforme o grau hierárquico na organização.

Normalmente é materializado por um formulário de preenchimento simples, conforme a Tabela 3.2, utilizada e confeccionada pela tripulação, antes da execução da missão.

Mediante a revelação do nível de risco da missão, cabe primeiramente ao comandante

da aeronave adotar medidas mitigadoras ou transmitir a situação para uma autoridade superior, conforme a associação de responsabilidades previstas pela tabela de risco. A essa autoridade cabe decidir quanto à aceitação ou não do risco da missão, resultando na sua realização ou não, e adotamos medidas mitigadoras, no caso da aceitação.

TABELA 3.2: Tabela para o cálculo da probabilidade para o UH-50 (BRASIL, 2006).

MSGR - Cálculo da PROBABILIDADE

Aeronave: UH-50

| FATOR HOMEM | | | | | Sim | Não | Desc | Peso |
|--|--|--|--|--|-----|-----|------|------|
| Mais de 500h em helicóptero e de 200h na aeronave | | | | 3 | | | | |
| Treinamento de emergências críticas nos últimos 12 meses | | | | 1 | | | | |
| Qualificação prevista e experiência na missão | | | | 1-2 | | | | |
| Treinamento corrente na aeronave e na missão | | | | 1-2 | | | | |
| Envolvimento apenas entre as 0700P e às 2200P | | | | 1 | | | | |
| Não cumpriu expediente completo (8h) antes da decolagem | | | | 1 | | | | |
| Jornada inferior a 8h e menos de 4h voo por dia | | | | 2 | | | | |
| Tipo de voo não propicia desgaste físico acentuado | | | | 2 | | | | |
| Sem sobrecarga de trabalho e voa apenas 1 aeronave | | | | 1-2 | | | | |
| Estresse mental – causadores e indicadores ausentes | | | | 1-2 | | | | |
| Mínimo (Soma dos Não) = _____ | | | | Máximo (Soma Não + Desc) = _____ | | | | |

| FATOR MÁQUINA | | | | | Sim | Não | Desc | Peso |
|---|--|--|--|--|-----|-----|------|------|
| Setor de Material estruturado e com pessoal capacitado | | | | 1-2 | | | | |
| Disponibilidade de ferramentas especiais, AGE e EAS | | | | 1 | | | | |
| Publicações técnicas atualizadas, controladas e disponíveis | | | | 1 | | | | |
| Mais de 10h após inspeção ou reparo significativo | | | | 2 | | | | |
| Mais de 100h após revisão geral (IRAN) | | | | 2 | | | | |
| Motor da aeronave tem se mostrado confiável | | | | 3 | | | | |
| Instrumentos de voo e de radionavegação confiáveis | | | | 1-2 | | | | |
| Sist. de combustível com operação e indicação confiáveis | | | | 2 | | | | |
| Aeronave e equipamentos apropriados à missão | | | | 2 | | | | |
| Bimotor ou Multimotor | | | | 1 | | | | |
| Mínimo (Soma dos Não) = _____ | | | | Máximo (Soma Não + Desc) = _____ | | | | |

| FATOR MEIO | | | | | Sim | Não | Desc | Peso |
|--|--|--|--|--|-----|-----|------|------|
| Heliponto homologado | | | | 1-2 | | | | |
| AIS/MET da rota, destino e alternativa disponíveis | | | | 1-2 | | | | |
| Voo inteiro sob condições visuais (VMC) | | | | 2 | | | | |
| Espaço aéreo descongestionado e sob serviço radar | | | | 1-2 | | | | |
| Voo acima de 1500 pés em região habitada | | | | 1-2-3 | | | | |
| VFR diurno sem qualquer restrição de visibilidade | | | | 1-2 | | | | |
| VFR noturno em noite clara (Lua Cheia + 3 dias) | | | | 1-2 | | | | |
| Área de operação conhecida pelo piloto | | | | 1-3 | | | | |
| Temperaturas amenas no solo (entre 5°C e 35°C) | | | | 1 | | | | |
| Sem ambiente hostil simulado (manobras) | | | | 2 | | | | |
| Mínimo (Soma dos Não) = _____ | | | | Máximo (Soma Não + Desc) = _____ | | | | |

| FATOR MISSÃO | | | | | Sim | Não | Desc | Peso |
|---|--|--|--|--|-----|-----|------|------|
| Tempo e meios suficientes para o planejamento da missão | | | | 1-2 | | | | |
| Margens de segurança para erros e atrasos | | | | 1-2 | | | | |
| Ambiente não incentiva o piloto ao exibicionismo | | | | 1 | | | | |
| Sem pressão provocada pela escassez de tempo | | | | 1 | | | | |
| Ausência de condições marginais de decolagem e pouso | | | | 2 | | | | |
| Não complacência com ações/condições insatisfatórias | | | | 2 | | | | |
| Menos de 4 eventos distintos planejados | | | | 1 | | | | |
| Sem operação prolongada na zona crítica Altura x Vel. | | | | 2 | | | | |
| Sem emprego de armamento / transporte de carga externa | | | | 2 | | | | |
| Sem emprego de formaturas (voo em formação) | | | | 1 | | | | |
| Mínimo (Soma dos Não) = _____ | | | | Máximo (Soma Não + Desc) = _____ | | | | |

| | |
|---|---|
| PROBABILIDADE MÁXIMA (Soma dos Máximos) = _____ | PROBABILIDADE MÍNIMA (Soma dos Mínimos) = _____ |
|---|---|

Em especial, as aeronaves de asas rotativas, possuem uma relação peculiar com o tempo de exposição ao risco. As características dinâmicas dessas aeronaves são afetadas de forma mais contundente pelo tempo de exposição, necessitando de outros fatores para uma melhor avaliação. Este assunto recente, e em desenvolvimento, tem recebido especial atenção da comunidade de asas rotativas, pela sua diferenciação no tratamento da aviação de asa fixa.

O FAA (UNITED STATES, 2000a), referencia o modelo 5M (*Man, Machine, Media, Mission e Management*) que é um sistema utilizado para analisar e determinar as relações e interações existentes entre os seus elementos, todos envolvidos simultaneamente durante a execução de uma missão, de acordo com a Figura 3.7.

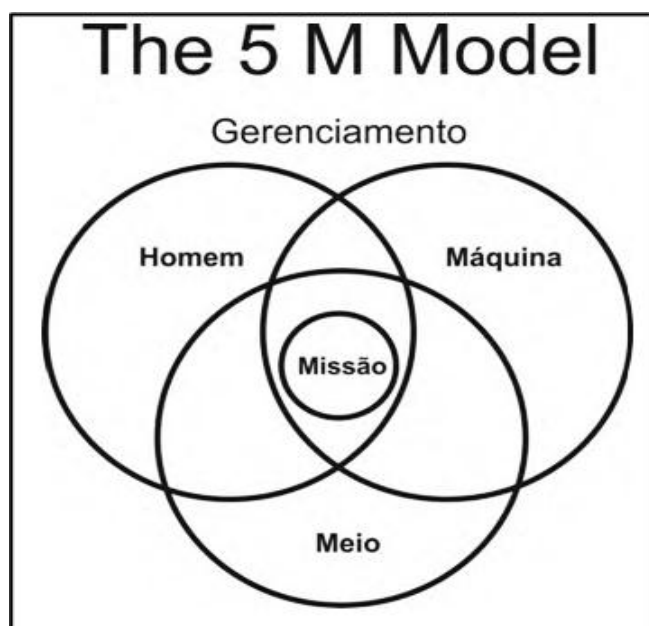


FIGURA 3.7 – Modelo 5M. Adaptado de (UNITED STATES, 2000).

Portanto, quando uma missão é concluída com êxito, ou quando algum acidente ocorre, o modelo 5M é aplicado para se analisar as circunstâncias e verificar as informações e as interações entre os seus elementos, visando sempre a aperfeiçoar procedimentos, treinamentos e operações, aquisição de novos equipamentos e tecnologias, com foco na segurança e no êxito das missões. Nesse contexto, o modelo é muito utilizado para orientar o processo de gerenciamento do risco operacional, principalmente na identificação de perigos e avaliação dos riscos, auxiliando por vezes na sua categorização (SCACHETTI, 2010).

***Man* (Homem)**

Refere-se à atividade humana dentro do contexto. O fator humano é o ponto mais vulnerável do sistema e, portanto, a fonte da maior parte dos riscos. Portanto, deve-se levar em conta aspectos fisiológicos e psicológicos, processos de seleção, processos de treinamento, capacitação, proficiência e desempenho do profissional, que envolvem respostas diante de condições de tarefas múltiplas, reação diante à pressão e estresse, resistência à fadiga, bem como estado de consciência, percepção, atenção, motivação e iniciativa, e, por fim fatores pessoais, referentes a valores familiares, amizades, satisfação no trabalho e habilidades de comunicação.

***Machine* (Máquina)**

É o equipamento, material ou sistema que fará interação com o homem, sendo um hardware ou software de utilização para a realização da missão. Tem relação com área de projetos e engenharia (engenharia de sistemas, confiabilidade, desempenho, design, ergonomia, produção, fabricação, etc) e de manutenção (tempo de serviço, horas de voo, número de pousos, histórico, registro, processos, regularidade dos serviços de manutenção, reparação, reposição de peças, etc).

***Media* (Meio/Ambiente)**

São fatores normalmente definidos como externos, e em grande parte provenientes do meio ou do ambiente em que se desenvolve a missão, e podem ser divididos em naturais e artificiais. Os naturais, normalmente estão fora do controle do homem ou da administração, pois se apresentam por fenômenos da natureza, e são, por exemplo: condições meteorológicas (visibilidade, teto, temperatura, umidade, vento, precipitação, etc), condições operacionais em locais não-preparados (tipo de terreno, vegetação, pássaros, etc), entre outros. Os artificiais, produzidos pelo homem, podem ser classificados em físicos e não físicos.

Como físicos tem-se, por exemplo: aeroportos, controle de tráfego aéreo, condições operacionais (tipo de pavimentação, auxílios de navegação, auxílio de luzes e iluminação, redes elétricas, etc), aspectos de saúde (ventilação, qualidade do ar, ruído, vibração, etc), entre outros; e como não-físicos pode-se citar: legislação federal, estadual ou municipal que regulam a atividade, entre outros.

***Mission* (Missão)**

É o que se deve fazer para atingir um objetivo dependendo de uma série de condições, treinamento e capacitação do pessoal envolvido, equipamentos disponíveis, procedimentos operacionais padrão, normas, legislações, etc.

Normalmente pode ser dividida em fases, o que facilita didaticamente o planejamento, bem como o gerenciamento do risco. Por vezes, também é denominada como operação.

“Cumprir a missão a qualquer custo” é um ditame cultuado nas organizações militares que deve constantemente ser monitorado, pois tal atitude vai de encontro aos princípios do gerenciamento do risco, podendo transformar-se em um perigo potencial.

Durante uma missão, podem surgir vários perigos e, conseqüentemente, vários riscos presentes concomitantemente, o que exige muita atenção para sua identificação e seu tratamento adequado.

***Management* (Gerenciamento ou Organizacional)**

Refere-se à administração em geral. Define políticas, normas, procedimentos e controles. Embora estabeleça diretrizes que guiam relativamente as interações entre os elementos do modelo 5M, não pode controlá-los completamente. Atua por meio da elaboração de políticas de gestão, emissão de normas, diretrizes, manuais, padronizações, *check-lists*, estabelece formas e regularidade de treinamentos, etc, no entanto, grande

mérito tem o gerenciamento que supervisiona eficazmente aquilo que definiu e determinou, daí a supervisão receber destaque dentro do gerenciamento.

Verifica-se, pois, pelas informações de gerenciamento do risco e das estatísticas de acidentes de voo, que a avaliação prévia das qualidades de pilotagem pode representar um fator de extrema importância ao propiciar o conhecimento prévio das restrições e limitações aplicáveis a cada equipamento em determinadas condições de operação.

A análise dos fatores associados ao cálculo da probabilidade, verificado na Tabela 3.2, do modelo 5M, apresentado na Figura 3.7, apresentam uma íntima correspondência com os quatro pontos de referência da dinâmica de voo do helicóptero, Figura 2.4, denotando uma possível contribuição das qualidades de pilotagem no Gerenciamento do Risco.

A determinação do atributo probabilidade para a definição do risco está associada ao estabelecimento das características da missão. Para tanto, o próximo capítulo, tratará da missão de resgate aeromédico, apresentando seu histórico, características e peculiaridades.

4 Operação de Resgate Aeromédico

4.1 Histórico da Aviação de Helicópteros e sua Operação Aeromédica

Em 1870, durante a guerra franco-prussiana, são relatados os primeiros casos de transporte aeromédico, onde 160 feridos foram resgatados por balões de ar quente. Durante a Primeira Guerra Mundial, os rudimentares aviões existentes já eram utilizados para transportar médicos, equipamentos e remédios para frente de combate. O transporte de doentes e feridos estava limitado somente aos casos extremos, já que a acomodação disponível nos equipamentos era muito restrita.

Em 1920 foram utilizadas aeronaves na campanha das Ilhas Somália. Com a ocorrência da Segunda Guerra Mundial, a tecnologia aeronáutica já estava em grande desenvolvimento e o transporte de equipes médicas e hospitais de campanha montados na frente de combate era coisa comum. Com o significativo aumento do espaço interno dos aviões, os americanos desenvolveram um verdadeiro hospital aéreo a bordo das suas fortalezas voadoras.

Apesar desse avanço, só era possível atender os doentes e feridos ou transportá-los para os grandes centros de atendimento, a partir de bases ou aeroportos improvisados.

Estima-se que foram assistidos mais de um milhão de soldados pelos diversos serviços de resgate e transporte aeromédico durante a Segunda Guerra Mundial (CANETTI, M. D.; RIBEIRO, C.; BUENO, M. J, 1994).

Em 29 de novembro de 1945, o sobrinho de Igor Sikorsky e o piloto Jimmy Viner, pilotando um helicóptero Sikorsky R-5, realizaram o primeiro resgate aéreo da história ao içar, com um guindaste adaptado ao helicóptero, dois homens de uma barcaça da Texaco que tinha encalhado em um banco de areia em consequência de uma tempestade marítima na costa do Estado de Connecticut, nos Estados Unidos.

Em 1950, durante a guerra da Coréia, o uso do helicóptero Bell 47 (GAMBARONI, 2001) obteve seu maior sucesso transportando mais de 20.000 militares feridos. Com a evolução das unidades *Mobile Army Surgical Hospital* (MASH) (sigla que definia as unidades médicas avançadas utilizadas pelas forças armadas dos Estados Unidos voltadas para um rápido e eficaz tratamento dos feridos nos campos de batalha), esta tecnologia foi transferida para o mundo civil, configurando a criação e evolução das equipes de resgate aeromédico aos níveis encontrados nos dias de hoje (SMITH, 1962).

Na guerra do Vietnã, o número de transportados aumentou para mais de 370.000 soldados. Apesar do aumento do potencial balístico dos armamentos, os decréscimos nas taxas de mortalidade em 5,8% nos feridos de guerra na Segunda Guerra Mundial (1939-1945), 2,4% na Guerra da Coréia (1950-1953) e 1,7% na Guerra do Vietnã (1964-1975), podem ser explicados pela rapidez no atendimento médico proporcionado pelo uso de helicópteros.

Em 12 de Outubro de 1972, o hospital Saint Anthony, em Denver no estado do Colorado, começou oficialmente o primeiro serviço hospitalar com o uso de helicópteros nos Estados Unidos. Desde então o uso de helicópteros aumentou consideravelmente.

Atualmente, estima-se que mais de 900 helicópteros operem resgate aeromédico nos Estados Unidos (ASSOCIATION OF AIR MEDICAL SERVICES, 2010).

No Brasil, o serviço de busca e salvamento foi oficialmente criado em dezembro de 1950, no Pará, pela Força Aérea Brasileira - FAB com o nome de Serviço Aéreo de Resgate - SAR, que tinha como principal função a localização de aeronaves e embarcações desaparecidas e o transporte de sobreviventes de acidentes aéreos e marítimos (RODRIGUES, 1987).

Em 1988, foi criado o Grupo de Socorro de Emergência - GSE que realizou, em sete anos, cerca de 1.200 remoções/resgates. Um ano depois, em São Paulo, foi estabelecido o Projeto Resgate. Na segurança pública do Brasil, a Polícia Militar do Estado de São Paulo iniciou o emprego de aeronaves através do Grupamento de Radio Patrulhamento “João Negrão” (GRPAe), a partir de 15 de agosto de 1984 e, em 1989, teve início em São Paulo o Projeto Resgate, com o objetivo de diminuir a mortalidade no resgate de vítimas em vias públicas (RODRIGUES, 1987).

No início da década de 1990 começaram a surgir os serviços de transporte aeromédico particulares, com o objetivo de dar resposta às necessidades dos pacientes que se encontravam a grandes distâncias de unidades hospitalares (THOMAZ, 1999).

4.2 A Operação de Resgate Aeromédico - Fases do Voo e a Importância do Fator Tempo

Quanto ao fator operacional, o tempo é crucial no atendimento de emergência. Um minuto a mais na chegada do socorro pode tornar, por exemplo, irreversível uma parada cardíaca ou uma hemorragia pode atingir níveis críticos, ou ainda uma hipóxia pode lesar

o cérebro em definitivo. Em cada minuto que se abrevia o início do socorro, vidas serão salvas, sequelas reduzidas e o custo final do atendimento hospitalar e do tratamento do paciente serão menores.

O tempo que o socorro leva para chegar até ao paciente é um dos pontos mais importantes no atendimento pré-hospitalar. Esse intervalo de tempo, conhecido como tempo-resposta, é um dos principais indicadores da eficácia deste tipo de serviço. A análise criteriosa do tempo-resposta, desde a ocorrência do fato até a informação de que a equipe está pronta para nova ação, é um indicador que fornece os melhores instrumentos para a tomada-de-decisão na busca de um sistema cada vez mais eficaz (EID, 2001).

O Dr. R. Adams Cowley, descreveu e definiu o que chamou de “Hora de Ouro”. Com base em suas pesquisas, Cowley concluiu que os pacientes que receberam tratamento definitivo e precoce dos traumas tiveram um índice de sobrevivência muito maior do que aqueles que passaram por atraso no atendimento (NAEMT, 2007).

O atendimento de pacientes traumatizados é, em geral, o controle da hemorragia e o restabelecimento da perfusão tecidual adequada. Nem sempre se consegue fazer a hemóstase em ambiente pré-hospitalar ou na sala de emergência, geralmente ela é conseguida no centro cirúrgico.

Segundo a Organização Mundial de Saúde - OMS (PEDEN, 2002), as distribuições das causas de mortes por trauma no ano de 2000 no mundo estão descritas na Tabela 4.1.

Nos Estados Unidos, em 2002, mais de 161 mil pessoas morreram em decorrência de traumas, sendo a terceira maior causa de morte depois de doenças cardiovasculares e neoplasia. Outros 2,8 milhões foram hospitalizados por causa de traumas não-fatais. Os traumas também provocaram mais de 40 milhões de visitas ao pronto-socorro (NAEMT,

| Causa | % |
|--------------------------|-----|
| Ocorrências no trânsito | 25% |
| Outras | 17% |
| Violência auto-infligida | 16% |
| Violência interpessoal | 10% |
| Afogamentos | 9% |
| Envenenamento | 6% |
| Guerra | 6% |
| Quedas | 6% |

TABELA 4.1: Distribuição das causas de mortes por trauma (NAEMT, 2007).

2007).

O Dr. Donald Trunkey (NAEMT, 2007), descreveu uma categorização trimodal para óbitos em trauma:

- 1) A primeira fase de óbitos ocorre desde poucos minutos até uma hora após o evento. Essas mortes ocorreriam mesmo com o pronto atendimento médico. A melhor forma de combater esses óbitos é com a prevenção do trauma e estratégias de segurança.
- 2) A segunda fase de mortes ocorre nas primeiras horas após o incidente. Esses óbitos podem ser prevenidos com um bom atendimento pré-hospitalar e hospitalar.
- 3) A terceira fase corre desde alguns dias até várias semanas após o trauma.

Esses óbitos geralmente ocorrem por falência de múltiplos órgãos. Muito ainda precisa ser aprendido no atendimento e na prevenção da falência de múltiplos órgãos, no entanto, uma abordagem precoce e agressiva do choque na fase pré-hospitalar pode prevenir alguns desses óbitos (NAEMT, 2007).

Uma das mais importantes responsabilidades da equipe de resgate é passar o menor tempo possível no local do incidente. Nos primeiros preciosos minutos, a equipe deve avaliar o paciente, realizar as manobras para a sobrevivência da vítima e prepará-la para

o transporte. Portanto, verifica-se a necessidade de transportar o paciente de trauma para um hospital, devidamente estabilizado e no menor tempo possível.

Descritas as fases do atendimento proporcionado por uma aeronave HEMS, podem-se desenvolver as seguintes fases do voo aeromédico: 1) preparação da aeronave (pronta para decolagem em local adequado e exposta à intempéries do local de prontidão); 2) acionamento da aeronave; 3) decolagem com equipe de suporte (tripulante, médico, enfermeiro) e equipamentos; 4) voo de cruzeiro até o local da ocorrência; 5) navegação, localização e verificação do local de pouso; 6) pouso em área restrita; 7) corte da aeronave (eventual).

Para o ciclo completo do atendimento, deve-se considerar ainda o deslocamento com a vítima a bordo, compreendendo: 1) acionamento da aeronave (eventual); 2) decolagem com equipe de suporte, equipamentos e vítima; 3) voo de cruzeiro até o hospital de suporte; 4) navegação, localização e verificação do local de pouso; 5) pouso em área restrita; 6) corte da aeronave.

Tais fases podem caracterizar MTEs específicas para a atuação, podendo ser consolidadas ou desmembradas em outros procedimentos específicos, e envolvendo, ainda, o trajeto de retorno do hospital até a base de prontidão, sem a vítima a bordo.

4.3 A Singularidade da Operacionalidade do Helicóptero em Operação Aeromédica

No contexto de velocidade de atendimento às vítimas, um dos fatores mais benéficos é o tempo de resposta de um helicóptero, que mormente não é afetado pela situação de

trânsito e condições de rodovias. Limitações de tráfego terrestre ou a falta de vias de acesso são facilmente superadas quando se desloca pelo ar. Dessa maneira, o helicóptero torna-se um meio de transporte eficaz. O tempo-resposta é a diferença entre “trazer um paciente ou transportar um cadáver”, pois o tempo de resposta de um helicóptero é cerca de três vezes menor que o de uma ambulância terrestre (em condições de plena trafegabilidade).

O serviço instrumentalizado pelo helicóptero é extremamente variado, pela grande quantidade de recursos de que dispõe e a sua versatilidade, amenizando o sofrimento do paciente, encurtando distâncias e o reduzindo extremamente o tempo-resposta. Assim, um helicóptero pode cobrir uma região muito maior do que a ambulância terrestre, ainda com a vantagem de que a integração do helicóptero nos sistemas de emergências proporciona uma ótima flexibilidade operacional, ou seja, requer um menor tempo para atendimento de uma ocorrência, conseqüentemente terá um maior grau de disponibilidade (KUGLER, 1997).

Os helicópteros são capazes de decolar e pousar verticalmente, possibilitando maior versatilidade no resgate de pessoas. Possuem, ainda, a opção de desembarcar uma tripulação médica e içar vítimas em locais onde o pouso da aeronave é impossível, alcançando assim um paciente, especialmente em locais onde uma ambulância terrestre não pode ser usada, reduzindo extremamente o tempo-resposta (KUGLER, 1997).

Um helicóptero pode estar em voo em aproximadamente dois minutos após a recepção da chamada de emergência, todavia o acionamento da aeronave deve seguir um protocolo para se manter a eficácia e efetividade do atendimento.

No procedimento comumente utilizado por equipes de socorro aeromédico, o local e a natureza da ocorrência são informados à equipe de resgate previamente à decolagem,

sendo as demais orientações repassadas durante o voo para o local, de forma a se otimizar o tempo-resposta.

Neste quesito, importante ressaltar o protocolo a ser adotado: antes da necessidade do emprego do helicóptero se confirmar, em caso de dúvida, a decisão deve ser tomada em favor do paciente. Há um percentual de voos desnecessários, que são inerentes ao sistema de atendimento pré-hospitalar, mas isso caracteriza um dos quesitos do gerenciamento desburocratizado do serviço de resgate aeromédico.

O helicóptero também não se limita em levar o socorro médico ao local da ocorrência ou transportar pacientes. O seu emprego pode se estender para salvamento em altura e aquático. Pode ser ainda, empregado para missões de resgate noturno utilizando o equipamento de rastreamento infravermelho e o farol de busca, bem como pode auxiliar as ambulâncias de terra em casos de congestionamento, indicando alternativas que são impossíveis de visualizar quando em terra (KUGLER, 1997).

4.4 O Impacto dos Acidentes de Trânsito na Economia e a Importância do Resgate Aeromédico como Fator Mitigador do Prejuízo

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, o custo anual dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras, no ano de 2005, alcançou a cifra de R\$ 22 bilhões, com referência de preços de dezembro de 2005, ou seja, 1,2% do PIB brasileiro à época (IMPACTOS, 2006).

Para se verificar a importância dos impactos da vitimização no trânsito é necessário

estender todo ciclo decorrente do fato acidente. Para desenvolver seus estudos, o IPEA considerou as seguintes formulações de custos quanto às vítimas de trânsito:

Custo da Perda de Produção

Corresponde às perdas econômicas sofridas pelas pessoas, pela interrupção temporária ou permanente de suas atividades produtivas, em decorrência de envolvimento em acidentes de trânsito. Aplica-se a pessoas inseridas nos mercados formal e informal de trabalho. No caso de um assalariado, a perda equivale ao custo necessário para sua substituição durante o tempo não trabalhado.

Custo médico-hospitalar

Soma dos custos dos recursos humanos e materiais do atendimento e tratamento das vítimas de acidentes de trânsito, desde a chegada ao hospital até o momento da alta ou do óbito. Inclui também os custos dos programas de reabilitação, como fisioterapia.

Custo Previdenciário

Custo que recai sobre a Previdência Social em função da impossibilidade de trabalhar de vítimas de acidentes de trânsito, temporária ou permanente, sendo sustentadas parcialmente pela Previdência. Esse custo inclui despesas com pensões e benefícios.

Custo do Resgate de Vítimas

Custo do transporte das vítimas de acidentes de trânsito do local do acidente até o hospital ou pronto-socorro. Inclui o custo da utilização de equipamentos especiais e do deslocamento das equipes de resgate, com veículos e profissionais especializados (ambulâncias, médicos, paramédicos).

Impacto Familiar

Custo que representa o impacto do acidente no círculo familiar da (s) vítimas(s). É representado, principalmente, pelo tempo gasto por familiares, para sua eventual produção cessante e por adaptações na estrutura familiar (moradia, transporte) por conta do acidente. (IMPACTOS, 2006)

No ano de 2004, ocorreu uma média de 307 acidentes por dia (aproximadamente 13 acidentes por hora) nas rodovias federais. Esses acidentes envolveram em média 1,7 veículo, e 4,07 pessoas. Em termos absolutos, nas rodovias federais, no ano de 2004, foram considerados 112.457 acidentes, envolvendo 457.409 pessoas, com 66.117 feridos e 6.119 mortos época (IMPACTOS, 2006).

Os resultados da pesquisa de campo realizada para coleta de dados, necessários à atribuição dos custos dos acidentes nas rodovias, mostraram que 6,7% dos envolvidos classificados como ilesos se revelaram feridos posteriormente. Da mesma maneira, 6,2% dos feridos no local do acidente, registrados assim pela Polícia Rodoviária Federal no Boletim de Acidente de Trânsito, foram a óbito. Ou seja, houve um acréscimo em torno de 66% no número de mortos declarados. Assim, haveria 4.067 mortos a mais em 2004.

Considerando a mortalidade por tipo de acidente, lideram a condição de maior gravidade os acidentes do tipo colisão frontal, com 24,6% das mortes, seguido do atropelamento de pedestre, com 19,1% (IMPACTOS, 2006).

Muito embora esses dois tipos de acidentes representem apenas 4,0% e 3,6% das ocorrências, respectivamente, são eles os de característica mais letal - a cada 100 acidentes de cada tipo, morrem 33,23 pessoas no tipo colisão frontal e 29,28 pessoas no atropelamento.

Porém, estes atropelamentos, um a cada 2 horas em média, resultaram em 1.170 mortes; ou seja, 19,1% do total de 6.119 mortos ocorridos nos acidentes nas rodovias federais, uma proporção muito significativa. Enquanto, em média, a cada 18 acidentes registrados, em geral, nas rodovias federais, em 2004, ocorreu uma morte, cada 3,4 dos atropelamentos de pedestres gerou uma morte, indicando a alta gravidade relativa deste tipo de acidente. A maioria dos acidentes envolvendo pedestre ocorre à noite; o período mais crítico é das 18h às 20h;

No ano de 2011, ocorreram 192.29 acidentes nas rodovias federais, envolvendo 106.688 feridos e 8.663 mortos. Este estudo, também verificou que 45,82% dos acidentes com vítimas ocorridos no ano de 2011, foram durante o período noturno, seu início ou término. No ano anterior, 2010, este número foi de 46,08% (BRASIL, 2011).

A análise dos dados absolutos, do ano de 2011 em relação a 2004, ano em que ocorreu o estudo desenvolvido pelo IPEA, revela um aumento de 71% na quantidade de acidentes, 61% na quantidade de vítimas e 42% na quantidade de vítimas fatais.

Outra característica verificada foi a condição de luminosidade dos acidentes. Verificou-se que 45,82% dos acidentes com vítimas ocorridos no ano de 2011, foram durante o período noturno, seu início ou término. No ano anterior, 2010, este número foi de 46,08% (BRASIL, 2011).

Estima-se que o atendimento adequado realizado no tempo-resposta adequado poderia reduzir extremamente os prejuízos sociais e financeiros decorrentes da vitimização no trânsito - ponto em que o helicóptero aeromédico assume indubitável importância.

Considerando as características dos acidentes de trânsito e sua representatividade no cenário econômico-social, verifica-se que o uso de aeronaves de asas rotativas poderia reduzir extremamente os danos decorrentes, com impactos de redução das sequelas de produtividade, atendimento e tratamento de vítimas, além de redução das consequências não mensuráveis de estabilização da vida social, ou seja, pelo aspecto subjetivo de interferência na vida social e familiar (perda/sequelas de entes familiares ou de relação social).

4.5 A Operação Aeromédica na Polícia Rodoviária Federal - Caso Base Santa Catarina

O Departamento de Polícia Rodoviária Federal, historicamente relacionado à defesa da vida nas rodovias brasileiras tem suas incumbências definidas pela Portaria do Ministro

de Estado da Justiça N° 1.375, de 2 de agosto de 2007, publicada no Diário Oficial de 06 de agosto de 2007 (BRASIL, 2007). Entre elas estão:

Art. 1º (...)

IV - planejar e executar os serviços de prevenção de acidentes e atendimento a vítimas nas rodovias e estradas federais; (BRASIL, 2007).

A competência para propiciar o devido desenvolvimento da atividade de salvamento de vítimas constitui uma das principais atribuições de atuação da Polícia Rodoviária Federal, como reforça o inc. IV do art. 1º do Decreto n° 1655, de 3 de outubro de 1995:

Art. 1º À Polícia Rodoviária Federal, órgão permanente, integrante da estrutura regimental do Ministério da Justiça, no âmbito das rodovias federais, compete:

IV - executar serviços de prevenção, atendimento de acidentes e salvamento de vítimas nas rodovias federais;

Verifica-se ainda que a norma legal superior, caracterizada pela Lei n° 9.503, de 23 de setembro de 1997, estabelece à incumbência primordial da Polícia Rodoviária Federal, no âmbito das rodovias estradas federais, envolvendo o atendimento, socorro e salvamento de vítimas, da seguinte forma:

Art. 20. Compete à Polícia Rodoviária Federal, no âmbito das rodovias e estradas federais:

(...)

IV - efetuar levantamento dos locais de acidentes de trânsito e dos serviços de atendimento, socorro e salvamento de vítimas; (BRASIL, 1997)

A Divisão de Operações Aéreas - DOA do Departamento de Polícia Rodoviária Federal - DPRF, criada em 30 de junho de 1999, através da Portaria n° 308 do Senhor Ministro de Estado da Justiça, (BRASIL, 1999) está subordinada à Coordenação-Geral de Operações - CGO, tendo sua sede central localizada no Aeroporto Internacional de Brasília - Presidente

Juscelino Kubitschek, em Brasília/DF.

Dentre as atividades de suporte aéreo em atendimento aeromédico desenvolvidas, estão:

TABELA 4.2: Atividades Desenvolvidas com Resgate Aeromédico pela DOA-DPRF.

| TIPO | DESCRIÇÃO |
|---|--|
| Apoio Aeromédico | Voo visando resgatar vítima, em conjunto com as equipes de saúde, prestando suporte vital básico, contudo, sem efetuar o traslado até uma instalação de emergência. A vítima não é embarcada na aeronave. |
| Busca e Salvamento (SAR) | Voo para procurar pessoas e animais que estão desaparecidas devido a desorientação, acidentes ou qualquer outro fato que justifique o emprego de aeronave para a sua localização e remoção, seja em ambientes aquático, elevado ou terrestre, nos perímetros urbano ou rural. |
| Remoção Aeromédica | Voo de traslado de paciente em estado de alto risco de morte até uma instalação de atendimento de emergências médicas, submetido a cuidados inerentes ao suporte vital básico, com o devido acompanhamento de profissionais da área médica (médico ou enfermeiro). |
| Resgate Aeromédico | Voo de transporte de paciente em estado de alto risco de morte até uma instalação de atendimento de emergências médicas, submetido a cuidados inerentes ao suporte vital básico, sem acompanhamento de profissionais da área médica (médico ou enfermeiro). |
| Salvamento em Ambiente Terrestre | Voo para salvamento de pessoa lesionada ou submetida a risco de lesões e morte em ambiente terrestre localizado (zonas urbanas e rurais), que esteja limitada ou impedida de retornar ao estado de segurança e livre locomoção por meios próprios. |
| Salvamento em Ambiente Elevado (Altura) | Voo para salvamento de pessoa lesionada ou submetida a risco de lesões e morte em ambiente elevado localizado (prédios, elevações naturais e artificiais, árvores etc.), que esteja limitada ou impedida de retornar ao estado de segurança e livre locomoção por meios próprios. |
| Salvamento em Ambiente Líquido | Voo para salvamento de pessoa lesionada ou submetida a risco de lesões e morte em ambiente líquido (mar, rio, lagos, lagoas, açudes, represas, reservatórios etc.), que esteja limitada ou impedida de retornar ao estado de segurança e livre locomoção por meios próprios. |
| Transporte de Órgãos e Tecidos | Voo de traslado de equipe médica para captação, retirada e traslado de órgãos ou tecidos para a realização de transplante. |
| Transporte de Mantimentos e Remédios | Voo para traslado de carga de mantimentos, remédios, equipamentos, ferramentas e outros objetos necessários para atendimento, socorro de pessoas e intervenção em áreas afetadas por grandes catástrofes naturais ou acidentes de grande propagação (seca, enchentes, terremotos, maremotos, rompimento de represas etc.) |
| Transporte de Voluntários | Voo para transporte de pessoas voluntárias; técnicos; funcionários da União, Estados ou Municípios para atendimento, socorro de pessoas e intervenção em áreas afetadas por grandes catástrofes naturais ou acidentes de grande propagação (seca, enchentes, terremotos, maremotos, rompimento de represas etc.) evoluindo para um voo de resgate ou transporte. |

Desde sua criação, a DOA já realizou mais 40.000 horas de voo (BRASIL, 2011) e, atualmente, gerencia quatro bases descentralizadas localizadas nos estados de Santa Catarina, Pernambuco, Paraná e Rio Grande do Sul. A DOA-DPRF possui doze aeronaves e 68 tripulantes, abaixo relacionados e assim distribuídos:

TABELA 4.3: Aeronaves/Tripulações da DOA-DPRF.

| | DOA/DF | BASE/SC | BASE/NE | BASE/PR | BASE/RS | TOTAL |
|---------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|
| AVIÃO Seneca III | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| BELL 412EP | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| BELL 407 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| EC 120B(<i>COLIBRI</i>) | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 |
| PILOTOS | 15 | 2 | 9 | 8 | 4 | 38 |
| OPERADORES | 9 | 5 | 8 | 7 | 1 | 30 |

A DOA atua no estado de Santa Catarina desde o ano de 2000. No início, a base atuava de forma sazonal em apoio às “Operações Verão”, desenvolvidas entre os meses de novembro a março devido ao aumento do volume de trânsito nas rodovias, especialmente por causadas festas de final de ano e férias escolares, além do aumento do volume de trânsito de veículos e turistas nas rodovias federais e imediações.

A partir de abril de 2002, a base da DOA no estado de Santa Catarina iniciou a operação continuada de uma aeronave modelo Bell 407, configurando no surgimento da primeira base descentralizada da Polícia Rodoviária Federal, contando com 04 pilotos e 02 operadores, realizando, dentre outras missões: apoio a acidentes de trânsito (516), remoções de vítimas e pacientes hospitalares (368), atendimento a casos clínicos (256) e traumáticos (159), conforme a Figura 4.1 (BRASIL, 2011).

Desde dezembro de 2005, as tripulações da base de Santa Catarina passaram a atuar

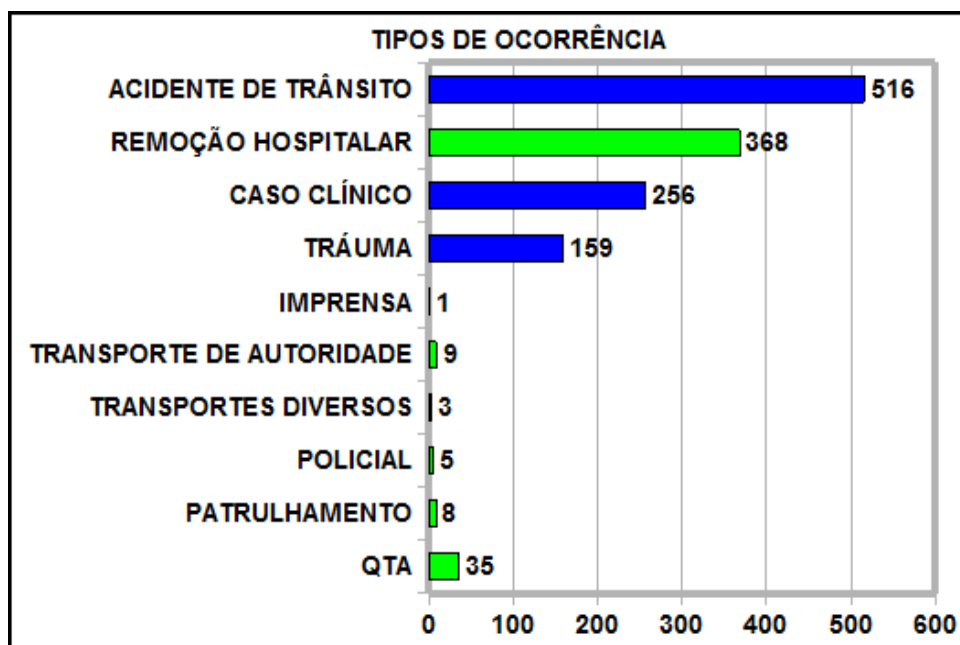


FIGURA 4.1 – Distribuição dos tipos de ocorrência DOA/SC.

em conjunto com profissionais do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência - SAMU através do Acordo de Cooperação Técnica nº 004/2004, firmado entre o Ministério da Justiça e o Ministério da Saúde, no qual a DOA disponibiliza seus helicópteros modelo Bell 407 e suas tripulações para o serviço de socorro a vítimas de toda gama de acidentes e ocorrências, bem como em transportes de pacientes da rede pública de saúde, enquanto que o Ministério da Saúde disponibiliza os profissionais de saúde e o ressarcimento de parcela dos recursos envolvidos na operação.

O convênio com o SAMU, em virtude da composição da equipe com médico e enfermeiro, possibilita um atendimento humanizado, especializado e de alto índice técnico, garantindo aos pacientes ou vítimas maiores chance de sobrevivência.

As vítimas de acidentes de trânsito são previamente atendidas nos próprios locais das ocorrências, nas rodovias ou suas imediações, por pessoal altamente capacitado, de forma a estabilizar o paciente para a remoção a local com maiores suportes de atendimento e a reduzir o tempo-resposta.

Devido ao padrão adotado pela DOA e em virtude da ausência de equipamentos específicos de suporte ao voo noturno, ou seja, de acessórios que aumentem o grau de segurança operacional à noite, os atendimentos são restritos ao período diurno, no horário entre o nascer e o por do sol.

Além dos atendimentos aos acidentes de trânsito nas rodovias federais, as equipes atendem ocorrências excepcionais em diversas localidades sob a abrangência da atuação da aeronave e realizam as remoções aeromédicas, as quais provem aos pacientes o atendimento médico nos centros de referência.

Essas ocorrências, devido a sua urgência, demandam que a aeronave e sua tripulação realize pousos em locais restritos, como apresentado na Figura 6.1, na presença de fios e diversos obstáculos; em terrenos inclinados ou alagadiços; sob a influência de rajadas de vento, e inclusive com a existência de animais e/ou populares desavisados, definindo assim as qualidades de pilotagem como fator preponderante para a segurança e cumprimento efetivo da missão, considerando a necessidade de realização de manobras agressivas e ágeis, evitando uma colisão ou acidente.

Em decorrência do aumento da quantidade de acidentes nas rodovias federais, o DPRF pretende realizar uma ação com o objetivo de reduzir a quantidade de vítimas dos acidentes. Essa ação inclui o aumento da quantidade de aeronaves para o atendimento de resgate aeromédico às vítimas de acidentes e remoções aeromédicas.

As operações realizadas na base de Santa Catarina ainda contempla uma gama de variáveis que interferem na qualidade de pilotagem e nas condições de sustentabilidade da operação, pois as ações são principalmente desenvolvidas nas rodovias federais BR101 (longitudinal litorânea) e BR282 (transversal), com variações de temperatura que vão de 5°C negativos no inverno a 42°C positivos no verão, todos com alto grau de umidade



FIGURA 4.2 – Aeronave no local de pouso para atendimento (DOA, 2012).

relativa média. O ambiente operacional ainda contempla a interferência de ventos de costa, ocorrência de anti-ciclones subtropicais, *wind shear*, convecção natural, *donwburst*, turbulências orográficas e mecânicas, maresia e atuação da salinização.

Os voos são frequentemente realizados sobre o mar no intervalo entre o continente e a capital do Estado, assim como são prestados diversos apoios em resgates marítimos.

A Camada Limite Atmosférica (CLA) é um termo utilizado para descrever a camada com influência direta do relevo, o qual provoca atrito com o movimento do ar. Nesta parte mais importante da troposfera, ocorrem diversos fenômenos, entre eles os acima descritos que influenciam diretamente as qualidades de pilotagem.

A CLA tem grande influência nas atividades aéreas, pois muitos acidentes aeronáuticos acontecem sob ação direta dos fenômenos meteorológicos ali ocorridos, uma vez que a

grande maioria dos voos são nela realizados. Por estar mais próxima à superfície, é a que mais interage nestes termos, sofrendo a interferência direta dos efeitos desta proximidade.

Os acionamentos da aeronave normalmente são realizados com o mínimo de informações, o que demanda uma carga de trabalho adicional do piloto diante da necessidade de “traduzir” as informações repassadas pelos centros de operação para informações úteis à navegação aérea entre a base de acionamento e o local do atendimento.

Tais condições peculiares de operação aeromédica no Estado de Santa Catarina possibilitam uma melhor definição das condições diversas e reias enfrentadas por uma aeronave e tripulação na missão de resgate e atendimento, possibilitando uma variação considerável na avaliação das qualidades de voo.

Assim, um programa de avaliação das qualidades de voo poderia contribuir no desempenho da missão e na melhoria da segurança operacional no sentido de propiciar uma redução da carga de trabalho da tripulação com a definição das características específicas aliadas ao melhor equipamento adequado.

5 Fatores de Referência para Avaliação

A avaliação das qualidades de pilotagem necessita de uma clara definição dos fatores que serão analisados nos respectivos ensaios e estão fixados na ADS-33-E-PRF. Sua aplicação está definida para o meio militar, e o uso de aeronaves civis neste meio denota um elo importante. Verificar-se-á, também, os principais requisitos de certificação para as aeronaves civis.

5.1 Avaliação das Qualidades de Pilotagem

As qualidades de pilotagem são o resultado do conceito de controle em malha fechada (“*closed loop*” ou “*pilot-in-the loop*”), onde o piloto efetivamente atua nos comandos de voo para realizar uma tarefa desejada (FIGURA 2.8). As características de estabilidade e controle afetam diretamente as qualidades de pilotagem, uma vez que ligam os comandos de voo da cabine às características de resposta aerodinâmica que o piloto deseja controlar. Dessa forma, pode-se dizer que as qualidades de pilotagem constituem o resultado final, perceptível para o piloto, sobre o quão fácil e preciso uma aeronave é comandada para realizar as tarefas de uma missão.

5.2 As Características Dinâmicas do Helicóptero

O termo 'estabilidade' é usado para descrever o comportamento de uma aeronave após ter sido perturbada a partir de uma condição de equilíbrio. A estabilidade estática de uma aeronave é definida pela direção e intensidade da tendência inicial de retornar à posição de equilíbrio quando levada para fora desta situação por uma perturbação qualquer (CRUZ, 2009).

Define-se 'estabilidade dinâmica' como a resposta temporal da aeronave, após a sua reação inicial a uma perturbação da condição de voo estabilizada sem que haja interferência do piloto. A estabilidade dinâmica trata, então, da forma de resposta em função do tempo, desde que esta seja inicialmente estável ou, no limite, neutra.

Se o sistema receber uma perturbação inicial e continuar sem oscilação, a resposta é do tipo aperiódica amortecida. Esse tipo de resposta indica estabilidade estática positiva pela tendência inicial de retornar a posição de equilíbrio e estabilidade dinâmica positiva pela diminuição da amplitude com o tempo.

Do ponto de vista da certificação civil, constata-se que os regulamentos para a homologação aeronáutica adotados pelo Brasil são dois: a) para helicópteros leves o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil - RBAC 27 ou *Federal Aviation Regulation* (FAR) 27, já que utiliza-se o próprio texto do regulamento americano internalizado e; b) para helicópteros de transporte o RBAC 29, ou FAR 29,

O FAR 29, parágrafo 181, exige, para os helicópteros com pesos superiores a 6.000 lb, que qualquer oscilação de curto-período entre a velocidade recomendada de subida (V_y) e a velocidade a não ser excedida (V_{NE}) seja amortecida (FAA, 2008a).

Além desse requisito, o apêndice B do FAR 29 estabelece requisitos de

aeronavegabilidade para a condição de voo por instrumentos de helicópteros, relacionados aos períodos e às razões de amortecimento desses movimentos dinâmicos que devem ser cumpridos.

- Os requisitos civis de controlabilidade e manobrabilidade são descritos no parágrafo 143 do FAR 27 (FAA, 2008), da seguinte forma:

27.143 - Controlabilidade e manobrabilidade.

(a) O helicóptero deve ser controlável e manobrável com segurança:

- (1) Durante o voo estabilizado; e
 - (2) Durante qualquer manobra apropriada ao tipo incluindo:
 - (i) Decolagem;
 - (ii) Subida;
 - (iii) Voo nivelado;
 - (iv) Voo em curva;
 - (v) Descida;
 - (vi) Pouso (com e sem potência); e
 - (vii) Arremetida de uma aproximação em autorrotação abortada.
- (...)

(e) O helicóptero, após:

(1) falha de um motor no caso de helicóptero multimotor que satisfaz os requisitos de Transporte Categoria A de isolamento dos motores, ou

(2) falha total de potência no caso dos monomotores deve ser controlável sob toda a gama de velocidades e de atitudes para as quais a certificação é requerida quando essa falha de potência ocorrer com a potência máxima contínua e massa crítica. O tempo de reação para qualquer condição subsequente a uma falha de motor não pode ser menor que:

- (i) Um segundo, ou o tempo normal de reação do piloto (o que for maior) para a condição de voo de cruzeiro;
- (ii) O tempo normal de reação do piloto para qualquer outra condição de voo.

(f) Para helicópteros para os quais uma VNE sem potência tenha sido estabelecida, a conformidade com os requisitos seguintes deve ser demonstrada com massa crítica, centragem crítica e rotação crítica do rotor principal:

(1) Depois de o último motor em operação ser tornado inoperante na VNE com potência, deve ser possível reduzir, com segurança, a velocidade do helicóptero para a VNE sem potência sem exigir habilidade excepcional de pilotagem.

(2) A uma velocidade igual a 1.1 VNE sem potência a margem de controle de cíclico deve permitir controle satisfatório de arfagem e de rolamento em voo sem potência.

Basicamente, deve ser demonstrado que o helicóptero possui margem de comando suficiente nas condições mais críticas de velocidade, peso, Centro de Gravidade (CG) e regime de potência. Como critério geral, uma margem de 10% antes dos batentes físicos dos comandos, na condição de voo mais crítica, é normalmente aceita nos requisitos de manobrabilidade, porém, margens menores podem ser aprovadas em função dos momentos de controle por elas geradas.

Ainda, o FAR 27, na sua Subparte B - Voo descreve:

Desempenho

(...)

27.75 Pouso

(a) Deve ser possível pousar o helicóptero sem aceleração vertical excessiva, sem tendência a pilonar, capotar, tombar e sem exigir habilidade excepcional de pilotagem, ou condições excepcionalmente favoráveis, com:

(1) Velocidade ou ângulo de aproximação apropriado ao tipo de helicóptero;

(2) Aproximação e pouso feitos com:

(i) Motor inoperante, para helicópteros monomotores; e

(ii) Para multimotores, um motor inoperante e com cada motor remanescente dentro dos limites operacionais aprovados; e

(3) A aproximação e o pouso partindo do voo estabilizado em autorrotação.

Características de Voo

27.141 Geral

O helicóptero deve:

(a) Exceto como especificamente requerido na seção aplicável, satisfazer os requisitos de características de voo desta subparte:

- (1) Para as altitudes e temperaturas esperadas em operação;
 - (2) Sob qualquer condição crítica de carregamento dentro das faixas de pesos e de centragem para as quais a certificação é requerida;
 - (3) Para operação com potência, sob qualquer condição de velocidade, potência e rotação do rotor para as quais a certificação é requerida;
 - (4) Para operação sem potência sob qualquer condição de velocidade e de rotação do rotor para as quais a certificação é requerida;
- (b) Ser capaz de manter qualquer condição de voo requerida e fazer uma transição suave de qualquer condição de voo para qualquer outra condição de voo sem exigir habilidade excepcional de pilotagem, estado de alerta ou nível de esforço, e sem risco de exceder o limite de fator de carga sob qualquer condição de operação provável para o tipo, incluindo:
- (1) Falha súbita de um motor para multimotor;
 - (2) Falha súbita e completa de potência para os outros helicópteros;

PADFIELD (2007) relaciona as principais deficiências de qualidades de voo do helicóptero da seguinte forma:

1. Impureza da resposta primária em todos os eixos, isso é, tipicamente uma mistura de atitude e taxa de comando com uma significativa variação do pairado para a alta velocidade;
2. Fortes cruzamentos acoplados em todos os eixos;
3. Degradação da qualidade de resposta nos limites do envelope de voo e a falta de qualquer função de manipulação despreocupada natural, por exemplo, a capacidade aerodinâmica do rotor exceder a capacidade estrutural; e
4. O rotor apresenta um significativo filtro para o controle de grandes larguras de banda.

O conceito de manipulação despreocupada, citado no item 3 acima, vem sendo uma realidade em aeronaves de asas rotativas a partir do projeto do Osprey V-22, provendo alívio de cargas estruturais através do emprego de sistema de controle, por exemplo o

sistema *fly-by-wire*. (PADFIELD, 2007)

A combinação destas características sempre demandaram grandes habilidades dos pilotos de helicópteros, juntamente com as demandas para longas operações, em más condições de tempo e visibilidade e a necessidade de reduzir a tarefa de pilotagem, levando ao desenvolvimento de requisitos essenciais para estabilidade e melhorias do controle.

Associada a essas características consideramos a combinação da deficiência na dinâmica da aeronave, a necessidade do piloto de monitorar cuidadosamente os parâmetros críticos quando da proximidade dos limites do envelope de voo, as péssimas referências visuais do lado de fora da aeronave, os grandes ângulos de atitude da aeronave e o stress total do piloto induzido pelas necessidades de voar numa rota de voo altamente restrita e bem próxima ao solo ou de obstáculos levando a situações extremas e elevados níveis de carga de trabalho dos pilotos.

Fator Agilidade

Desempenho, confiança, conforto e funcionalidade foram as diretrizes para o desenvolvimento de helicópteros e, por muitos anos, qualidades de pilotagem foram uma parte do produto alheia ao projeto, com deficiências compensadas pelos pilotos altamente treinados e com uma atitude de poder fazer a manobra ou de cumprir a missão.

Assim, para o impacto das qualidades de pilotagem na agilidade, uma definição utilizável é: “a habilidade de adaptar e responder rapidamente e precisamente com segurança e com equilíbrio, à máxima efetividade da missão.” (PADFIELD, 2007)

A questão é como a agilidade estaria relacionada às qualidades de pilotagem. Uma interpretação pode ser configurada que a agilidade é, de fato, uma qualidade de pilotagem - isso é auxiliado pelo conceito de fator de agilidade. Se o desempenho usado numa MTE

em particular pode ser normalizado pelo desempenho disponível na aeronave, então, no limite, essa taxa revelaria a extensão utilizável do desempenho da aeronave (PADFIELD, 2007).

Um modo mais conveniente de computar este fator é tomar a taxa do tempo teórica ideal da tarefa e comparar com o tempo da tarefa alcançado. O tempo ideal é computado baseado na suposição de que o tempo para a aceleração máxima é zero. Então, no deslocamento lateral, ou em qualquer manobra similar de translação lateral, por exemplo, as mudanças no ângulo lateral são alcançadas instantaneamente. Em uma manobra puramente de mudanças de atitude e parada, a taxa de rotação seria supostamente instantânea (PADFIELD, 2007).

O piloto pode meramente alcançar o nível de desempenho adequado mesmo que com considerável carga de trabalho. Estes testes devem ser conduzidos em um ambiente controlado, com parâmetros de solo bem definidos e realizados por pilotos de testes habilidosos, com treinamento e que avaliem valendo-se de padrões medianos de proficiência, de forma que os testes tenham validade.

Numa situação no mundo real, a carga de trabalho aumentada pelas diversas outras atividades e as incertezas das rápidas mudanças de circunstâncias iriam inevitavelmente levar a maiores perdas de agilidade e ao aumento dos riscos da operação.

O Fator Carga de Trabalho do Piloto

Os atributos principais da agilidade são velocidade e precisão, e tudo pode ser perdido pelo aumento das dificuldades da situação operacional. Não somente as pressões pelo tipo de missão e tempo disponível, mas também as condições atmosféricas (por exemplo, rajadas de vento) e UCE, afetarão significativamente o fator agilidade e o HQR alcançados.

Em muitos casos há uma forte correlação entre o tipo de controle usado na atividade do piloto, ou seja, as dificuldades da tarefa e a avaliação do piloto, e, em alguns destes casos, o nível de controle da atividade pode se relacionar com a carga de trabalho do piloto.

Há um ponto no qual a carga de trabalho aumenta significativamente, correspondendo talvez a PIO nos controles da aeronave (PADFIELD, 2007).

Na tentativa de cumprir a tarefa, a capacidade de pilotagem pode não mais correlacionar-se com a carga de trabalho exigida, e a estratégia de controle da aeronave torna-se deficiente, frequentemente refletindo em confusão e uma queda súbita na atuação do piloto, com características lineares, levando ao erro na execução da tarefa.

A detecção de quedas súbitas iniciais é importante para se estabelecer limites de qualidades de pilotagem e também para dar ao piloto avisos prévios de uma situação de carga de trabalho potencialmente alta.

Pesquisas neste campo ainda são relativamente imaturas, e a maioria dos experimentos conta pesadamente com a opinião subjetiva do piloto (PADFIELD, 2007).

5.3 Aeronaves *Commercial-Off-the-Shelf*

A aviação de segurança pública é um setor aéreo que utiliza aeronaves na luta contra eventos desfavoráveis (LIMA, 2012). Dentre as aeronaves em operação, verifica-se a utilização de produtos e partes disponíveis no mercado, a qual, por definição, chamamos de *Commercial Off-The-Shelf* (COTS), que tem sido uma estratégia recorrente utilizada pelas empresas, órgãos de Segurança Pública e Forças Armadas.

Esse conceito é aplicado como uma forma de minimizar os custos atrelados, principalmente, à pesquisa e ao desenvolvimento de novos produtos, com impactos na sua reposição e manutenção. Segundo PADFIELD (2007), grande parte (cerca de 65%) do custo do ciclo de vida de uma aeronave é comprometido durante a fase de definição e concepção de um novo projeto.

O *Department of Defense* (DoD), alinhado à essa ideia, também mantém programas para utilização deste tipo de aeronave. Dentre eles o *Light Utility Helicopter* (LUH), pelo qual o Exército dos EUA está adquirindo 345 helicópteros modelo Lakota (UH-72A) até o ano de 2016. Essa aeronave é a versão militar do helicóptero EC-145 (BK117C2), da empresa Eurocopter, (THURGOOD; BURKE, 2010), e a evolução da configuração mista da célula da aeronave EC135 com os demais componentes originários do BK117 - o que demonstra o impacto e a necessária economia dos custos de concepção e projeto de uma aeronave totalmente nova.

Assim aeronaves COTS agregam valor para o DoD em três áreas principais:

- 1) O investimento no produto é suportado pela indústria, e pela demanda do projeto comercial;
- 2) As aeronaves COTS estão adequadas as atuais tecnologias, pois tem seus projetos desenvolvidos para as necessidades atuais do mercado, permitindo uma melhor adequação tecnológica da aeronave devido ao menor espaço de tempo entre a fase de definição e o produto final; e
- 3) A difusão do risco: a aeronave militar, quando tem seu projeto empregado exclusivamente pelas forças armadas, está mais suscetíveis às interrupções da cadeia de suprimentos do que aquelas que estão inseridas em vários segmentos de mercado.

O helicóptero UH-72A “Lakota” se apresenta como uma recente e bem sucedida

estratégia de aquisição realizada pelo *U.S. Army* para o cumprimento de missões militares, aproximadas em conceito das missões desempenhadas pela aviação de segurança pública. As aeronaves da categoria COTS têm sido amplamente adquiridas e operadas como uma ferramenta eficiente nas ações de segurança pública (LIMA, 2012).

O UH-72A está substituindo o envelhecimento UH-1 “Huey” e OH-58A /C “Kiowa” que estão chegando ao fim de sua vida útil. O LUH é empregado para atender as missões de treinamento, resgate aeromédico, atendimento em desastres naturais, repressão ao tráfico de drogas, entre outras (THURGOOD; BURKE, 2010).

Os empregos de uma mesma plataforma nas operações militares e da aviação de segurança pública denotam um importante elo a ser analisado. Inclusive no Brasil já podemos contar com a experiência de aeronaves militares sendo usadas em missões de segurança pública, como os helicópteros operados pela Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro e pela Polícia Civil do Estado do Rio de Janeiro, que utilizam aeronaves Bell Huey II (resultante da modernização de aeronaves UH-1H) com sucesso em suas atividades.

Considerando a proximidade em conceito das operações desenvolvidas e o uso de uma mesma plataforma de aeronave COTS pelas forças armadas e pela aviação de segurança pública, podemos presumir a necessidade das mesmas qualidades de pilotagem, para os mesmos MTEs, porém em segmentos distintos de aviação.

As qualidades de pilotagem orientadas à missão levam em conta quatro elementos fundamentais - a missão e as tarefas de pilotagem; o ambiente operacional; a dinâmica da aeronave e o envelope operacional de voo; e o piloto e a interface piloto-veículo.

Verificamos assim que as missões definidas para as aeronaves LUH e da aviação de segurança pública são idênticas, por exemplo, no resgate aeromédico e em operações

utilitárias. Os ambientes em que ocorrem também apresentam características muito semelhantes, por exemplo, o apoio a desastres naturais ou repressão ao tráfico de drogas e regiões de conflito.

Assim, podemos concluir que, considerando o emprego das aeronaves nas mesmas exigências para o tipo de missão e o ambiente, a aplicação de procedimentos de avaliação de qualidade de pilotagem e de voo (como a ADS-33-E-PRF) nas operações da aviação de segurança pública, em especial quanto ao resgate aeromédico, terão a mesma configuração e resultado das operações militares definidas por *utility*, conforme será abordado no próximo capítulo.

6 *Aeronautical Design Standard* - ADS-33

Como visto no capítulo anterior, podemos assumir a ADS-33 como base metodológica de avaliação de qualidades de pilotagem para a aviação de asas rotativas da segurança pública brasileira. Partindo dessa premissa, verificaremos as características e a metodologia dessa norma.

6.1 ADS-33 e suas características

Em meados dos anos 1970, os especialistas envolvidos na avaliação das qualidades de pilotagem sabiam que uma nova metodologia seria necessária para avaliar as aeronaves de asas rotativas devido ao avanço tecnológico imprimido nesses equipamentos. Por exemplo, na metodologia que estava sendo usada, a avaliação da estabilidade estática longitudinal empregava o deslocamento do comando cíclico para avaliar o gradiente de velocidade (HANKS; HAM, 1992).

A nova especificação ofereceu modernos e mais sofisticados métodos para testar e descrever muitos aspectos de qualidades de pilotagem dos helicópteros. Por exemplo, o conceito UCE é particularmente útil, uma vez que determina o nível de aumento da carga

de trabalho necessária para uma aeronave, com base no ambiente visual em que ele vai voar e os elementos da missão que são solicitados a executar. Assim, podemos prever que a aeronave é feita sob medida para a missão que vai cumprir.

O processo é mostrado na Figura . Em geral, quanto mais degradado os sinais visuais, maior é o nível de aumento das qualidades de pilotagem necessárias para o cumprimento da missão. A norma adiciona a especificação orientada à missão como uma métrica fundamental para lidar com a determinação das qualidades de pilotagem. As combinações das pesquisas baseadas em dados de voo e simulações geraram um conjunto significativo de dados sobre quais os critérios foram baseados.

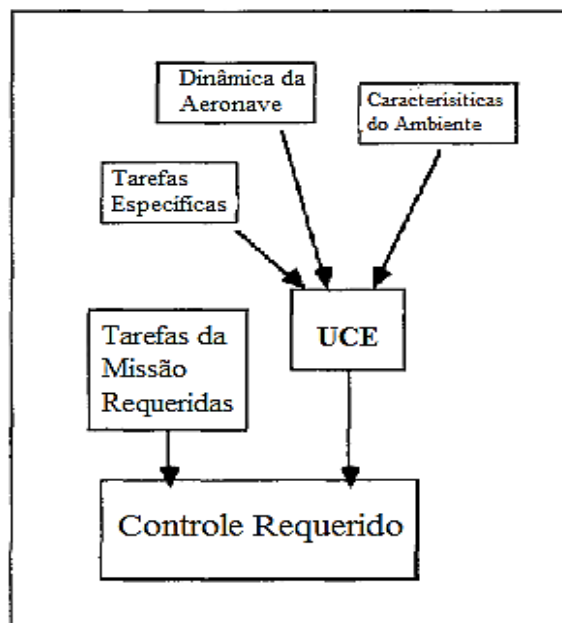


FIGURA 6.1 – UCE Determinação e Uso. Adaptado de (Hanks; Ham, 1992)

A ADS-33 não produziu apenas critérios baseados em um banco de dados substancial de investigação, mas também introduziu diversos conceitos que revolucionaram o tema da manipulação qualidades especificação, projeto, teste e avaliação. Inovações incluem (MITCHELL, 2004):

- 1) Método empírico para determinar a qualidade de pistas visuais, atualmente disponíveis no projeto, quando no ambiente operacional (UCE);
- 2) Relação de tarefas, MTEs apropriados para cada categoria de helicóptero, por exemplo, escolta, ataque, utilidade, de carga interna e com cargas externas;
- 3) Descrição de cada MTE com suficiente detalhamento para que ela seja usada por pilotos de teste em avaliações formais, que incluem os objetivos da avaliação das tarefas, as manobras necessárias, o desenvolvimento do ensaio adequado às referências em terra, e os desejados padrões de desempenho;
- 4) Estabilidade ou os requisitos de estabilização que são classificados de acordo com o ambiente visual que será encontrado (UCE);
- 5) Controle e os requisitos de manobra que dependem do MTE aplicável;
- 6) Novos parâmetros para a especificação exigida de resposta de curto prazo para o controle de banda larga;
- 7) Novos parâmetros para a especificação exigida para a resposta moderada e de grande amplitude do poder de controle e rapidez de atitude; e
- 8) Novos parâmetros para a especificação de acoplamento cruzado permitido pitch-roll durante manobras agressivas.

As descrições de cada um destes tópicos estão contidas na ADS-33-E-PRF e os dados e fundamentações estão nas BIUG.

6.2 Estrutura da ADS-33

A estrutura de ADS-33 é indicada na Figura , adaptando os requisitos para aplicação a um helicóptero específico, sendo realizada conforme alguns passos. A norma apresenta duas estratégias para avaliação das qualidades de pilotagem de helicópteros. A primeira forma de se avaliar consiste em identificar as respostas dinâmicas do veículo após ter sido submetido a manobras específicas, para então comparar as respostas reais com aquelas que, idealmente, são de um helicóptero que é capaz de cumprir a tarefa em análise. Esta primeira abordagem, denominada método fenomenológico (DE ALMEIDA, 2011), visa principalmente eliminar a subjetividade da opinião dos pilotos, quantificando aquilo que se considera o veículo ideal. Entretanto, o levantamento do modelo dinâmico do helicóptero, necessário para a comparação com o modelo ideal, é custoso e somente pode ser realizado com um complexo sistema de aquisição de dados instalado a bordo.

A segunda abordagem apresentada pela ADS-33 é conhecida como abordagem empírica (DE ALMEIDA, 2011) e enxerga a máquina a ser controlada como uma componente integral da avaliação, em que o piloto de testes realiza uma tarefa e atribui nota de acordo com o desempenho alcançado. Assim sendo, esta forma de abordar a avaliação é mais adequada que a primeira, fenomenológica, porque enxerga de uma melhor maneira as missões operacionais e o elemento humano que conduzirá o veículo.

As missões operacionais a serem desenvolvidas devem ser definidas pelo usuário e incluídas na especificação do sistema para o helicóptero. O conhecimento dessas missões operacionais é usado como uma base para a seleção das respectivas MTEs aplicáveis a partir de uma lista de MTEs existente. A especificação do sistema deve também ter definido o ambiente operacional desejado, especificamente, o nível de visibilidade e luz e

a capacidade de desempenho dos auxílios visuais disponíveis (MITCHELL, 2004).

Também deve ser definido o grau desejado de capacidade dos instrumentos, como, por exemplo, o de condições meteorológicas e auxílio ao pouso em terreno inclinado. Assim que a adaptação do helicóptero for concluída com a inclusão dos itens, componentes, ou sistemas, serão definidas as normas aplicáveis a cada um dos respectivos instrumentos, itens, componentes ou sistemas, bem como ao seu conjunto ou subconjunto (MITCHELL, 2004).

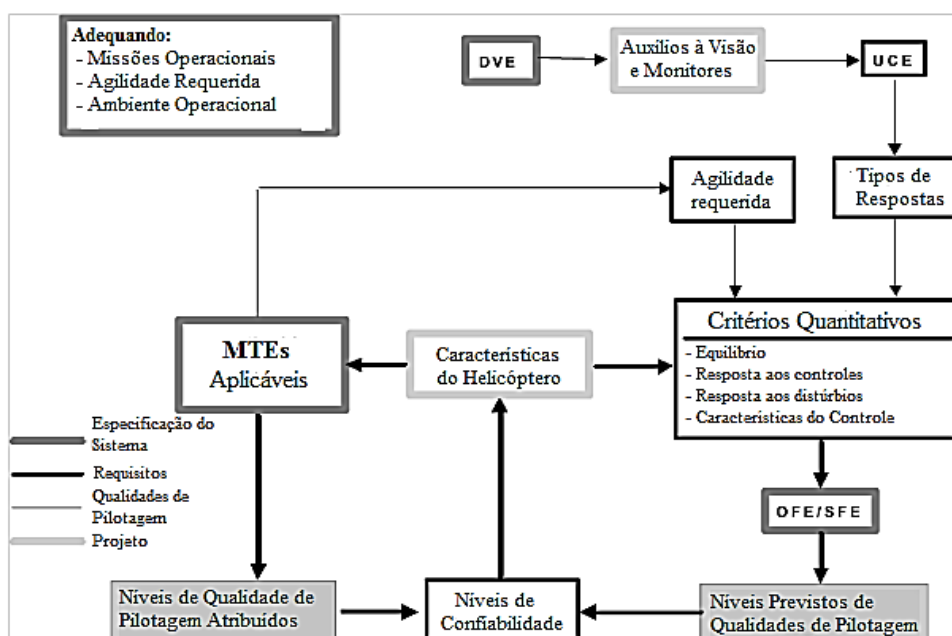


FIGURA 6.2 – Características da ADS-33-E-PRF. Adaptado de (MITCHELL, 2004).

Também deve ser definido o grau desejado de capacidade dos instrumentos, como, por exemplo, o de condições meteorológicas e auxílio ao pouso em terreno inclinado. Assim que a adaptação do helicóptero for concluída com a inclusão dos itens, componentes, ou sistemas, serão definidas as normas aplicáveis a cada um dos respectivos instrumentos, itens, componentes ou sistemas, bem como ao seu conjunto ou subconjunto (MITCHELL, 2004).

Esses procedimentos serão utilizados para a determinação do UCE utilizando os auxílios de visão previstos. Relacionado com a UCE estão os tipos de resposta necessários que definem a quantidade de estabilização requerida. ADS-33 faz uma conexão direta entre as MTES selecionadas e a agilidade necessária. A agilidade necessária são os tipos de resposta exigidos e juntos definem quais os limites das qualidades de pilotagem para os critérios de projeto e aplicação dos padrões de desempenho que devem ser atendidos.

O próximo passo no uso de ADS-33 é determinar como o projeto do helicóptero satisfaz os critérios de design para todo o OFE e SFE. Como os critérios quantitativos estão satisfeitos, podemos partir para uma determinação analítica, uma vez que as características básicas de controle aerodinâmico foram estimadas (MITCHELL, 2004).

Juntos, os critérios quantitativos e aerodinâmicos fornecem um nível estimativo das qualidades de pilotagem, portanto, a adequação com a norma ADS-33 pode estabelecer avaliações iniciais do processo de desenvolvimento, uma vez que o processo de design evoluiu para a simulação de pilotagem ou de voo. Uma amostra de pilotos de teste pode voar os MTEs aplicáveis e fornecer comentários de avaliação e tratamento das avaliações de qualidades de pilotagem.

Os resultados destas avaliações fornecem um nível atribuído de qualidade de pilotagem. Até o momento o helicóptero está pronto para análise da verificação dos sistemas, o projetista deve ter feito avaliações analíticas e de simulação, apoiado em dados de voo, do OFE e limites do SFE que devem ser definidos e correlacionados com os limites estruturais e aerodinâmicos.

Margens entre o OFE e os limites do SFE serão avaliadas, e as devidas precauções e advertências desenvolvidas. Os modos de falha e análise dos efeitos serão realizados e as qualidades de pilotagem associadas às condições de falha que tiverem sido identificadas

serão avaliadas de acordo com os requisitos de confiabilidade definidos.

A ADS-33 foi aplicada ao projeto do Helicóptero Leve de Ataque (LHX) do Exército dos EUA. Através dela foi fornecida uma valiosa base de dados para trabalhar com as qualidades de pilotagem dos projetos. Durante as fases de detalhamento e desenvolvimento do projeto, o vencedor foi o Comanche RAH-66. Os especialistas em qualidades de pilotagem da época concederam à ADS-33-E-PRF um alto nível de credibilidade ao fazerem alterações no projeto que anteriormente teriam passado despercebidas (MITCHELL, 2004).

Inúmeras avaliações foram realizadas sobre vários helicópteros usando a ADS-33, em suas versões anteriores, respectivamente. A primeira avaliação foi uma extensa validação dos requisitos e efetividade da ADS-33 usando um moderno helicóptero de ataque, a avaliação do AH-64A, Apache (HANKS; HAM, 1992).

O segundo a ser conduzido foi a avaliação das simulações de qualidades para o programa de helicóptero leve do Exército dos EUA, *Light Helicopter* - LH. A ADS-33 formou a base dos requisitos das qualidades de pilotagem contidas nas especificações do LH (HANKS; HAM, 1992).

A terceira avaliação serviu para validar as técnicas de varredura de frequência e critérios no domínio da frequência, e para desenvolver o banco de dados de ensaios em voo, usando o OH-58D Kiowa (HANKS HAM, 1992).

O AH-64A e o OH-58D foram utilizados para avaliar a adequação e capacidade de teste da ADS-33, embora nenhuma aeronave foi desenvolvida para os seus rigorosos requisitos (HANKS HAM, 1992).

O helicóptero de estabilidade variável Bell 205A, aeronave que se encontrava localizada

no *Institute for Aeronautical Research*, em Ottawa, Canadá, foi particularmente adequada para avaliar essa especificação. Os parâmetros do nível 1 de HQR, podem ser programados no seu sistema de estabilidade variável para examinar o potencial deste nível. O desempenho usando padrões desejados e nível 2 de HQR também podem ser utilizado para examinar o desempenho das manobras com os padrões adequados (HANKS HAM, 1992).

Testes realizados pelo *Airworthiness Qualification Test Directorate - AQTD* do UH-60A Black Hawk avaliaram em severas tarefas usando baixas e normais acelerações, e os limites do envelope de voo para documentar o desempenho nas manobras.

A figura Figura apresenta a comparação dos testes acima citados. A análise da figura verificamos que os níveis de avaliação HQR, são discretos, e definidos entre os valores 1 e 3,5 para o nível 1 de HQR, 3,5 a 6,5 para HQR nível 2, e por último, o nível 3 até 10. Nas abscissas verificamos a descrição das MTEs que foram realizadas.

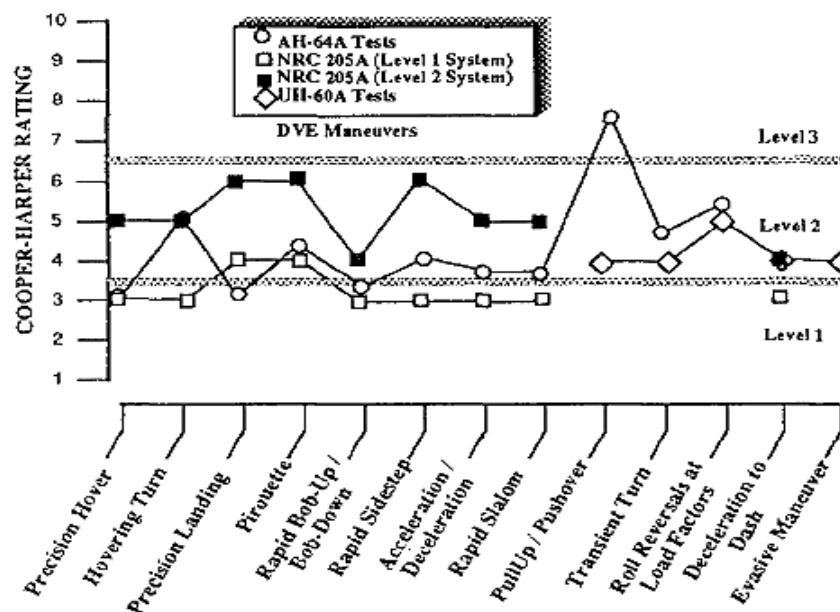


FIGURA 6.3 – Avaliação das Qualidades de Pilotagem (Hanks; Ham, 1992).

6.3 A Aplicabilidade da ADS-33-E-PRF como Processo de Qualidade de Pilotagem na Operação de HEMS na Segurança Pública

Na análise da ADS-33-E-PRF, verifica-se que a Tabela 6.1 (UNITED STATES, 2000) apresenta a relação das MTEs aplicadas com o padrão de performance apropriado.

Estas MTEs apresentam um largo espectro de utilização operacional pretendido pelas aeronaves, e na maioria dos casos, são selecionados para compor as especificações de qualidade de pilotagem para a maioria das aeronaves (UNITED STATES, 2000).

Assim, conforme já verificamos no Capítulo 5, as aeronaves utilizadas nas operações de segurança pública, especialmente nas operações de resgate aeromédico, guardam uma similaridade com as empregadas na categoria *utility*. Portanto podemos, devido a experimentada comprovação da ADS-33-E PRF, adotá-la como estrutura para a definição das MTEs para as aeronaves de segurança pública nas operações de resgate aeromédico, conforme a Tabela 6.1.?

TABELA 6.1: MTEs ADS-33-E-PRF (UNITED STATES, 2000).

| MTE | AGLIDADE REQUERIDA | CATEGORIA DA AERONAVE | | | | CARGA EXTERNA |
|------------------------------|--------------------|-----------------------|---------|------------|-------|---------------|
| | | ATAQUE | ESCOLTA | UTILITÁRIO | CARGA | |
| Tarefa em GVE | | | | | | |
| Pairado | Limitada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Pouso | Limitada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Pouso Inclinado | Limitada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Giro no Pairado | Moderada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Piruetas | Moderada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Manobra Vertical | Moderada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Decolagem Abortada | Moderada | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Reposição Lateral | Moderada | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| <i>Slalom</i> | Moderada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| <i>Vertical Remask</i> | Agressiva | ✓ | ✓ | | | |
| Aceleração e Desaceleração | Agressiva | ✓ | ✓ | | | |
| <i>Sidestep</i> | Agressiva | ✓ | ✓ | | | |
| <i>Deceleration to Dash</i> | Agressiva | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| <i>Transient Turn</i> | Agressiva | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| <i>Pullup/Pushover</i> | Agressiva | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| <i>Roll Reversal</i> | Agressiva | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| <i>Turn to Target</i> | Target | ✓ | ✓ | | | |
| <i>High Yo-Yo</i> | Target | ✓ | ✓ | | | |
| <i>Low Yo-Yo</i> | Target | ✓ | ✓ | | | |
| Tarefa em DVE | | | | | | |
| Pairado | Limitada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Pouso | Limitada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Giro no Pairado | Limitada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Piruetas | Limitada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Manobra Vertical | Limitada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Decolagem Abortada | Limitada | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Reposição Lateral | Limitada | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| <i>Slalom</i> | Limitada | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| Aceleração e Desaceleração | Limitada | ✓ | ✓ | | | |
| <i>Sidestep</i> | Limitada | ✓ | ✓ | | | |
| Tarefas em IMC | | | | | | |
| Aproximação c/ Desaceleração | Limitada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Aproximação ILS | Limitada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Aproximação Perdida | Limitada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Controle de Velocidade | Limitada | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |

A Tabela 6.2 apresenta a proposta de MTEs para aviação de segurança pública nas operações de resgate e aeromédicas, pois restringe-se às MTEs para a categoria “utilitário” definidas na Tabela 6.2.

TABELA 6.2: MTEs para as Operações de Segurança Pública. Adaptado de UNITED STATES (2000).

| MTE | AGLIDADE REQUERIDA | CATEGORIA da AERONAVE |
|------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| | | Resgate e Aeromédico |
| Tarefa em GVE | | |
| Pairado | L | ✓ |
| Pouso | L | ✓ |
| Pouso Inclinado | L | ✓ |
| Giro no Pairado | M | ✓ |
| Pirueta | M | ✓ |
| Manobra Vertical | M | ✓ |
| Decolagem Abortada | M | ✓ |
| Reposição Lateral | M | ✓ |
| <i>Slalom</i> | M | ✓ |
| <i>Deceleration to Dash</i> | A | ✓ |
| <i>Transient Turn</i> | A | ✓ |
| <i>Pullup/Pushover</i> | A | ✓ |
| <i>Roll Reversal</i> | A | ✓ |
| Tarefa em DVE | | |
| Pairado | L | ✓ |
| Pouso | L | ✓ |
| Giro no Pairado | L | ✓ |
| Pirueta | L | ✓ |
| Manobra Vertical | L | ✓ |
| Decolagem Abortada | L | ✓ |
| Reposição Lateral | L | ✓ |
| <i>Slalom</i> | L | ✓ |
| Tarefas em IMC | | |
| Aproximação c/ Desaceleração | L | ✓ |
| Aproximação ILS | L | ✓ |
| Aproximação Perdida | L | ✓ |
| Controle de Velocidade | L | ✓ |

6.4 Os Ensaios em Voo para Verificação das Características de Qualidade de Pilotagem

A norma ADS-33-E-PRF apresenta uma relação de manobras para Ensaios em Voo sob a forma de MTEs, que são precisamente definidas. Traremos para o corpo deste trabalho um exemplo extraído da própria ADS-33-E-PRF (UNITED STATES, 2000), que é a MTE Pirueta.

Pirueta

Objetivos:

- Verificar a capacidade de realizar o controle de precisão do helicóptero simultaneamente nos eixos de arfagem, guinada, rolamento e vertical.
- Em GVE, verificar a capacidade de controlar com precisão o helicóptero com um vento moderado, continuamente variando em direção relativa à proa do helicóptero.
- Em DVE, verificar a realização da manobra de múltiplos eixos e sua dinâmica em condições degradadas de exibição da simbologia externa.

Descrição da manobra:

Inicie a manobra a partir de um voo pairado estabilizado sobre um ponto da circunferência com círculo de raio de 100 pés. Com a proa do helicóptero apontada para um ponto de referência no centro do círculo e a uma altitude de aproximadamente 10 pés.

Realizar um deslocamento lateral em torno do círculo, mantendo a proa do helicóptero apontada para o centro do círculo, e a circunferência do círculo sob um ponto selecionado do helicóptero. Manter a velocidade com o solo constante ao longo da translação lateral.

Termine a manobra com um foco estabilizado sobre o ponto de partida. Realizar a manobra em ambas as direções. No GVE, a manobra será realizada com ventos calmos e com ventos moderados a partir da direção mais crítica para a aeronave, no ponto de partida.

Obs.: a velocidade lateral nominal será de aproximadamente 8 kt para o tempo de 45s , e 6 nós para o tempo de 60s .

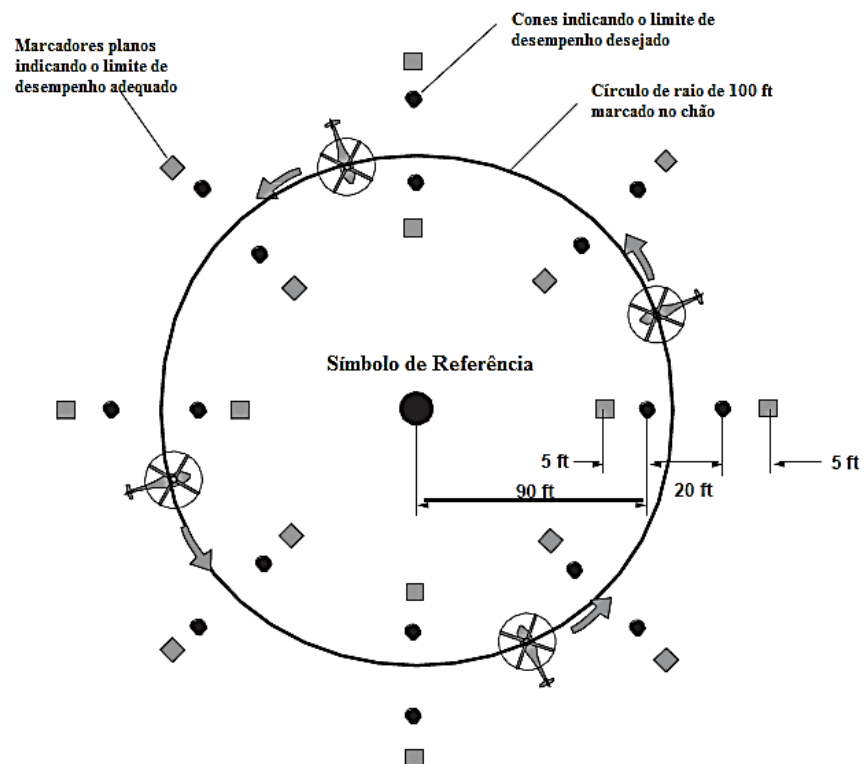
Descrição da realização do teste:

O ensaio será composto de teste de marcações no terreno que indicam claramente as vias circulares que definem o desempenho desejado e adequado. O ensaio sugerido mostrado na Tabela 6.3 é considerado adequado para a avaliação. Também pode ser útil adicionar objetos para auxiliar o piloto com os sinais verticais, tal como um poste no centro do círculo.

TABELA 6.3: Desempenho da MTE (UNITED STATES, 2000).

| Desempenho MTE Pirueta: | GVE | DVE |
|--|-------|-------|
| Desempenho Desejado | | |
| • Manter um ponto de referência selecionada no helicóptero dentro de X ft da circunferência do círculo. | 10 ft | 10 ft |
| • Manter altitude dentro de X ft: | 3 ft | 4 ft |
| • Manter a proa do helicóptero apontada para o centro do círculo dentro de X graus: | 10° | 10° |
| • Completar o círculo e chegar de volta ao ponto inicial no prazo de: | 45 s | 60 s |
| • Atingir um pairado estabilizado (dentro de um ponto de referência desejado) dentro de X segundos após o retorno ao ponto de partida. | 5 s | 10 s |
| • Manter um pairado estabilizado por X segundos. | 5 s | 5 s |
| Desempenho Adequado | | |
| • Manter um ponto de referência selecionada no helicóptero dentro de X ft da circunferência do círculo. | 15 ft | 15 ft |
| • Manter altitude dentro de X ft: | 10 ft | 10 ft |
| • Manter a proa do helicóptero apontada para o centro do círculo dentro de X graus: | 15° | 15° |
| • Completar o círculo e chegar de volta ao ponto inicial no prazo de: | 60 s | 75 s |
| • Atingir um pairado estabilizado (dentro de um ponto de referência desejado) dentro de X segundos após o retorno ao ponto de partida. | 10 s | 20 s |
| • Manter um pairado estabilizado por X segundos | 5 s | 5 s |

FIGURA 6.4 – Sugestão para realização da manobra Pirueta.



As especificações do sistema irão definir as missões operacionais e especificar as MTEs a serem considerados na concepção do helicóptero para atender os requisitos da especificação.

Esses MTEs fornecem uma base para uma avaliação global da capacidade do helicóptero para realizar determinadas tarefas críticas e resultam em um nível atribuído de HQR. Para permitir diferentes padrões de precisão e agressividade, os padrões de desempenho para cada tarefa são listados separadamente para diferentes categorias de helicópteros e para ambas as Boas Condições Visuais (GVE) e Degradadas Condições Visuais (DVE).

Geralmente GVE significa luz do dia claro com boas informações visuais e sem ajuda. DVE significa especificamente o ambiente operacional. Normalmente DVE será noite com

algum nível de iluminação (lua e nublado) durante o uso do real missão de ajuda visão equipamento.

Realização de Testes em Ensaios de Voo.

Os MTES aplicáveis devem ser realizados com todas as combinações de modos de voo manual e de controle e telas disponíveis para o piloto e utilizados como eles normalmente seria usado na realização da manobra.

Requisitos de altitude e posição referem-se a um ponto de referência selecionada no helicóptero que é para ser determinada pela atividade dos ensaios. Geralmente esta deve ser próxima ao piloto, para helicópteros pequenos.

Todas as altitudes são dadas acima do nível do solo. Uma descrição de um desenvolvimento de teste sugerido é fornecida para cada manobra. No entanto, as marcas de teste e os detalhes são deixados ao critério dos testes.

Cada MTE deve ser avaliada por pelo menos três pilotos. Esses pilotos devem cada um atribuir uma classificação subjetiva utilizando a escala Cooper-Harper de avaliação de qualidades. A média aritmética entre todos os pilotos das avaliações conferem a classificação geral para o MTE.

As manobras devem ser realizadas para avaliar o helicóptero em configurações e estados que são os mais críticos para lidar com as qualidades de pilotagem.

Padrões de Desempenho:

O uso de avaliações HQR no manuseio requer a definição de valores numéricos para o desempenho desejado e adequado. Esses limites são definições de desempenho principalmente para conduzir o nível de agressividade e precisão com a qual a manobra é para ser realizada.

A conformidade com as normas de desempenho podem ser medidas subjetivamente pela da cabina de pilotagem ou pelo uso de observadores terrestres. Não é necessário utilizar a instrumentação complexa para estas medições. A experiência tem mostrado que as linhas pintadas no helicóptero e marcadores no chão são suficientes para fornecer pistas suficientes para a terra ou a bordo de observadores para perceber se o helicóptero está dentro dos parâmetros de desempenho desejados ou adequados. Em qualquer caso deve-se desenvolver um esquema para demonstrar o cumprimento que use pelo menos observadores de fora da aeronave e dentro do *cockpit*.

O piloto de ensaios em voo pode ser orientado a qualquer momento sobre o seu desempenho insuficiente em relação aos limites desejados, imediatamente após a conclusão da manobra, e antes da classificação piloto ser atribuída. Nos casos em que o desempenho não satisfaça os limites especificados, é aceitável uma nova avaliação, como repetição, para assegurar que este é um resultado consistente. A repetição para melhorar o desempenho pode expor uma manipulação deficiente das qualidades de pilotagem. Tais deficiências devem ser um fator importante na classificação atribuída pelo piloto.

Informações Visuais

Se a incapacidade para satisfazer um padrão de desempenho em GVE é devida a uma falta de informação visual, o desenvolvimento do teste deve ser modificado para fornecer os sinais necessários ao piloto. Isso é permitido no contexto em que o objetivo das manobras são verificar a movimentação do helicóptero e não os problemas associados com a falta de informações visuais sobre o desenvolvimento dos Ensaios em Voo.

7 Conclusões

7.1 Considerações Finais

Este trabalho verificou a possibilidade e conveniência de utilização de processos de avaliação de qualidades de pilotagem como fator de especificação de helicópteros de resgate aeromédico para a segurança pública brasileira, do ponto de vista da segurança operacional e com base na operação desenvolvida na Polícia Rodoviária Federal, adotando uma metodologia através da identificação de quatro fatores: a missão e as tarefas de pilotagem associadas; o ambiente operacional onde ocorre a missão; a configuração do veículo, sua dinâmica e o envelope de voo; e o piloto e a interface piloto-veículo, adaptada da norma americana ADS-33-E-PRF.

A taxa de acidentes da aviação de helicópteros, apesar de, em níveis globais, apresentar uma redução que não tende a atingir os objetivos estabelecidos pelo IHST, no Brasil demonstra um incremento, necessitando de ferramentas que contribuam efetivamente na análise das causas e na mitigação dos riscos associados a estes acidentes.

Uma parcela significativa destes acidentes está associada a ocorrência de Perda de Controle, onde existe uma relação entre a pobres qualidades de pilotagem e a ocorrência desse tipo de acidente.

Ainda, considerando o elevado custo com acidentes de trânsito nas rodovias federais, verificamos que a necessidade de ações efetivas de redução dos custos da vitimização dos acidentes de trânsito, demandam investimentos em preservação da vida das vítimas e essas ações estão vinculadas ao tempo resposta, onde o uso do helicópteros apresenta-se como uma solução eficaz e eficiente para elevar a taxa de sobrevivência destas vítimas e a redução de sequelas.

Nesse foco, os acidentes analisados neste estudo com HEMS nos Estados Unidos trouxeram em tela um cenário que foi analisado e colaborou na identificação das características da implementação desse serviço no Brasil.

Pode-se observar, da leitura deste trabalho, que existe um grande interesse da aviação de segurança pública em implementar ações que aumentem o nível de segurança operacional, devido às características de sua operação e as elevadas taxas de acidentes com esse segmento no Brasil e no mundo.

A ADS-33, devido a seus fatores de avaliação ser orientados à missão, assume que nenhuma aeronave pode ser configurada como multimissão. Cabe salientar que se constitui um desafio praticamente intransponível, para um único modelo de aeronave, atender à todos os requisitos de missão de uma aeronave de segurança pública no Brasil, tendo em vista o caráter multimissão de emprego, as características diversas do meio ambiente existentes no país e, principalmente, os requisitos que envolvem as características dos tipos de missão desenvolvidos pelos vários segmentos da aviação de segurança pública.

Assim, a existência de uma metodologia que avalie as características da qualidade de pilotagem de um helicóptero pode contribuir na definição dos limites operacionais de uma determinada aeronave e na avaliação do risco do MSGR. Ou seja, a ferramenta que avalia a aeronave também, neste caso vai poder classificar a aeronave segundo a sua missão.

Ainda, verificou-se possibilidade de aplicação dos processos de avaliação de qualidades de pilotagem em diversas missões de segurança pública e privada como fator segurança operacional, pois a existências de aeronaves COTS cria um elo entre os setores de aviação militar e civil, quando permite o emprego de uma mesma plataforma nos dois segmentos.

7.2 Recomendações

Estabelecer o aprimoramento do banco de dados da ANAC e do CENIPA no tocante a taxonomia, adequando à utilizada pelo IHST para permitir que sejam estabelecidos análises dos acidentes levando em conta as pobres qualidades de pilotagem;

A SENASP estabelecer um programa de qualidade de pilotagem na aviação de segurança pública, visando mitigar os riscos de acidentes em virtude das pobres qualidades de pilotagem.

Estabelecer uma aproximação de pesquisa e desenvolvimento junto ao CENIPA, visando a implementação de conceitos de qualidade de pilotagem no MSGR.

7.3 Sugestões para Elaboração de Trabalhos Futuros

O estudo apresentado neste trabalho demonstrou a aplicabilidade da ADS-33-E-PRF como uma ferramenta para avaliação das qualidades de pilotagem para as operações de resgate e aeromédicas, porém no que diz respeito às qualidades de pilotagem é incompleto, até limitações de tempo. Sugere-se para futuros trabalhos:

- 1) Identificação específica das MTEs da Aviação de Segurança Pública e de seus setores.
- 2) Estabelecer estudos das aeronaves existentes no mercado quanto a suas qualidades

de pilotagem, identificando sua adequabilidade aos diversos segmentos da aviação de segurança pública e outros segmentos da aviação de asas rotativas, utilizando a conceituação de aeronaves COTS.

3) Avaliar as aeronaves utilizadas na aviação de segurança pública com base em critérios de qualidade de pilotagem e criação de um banco de dados com as informações obtidas.

4) Definir a metodologia para o emprego de especificação de aeronaves com base em qualidade de pilotagem e na ADS-33-E-PRF e focadas em aeronaves COTS.

Referências Bibliográficas

ANAC. *Relatório anual de segurança operacional*. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIATION OF AIR MEDICAL SERVICES. *Atlas and database of air medical services*. Alexandria, 2010.

BAKER, S. P. et al. EMS helicopter crashes: what influences fatal outcome? *Annals of Emergency Medicine*, v. 47, n.4, p. 351-356, Apr. 2006.

BLEDSON, E. et al. Helicopter scene transport of trauma patients with nonlife-threatening injuries: a meta-analysis. *The Journal of Trauma Injury, Infection, and Critical Care*, v. 60 n. 6, p. 1257-1266, 2005.

BRASIL. Portaria n. 308 de 30 de jun. de 1999. Aprova o Regimento Interno do departamento de policia rodoviária federal. *Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasilia-DF, 01 de jul. de 1999. s. 1, p. 2.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. *MSGR: Manual de aplicação na Força Aérea Brasileira-versão2*, Brasília, DF. 2006. Disponível em:
<<http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/normas/MSGR> >. Acesso em: 22 jan. 2010.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. *NSCA3-3: gestão da segurança operacional*. Brasília, DF. 2008. Disponível em:
<<http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/category/1-nsca-norma-do-sistema-do-comando-da-aeronautica-> >. Acesso em: 22 jan. 2010.

BRASIL. Ministério da Defesa - Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. *NSCA3-6- Investigação de acidente aeronáutico, incidente aeronáutico e ocorrência de solo*. 2008a. Disponível em:
<<http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/normas/NSCA3-6.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2010.

BRASIL. Portaria n. 1.375, de 2 de ago. de 2007. Aprova o regimento intermo do departamento de policia rodoviária federal. *Diário Oficial[da] Republica Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasilia-DF, 6 de ago. de 2007. s. 1, p. 150.

BRASIL. Departamento de Polícia Rodoviária Federal. *Relatório anual de gestão*: Divisão de Operações Aéreas, Brasília, DF. 2011.

CANETTI, M. D.; RIBEIRO, C.; BUENO, M. J. *Transporte aeromédico*: manual básico de socorro de emergência do GSE. Rio de Janeiro: CBERJ, 1994.

COOPER, G.E.; HARPER, R.P., Jr.. *The use of pilot rating in the evaluation of aircraft handling qualities*. April, 1969. NASA TN D-5153.

CRUZ, R. V. *Fundamentos de engenharia de helicópteros e aeronaves de asas rotativas*. São José dos Campos: ITA, 2009. Notas de Aula.

DE ALMEIDA, F. A. *Model-Based Strategies for Modern Flight Test*. In: AIAA Atmospheric Flight Mechanics Conference, Portland, EUA, 2011. *Anais...*[S.l.:s.n.], 2011

DOA. *Banco de Imagens*, Divisão de Operações Aéreas do Departamento de Polícia Rodoviária Federal, Florianópolis, Abr. 2012.

DODD, R.S. *Factors related to occupant crash survival in emergency medical service helicopters*. Baltimore: Johns Hopkins University, 1992.

EID, Carlos Alberto Guglielmi. *Tempo-resposta no APH*. São Paulo, 2001. Disponível em: <www.aph.com.br>. Acesso em: 12 fev. 2004.

GAMBARONI, Ricardo. Resgate aeromédico, a revolução do helicóptero. *Asas*, São Paulo, ano 1, n. 1, p. 38-43, ago./set. 2001.

HANKS, M. L.; HAM, J. A. *Handling qualities flight test techniques and analyses used with the proposed MIL-H-8501B*. Washington, DC: AIAA, 1992.

ICAO. *Safety management manual*. Montreal, 2009. (Doc 9859 AN/474)

IMPACTOS sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras: Relatório Executivo. Brasília, DF: IPEA/DENATRAN/ANTP, 2006. Disponível em <www.ipea.gov.br>. Acesso em: 19 abr. 2011

INTERNATIONAL HELICOPTER SAFETY TEAM. *The compendium report: the U.S. JHSAT Baseline of Helicopter Accident Analysis*. Alexandria, Aug. 2011., disponível em <<http://www.ihst.org>>. Acesso em: 30 de nov. de 2011. 2v.

INTERNATIONAL HELICOPTER SAFETY TEAM. U.S. *joint helicopter safety analysis team: calendar year 2006 Report*. 2010. Disponível em: <www.ihst.org> Acesso em: 30 nov. 2011.

ISAKOV, Alexander P. Souls on board: helicopter emergency medical services and safety annals of emergency medicine. *Annals of Emergency Medicine*, v 47, n. 4, p. 357-360, Apr. 2006.

KUGLER, Gerhard. Resultados dos serviços aeromédicos na Alemanha. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EMPREGO DE AERONAVES EM MISSÕES DE PROTEÇÃO E SOCORRO PÚBLICO. Belo Horizonte, 1997. *Anais...* [S.l.: s.n.], 1997.

LIMA, H. C. S. *Proposta de Programa de Survivability de aeronaves para a aviação de segurança pública brasileira, com ênfase em aspectos jurídicos*. 2012. 161f.. Dissertação (Mestrado Profissional em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

MITCHELL et. al. Evolution, revolution, and challenges of handling qualities. *Journal of Guidance, Control, And Dynamics*. v. 27, n. 1, Jan.-Feb. 2004

NAEMT. *Atendimento pré-hospitalar ao traumatizado*. National Association of Emergency Medical Technicians-NAEMT. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

NATIONAL SAFETY COUNCIL. *Injury facts:2004*. Chicago: National Safety Council, 2005.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD. *Review of U.S. civil aviation accidents, 2007-2009*. Washington-DC, 2009.

PADFIELD, G. D. *Helicopter flight dynamics: the theory and application of flying qualities and simulation modelling*. 2. ed. Oxford: Blackweel Publ., 2007

PEDEN M, M. K, S. G. *The injury chart book: a graphical overview of the global burden of injuries*. Geneva: World Health Organization, 2002. Disponível em <whqlibdoc.who.int/publications/924156220x.pdf> Acesso em: 6 maio 2011

PROUTY, R.W. *Helicopter aerodynamics: ray P routy's rotor and wing columns 1979-1992*. Mojave-CA: Mojave Books LLC, 2004.

RODRIGUES, Luiz Antônio. MILLER, Eugênio Luiz Carpenter. Trauma por acidentes de veículos em rodovias. In: FREIRE, Evandro. *Trauma: a doença dos séculos*. Rio de Janeiro: Atheneu, 2001. p. 485-490,

SCACHETTI, P. L. *Proposta de metodologia de gerenciamento do risco operacional para as missões com helicóptero do grupamento de radiopatrulha aérea "joão negrão"*. 2010.213f. Dissertação (Monografia CAO) - Academia de Policia Militar do Barro Branco, São Paulo.

SMITH, Allen. D. Medical air evacuation in Korea and its influence on the future. *The Military Surgeon*, v. 110, n. 5, p. 323-32, May 1962.

THOMAZ, Rosimey Romero et. al. Enfermeiro de bordo: uma profissão no ar. *Acta Paulista de Enfermagem*, v. 12, n. 1. 1999. Disponível em:< www.unifesp.br/denf/acta1999 >. Acesso em: 6 maio 2011.

THURGOOD, N.; BURKE, J. Commercial-off-the-shelf (COTS): a success story. *Rotor Wing*, Rockville, v. 44, n.7, p32-33, jul. 2010

TRANSPORTATION SAFETY BOARD OF CANADA. *Statistical summary aviation occurrences 2009*. Quebec, 2009. Disponível em: < www.tsb.gc.ca >. Acesso em: 30 mar. 2011.

UNITED STATES. Army Aviation and Missile Command. *ADS-33-E-PRF*: aeronautical design standard performance specification handling qualities requirements for military rotorcraft. Alabama, 2000.

UNITED STATES. Department of Transportation. Coast Guard. *Commandant instruction 3500.3*: operational risk management. Washington, DC, 1999.

UNITED STATES. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. *System safety handbook*. Operational risk management. Washington DC. 2000a. Chapter 15. Disponível em: <http://www.faa.gov/library/manuals/aviation/risk_management/ss_handbook/media/chap15>. Acesso em: 08 jan. 2012.

UNITED STATES. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. *FAR 27*: airworthiness standards: normal category rotorcraft. Washington, DC, 2008.

UNITED STATES. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. *FAR 29*: airworthiness standards: transport category rotorcraft. Washington, DC, 2008a.

UNITED STATES. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. *Risk management handbook*. Washington, DC, 2009. (FAA-H-8083-2).

UNITED STATES. Military Specification. *MIL-H-8501*: general requirements for helicopter flying and ground handling qualities. Washington, DC. 1961. Disponível em: <www.everyspec.com>. Acesso em: 17 abr. 2012.

WIKIPEDIA. *Boeing-Sikorsky RAH-66 Comanche*. Disponível em: < http://en.wikipedia.org/wiki/Boeing-Sikorsky_RAH-66_Comanche >. Acesso em: 12 jan. 2012.

WRIGHT, R. M. Air medical service: an industry under scrutiny. *Rotor*, Winter, p.6-8, 2004-2005.

Apêndice A - EXTRATO da ADS-33-E-PRF

INCH-POUND

ADS-33E-PRF
21 March 2000
CAGE Code 18876
SUPERSEDING
ADS-33D-PRF
10 May 1996

AERONAUTICAL DESIGN STANDARD
PERFORMANCE SPECIFICATION
HANDLING QUALITIES REQUIREMENTS
FOR MILITARY ROTORCRAFT

AMSC N/A
DISTRIBUTION STATEMENT A. Approved for public release, distribution is unlimited.

3.11.1 Hover

a. Objectives.

- Check ability to transition from translating flight to a stabilized hover with precision and a reasonable amount of aggressiveness.
- Check ability to maintain precise position, heading, and altitude in the presence of a moderate wind from the most critical direction in the GVE; and with calm winds allowed in the DVE.

b. Description of maneuver. Initiate the maneuver at a ground speed of between 6 and 10 knots, at an altitude less than 20 ft. For rotorcraft carrying external loads, the altitude will have to be adjusted to provide a 10 ft load clearance. The target hover point shall be oriented approximately 45 degrees relative to the heading of the rotorcraft. The target hover point is a repeatable, ground-referenced point from which rotorcraft deviations are measured. The ground track should be such that the rotorcraft will arrive over the target hover point (see illustration in Figure 24). In the GVE, the maneuver shall be accomplished in calm winds and in moderate winds from the most critical direction. If a critical direction has not been defined, the hover shall be accomplished with the wind blowing directly from the rear of the rotorcraft.

c. Description of test course. The suggested test course for this maneuver is shown in Figure 24. Note that the hover altitude depends on the height of the hover sight and the distance between the sight, the hover target, and the rotorcraft. These dimensions may be adjusted to achieve a desired hover altitude.

d. Performance standards. Accomplish the transition to hover in one smooth maneuver. It is not acceptable to accomplish most of the deceleration well before the hover point and then to creep up to the final position.

Performance – Hover

| | Scout/Attack | | Cargo/Utility | | Externally Slung Load | |
|--|--------------|--------|---------------|--------|-----------------------|--------|
| | GVE | DVE | GVE | DVE | GVE | DVE |
| DESIRED PERFORMANCE | | | | | | |
| • Attain a stabilized hover within X seconds of initiation of deceleration: | 3 sec | 10 sec | 5 sec | 10 sec | 10 sec | 13 sec |
| • Maintain a stabilized hover for at least: | 30 sec | 30 sec | 30 sec | 30 sec | 30 sec | 30 sec |
| • Maintain the longitudinal and lateral position within X ft of a point on the ground: | 3 ft | 3 ft | 3 ft | 3 ft | 3 ft | 3 ft |
| • Maintain altitude within X ft: | 2 ft | 2 ft | 2 ft | 2 ft | 4 ft | 4 ft |
| • Maintain heading within X deg: | 5 deg | 5 deg | 5 deg | 5 deg | 5 deg | 5 deg |
| • There shall be no objectionable oscillations in any axis either during the transition to hover or the stabilized hover | ✓* | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | NA* |
| ADEQUATE PERFORMANCE | | | | | | |
| • Attain a stabilized hover within X seconds of initiation of deceleration: | 8 sec | 20 sec | 8 sec | 15 sec | 15 sec | 18 sec |
| • Maintain a stabilized hover for at least: | 30 sec | 30 sec | 30 sec | 30 sec | 30 sec | 30 sec |
| • Maintain the longitudinal and lateral position within X ft of a point on the ground: | 6 ft | 8 ft | 6 ft | 6 ft | 6 ft | 6 ft |
| • Maintain altitude within X ft: | 4 ft | 4 ft | 4 ft | 4 ft | 6 ft | 6 ft |
| • Maintain heading within X deg: | 10 deg | 10 deg | 10 deg | 10 deg | 10 deg | 10 deg |

*Note: For all tables, ✓ = performance standard applies; NA = performance standard not applicable

3.11.2 Landing

a. Objectives.

- Check ability to precisely control the rotorcraft position during the final descent to a precision landing point.
- Check pilot-vehicle dynamics when pilot is forced into tight compensatory tracking behavior.

b. Description of maneuver. Starting from an altitude of greater than 10 ft, maintain an essentially steady descent to a prescribed landing point. It is acceptable to arrest sink rate momentarily to make last-minute corrections before touchdown.

c. Description of test course. This task may be performed using the hover course (Figure 24) with the designated landing point being directly under the reference point on the rotorcraft when the pilot’s eye is at the hover point.

d. Performance standards.

Performance – Landing

| | GVE | DVE |
|---|--------|--------|
| DESIRED PERFORMANCE | | |
| • Accomplish a gentle landing with a smooth continuous descent, with no objectionable oscillations | ✓ | NA |
| • Once altitude is below 10 ft, complete the landing within X seconds | 10 sec | 10 sec |
| • Touch down within X ft longitudinally of the designated reference point | 1 ft | 1 ft |
| • Touch down within X ft laterally of the designated reference point | 0.5 ft | 0.5 ft |
| • Attain a rotorcraft heading at touchdown that is aligned with the reference heading within X deg: | 5 deg | 5 deg |
| • Final position shall be the position that existed at touchdown. It is not acceptable to adjust the rotorcraft position and heading after all elements of the landing gear have made contact with the pad. | ✓ | NA |
| ADEQUATE PERFORMANCE | | |
| • Touch down and remain within X ft of the designated landing point | 3 ft | 3 ft |
| • Attain a rotorcraft heading at touchdown that is aligned with the reference heading within X deg: | 10 deg | 10 deg |

3.11.3 Slope landing

a. Objectives.

- Check adequacy of any stability and control augmentation system changes that respond to partial or full landings.
- Check ability to precisely coordinate control of the heave axis and lateral axis with either the left or right part of the landing gear in contact with the ground.
- Check ability to precisely coordinate control of the heave axis and longitudinal axis with either the aft or forward part of the landing gear on the ground.

b. Description of maneuver. Perform a vertical landing to a sloped surface with the rotorcraft longitudinal axis oriented perpendicular to the fall line. Also perform vertical landings to a sloped surface with the rotorcraft longitudinal axis oriented parallel to the fall line. The landings shall be made with the nose pointed uphill and downhill, and with the up-slope to the left and right. For all of the slope landings, follow the following procedure. Once the upslope landing gear is in contact with the ground, maintain a level rotorcraft attitude for a short period of time, and then gently lower the downslope landing gear to the ground. Raise the downslope landing gear, keeping the upslope landing gear in contact with the ground, and maintain a level rotorcraft attitude for a short time before liftoff.

c. Description of test course. The test area shall consist of sloped terrain that is at least 75% of the rotorcraft slope landing performance limits. The landing area shall be clearly marked on the ground.

d. Performance standards.

Performance – Slope Landing

| | GVE | DVE |
|--|--------|--------|
| DESIRED PERFORMANCE | | |
| • Touch down and maintain a final position within an area that is X ft longer than the rotorcraft landing gear | 6 ft | 6 ft |
| • Touch down and maintain a final position within an area that is X ft wider than the rotorcraft landing gear | 4 ft | 4 ft |
| • Maintain heading within X deg: | 5 deg | 5 deg |
| • Maintain a level rotorcraft attitude with one part of the landing gear in contact with the ground and the rest in the air for at least X seconds before lowering and raising the downhill part of the landing gear | 5 sec | 5 sec |
| • No perceptible horizontal drift at touchdown | ✓ | ✓ |
| • Any load limits shall remain within the OFE | ✓ | ✓ |
| ADEQUATE PERFORMANCE | | |
| • Touch down and maintain a final position within an area that is X ft longer than the rotorcraft landing gear | 12 ft | 12 ft |
| • Touch down and maintain a final position within an area that is X ft wider than the rotorcraft landing gear | 8 ft | 8 ft |
| • Maintain heading within X deg: | 10 deg | 10 deg |
| • Maintain a level rotorcraft attitude with one part of the landing gear in contact with the ground and the rest in the air for at least X seconds before lowering and raising the downhill part of the landing gear | 1 sec | 1 sec |
| • No perceptible lateral or rearward drift at touchdown | ✓ | ✓ |
| • Any load limits shall remain within the OFE | ✓ | ✓ |

3.11.4 Hovering Turn

a. Objectives.

- Check for undesirable handling qualities in a moderately aggressive hovering turn.
- Check ability to recover from a moderate rate hovering turn with reasonable precision.
- Check for undesirable interaxis coupling.
- In the DVE, check for undesirable display symbology and dynamics for hover.

b. Description of maneuver. From a stabilized hover at an altitude of less than 20 ft, complete a 180 degree turn. Perform the maneuver in both directions. In the GVE, the maneuver shall be accomplished in calm winds and in moderate winds from the most critical direction. If a critical direction has not been defined, the turn shall be terminated with the wind blowing directly from the rear of the rotorcraft.

c. Description of test course. It is suggested that this maneuver use the test course described for the pirouette (Figure 25) with the rotorcraft located at the center of the pirouette circle. An alternate suggestion is to use the hover course with two extra markers placed in the 6 o'clock position relative to the rotorcraft. The maneuver begins with the rotorcraft lined up on these extra markers and the hover target and board located at the rotorcraft's 6 o'clock position.

d. Performance standards.

Performance – Hovering Turn

| | Scout/Attack | | Cargo/Utility | |
|--|---------------------|--------|----------------------|--------|
| | GVE | DVE | GVE | DVE |
| DESIRED PERFORMANCE | | | | |
| • Maintain the longitudinal and lateral position within X ft of a point on the ground | 3 ft | 6 ft | 3 ft | 6 ft |
| • Maintain altitude within X ft: | 3 ft | 3 ft | 3 ft | 3 ft |
| • Stabilize the final rotorcraft heading at 180 deg from the initial heading within X deg: | 3 deg | 5 deg | 5 deg | 5 deg |
| • Complete turn to a stabilized hover (within the desired window) within X seconds from initiation of the maneuver | 10 sec | 15 sec | 15 sec | 15 sec |
| ADEQUATE PERFORMANCE | | | | |
| • Maintain the longitudinal and lateral position within X ft of a point on the ground | 6 ft | 12 ft | 6 ft | 12 ft |
| • Maintain altitude within X ft: | 6 ft | 6 ft | 6 ft | 6 ft |
| • Stabilize the final rotorcraft heading at 180 deg from the initial heading within X deg: | 6 deg | 10 deg | 10 deg | 10 deg |
| • Complete turn to a stabilized hover (within the desired window) within X seconds from initiation of the maneuver | 15 sec | 15 sec | 20 sec | 20 sec |

3.11.5 Pirouette

a. Objectives.

- Check ability to accomplish precision control of the rotorcraft simultaneously in the pitch, roll, yaw, and heave axes.
- In the GVE, check ability to control the rotorcraft precisely in a moderate wind that is continuously varying in direction relative to the rotorcraft heading.
- In the DVE, check for degraded display symbology and dynamics during multiple axis maneuvering.

b. Description of maneuver. Initiate the maneuver from a stabilized hover over a point on the circumference of a 100 ft radius circle with the nose of the rotorcraft pointed at a reference point at the center of the circle, and at a hover altitude of approximately 10 ft. Accomplish a lateral translation around the circle, keeping the nose of rotorcraft pointed at the center of the circle, and the circumference of the circle under a selected point on the rotorcraft. Maintain essentially constant lateral groundspeed throughout the lateral translation (note: nominal lateral velocity will be approximately 8 knots for the 45-sec and 6 knots for the 60-sec time around the circle). Terminate the maneuver with a stabilized hover over the starting point. Perform the maneuver in both directions. In the GVE, the maneuver shall be accomplished in calm winds and in moderate winds from the most critical direction at the starting point.

c. Description of test course. The test course shall consist of markings on the ground that clearly denote the circular pathways that define desired and adequate performance. The suggested course shown in Figure 25 is considered adequate for the evaluation. It may also be useful to add objects to assist the pilot with vertical cueing, such as a post at the center of the circle.

d. Performance standards.

Performance – Pirouette

| | GVE | DVE |
|--|--------|--------|
| DESIRED PERFORMANCE | | |
| • Maintain a selected reference point on the rotorcraft within X ft of the circumference of the circle. | 10 ft | 10 ft |
| • Maintain altitude within X ft: | 3 ft | 4 ft |
| • Maintain heading so that the nose of the rotorcraft points at the center of the circle within X deg: | 10 deg | 10 deg |
| • Complete the circle and arrive back over the starting point within: | 45 sec | 60 sec |
| • Achieve a stabilized hover (within desired hover reference point) within X seconds after returning to the starting point. | 5 sec | 10 sec |
| • Maintain the stabilized hover for X sec | 5 sec | 5 sec |
| ADEQUATE PERFORMANCE | | |
| • Maintain a selected reference point on the rotorcraft within X ft of the circumference of the circle. | 15 ft | 15 ft |
| • Maintain altitude within X ft: | 10 ft | 10 ft |
| • Maintain heading so that the nose of the rotorcraft points at the center of the circle within X deg: | 15 deg | 15 deg |
| • Complete the circle and arrive back over the starting point within: | 60 sec | 75 sec |
| • Achieve a stabilized hover (within adequate hover reference point) within X seconds after returning to the starting point. | 10 sec | 20 sec |
| • Maintain the stabilized hover for X sec | 5 sec | 5 sec |

3.11.6 Vertical Maneuver

a. Objectives. For a scout/attack rotorcraft this maneuver is to simulate a rapid unmask/remask maneuver, with an aiming task at the unmask. For a utility or cargo rotorcraft, the maneuver is to assess the heave axis controllability with precision station keeping.

- Check for adequate heave damping, i.e., the ability to precisely start and stop a vertical rate.
- Check for adequate vertical control power.
- Check for undesirable coupling between collective and the pitch, roll, and yaw axes.
- Check the characteristics of the heave axis controller, especially if a non-conventional controller is used, e.g., a four-axis sidestick.
- With an external load, check for undesirable effects between the heave controller and the other axes of the rotorcraft and complications caused by the external load dynamics.

b. Description of maneuver. From a stabilized hover at an altitude of 15 ft, initiate a vertical ascent of 25 ft, stabilize for 2 seconds, then descend back to the initial hover position. With an external load, the maneuver is initiated from a higher altitude to assure a 10 ft load clearance. In the GVE, the maneuver shall be accomplished in calm winds and in moderate winds from the most critical direction. If a critical direction has not been defined, the hover shall be accomplished with the wind blowing directly from the rear of the rotorcraft.

c. Description of test course. The test course shall consist of markings on the ground that clearly define desired and adequate performance. It is suggested that this maneuver use the hover course (Figure 24) with a second reference symbol or hover board set to align at the upper reference.

Performance standards.

Performance – Vertical Maneuver

| | Scout/Attack | | Cargo/Utility | | Externally Slung Load | |
|---|--------------|--------|---------------|--------|-----------------------|--------|
| | GVE | DVE | GVE | DVE | GVE | DVE |
| DESIRED PERFORMANCE | | | | | | |
| • Maintain the longitudinal and lateral position within X ft of a point on the ground | 6 ft | 10 ft | 3 ft | 3 ft | 3 ft | 3 ft |
| • Maintain start/finish altitude within X ft: | 3 ft | 3 ft | 3 ft | 3 ft | 4 ft | 4 ft |
| • Maintain heading within X ft: | 3 deg | 3 deg | 5 deg | 5 deg | 5 deg | 5 deg |
| • Complete the maneuver within: | 10 sec | 13 sec | 13 sec | 15 sec | 13 sec | 15 sec |
| ADEQUATE PERFORMANCE | | | | | | |
| • Maintain the longitudinal and lateral position within X ft of a point on the ground | 10 ft | 20 ft | 6 ft | 6 ft | 6 ft | 6 ft |
| • Maintain start/finish altitude within X ft: | 6 ft | 6 ft | 6 ft | 6 ft | 6 ft | 6 ft |
| • Maintain heading within X deg: | 6 deg | 6 deg | 10 deg | 10 deg | 10 deg | 10 deg |
| • Complete the maneuver within: | 15 sec | 18 sec | 18 sec | 18 sec | 20 sec | 20 sec |

3.11.7 Depart/Abort

a. Objectives.

- Check pitch axis and heave axis handling qualities during moderately aggressive maneuvering.
- Check for undesirable coupling between the longitudinal and lateral-directional axes.
- Check for harmony between the pitch axis and heave axis controllers
- Check for overly complex power management requirements.
- Check for ability to re-establish hover after changing trim
- With an external load, check for dynamic problems resulting from the external load configuration.

b. Description of maneuver. From a stabilized hover at 35 ft wheel height (or no greater than 35 ft external load height) and 800 ft from the intended endpoint, initiate a longitudinal acceleration to perform a normal departure. At 40 to 50 knots groundspeed, abort the departure and decelerate to a hover such that at the termination of the maneuver, the cockpit shall be within 20 ft of the intended endpoint. It is not permissible to overshoot the intended endpoint and move back. If the rotorcraft stopped short, the maneuver is not complete until it is within 20 ft of the intended endpoint. The acceleration and deceleration phases shall be accomplished in a single smooth maneuver. For rotorcraft that use changes in pitch attitude for airspeed control, a target of approximately 20 degrees of pitch attitude should be used for the acceleration and deceleration. The maneuver is complete when control motions have subsided to those necessary to maintain a stable hover.

c. Description of test course. The test course shall consist of at least a reference line on the ground indicating the desired track during the acceleration and deceleration, and markers to denote the starting and endpoint of the maneuver. The course should also include reference lines or markers parallel to the course reference line to allow the pilot and observers to perceive the desired and adequate longitudinal tracking performance, such as the example shown in Figure 27.

d. Performance standards.

Performance –Depart/Abort

| | Cargo/Utility | | Externally Slung Load | |
|---------------------------------------|---------------|--------|-----------------------|--------|
| | GVE | DVE | GVE | DVE |
| DESIRED PERFORMANCE | | | | |
| • Maintain lateral track within X ft: | 10 ft | 10 ft | 10 ft | 10 ft |
| • Maintain radar altitude below X ft: | 50 ft | 50 ft | 50 ft* | 50 ft* |
| • Maintain heading within X deg: | 10 deg | 10 deg | 10 deg | 10 deg |
| • Time to complete maneuver: | 25 sec | 25 sec | 30 sec | 30 sec |
| • Maintain rotor speed within: | OFE | OFE | OFE | OFE |
| ADEQUATE PERFORMANCE | | | | |
| • Maintain lateral track within X ft: | 20 ft | 20 ft | 20 ft | 20 ft |
| • Maintain radar altitude below X ft: | 75 ft | 75 ft | 75 ft* | 75 ft* |
| • Maintain heading within X deg: | 15 deg | 15 deg | 15 deg | 15 deg |
| • Time to complete maneuver: | 30 sec | 30 sec | 35 sec | 35 sec |
| • Maintain rotor speed within: | SFE | SFE | SFE | SFE |

* Altitudes refer to height of external load, measured at hover

3.11.8 Lateral Reposition

a. Objectives.

- Check roll axis and heave axis handling qualities during moderately aggressive maneuvering.
- Check for undesirable coupling between the roll controller and the other axes.
- With an external load, check for dynamic problem resulting from the external load configuration.

b. Description of maneuver. Start in a stabilized hover at 35 ft wheel height (or no greater than 35 ft external load height) with the longitudinal axis of the rotorcraft oriented 90 degrees to a reference line marked on the ground. Initiate a lateral acceleration to approximately 35 knots groundspeed followed by a deceleration to laterally reposition the rotorcraft in a stabilized hover 400 ft down the course within a specified time. The acceleration and deceleration phases shall be accomplished as single smooth maneuvers. The rotorcraft must be brought to within ± 10 ft of the endpoint during the deceleration, terminating in a stable hover within this band. Overshooting is permitted during the deceleration, but will show up as a time penalty when the pilot moves back within ± 10 ft of the endpoint. The maneuver is complete when a stabilized hover is achieved.

c. Description of test course. The test course shall consist of any reference lines or markers on the ground indicating the desired track and tolerances for the acceleration and deceleration, and markers to denote the starting and endpoint of the maneuver. The course should also include reference lines or markers parallel to the course reference line to allow the pilot and observers to perceive the desired and adequate longitudinal tracking performance, such as the example shown in Figure 26.

d. Performance standards.

Performance – Lateral Reposition

| | Cargo/Utility | | Externally Slung Load | |
|--|---------------|--------|-----------------------|--------|
| | GVE | DVE | GVE | DVE |
| DESIRED PERFORMANCE | | | | |
| • Maintain longitudinal track within $\pm X$ ft: | 10 ft | 10 ft | 10 ft | 10 ft |
| • Maintain altitude within $\pm X$ ft: | 10 ft | 10 ft | 10 ft | 10 ft |
| • Maintain heading within $\pm X$ deg: | 10 deg | 10 deg | 10 deg | 10 deg |
| • Time to complete maneuver: | 18 sec | 20 sec | 25 sec | 25 sec |
| ADEQUATE PERFORMANCE | | | | |
| • Maintain longitudinal track within $\pm X$ ft: | 20 ft | 20 ft | 20 ft | 20 ft |
| • Maintain altitude within $\pm X$ ft: | 15 ft | 15 ft | 15 ft | 15 ft |
| • Maintain heading within $\pm X$ deg: | 15 deg | 15 deg | 15 deg | 15 deg |
| • Time to complete maneuver: | 22 sec | 25 sec | 30 sec | 30 sec |

3.11.9 Slalom

a. Objectives.

- Check ability to maneuver aggressively in forward flight and with respect to objects on the ground.
- Check turn coordination for moderately aggressive forward flight maneuvering.
- Check for objectionable interaxis coupling during moderately aggressive forward flight maneuvering.

b. Description of maneuver. Initiate the maneuver in level unaccelerated flight and lined up with the centerline of the test course. Perform a series of smooth turns at 500-ft intervals (at least twice to each side of the course). The turns shall be at least 50 ft from the centerline, with a maximum lateral error of 50 ft. The maneuver is to be accomplished below the reference altitude. Complete the maneuver on the centerline, in coordinated straight flight.

c. Description of test course. The suggested test course for this maneuver is shown in Figure 28. Most runways have touchdown stripes at 500-ft intervals that can be conveniently used instead of the pylons. However, if the runway is not 100 ft wide, it will be necessary to use two cones to define each gate (as opposed to one cone and the runway edge as shown in Figure 28).

d. Performance standards.

Performance – Slalom

| | GVE | DVE |
|---|--|------------------|
| DESIRED PERFORMANCE <ul style="list-style-type: none"> • Maintain an airspeed of at least X knots throughout the course • Accomplish maneuver below reference altitude of X ft: | 60 Lesser of twice rotor diameter or 100 ft | 30 100 ft |
| ADEQUATE PERFORMANCE <ul style="list-style-type: none"> • Maintain an airspeed of at least X knots throughout the course • Accomplish maneuver below reference altitude of X ft: | 40 100 ft | 15 100 ft |

3.11.11 Acceleration and Deceleration

a. Objectives.

- Check pitch axis and heave axis handling qualities:
 - (GVE): for aggressive maneuvering near the rotorcraft limits of performance.
 - (DVE): for reasonably aggressive maneuvering in the DVE.
- Check for undesirable coupling between the longitudinal and lateral-directional axes.
- Check for harmony between the heave axis and pitch axis controllers.
- Check for adequate rotor response to aggressive collective inputs.
- Check for overly complex power management requirements.

b. Description of maneuver. Start from a stabilized hover. In the GVE, rapidly increase power to approximately maximum, maintain altitude constant with pitch attitude, and hold collective constant during the acceleration to an airspeed of 50 knots. Upon reaching the target airspeed, initiate a deceleration by aggressively reducing the power and holding altitude constant with pitch attitude. The peak nose-up attitude should occur just before reaching the final stabilized hover. In the DVE, accelerate to a groundspeed of at least 50 knots, and immediately decelerate to hover over a defined point. The maximum nose-down attitude should occur immediately after initiating the maneuver, and the peak nose-up attitude should occur just before reaching the final stabilized hover. Complete the maneuver in a stabilized hover for 5 seconds over the reference point at the end of the course.

c. Description of test course. The test course shall consist of a reference line on the ground indicating the desired track during the acceleration and deceleration, and markers to denote the starting point and endpoint of the maneuver. The distance from the starting point to the final stabilized hover position is a function of the performance of the rotorcraft, and shall be determined based on trial runs consisting of acceleration to the target airspeed, and decelerations to hover as described above. The course should also include reference lines or markers parallel to the course centerline to allow the pilot and observers to perceive desired and adequate lateral tracking performance. A suggested test course is shown in Figure 27.

3.11.13 Deceleration to Dash

a. Objectives.

- Check for poor engine governing or overly complex power management requirement.
- Check pitch, heave, and yaw axis handling qualities for aggressive maneuvering.
- Check for undesirable coupling between the longitudinal and lateral-directional axes, and between the heave axis and longitudinal and lateral-directional axes, for maneuvers requiring large power changes.
- Check for harmony between the heave, pitch, and directional axis controllers.
- Check for adequate rotor response to aggressive collective inputs.

b. Description of maneuver. From level unaccelerated flight at the lesser of V_H or 120 knots, perform a level deceleration-acceleration. Adjust the pitch attitude to maintain altitude with a full down collective position. As the airspeed decreases to approximately 50 knots, aggressively assume the attitude for maximum acceleration and rapidly increase power to approximately the maximum, and maintain that power until the initial airspeed is reached.

c. Description of test course. Any reference line on the ground will serve as an adequate test course for this maneuver.

d. Performance Standards. The entire maneuver shall be conducted below 200 ft.

Performance – Deceleration to Dash

| | Desired | Adequate |
|---|-------------------------|---------------------------|
| • Achieve X% collective within Y sec from the initiation of the deceleration. | 0% (full down) 3 sec | Less than 10% 5 sec |
| • Achieve either X% of maximum continuous power (or X% of the transient limit) within Y sec of initiating the acceleration. | 95% 2 sec | 80% 3 sec |
| • During the acceleration, the power shall not exceed any rotorcraft limitation, and shall not fall below X%. | 85% | 80% |
| • Without undue pilot compensation, rotor RPM shall remain within the limits of the: | OFE | SFE |
| • Maintain heading within $\pm X$ deg: | 5 deg | 10 deg |
| • Maintain altitude below X ft: | 200 ft | 200 ft NA |
| • Maintain altitude within $\pm X$ ft: | 50 ft | objectionable |
| • Any oscillations or coupling shall not be: | undesirable | |

3.11.14 Transient Turn

a. Objectives.

- Insure that handling qualities do not degrade during aggressive maneuvering in all axes.
- Check for undesirable coupling between pitch, roll, and yaw during aggressive maneuvering.

b. Description of maneuver. Starting at the lesser of V_H or 120 knots and an altitude at or below 200 ft, accomplish a 180-degree change in directional flightpath and achieve wings-level attitude in as little time as possible. Use of pedals to induce a lateral acceleration in the direction of the turn is acceptable. Perform the maneuver both to the right and to the left. It is acceptable to reduce collective to increase the rate of speed bleed-off and thereby maximize the turn rate.

c. Description of test course. This maneuver does not require a test course that is marked out on the ground aside from a reference line such as a road or railroad track.

d. Performance standards.

Performance – Transient Turn

| | Desired | Adequate |
|--|-----------|--------------|
| • Achieve a peak normal load factor of at least X% of the OFE $n_{L(+)}$: | 100%-0.2g | 80% |
| • Complete the maneuver within X seconds: | 10 sec | 15 sec Below |
| • Maintain altitude within X ft: | ±50 ft | 200 ft SFE |
| • Maintain the rotor RPM within the limit of the: | OFE | |

3.11.15 Pullup/Pushover

a. Objectives.

- Check handling qualities at elevated and reduced load factors and during transition between elevated and reduced load factors.
- Check for undesirable coupling between pitch, roll, and yaw for aggressive maneuvering in forward flight.
- Check for ability to avoid obstacles during high-speed NOE operations.

b. Description of maneuver. From level unaccelerated flight at the lesser of V_H or 120 knots, attain a sustained positive load factor in a symmetrical pullup. Transition, via a symmetrical pushover, to a sustained negative load factor. Recover to level flight as rapidly as possible.

c. Description of test course. This maneuver may be accomplished up-and-away, and no test course is required.

d. Performance standards.

Performance – Pullup/Pushover

| | Desired | Adequate |
|--|---------|----------|
| • Attain a normal load factor of at least the positive limit of the OFE ($n_{L(+)}$) within X seconds from the initial control input. | 1 sec | 2 sec |
| • Maintain at least $n_{L(+)}$ for at least X seconds | 2 sec | 1 sec |
| • Accomplish transition from $n_{L(+)}$ pullup to a pushover of not greater than the negative normal load factor limit of the OFE ($n_{L(-)}$) within X seconds. | 2 sec | 4 sec |
| • Maintain a load factor of not greater than $n_{L(-)}$ for at least X seconds. | 2 sec | 1 sec |
| • Maintain angular deviations in roll and yaw within ±X degrees from the initial unaccelerated level flight condition to completion of the maneuver. | 10 deg | 15 deg |

3.11.16 Roll Reversal

a. Objectives.

- Check handling qualities while maneuvering with load factors close to the OFE limits.
- Check the roll damping and roll authority during elevated and reduced load factor.
- Check for undesirable coupling between axes during aggressive maneuvering.
- Check the maneuvering stability of the rotorcraft close to the OFE limits.

b. Description of maneuver. Starting in a dive, conduct a series of pullups and pushovers to achieve normal accelerations within 0.10g of the positive $[n_L(+)]$ and negative $[n_L(-)]$ boundaries of the Operational Flight Envelope. The target normal acceleration should occur as the rotorcraft passes through the level attitude. At this time execute an aggressive roll to a minimum of 45 degrees of bank, and back to zero while maintaining incremental load factor. The maneuvers should be conducted so that the airspeed at the start of the rolling maneuvers is the lesser of V_H or 120 knots.

c. Description of test course. This maneuver may be accomplished up-and-away, and no test course is required.

d. Performance standards.

Performance – Roll Reversal

| | Desired | Adequate |
|---|-------------|------------------------------|
| • Achieve a peak roll rate of at least X percent of the maximum steady state roll rate achievable at one g: | 50% | 30% |
| • Maintain target normal acceleration within X % of the incremental load factor: | 50% | 50% |
| • No oscillation in any axis that is: | Undesirable | Uncontrollable or persistent |
| • Any change in roll or pitch response shall not be: | Sudden | Objectionable or reversals |

3.11.20 Decelerating Approach

a. Objectives.

- Check ability to perform precision glideslope and localizer tracking to very low decision height and groundspeed with a reasonable pilot workload.
- Check ability to precisely control airspeed and to perform a deceleration while descending on the glideslope.

b. Description of maneuver. Starting on a 4-degree glideslope at an airspeed of 100 knots, perform a manual deceleration to an airspeed of 25 knots at an altitude of 50 ft. Guidance commands may be generated using onboard sensors, or from ground-based transmitters.

c. Performance standards.

Performance – Decelerating Approach in IMC Conditions

| | Desired | Adequate |
|--|---------|----------|
| • Maintain glideslope within $\pm X$ ft: | 12.5 ft | 25 ft |
| • Maintain localizer within $\pm X$ ft: | 50 ft | 75 ft |
| • Maintain airspeed within $\pm X$ knots of the reference: | 5 knots | 10 knots |

3.11.21 ILS Approach

a. Objective.

- Check ability to perform precise flight path and speed control.

b. Description of Maneuver. Start the maneuver eight miles from the runway with an offset from the localizer of 1 nm, on a 45 degree intercept to the localizer. At an airspeed of 120 knots or V_H and altitude of 1500 ft, intercept the localizer and slow the rotorcraft to 90 knots prior to glideslope intercept. Track the ILS to a 200 ft decision height at an airspeed of 90 knots.

c. Performance standards.

Performance – ILS Approach

| | Desired | Adequate |
|---|---------|----------|
| • Maintain airspeed of 90 knots within $\pm X$ knots: | 5 knots | 10 knots |
| • Prior to glideslope intercept, maintain altitude within $\pm X$ ft: | 100 ft | 200 ft |
| • Maintain glideslope and localizer within X dots: | 1 dot | 2 dots |

3.11.22 Missed Approach

a. Objective.

- Check longitudinal flight control variations in a high-workload, divided-attention task.

b. Description of Maneuver. After performing an ILS approach to Decision Height, initiate a climb on runway heading to an altitude of 500 ft at an airspeed of 80 knots. At 500 ft, turn right to a heading 90 degrees from runway heading. Level off at 1,000 ft and accelerate to 100 knots. Once steady at this condition, turn right to a heading of 180 degrees from runway heading and climb to 2,000 ft. Once level at 2000 ft and steady on 100 knots, accelerate to 130 knots or V_H .

c. Performance standards.

Performance – Missed Approach

| | Desired | Adequate |
|---|---------|----------|
| • Maintain target altitudes within $\pm X$ ft: | 100 ft | 200 ft |
| • Maintain target airspeeds within $\pm X$ knots: | 5 knots | 10 knots |

3.11.23 Speed Control**a. Objective.**

- Investigate airspeed control to assess adequacy of stick force gradient with airspeed.

b. Description of Maneuver. From trimmed level flight at 90 knots, decelerate to 70 knots and retrim for hands-off flight. Then accelerate to 90 knots and retrim for hands off flight. Finally, accelerate to 110 knots and retrim.

c. Performance standards.**Performance – Speed Control Task**

| | Desired | Adequate |
|--|----------|-----------|
| • Maintain altitude within $\pm X$ ft: | 100 ft | 200 ft |
| • Trim hands-off at target airspeed within $\pm X$ knots: | 3 knots | 5 knots |
| • Change from one trim airspeed to another within X minutes: | 1 minute | 2 minutes |
| • Maintain heading within $\pm X$ deg: | 5 deg | 10 deg |

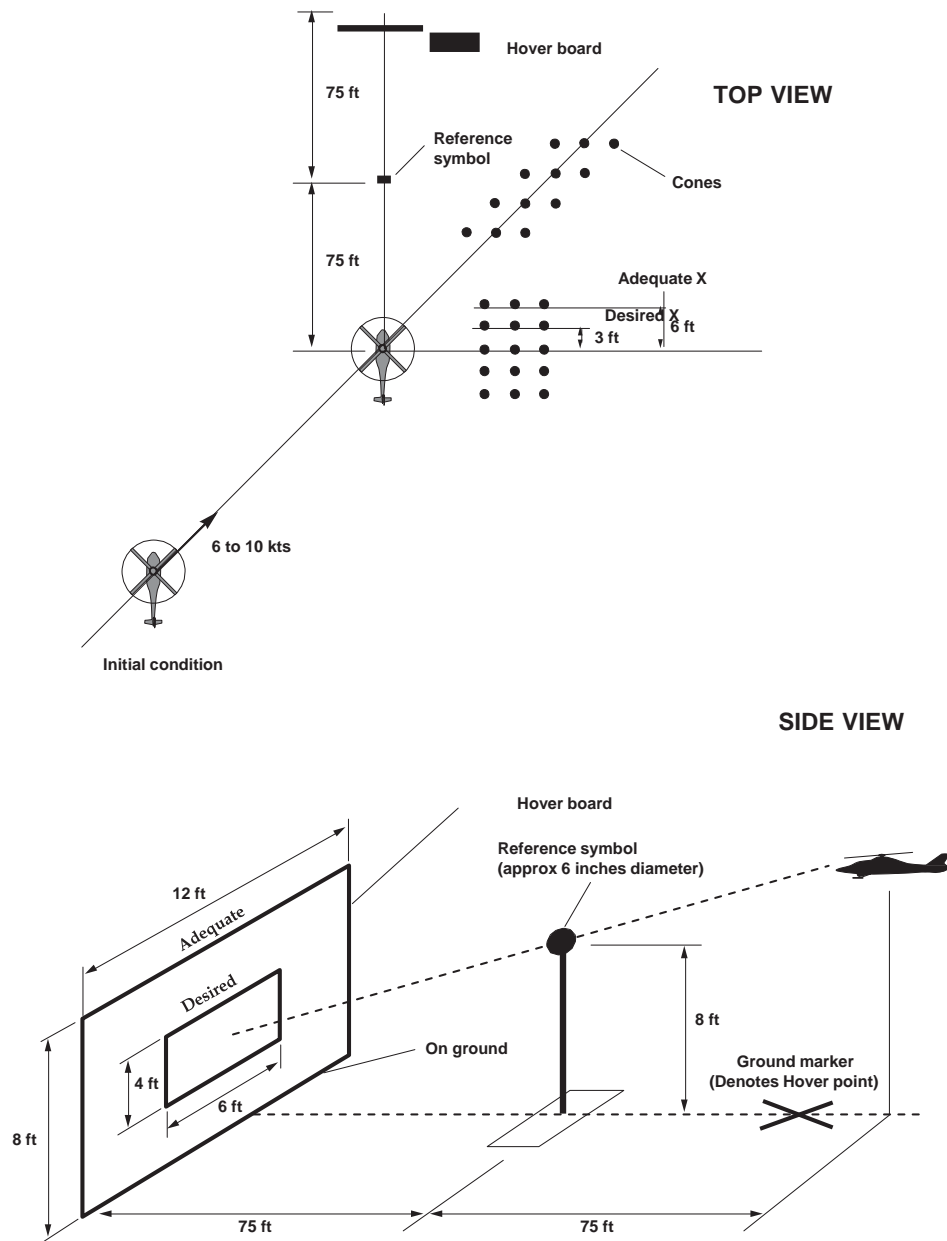


Figure 24. Suggested course for hover maneuver

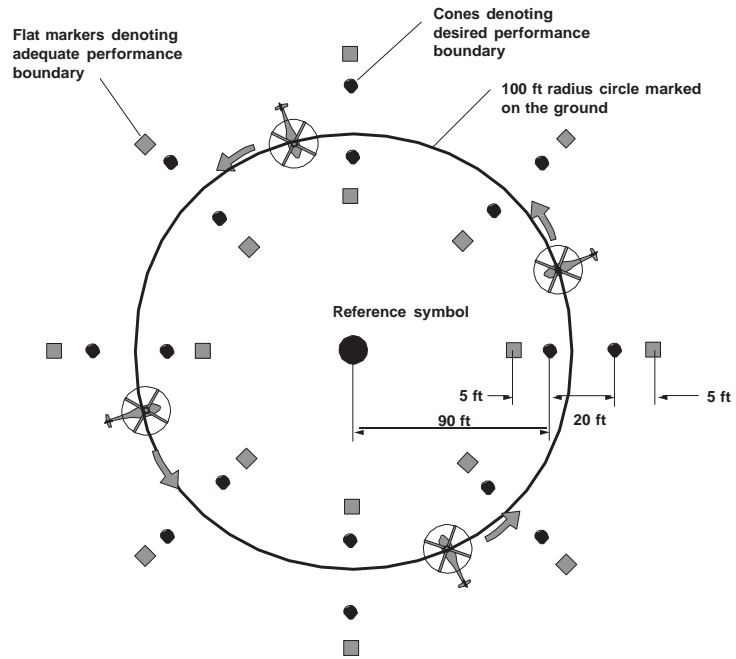


Figure 25. Suggested course for pirouette maneuver

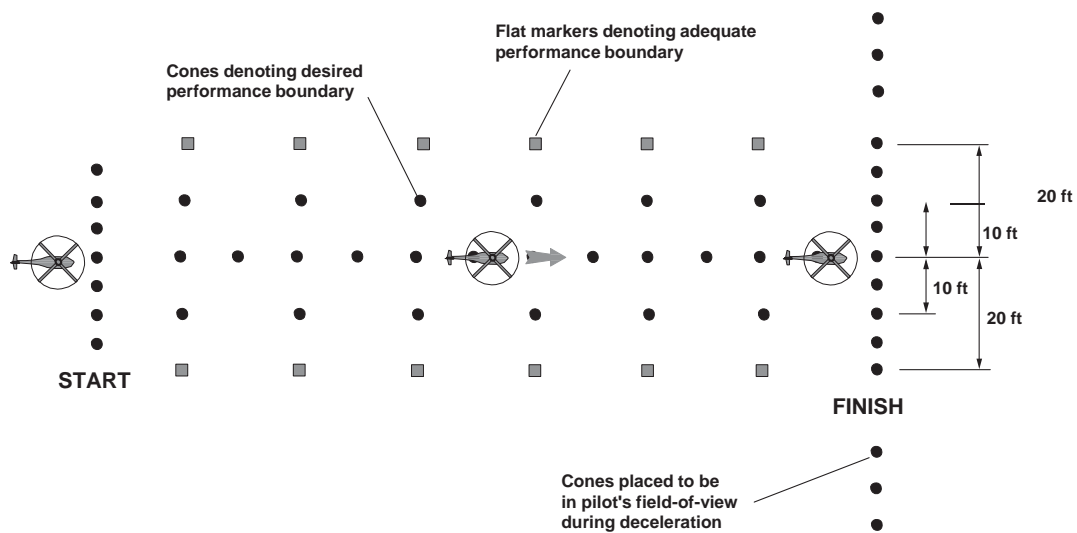


Figure 27. Suggested course for acceleration-deceleration maneuver

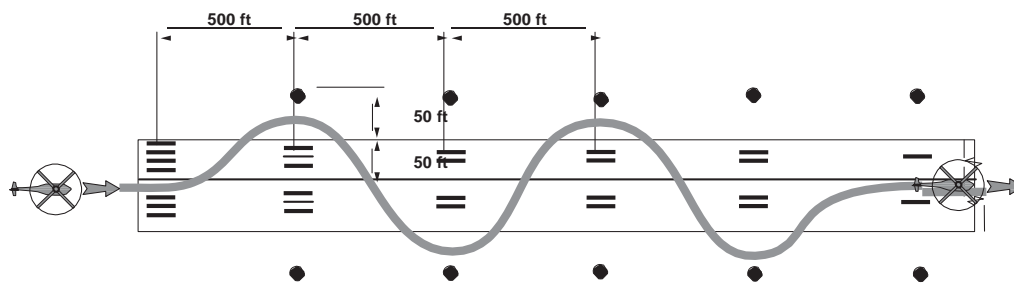


Figure 28. Suggested course for slalom maneuver

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

| | | | |
|--|---|--|--|
| 1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO <p style="text-align: center;">DP</p> | 2. DATA <p style="text-align: center;">24 de julho de 2012</p> | 3. DOCUMENTO Nº <p style="text-align: center;">DCTA/ITA/DP-036/2012</p> | 4. Nº DE PÁGINAS <p style="text-align: center;">155</p> |
| 5. TÍTULO E SUBTÍTULO: APLICABILIDADE DE CRITÉRIOS DE QUALIDADE DE PILOTAGEM PARA OPERAÇÕES DE RESGATE E AEROMÉDICAS NA AVIAÇÃO DE SEGURANÇA PÚBLICA BRASILEIRA | | | |
| 6. AUTOR(ES): Jackson Lauffer Lima | | | |
| 7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia Aeronáutica – ITA/EAM | | | |
| 8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Qualidade de Pilotagem, Operações Aéreas de Resgate e Aeromédicas, Aviação de Segurança Pública. | | | |
| 9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Manobrabilidade; Qualidade; Controle de aeronaves; Controle de voo; Gerenciamento de riscos; Prevenção de acidentes; Operações de salvamento; Engenharia aeronáutica. | | | |
| 10. APRESENTAÇÃO: (X) Nacional () Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Mestrado Profissional em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica. Orientador: Prof. Dr. Fábio Andrade de Almeida, Coorientador: Cmte. Cleverson Lautert Cruz. Defesa em 24/07/2012. Publicada em 2012. | | | |
| 11. RESUMO: <p>Com a crescente necessidade de eficiência e segurança na realização de operações aéreas de segurança pública, verifica-se a possibilidade de utilização de conceitos de Qualidades de Pilotagem ou <i>Handling Qualities</i>, que são as qualidades ou características de voo e operacionalidade de uma aeronave que regem a facilidade e precisão com que um piloto é capaz de realizar as tarefas necessárias à determinadas missões. A avaliação dessas qualidades com sustentação na segurança operacional está fundamentada em uma estrutura quadripartite, composta dos seguintes integrantes: a missão e as tarefas de pilotagem associadas; o ambiente operacional onde ocorre a missão; a configuração do veículo, sua dinâmica e o envelope de voo; e o piloto e a interface piloto-veículo. A concretização deste processo no escopo militar dos Estados Unidos da América é a <i>Aeronautical Design Standard ADS-33</i>, que na década de 70 revolucionou a forma como a comunidade aeronáutica pensava sobre qualidades de pilotagem. Constatando-se a similaridade com o contexto operacional da aviação de segurança pública, o trabalho propõe o emprego da metodologia da ADS-33 como fator de incremento da segurança operacional e otimização de especificação de equipamentos na aviação de segurança pública brasileira, em especial quanto às operações de resgate e aeromédicas.</p> | | | |
| 12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO | | | |