



**UNISUL**

**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**SERGIO EDUARDO GOMES**

**A NECESSIDADE DE UM MANUAL ESPECÍFICO PARA A PADRONIZAÇÃO DO  
CURSO DE AERONAVE MULTIMOTOR LEVE A PISTÃO TERRESTRE NO  
BRASIL**

**Palhoça**

**2018**

**SERGIO EDUARDO GOMES**

**A NECESSIDADE DE UM MANUAL ESPECÍFICO PARA A PADRONIZAÇÃO DO  
CURSO DE AERONAVE MULTIMOTOR LEVE A PISTÃO TERRESTRE NO  
BRASIL**

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Angelo Damigo Tavares, MSc

Palhoça

2018

**SERGIO EDUARDO GOMES**

**A NECESSIDADE DE UM MANUAL ESPECÍFICO PARA A PADRONIZAÇÃO DO  
CURSO DE AERONAVE MULTIMOTOR LEVE A PISTÃO TERRESTRE NO  
BRASIL**

Esta monografia foi julgada adequada à obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas e aprovada em sua forma final pelo Curso de Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 23 de novembro de 2018

---

Orientador: Prof. Angelo Damigo Tavares, MSc

---

Avaliador: Prof. Joel Irineu Lohn, MSc

Dedico este trabalho aos profissionais que sempre procuram aperfeiçoamento nas suas atividades.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço imensamente a DEUS por propiciar este momento de alegria na conclusão deste curso, que é muito importante para minha carreira na aviação. Do mesmo modo o apoio incondicional de minha família sempre estimulando em tudo que faço pensando que o melhor ainda está por vir.

Ao meu orientador Professor MSc. Angelo Damigo Tavares pelos conselhos e ajuda nos meus momentos de dificuldade nesta pesquisa.

Deixo também o meu agradecimento à coordenação do curso, aos docentes, administrativos e colegas das disciplinas as quais participei nesta jornada e, com certeza, a cada dia era um novo aprendizado.

Gostaria de deixar um forte abraço ao nosso ex-coordenador do curso, Sr. Silva Júnior, que conheço desde os tempos de Pirassununga. Uma das pessoas que abriram a oportunidade para que os tripulantes obtenham este título, desejando uma rápida recuperação, sendo uma das boas lembranças deste curso.

“Não se espante com a altura do voo. Quanto mais alto, mais longe do perigo. Quanto mais você se eleva, mais tempo há de reconhecer uma pane.  
É quando se está próximo do solo que se deve desconfiar.” (SANTOS DUMONT, 1873 – 1932).

## RESUMO

O trabalho teve como objetivo geral compreender porque há necessidade de um manual específico de treinamento do curso em multimotor terrestre para melhorar a segurança operacional no Brasil. A pesquisa é caracterizada como exploratória descritiva com procedimento bibliográfico e documental por meio de livros, manuais, artigos, regulamentos, e dados estatísticos. A abordagem utilizada foi qualitativa e quantitativa. Na análise dos dados foram extraídos os principais conceitos abordados com aspectos práticos em relação aos dados levantados do CENIPA e ANAC. Ao finalizar a pesquisa, foi notado que a legislação no Brasil somente exige itens mínimos para se obter uma habilitação em multimotor terrestre, existindo ainda, uma insuficiência de material bibliográfico nacional para o assunto. Comparando os dados estatísticos dos registros de ocorrências aeronáuticas e da frota de aeronaves multimotor brasileira percebeu-se que os índices são relevantes, principalmente no fator operacional, e dessa forma, existe uma lacuna de conhecimento latente. Em face a esta realidade, foi compreendido que o multimotor é uma aeronave com uma série de características exclusivas, percebendo-se a necessidade de uma instrução mais completa com um manual ou guia de instrução conforme idealizado, de forma a atender aos que pretendem ter um bom conhecimento técnico e assim melhorar a segurança operacional.

Palavras-chave: Multimotor Terrestre. Treinamento. Legislação Aeronáutica. Padronização.

## **ABSTRACT**

This research had as general objective to understand why a specific training manual for the multiengine aircraft land rating is necessary to improve the operational safety in Brazil. It is characterized as an exploratory descriptive research with bibliographic and documentary procedure through training books, manuals, regulations and statistical data. The approach used was qualitative and quantitative. In the analysis of the data, the main concepts were analyzed with practical aspects in relation to the data collected from CENIPA and ANAC. At the end of this research, it was noticed that the legislation in Brazil only requires minimum requirements to obtain a licence and rating in multi-engine land aircraft and there is still a lack of national bibliographic resources for this subject matter. Comparing the statistical data from reports of aeronautical occurrences and the Brazilian fleet, it was observed that the average rate are relevant, mainly in the operational factor, and thus, there is a latent knowledge gap. In view of this reality, it has been understood that the multi-engine is an aircraft with a series of unique features, and therefore, requires a more complete instruction with a manual or instructional guide as designed, to meet those who wish to have a good technical knowledge and thus improving operational safety.

**Key words:** Multiengine Land. Training. Aviation Law. Standadization.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Típico multimotor terrestre leve a pistão, PIPER PA-23 Apache .....	15
Figura 2 – Cabine de pilotagem, PIPER PA-23 Aztec .....	24
Figura 3 – Aeronave em voo monomotor.....	27
Figura 4 – Gráfico do teto de serviço monomotor.....	28
Figura 5 – Gráfico e cálculo de peso e balanceamento.....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS

C.G.	Centro de gravidade
cv	Cavalo vapor (HP)
FAP	Ficha de Avaliação de Pilotos
IS	Instrução de Serviço (ANAC)
kg	Quilograma
km/h	Quilômetros por hora
MLTE	Multimotor terrestre
PMZC	Peso máximo zero combustível
POH	Manual de Operação do Piloto ( <i>Pilots Operating Handbook</i> )
V <sub>mc</sub>	Velocidade mínima de controle
V <sub>mcg</sub>	Velocidade mínima de controle no solo
V <sub>s</sub>	Velocidade de estol
V <sub>yse</sub>	Velocidade de máxima razão de subida monomotor

## LISTA DE SIGLAS

AFH	<i>Manual de Voo em Aeronave (Airplane Flight Handbook)</i> (FAA)
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
CAAP	Publicação Consultiva da Aviação Civil ( <i>Civil Aviation Advisory Publication</i> ) (Austrália)
CAA	Autoridade de Aviação Civil ( <i>Civil Aviation Authority</i> ) (Inglaterra)
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
FAA	Administração Federal de Aviação ( <i>Federal Aviation Administration</i> ) (EUA)
FITS	Padrões de Treinamento da Indústria ( <i>FAA Industry Training Standards</i> )
OACI	Organização de Aviação Civil Internacional
PHAK	Manual de Conhecimento Aeronáutico do Piloto ( <i>Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge</i> )
RAB	Registro Aeronáutico Brasileiro (ANAC)
RBAC	Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (ANAC)
TP	Publicação de Treinamento ( <i>Training Publication</i> ) (Canadá)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA .....	15
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo Geral.....	15
1.2.2 Objetivos Específicos.....	15
1.3 JUSTIFICATIVA .....	16
1.4 METODOLOGIA .....	17
1.4.1 Natureza e Tipo de Pesquisa.....	17
1.4.2 Materiais e Métodos.....	17
1.4.3 Procedimentos de Coleta de Dados .....	18
1.4.4 Procedimentos de Análise dos Dados .....	18
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	18
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>19</b>
2.1 INTRODUÇÃO AO VOO.....	19
2.2 CONCEITOS RELATIVOS AO MULTIMOTOR TERRESTRE .....	20
2.3 SISTEMAS DA AERONAVE MULTIMOTOR TERRESTRE .....	21
2.4 O VOO E OPERAÇÃO DO MULTIMOTOR TERRESTRE .....	24
2.5 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA.....	30
2.6 PROPOSTA DE TÓPICOS TEÓRICOS E PRÁTICOS PARA O CURSO DE MULTIMOTOR TERRESTRE .....	34
<b>3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>37</b>
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Todos os aviões e aeronaves são classificados pelas autoridades aeronáuticas com base em definições e normas contidas nos documentos emitidos pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), que é a autoridade de países signatários de acordo mundial para padronizar a aviação civil, chamada de Convenção de Chicago.

Segundo os art. 37 e 38 desta Convenção, são recomendados padrões e práticas que os países aplicam conforme suas necessidades, de forma a atender tanto requisitos técnicos, operacionais ou regionais ocasionando, em algumas situações, as chamadas "diferenças", que são emendas para atender suas necessidades específicas. (DOC, 2006, p. 16-17).

O Brasil utiliza para as aeronaves definições com base no Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) 01, para os requisitos de habilitação de pilotos o RBAC 61 e para a avaliação de proficiência em voo a Instrução de Serviço (IS) 002.

Com os enquadramentos na legislação brasileira para o multimotor terrestre, verificar-se-á o estabelecimento de requisitos para seu treinamento com foco na avaliação prática de voo, sem especificar como será sua instrução teórica ou prática.

Existe também uma condição de performance para a situação de voo monomotor constante no RBAC 23 versando sobre os requisitos para se homologar uma aeronave. São requisitos que regem o desempenho das aeronaves e serão registrados em voos de certificação. Por esta norma, as aeronaves multimotores leves a pistão não garantem que se mantenha uma razão de subida monomotor, que é o ganho de altura por unidade de tempo. (BRASIL, 2018, p. 55).

A aeronave multimotor leve a pistão terrestre foi desenvolvida para se ter maior capacidade de transporte de passageiros e cargas por distâncias mais longas, trazendo maior segurança operacional com a instalação de mais um motor, geralmente nas asas, e isto implica em ter sistemas redundantes auxiliares ao voo conforme cita Crayg (1994, p. xi, tradução nossa):

Mas a aeronave bimotora tem vantagens distintas sobre as monomotoras em muitas áreas. A mais importante vantagem é a redundância. Basta que a aeronave tenha velocidade suficiente, dois motores podem ser um salva-vidas.

Os aspectos e as características de voo relevantes da aeronave multimotor leve a pistão terrestre serão mencionadas, assim como a operação de sistemas redundantes para segurança nestes modelos de aeronave tendo como exemplos a alimentação cruzada de combustível e o embandeiramento da hélice (situação em que as pás da hélice ficam paralelas ao sentido de voo), tais componentes são exclusivos dos multimotores.

Nesta pesquisa poder-se-á entender como as aeronaves multimotores terrestres por sua natureza consideradas complexas por possuírem sistemas diversos e, um bom treinamento para garantir que haja desempenho operacional e controle de voo, principalmente pelos motores geralmente estarem nas asas, caso falhe um deles, há necessidade de equilibrar as forças aerodinâmicas para que continue o voo com segurança.

As características exclusivas para este modelo de aeronave necessitam de um curso teórico e treinamento prático mais completo. Dessa forma, estabelecer-se-ão quais itens ideais para a composição de um manual ou guia específico para padronizar o curso. O mestre piloto Heitor Bottura comenta em seu livro em alusão ao que é esperado do piloto que fará um curso de multimotor terrestre:

A transição da condição de piloto de aeronaves monomotoras, em geral mais leve e mais simples, para a de titular de uma classe referente a aviões terrestres multimotores, nada tem em verdade de misterioso. Desta forma, o treinamento para adaptação ao voo por instrumentos, quando feito metodicamente, decorre sem maiores problemas. Contudo, em ambos os casos o candidato deve preparar-se psicologicamente para aceitar longa série de exigências que antes não lhe eram feitas. São novos cuidados, novos desvelos, corporificados em múltiplas "listas de verificações", que se manifestam na fase de planejamento do voo, bem como durante sua execução, -que ocorrem tanto no solo como no ar, e que - afinal - acabam por exigir do piloto uma nova atitude mental em face do avião e da aviação. (BOTTURA, 1989, p.4).

Para padronizar esta literatura, a "aeronave multimotor leve a pistão terrestre" será nominada a partir de agora somente como "multimotor terrestre" ou MLTE. A pesquisa não ambiciona ensinar a voar o multimotor terrestre nem de se confeccionar o manual propriamente dito e sim, compreender, caracterizando, descrevendo e comparando os assuntos tratados de forma a melhorar o treinamento e a segurança do piloto que almeja voar aeronaves deste modelo. (BOTTURA, 1989, p. 1).

Na figura 1 seguinte, é apresentado um modelo de aeronave multimotor terrestre onde se verifica a posição dos motores e hélices nas asas, as superfícies de comando na parte traseira (horizontal e vertical), o trem de pouso e a cabine de passageiros (fuselagem).

Figura 1 – Típico multimotor terrestre leve a pistão, PIPER PA-23 Apache



Fonte: Herrera, Airliners.NET (2018).

## 1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Sabendo-se que a legislação aeronáutica brasileira estabelece somente requisitos básicos da parte prática aos pilotos que aspiram uma habilitação em multimotor terrestre, com sistemas e características de voo distintas e implicariam em um treinamento com cursos teórico e prático mais específicos, surge o seguinte questionamento: porque há necessidade de se ter um manual de treinamento específico do curso em multimotor terrestre para melhorar a segurança operacional no Brasil?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Compreender porque há necessidade de se ter um manual de treinamento específico do curso em multimotor terrestre para melhorar a segurança operacional no Brasil.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Caracterizar os conceitos relativos ao multimotor terrestre.

Descrever os sistemas redundantes e a operação em voo do multimotor terrestre.

Comparar dados estatísticos da aviação e os requisitos para se obter uma licença e habilitação segundo a legislação brasileira.

Sintetizar os tópicos para um manual teórico e prático do curso de multimotor terrestre.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Este assunto surgiu de reflexões sobre a habilitação em multimotor terrestre e, notou-se que é requerida, de acordo com a legislação atual, somente instrução prática para os que almejam uma habilitação em multimotor terrestre, sem proporcionar um roteiro de estudo teórico e prático definido.

Outro motivo que incentivou a pensar no assunto desta pesquisa é que a carência de literaturas apropriadas, falta de conhecimento teórico e prática de voo pode afetar a segurança operacional conforme análise de dados de ocorrências e frota no Brasil. Para isto, foram colhidos no relatório estatístico atual do Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB) dados da frota de aeronaves multimotor terrestre e no Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) dados de acidentes, incidentes graves e incidentes entre os anos de 2008 e 2018.

Por outro lado, com a verificação da legislação brasileira notar-se-á que mudanças poderiam se concretizar para este assunto e, o conhecimento adquirido tem o potencial de ser expandindo para as escolas de pilotagem no formato de um manual ou guia para que os alunos do curso tenham um currículo mais amplo, levando-os a uma pilotagem mais eficiente.

Além disto, no Brasil, não há literatura suficiente de autores nacionais para este assunto, dificultando aos pilotos o acesso a uma bibliografia técnica para este assunto, pois a maioria dos manuais de aeronaves e livros são em língua estrangeira, principalmente o inglês e por vezes verifica-se uma barreira para alcançar o conhecimento aos que não possuem fluência.

Segundo Crayg (1994, p. 100, tradução nossa), comenta:

Um bom curso de multimotor deveria ter muito tempo de teoria. Não existe nenhum teste teórico para esta habilitação. Um curso teórico seria uma única oportunidade (além deste livro) de entender os conceitos do multimotor.

Simultaneamente com os assuntos explanados e discutidos nesta pesquisa, entender-se-á o quão complexo é o multimotor terrestre, seus sistemas redundantes, suas características de operação e voo distintas das demais aeronaves. Tal percepção estimulará o leitor a refletir sobre o que deve ser importante para as partes teórica e prática deste curso com

base nos requisitos da legislação no Brasil, especialmente do RBAC 61, que versa sobre licenças e habilitações, da avaliação prática de voo, que é a Instrução Suplementar (IS) 002.

Para isto, serão reunidos exemplos de guias existentes em outras agências reguladoras de aviação de modo a ampliar gama de conhecimentos necessários para se proporcionar um manual abrangente e serem usados em pesquisa futura. Assim, ter-se-á somando com este trabalho a oportunidade de enriquecer o conteúdo bibliográfico disponível de modo a contribuir para a coletividade aeronáutica nos segmentos da aviação como aos pilotos, aeroclubes, escolas de pilotagem, escolas militares assim como para a Autoridade Aeronáutica.

## 1.4 METODOLOGIA

### 1.4.1 Natureza e Tipo de Pesquisa

A pesquisa é caracterizada como exploratória descritiva que, segundo Gil (2002, p. 41), "Seu planejamento é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado". A abordagem é qualitativa sendo, "como uma sequencia de atividades, que envolve a redução dos dados, a categorização desses dados, sua interpretação e a redação do relatório" (GIL, 2002, p.133), e quantitativa por meio de dados estatísticos que, "por sua própria natureza conduzem para sua análise" (GIL, 2002, p.59). A coleta de dados será com verificação de recursos documentais e bibliográficos para demonstrar o que a pesquisa gostaria de esclarecer.

### 1.4.2 Materiais e Métodos

Será usado referencial documental, conforme Gil (2002, p. 46), "de primeira mão', que não receberam nenhum tratamento analítico", de regulamentos da Autoridade Aeronáutica do Brasil para orientar a habilitação do multimotor terrestre e, "de segunda mão', que já foram de alguma forma analisados" (GIL, 2002, p.46) como relatórios estatísticos da aviação brasileira. Os materiais analisados serão:

Bibliográficos: livros, periódicos e informações de sites da internet com temas correlatos ao multimotor.

Documentais: manuais, relatórios estatísticos e documentos de legislação regendo a Aviação Civil Brasileira, manuais e guias de países para o curso do tema proposto.

#### 1.4.3 Procedimentos de Coleta de Dados

A coleta de dados será com base em documentos de legislação, dados estatísticos, bibliográficos como manuais e livros específicos para verificação de validade dos dados relevantes.

#### 1.4.4 Procedimentos de Análise dos Dados

Na análise dos dados foram extraídos os principais conceitos dos livros, manuais, legislação brasileira além de resultados dos dados obtidos do CENIPA e ANAC para dar base fundamental com a finalidade de buscar a correlação nos conceitos teóricos e aspectos práticos levantados durante o estudo para poder gerar uma conclusão.

### 1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No Capítulo 1 estará apresentada a introdução, o problema do estudo, os objetivos, a justificativa e a metodologia.

O Capítulo 2 foi dividido em seis tópicos. No primeiro tópico será explanado como as aeronaves voam em um nível para o entendimento do leitor. No segundo tópico serão descritos os conceitos relativos ao multimotor terrestre conforme a legislação aeronáutica. No terceiro tópico serão descritos os principais sistemas redundantes existentes nestes modelos de aeronaves. No quarto tópico serão descritas as características de voo e operação do multimotor terrestre. No quinto tópico será examinada a legislação brasileira, para comparar como se delineia o processo de habilitação. No sexto tópico serão sintetizados os tópicos principais para os cursos teórico e prático do multimotor terrestre com base nos requisitos existentes na legislação brasileira e países que possuem guias específicos.

No Capítulo 3 será realizada a apresentação e discussão dos dados e teorias levantadas de modo a analisar os pontos mais relevantes para entender os conceitos descritos, comparar a legislação pertinente e o resultado dos dados estatísticos.

No Capítulo 4 estará apresentada a conclusão com base nas definições relativas ao multimotor terrestre, características de operação e voo diferenciadas, comparado-se a legislação de modo a concluir o que é necessário para se voar aeronaves deste modelo. Assim sendo, será compreendida a necessidade de padronizar seu curso.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 INTRODUÇÃO AO VOO

As aeronaves utilizam-se de princípios aerodinâmicos para se sustentar no ar independentemente se possuem motor ou não. Segundo Homa (1996, p. 8-12), o ar é um gás e a aeronave voa através dele. Esse gás possui vários fatores que alteram a massa e o volume de moléculas no mesmo espaço sendo as principais: pressão, temperatura e densidade. Como regra geral quanto mais alto se voa, menores serão estes valores e isto altera o desempenho da aeronave como sua distância de decolagem e pouso, velocidades, razão de subida, altura máxima de voo e a potência desenvolvida pelos motores.

As aeronaves aproveitam o princípio de Bernoulli para se manter no ar e segundo explicação de Homa (1996, p. 18): "[...] a força do impacto do ar (ou pressão dinâmica) é tanto maior quanto maior a velocidade do escoamento". A pressão nas superfícies aerodinâmicas assimétricas, que são as asas da aeronave em deslocamento na massa de ar, produzem uma força chamada resultante aerodinâmica, é esta força que mantém as aeronaves voando.

Segundo o *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge* (PHAK) capítulo 5 há quatro forças, opostas entre si, que mantêm a aeronave em voo nivelado e constante: Sustentação, Peso, Arrasto e Tração. (USA, 2016, p. 1-2).

A Sustentação é a componente vertical da resultante aerodinâmica, que é o ar em deslocamento passando pelas superfícies aerodinâmicas, chamado de vento relativo o qual causa uma componente de pressão na parte de cima das asas da aeronave. O oposto dela é o Peso, representado pela própria força da gravidade atraindo-o diretamente para a Terra. As outras duas forças são a Tração, sendo a força do motor que faz o deslocamento das superfícies aerodinâmicas para frente e sua oposta, uma força contrária, chamada de Arrasto, esta força retarda o deslocamento, sendo provocada pelos próprios efeitos aerodinâmicos dos redemoinhos formados após o ar passar pelas asas, dos componentes externos e rugosidades da aeronave que, somados, atrasam seu deslocamento. (USA, 2016).

Em todas as fases do voo estas forças deverão estar em equilíbrio com base na terceira lei de Newton, em que toda ação de uma força gera um equilíbrio de forças opostas, seja em condição de subida, em deslocamento horizontal, em descida ou em curvas. (USA, 2016).

## 2.2 CONCEITOS RELATIVOS AO MULTIMOTOR TERRESTRE

A fim de perceber as particularidades do multimotor terrestre mostrar-se-ão as principais definições aplicadas para este modelo de aeronave. Para dar início ao entendimento dos conceitos que serão explanados, explicar-se-á a diferença entre aeronave e avião:

**AERONAVE:** significa um dispositivo que é usado ou que se pretenda usar para voar na atmosfera, capaz de transportar pessoas e/ou coisas e,

**AVIÃO:** significa uma aeronave de asa fixa, mais pesada que o ar, propelida a motor e que é sustentada no ar pela reação dinâmica do ar contra suas superfícies de sustentação, que permanecem fixas sob determinadas condições de voo. (BRASIL, 2018, p. 2-6).

Segundo o mesmo regulamento, as aeronaves são classificadas como categoria e classe para habilitações de pilotagem e homologação. As definições relativas a habilitação de pilotos, são:

**Categoria significa:** (1) quando usada em referência a certificados, **habilitações**, prerrogativas e limitações de pessoas, **uma classificação geral de aeronaves** (exemplo: **aviões**, helicópteros, planadores e mais leves que o ar); [...].

**Classe:** (1) quando usada em referência a certificados, **habilitações**, prerrogativas e limitações de pessoas, significa uma classificação de **aeronaves tendo características operacionais semelhantes**. Exemplo: monomotores, **multimotores**, **terrestres**, anfíbios, giroplanos, helicópteros, dirigíveis, balões livres etc.; [...]. (BRASIL, 2018, p. 6, grifo nosso).

De modo a evidenciar alguns conceitos distintos dos atuais no Brasil, nos Estados Unidos, conforme a *Federal Aviation Regulation* (FAR) 61, ressalta-se que o multimotor terrestre é definido para o fim de treinamento por duas abordagens: Aeronave Complexa e de Desempenho.

Segundo a FAR 61 parágrafo 1, "A definição de aeronaves complexas significa as que possuem trem de pouso retrátil, flaps e hélices com velocidades de giro (passo da hélice) controlados, [...]". (USA, 2018, tradução nossa).

Com estas características específicas surge a necessidade de um treinamento suplementar. Conforme a FAR 61 parágrafo 31 é mencionado que, treinamento adicional é necessário para se operar aeronaves complexas, sendo que um instrutor habilitado deverá

prover treinamento teórico e prático para estar proficiente e, receber um endosso qualificando-o a operar este modelo de aeronave. (USA, 2018).

Por sua vez, a FAR 61 parágrafo 31 descreve como aeronave de desempenho as que têm o diferencial de ter motores mais potentes que 200 cv, as quais, necessitam de treinamento adicional nos mesmos moldes das aeronaves complexas. (USA, 2018).

Nesta linha de abordagem, Crayg (1994, p. 100), explica que o multimotor terrestre usado para treinamento é aeronave complexa e de desempenho ao mesmo tempo e, por esta razão, os pilotos preferem usá-los para sua avaliação prática da licença de Piloto Comercial.

No Brasil, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) não considera as definições acima nas suas normas, portanto, o FAA confirma que para voar o multimotor terrestre como sendo um tipo de operação que demanda um bom conhecimento técnico.

Outro fator existente são os requisitos de homologação regidos pelo RBAC 23. Nesta norma são consideradas leves, as aeronaves com peso inferior a 5700 kg. Porém, existe uma caracterização para o multimotor terrestre abaixo de 2721 kg, não necessitando comprovar que poderá manter razão de subida monomotor (que é o ganho de altura por unidade de tempo). Tal requisito deve ser somente confirmado em voo, significando que é hipotético. A razão de subida poderá até ser negativa, ou seja, não conseguirá manter seu voo em subida, que é um fator preponderante para o voo no caso de perda de um motor, principalmente após a decolagem. (BRASIL, 2018, p. 55).

Com a interpretação da regra, surge um novo termo a ser aplicado ao multimotor leve terrestre a pistão, como exposto no *Airplane Flight Handbook* (AFH) capítulo 12:

O termo Multimotor Leve - "*Light Twin*" - mesmo que não definido pelos regulamentos poderá ser usado aqui para denominar aeronaves com um peso máximo certificado de 2721 kg e velocidade de estol menor que 113 km/h. (USA, 2016, p. 1, tradução nossa).

### 2.3 SISTEMAS DA AERONAVE MULTIMOTOR TERRESTRE

Os pilotos, ao iniciarem seu curso de pilotagem, geralmente voam em aeronaves de construção básica e com poucos recursos nos sistemas de voo. Quando adquire alguma experiência de pilotagem, podem dar início ao treinamento em aviões com mais recursos em seus equipamentos instalados a bordo.

O *Airplane Flight Handbook* (AFH) descreve nos capítulos 11 e 12 os sistemas diferenciados usados em multimotor terrestre. Serão descritos os principais, mais críticos e redundantes como:

a) Sistema de hélice: atuado pelo piloto com comandos (manetes) na cabine de pilotagem, ajustam o governador de hélice do motor (controle de rotação) onde, uma vez selecionada a posição fazem ajustes automáticos durante o voo, chamado de velocidade constante. Na velocidade constante as pás das hélices são ajustadas em uma posição de giro que ajuda no desempenho de potência dos motores para cada fase de voo como decolagem, subida, voo de cruzeiro e descida. Existe ainda uma característica chamada embandeiramento ou passo bandeira, função única em multimotor, tem seu comando manual ou automático. Seu objetivo é colocar as pás da hélice em uma posição de mínimo arrasto (paralelas ao sentido de voo), no caso de perda de potência em um dos motores. Existe outro comando, não menos importante, que é o sincronismo de rotação das hélices, que também pode ser feito de modo manual ou automático. (USA, 2016, p. 3-6);

b) Sistema de combustível: seu funcionamento é comum a todas aeronaves e, a alimentação cruzada, sendo existente somente no multimotor, funciona com uma válvula que abre a linha de combustível da asa do motor inoperante para as linhas de combustível do lado do motor operante. É usada principalmente quando há falha de um motor ou em voo normal, de forma a manter o balanceamento de combustível das asas. (USA, 2016, p. 6);

c) Sistema elétrico: possui normalmente dois geradores ou alternadores que são recursos para suprir a carga elétrica de modo que o piloto possa usá-lo de acordo com a necessidade dos equipamentos a bordo. No caso de falha em um dos motores, o fornecimento de energia elétrica do motor inoperante, quando desligado, é isolado do sistema e o piloto faz a redução da carga elétrica da aeronave de modo que consiga operar os sistemas necessários, a fim de trazer a aeronave ao solo com segurança. (USA, 2016, p. 7);

d) Sistema de degelo/anti-gelo: tais sistemas existem em alguns modelos de multimotor de forma a permitir voar mais alto, onde a temperatura é menor e a umidade existente pode formar gelo. Funcionam de modo a retirar o gelo quando já formado ou prevenir sua formação nas superfícies externas como a parte frontal das asas, na cauda (empenagens), hélices e nos sistemas de indicação de velocidade e altitude. Normalmente estes sistemas utilizam para seu

funcionamento o ar quente dos motores, pulverização de álcool ou alimentação elétrica, dependendo do local de uso. (USA, 2016, p. 8);

e) Sistema de turbomotor: alguns tipos de motores usam este componente que, aumenta a potência dos motores para se poder voar em níveis de voo mais elevados, permitindo levar mais carga e melhorando sua performance de operação em pistas de decolagem curtas. O sistema utiliza uma turbina movida pelos gases de escapamento do motor, que gira outra turbina acoplada no mesmo eixo, elevando a pressão do ar admitido nos cilindros e, com isto, aumentando sua potência. Para sua operação, cuidados são necessários, exigindo um monitoramento constante de modo a não exceder a potência máxima e a temperatura dos gases de escapamento, a fim de evitar o colapso do sistema. (USA, 2016, p. 8-11);

f) Sistema de trem de pouso: funciona associado a um sistema hidráulico ou elétrico. Possui uma alavanca que aciona um mecanismo que recolhe o trem de pouso após a decolagem ou desce antes do pouso. As partes móveis se deslocam para aloja-lo em um compartimento fechado com portas. Uma ação muito importante para reduzir o arrasto e aumentar a velocidade de voo. Na cabine de pilotagem, um sistema de indicação com luzes e alarmes serve para mostrar a situação dos trens de pouso para o piloto. Também há um sistema para executar seu recolhimento ou abaixamento em caso de emergência ou vazamento no sistema principal. (USA, 2016, p. 11-16);

g) Sistema de flaps: são superfícies de voo móveis na parte de trás das asas que aumentam sua curvatura, beneficiam a componente de sustentação e velocidade de voo tanto para decolagem como pouso (ajudam o piloto a conduzir a aeronave em menor velocidade). Existem vários tipos de flaps e são usados conforme o previsto no manual de operação, sendo o parâmetro, as velocidades de voo para sua operação. (USA, 2016, p. 2-4).

Com estes sistemas, surge uma demanda extra de conhecimento teórico e, acrescenta-se a necessidade de um treinamento específico em voo, de forma a executar adequadamente os procedimentos previstos conforme o manual de operação, principalmente no caso de uma perda de motor de modo a operar a aeronave com segurança.

Na figura número 2, visualiza-se a cabine de pilotagem típica de uma aeronave multimotor terrestre com seus comandos de motor, trem de pouso e flaps situados no console central parte inferior. No painel, em linha na parte inferior, estão os interruptores (brancos) do

sistema elétrico e, acima, os rádios de comunicação, instrumentos de voo, motor e navegação. No centro, lado esquerdo e direito, existem duas colunas em forma de "V", chamadas de manche, os manches comandam os controles de subida, descida e inclinação das asas. Na parte inferior podem-se ver os quatro pedais (em formato de "I"), que possuem duas funções, uma para os comandos do controle direcional e outra para os freios da aeronave.

Figura 2 – Cabine de pilotagem, PIPER PA-23 Aztec



Fonte: Lekner, [Airliners.NET](http://Airliners.NET) (2002).

## 2.4 O VOO E OPERAÇÃO DO MULTIMOTOR TERRESTRE

Um dos principais efeitos positivos que se imagina ao voar um multimotor terrestre é que, dos 100 por cento de tração quando os dois motores operam normalmente e, numa falha de um deles a aeronave se manteria em voo nivelado com os 50 por cento de potência do motor restante. O AFH capítulo 12, explica o que acontece neste caso:

A diferença básica de operação em uma aeronave multimotor é que os efeitos negativos no caso de perda de um dos motores têm penalidades tanto de desempenho quanto de controle. Então, com a perda de um dos motores principalmente em subida causará uma redução desta razão em aproximadamente 80 a 90 por cento. (USA, 2016, p. 2, tradução nossa).

A aeronave multimotor possui definições e sistemas de voo singulares e seu comportamento em voo exige correções imediatas pelo piloto por ocasião da perda de um motor. (CRAYG, 1994, p. 57).

Cabe ressaltar um conceito importante ao multimotor terrestre é o de motor crítico, sendo uma das bases de conhecimento para uma operação segura. Segundo o RBAC 01 a definição é: "significa um motor cuja falha afeta mais adversamente o desempenho ou as características de manobrabilidade de uma aeronave". (BRASIL, 2018, p. 11). Ainda, segundo Crayg (1994, p. 20, tradução nossa), o motor crítico é o que mais produz condições adversas a aeronave devido a potência produzida pelo motor restante. O efeito é devido ao giro da pá de hélice que está mais afastada do eixo longitudinal, a pá que desce será a que produz mais tração, assim, causando um efeito negativo ao controle direcional. Este comportamento é chamado de efeito assimétrico e, segundo Bottura (1989, p. 38):

[...] é a tendência revelada pelos aviões bimotores (e polimotores também) de abandonar o voo reto e nivelado sempre que não forem exatamente iguais as forças aplicadas, sob forma de potência de cada lado de seu eixo longitudinal.

A outra base de conhecimento é um fator que compromete o controle do multimotor e ocorrerá principalmente nas decolagens, quando a velocidade é baixa, sendo chamada de Velocidade mínima de controle ( $V_{mc}$ ). Esta velocidade é maior que a Velocidade de estol ( $V_s$ ), velocidade onde a aeronave consegue se manter em voo reto e nivelado sem perder altura. Segundo o capítulo 12 do AFH (USA, 2016),  $V_{mc}$  é a velocidade mínima em que a aeronave terá controle direcional no caso de perda de um motor, pois o outro estará com sua potência total para sustentar a aeronave, ou seja, a velocidade de estol é sempre mais baixa que a  $V_{mc}$  em voo normal, mas no caso da perda de um motor não garante que se controle a aeronave.

Ainda, segundo o RBAC 23 parágrafo 149, sendo requisito de homologação, a aeronave nesta velocidade ( $V_{mc}$ ) e nas condições de voo mais desfavoráveis de peso e balanceamento, deverá ser controlada usando o comando direcional para o lado do motor bom e, inclinando a asa no máximo 5 graus para o lado do motor operante de forma a equilibrar as forças aerodinâmicas resultantes deste desbalanceamento. (BRASIL, 2018, p. 64). Caso o

piloto voe abaixo desta velocidade, há o perigo da aeronave girar rápido para o lado do motor ruim e perder o controle. (CRAYG, 1994, p. 6-8).

Outro efeito proveniente da  $V_{mc}$  pode ocorrer durante a decolagem, enquanto no solo, quando a sua velocidade é inferior a  $V_{mcg}$ , chamada de Velocidade mínima de controle no solo ("g" do inglês - *ground* - solo). Neste caso, em caso de falha de um motor, a aeronave seguirá para o lado do motor ruim e, caso não haja a redução imediata de potência, ela sairá para um dos lados da pista de decolagem. Igualmente mais um fator que ocorre somente com o multimotor, porém, todos os pilotos são treinados desde o início de seus voos para que, em caso de perda de motor antes das velocidades críticas de decolagem aplicará o procedimento previsto que será: ficar no solo, reduzir os motores e frear. (BOTTURA, 1989, p. 44).

Nas falhas de motor na decolagem ou em voo, o piloto manterá o controle direcional, evitando voar abaixo da  $V_{mc}$ , realizando os procedimentos de emergência nos sistemas da aeronave para diminuir o arrasto e assim penalizar menos sua razão de subida. (CRAYG, 1994, p. 6).

O efeito restritivo de controle direcional advém do fato que o lado do motor bom estará toda potência para manter a aeronave em voo, causando uma diferença de tração que acarretará uma assimetria dos comandos de voo, como consequência das forças aerodinâmicas. O piloto treinará para corrigir e controlar tal situação usando primeiro uma velocidade que permite o controle do voo (acima da  $V_{mc}$ ). O segundo passo é tentar estabelecer razão de subida, usando uma velocidade chamada de  $V_{yse}$ , que é a Velocidade de melhor razão de subida monomotor. (USA, 2016, p. 23).

Conforme mencionado no AFH capítulo 12, os procedimentos operacionais para executar o voo monomotor são: recolher o trem de pouso, embandeirar a hélice para reduzir o arrasto, aplicar a técnica de se manter a asa inclinada para o lado do motor bom usando todo comando de controle direcional, com isto, manter-se-á o governo da aeronave. (USA, 2016, p. 19). Segundo uma explicação empírica de Bottura (1989, p. 34), sobre as emergências de perda do motor em voo:

A preparação do aviador tocante às emergências de perda de potência pode e deve ser encarada sob dois aspectos fundamentais: um é o aspecto intelectual; aquele referente aos conhecimentos que ele vai adquirir lendo, ouvindo e vendo. De fato o piloto precisa conhecer bem - "na ponta da língua" como se diz comumente - (sic) todos os dados, números e informações do seu aeroplano, relacionados com o voo monomotor. Conseguirá com isso estudando o manual de operações e fazendo cuidadoso exame dos gráficos e cartas de performance.

Na figura número 3, podem-se verificar os efeitos quando há falha em um dos motores (motor crítico). Merece ser observado que a asa do motor em falha está inclinada, pois, o motor bom está com sua potência total, com isto, gerando mais sustentação (seta “*LIFT*”), este conjunto de forças gira a aeronave no sentido do motor parado. Cabe ainda conferir que a hélice do motor parado está embafeirada ou, posição de mínimo arrasto.

Figura 3 – Aeronave em voo monomotor



Fonte: Collins, Flying Magazine (2008).

Outra característica da aeronave multimotor terrestre é o treinamento chamado estol, manobra básica para se conhecer, evitar e corrigir os sinais de perda de sustentação, sendo executada tanto em configuração de decolagem ou de pouso. No caso de estar operando com os dois motores em qualquer rotação ou reduzidos, desde que estejam com potência simétrica, não há grandes problemas de execução. (USA, 2016, p. 26).

Uma ressalva, conforme o AFH capítulo 12, o treinamento do estol com um dos motores permanecendo em potência assimétrica não é recomendado. Estando a potência do motor com tração desigual poderá causar descontrole da aeronave e o resultado será uma manobra chamada parafuso, que é o giro vertical em direção ao solo, dependendo da altura que ocorra, sua recuperação é praticamente impossível. (USA, 2016, p. 26).

O desempenho, como explica o capítulo 12 do AFH, é outro fator preponderante na operação do multimotor terrestre. São os requisitos para operar a aeronave utilizando o

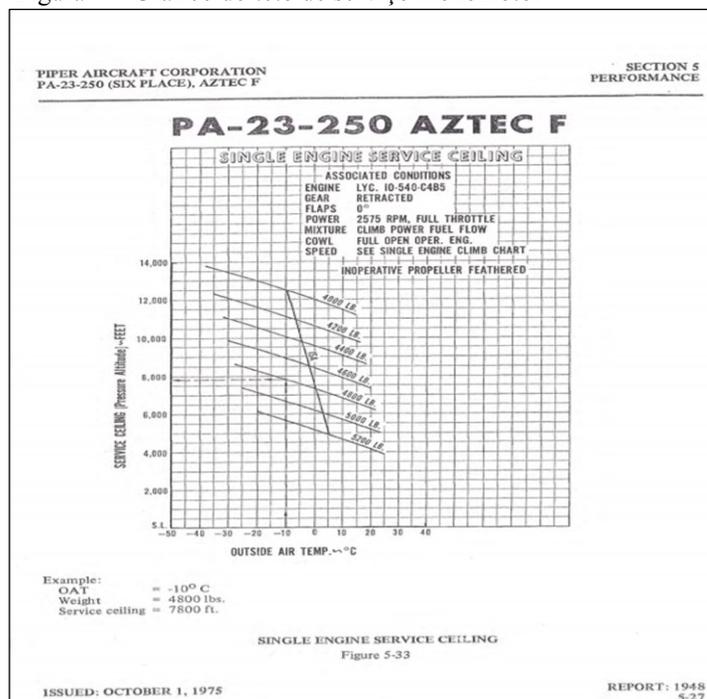
manual de operação (o fabricante testa a aeronave e usa os dados obtidos como padrão) que gera gráficos, tabelas e limites de operação. (USA, 2016, p. 9-10).

Um ponto a se comentar sobre o desempenho é o teto de serviço absoluto. Sua definição é a máxima altitude densidade (correção da altitude conforme as variações de pressão, temperatura e densidade do ar) em o avião é capaz de manter o voo reto e nivelado. No caso do teto de serviço monomotor é a maior altitude densidade em que é capaz de subir com, no mínimo, 16 metros por minuto de razão de subida. O teto de serviço monomotor é inferior, quando comparando com o uso de dois motores, sendo muito importante para o planejamento do voo especialmente acima de áreas montanhosas. (CRAYG, 1994, p.149).

Para isto, existem os gráficos e dados de voo previstos nos manuais de operação das aeronaves e devem ser usados para calcular seu desempenho de modo a conduzi-la dentro dos limites de velocidades estabelecidos em voo e para pousos e decolagens com base nos pesos atuais da etapa do voo e o comprimento das pistas utilizadas a fim de permitir uma operação segura. (USA, 2016, p. 9-10).

Na figura 4, é mostrado um exemplo do gráfico de teto de serviço monomotor (*Single Engine Service Ceiling*).

Figura 4 – Gráfico do teto de serviço monomotor



Fonte: PA-23 POH, Piper Aircraft Corporation (1975).

Sob o mesmo ponto de vista, outro fator importante na operação da aeronave multimotor terrestre é o peso e balanceamento, sendo estes cálculos usados para manter o

centro de gravidade correto e deste modo, manter-se a eficiência e controle do voo. O multimotor foi desenvolvido para atender ao proprietário de forma a voar mais rápido, transportando geralmente de 4 a 9 pessoas, com mais carga em vários bagageiros situados na parte frontal e traseira da fuselagem (área onde os passageiros ficam durante o voo) e viajar por distâncias maiores. (TEXTRON AVIATION, 2018).

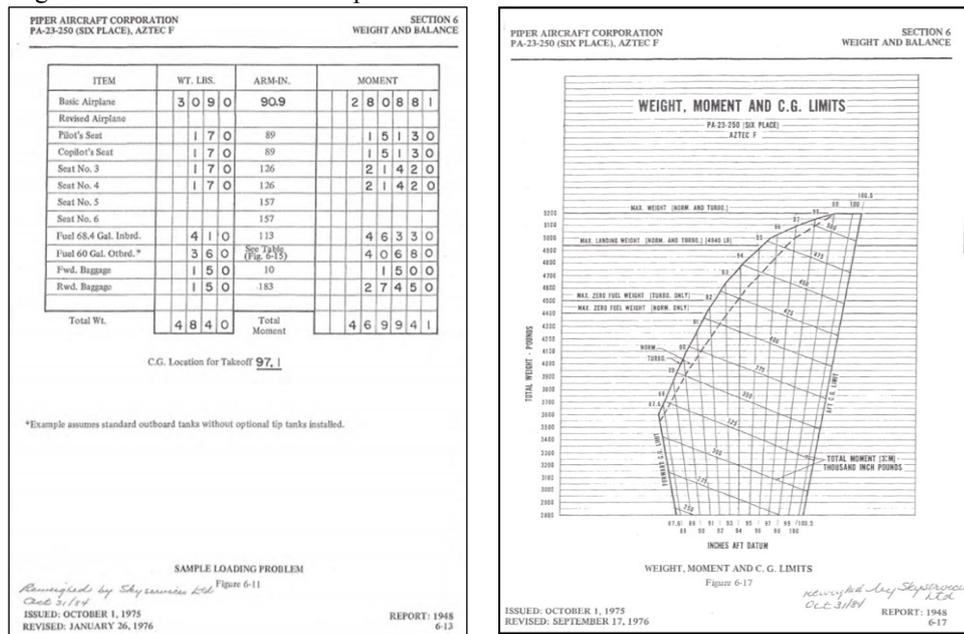
Existe um peso em especial chamado Peso Máximo Zero Combustível (PMZC), é um peso característico de aeronaves que transportam mais peso a bordo. Segundo o capítulo 12 do AFH, o peso máximo zero combustível é definido como o peso máximo que se poderá carregar a aeronave com carga e passageiros. O motivo desta definição é a asa sendo componente estrutural, sofre todo esforço aerodinâmico. É mandatório que todo peso além do PMZC seja completado com combustível nas asas e, com isto, limitando a distância para a aeronave voar com a quantidade existente de combustível a bordo, carga ou passageiros transportados. (USA, 2016, p. 11).

Ainda convém lembrar que, para haver um desempenho adequado em qualquer situação de voo, os manuais dos multimotores dispõem de gráficos e cálculos para carregamento de cargas, de modo a ser feito um planejamento correto de centro de gravidade e não haja problemas de controle do voo. O capítulo 12 do AFH comenta:

Antes da decolagem, o piloto do multimotor deve assegurar que os limites de peso e balanceamento deverá ser observado, se o comprimento da pista é adequado, e se a trajetória de decolagem o livra de obstáculos. Um claro e definido planejamento a seguir no caso de perda de motor é essencial. (USA, 2016, p. 19, tradução nossa).

Na figura 5 seguinte, são apresentadas uma tabela de cálculo de pesos e um gráfico para realizar o peso e balanceamento. É exemplificado um cálculo usando os pesos conforme sua distância em relação ao centro de gravidade ou referência estabelecida pelo fabricante (DATUM), esta multiplicação resulta nos momentos (peso x distância do braço) e, são somados o peso total. A divisão dos dois dará a porcentagem do C.G.. Os valores do peso total, momentos e porcentagem do Centro de Gravidade (C.G.) são inseridos no gráfico e observar-se-á se a posição do centro de gravidade está correta (dentro do gráfico). O gráfico contém ainda as informações do peso máximo de decolagem (*MAX. WEIGHT*) na parte superior e o peso máximo zero combustível (*MAX. ZERO FUEL WEIGHT*) abaixo.

Figura 5 – Gráfico e cálculo de peso e balanceamento



Fonte: PA-23 POH, Piper Aircraft Corporation (1975).

Dessa forma, todas as manobras e conceitos aqui descritos foram elencados entre os principais e mais críticos e deverão ser de pleno conhecimento dos pilotos com treinamento e usando o manual de operação da aeronave, de modo que todo o voo seja conduzido dentro dos padrões de operação previstos para voar o multimotor terrestre com segurança.

## 2.5 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Todos os países signatários da ICAO seguem as normas, recomendações e aplicam conforme suas necessidades. No Brasil o órgão regulador para a aviação civil é a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). A Política de Segurança Operacional da ANAC visa regulamentar e promover a segurança operacional conforme descrito abaixo:

**A ANAC promove e regulamenta a segurança operacional da aviação civil no Brasil**, nas áreas em que legalmente lhe foi delegada competência, comprometendo-se com o desenvolvimento e a implementação de estratégias, **estruturas regulatórias e processos efetivos, buscando que as atividades sob sua supervisão alcancem o mais elevado nível de segurança operacional possível**. Com essa finalidade, a ANAC reforça seu compromisso com o estabelecido no PSO-BR em busca de:

[...] 2. **adotar práticas de regulação e de supervisão** do sistema de aviação civil baseadas em dados e **com foco em desempenho de segurança operacional**; [...].(BRASIL, 2016, grifo nosso).

Uma das bases para seguir a segurança operacional são os regulamentos que regem a aviação civil e, caso necessário, poderão ser realizadas modificações de forma a complementar ou melhorá-los. Para voar uma aeronave, são necessários requisitos ao piloto de forma a obtenção de licença e habilitação. A norma específica para se pilotar aeronaves é o RBAC 61, sua finalidade é:

Este Regulamento estabelece as normas e procedimentos relativos à concessão de licenças, habilitações e certificados para pilotos; os requisitos e padrões mínimos que devem ser cumpridos para a concessão e revalidação desses documentos e as prerrogativas e limitações relativas a cada licença, habilitação ou certificado. (BRASIL, 2018, p. 5).

Esta norma igualmente explica as definições de licença e habilitação. As definições são:

**Licença:** significa o documento emitido pela ANAC que formaliza a certificação de uma pessoa para atuar em operações aéreas civis, a partir do cumprimento de requisitos de idade, grau de instrução, aptidão psicofísica, conhecimentos teóricos, instrução de voo, experiência e proficiência, verificados de acordo com as funções, limitações e prerrogativas pertinentes à referida licença.

**Habilitação:** significa uma autorização associada a uma licença ou a um certificado, na qual são especificadas as qualificações e respectivas validades, condições especiais de operação e as respectivas atribuições e restrições relativas ao exercício das prerrogativas da licença ou certificado respectivo. (BRASIL, 2018, p. 6, grifo nosso).

Como visto acima, a licença é mais abrangente e voltada para as responsabilidades e prerrogativas para atuar em operações aéreas. São sete tipos de licenças: Piloto aluno, Piloto Privado, Piloto Comercial, Piloto de Tripulação Múltipla, Piloto de Linha Aérea, Piloto de Planador e Piloto de Balão. (BRASIL, 2018).

Segundo o RBAC 61 parágrafo 5 é explicado que na obtenção de licenças, a habilitação de categoria será, neste caso, avião e, classe de acordo com a aeronave a qual se obteve o treinamento para a licença e poderá ser em multimotor terrestre. (BRASIL, 2018, p. 8-10). Como exemplo do que foi citado, o piloto obterá a licença de Piloto Privado com a categoria avião e classe multimotor terrestre (normalmente monomotor terrestre).

Para se solicitar uma licença ou habilitação, devem ser seguidos os procedimentos previstos no RBAC 61 parágrafo 13: (BRASIL, 2018, p. 11, grifo nosso).

(a) A solicitação para a concessão de uma licença/certificado e/ou de uma habilitação de acordo com este Regulamento deve ser feita por meio de

preenchimento de formulário próprio, apresentado à ANAC, o qual deve ser enviado por via eletrônica disponibilizada pela ANAC, **após o requerente ter atendido aos requisitos de idade, grau de instrução, aptidão psicofísica, conhecimentos teóricos, instrução de voo**, experiência de voo e aprovação em exame de proficiência previstos neste Regulamento, correspondentes à licença/certificado e/ou habilitação requerida. Para tanto:

(1) **o requisito de conhecimentos teóricos é atendido mediante a aprovação em exame teórico da ANAC ou aprovado pela ANAC, envolvendo os assuntos pertinentes à licença ou habilitação requerida.** Nos casos em que a realização de curso teórico em instituição certificada for requisito para obter a licença ou habilitação, o candidato somente poderá realizar o exame teórico após ter concluído o curso teórico com aproveitamento;

Existe ainda a subparte J do RBAC 61, versando especificamente sobre habilitações de categoria e classe onde são estabelecidos os requisitos para sua concessão e suas prerrogativas. No RBAC 61 parágrafo 193 é estabelecido que, a concessão de categoria recebida será corresponde à aeronave em que o aluno realizou a instrução prática, neste caso, avião (ratificando o que já prevê o Parágrafo 5). (BRASIL, 2018, p. 55).

Para as habilitações de classe previstas no RBAC 61 parágrafo 195, ratifica que a primeira delas virá junto com a licença de piloto privado, na mesma classe de aeronave que voou em seu curso prático (monomotor ou multimotor terrestre). Então, como visto, é comprovada a inexistência de restrição em se fazer o curso inicial no multimotor terrestre. Caso queira incluir outra habilitação de classe, deverá demonstrar conhecimentos para operar com segurança, **ter recebido instrução de voo**, e ser aprovado em exame de proficiência. (BRASIL, 2018, p. 55-57, grifo nosso).

Um exemplo será do piloto obtendo a primeira licença de Piloto Privado em monomotor terrestre e desejando adicionar a classe multimotor terrestre, pelo parágrafo 195 do RBAC 61, esta instrução será composta de 12 horas de voo e um instrutor deverá atestar que o aluno está competente para executar as manobras previstas em voo de avaliação que terá no mínimo os seguintes aspectos:

- (1) reconhecimento e gerenciamento de ameaças e erros;
- (2) procedimentos anteriores ao voo, incluindo peso e balanceamento e verificação das condições gerais de aeronavegabilidade do avião;**
- (3) operações em aeródromos e em circuitos de tráfego; precauções e procedimentos de prevenção de colisões;
- (4) controle do avião utilizando referências externas;
- (5) voo em baixas velocidades, reconhecimento e recuperação do pré-estol, estol e recuperação de estol;**
- (6) voo em altas velocidades e recuperação de picadas;
- (7) decolagens e pousos com ventos de frente e de través;
- (8) voo com referência dos instrumentos, com curvas niveladas de 180 (cento e oitenta) graus e 360 (trezentos e sessenta) graus;
- (9) voo de navegação por contato/estimada entre aeródromos controlados, utilizando procedimentos e fraseologia do controle de tráfego aéreo; e

**(10) operações de emergências com falhas simuladas de equipamentos e de um motor da aeronave.** (BRASIL, 2018, p. 55-57, grifo nosso).

A fim de finalizar os requisitos estabelecidos no Brasil para se obter uma habilitação em multimotor terrestre, existe a Instrução Suplementar (IS) 002, versando sobre os voos de avaliação. Esta norma define os padrões para os voos de avaliação e devem ser conduzidos por um examinador credenciado pela ANAC. Segundo esta IS a definição de avaliação é:

[...] É o processo de avaliar, por meio de uma **demonstração teórica e prática, se um candidato possui conhecimentos**, habilidades e atitudes **requeridas pela ANAC para determinada licença, habilitação** ou certificado. [...]. (BRASIL, 2018, p. 1, grifo nosso).

Os examinadores possuem responsabilidades inerentes e delegadas pela Autoridade Aeronáutica para conduzir a avaliação de forma a manter e **monitorar a segurança e qualidade do sistema da aviação civil**, além de estimular o constante estudo, pesquisa e capacitação. (BRASIL, 2018, p. 2, grifo nosso).

Os princípios da avaliação estabelecidos pela IS 002 são:

**Avaliar** é observar, medir e relatar o desempenho de um candidato, **para determinar se o desempenho demonstrado atende aos padrões mínimos estabelecidos.**

**Uma avaliação** realizada adequadamente **fornece informações sobre:**

- a) Deficiências individuais do candidato;
- b) Deficiências do instrutor ou da metodologia da instrução; e
- c) **Deficiências do manual de curso e do programa de instrução aplicável.**

**O monitoramento dessas informações permite à ANAC e às organizações de instrução/treinamento focar esforços para a atualização dos manuais de curso, dos programas de instrução/treinamento e dos exames de proficiência.** Permite ainda ao candidato conhecer suas deficiências e aperfeiçoar-se para os próximos exames. (BRASIL, 2018, p. 4, grifo nosso).

A avaliação é composta de duas partes, uma oral e outra em voo. Há fichas avaliativas para determinadas licenças e habilitações e, para a aeronave multimotor terrestre existe a Ficha de Avaliação de Pilotos (FAP) 04.2. Cada ficha possui os chamados "elementos de competência" e são os itens que os examinadores deverão avaliar, estando descritos no apêndice B desta IS. Nesta pesquisa foram filtradas as competências para o exame de multimotor terrestre (AME). São elas:

AME - Operar um avião multimotor

Exame oral- Conhecimentos gerais: **conhecimentos técnicos da aeronave, procedimentos normais, anormais e de emergência da aeronave, cálculo de peso e balanceamento da aeronave, cálculos de desempenho de pouso e decolagem da aeronave.**

Exame de voo- procedimentos gerais: **gerenciar o sistema de combustível, gerenciar carga e/ou bagagem.**

Manobras normais: **operar os motores, controlar a aeronave em voo lento.**

Manobras de emergência: **gerenciar falha do motor na decolagem, gerenciar falha do motor em rota, gerenciar uma falha de motor durante a fase de aproximação e pouso, realizar uma aproximação perdida com falha de motor, gerenciar outras situações anormais.**

Além disto, acrescentam-se os conhecimentos prévios previstos no item 4 da ficha:

- a) limitações de velocidade, incluindo: VNO, VA, VX e VY, VNE, VFE, VLO, VLE, máxima de vento de través, a velocidade de penetração em turbulência e carga g máxima;
  - b) velocidades de emergência, incluindo: VMCA, VS, VYSE, velocidade de aproximação monomotor, velocidade para descida de emergência e velocidade de melhor planeio;
  - c) procedimentos de emergência para: falha de motor após a decolagem, fogo motor no solo, pane do motor em voo, pane no sistema de turboalimentação (se aplicável) e overspeed da hélice ou da turbina;
  - d) riscos do voo monomotor abaixo da VMCA;
  - e) configurações de potência, velocidade voo e configuração para o voo monomotor;
  - f) métodos para se recuperar o controle de um avião com um motor em pane que esteja voando a uma velocidade inferior à VMCA;
  - g) condições que aumentam a V1 (se indicado no manual da aeronave);
  - h) desempenho do avião durante o voo assimétrico;
  - i) marcações no indicador de velocidade relevantes às operações com falha de motor;
  - j) decolagens e pousos normais e com vento de través, técnicas de correção do vento;
  - k) técnica e procedimentos usados durante uma falha de motor na decolagem, velocidades de referência apropriadas e ações exigidas do piloto;
  - l) técnicas e procedimentos para a interrupção de uma decolagem após uma falha do motor ou sistema(s), incluindo os fatores de segurança relacionados;
  - m) técnica e procedimentos utilizados para conduzir uma arremetida monomotor, velocidades de referência apropriadas, e ações requeridas do piloto;
  - n) outros itens anormais ou de emergência constantes do manual da aeronave.
- (BRASIL, 2018, p. 115-117, grifo nosso).

## 2.6 PROPOSTA DE TÓPICOS TEÓRICOS E PRÁTICOS PARA O CURSO DE MULTIMOTOR TERRESTRE

Em países como os Estados Unidos, Inglaterra, Austrália e Canadá há guias específicos para o treinamento em multimotor terrestre. Além disto, existe uma vasta bibliografia à disposição dos pilotos, de forma a optar pela mais adequada à sua formação.

Em consequência disso, há uma confirmação que uma lacuna de conhecimento necessita ser preenchida no Brasil com a introdução de um manual para a instrução teórica e

prática com base nos já existentes e, para isto, far-se-á uma pequena descrição de cada guia e das referências viabilizando futuras consultas e pesquisas.

O *Civil Aviation Publication* (CAP) 601 é um manual publicado pela Autoridade de Aviação Civil (CAA) da Inglaterra e, seu objetivo é ser um guia para a habilitação de multimotor com base nos requisitos da avaliação prática, fornecendo um roteiro para os cursos teórico e prático e a confecção de uma avaliação teórica. (UK, 2015).

O *Civil Aviation Advisory Publication* (CAAP) 5.23-2 é um manual publicado pela Autoridade de Segurança da Aviação Civil (CASA) da Austrália e sinaliza como um guia para padronizar o curso de multimotor terrestre que inclui a base teórica no seu conteúdo além de um roteiro dos treinamentos teórico e prático. (AUSTRALIA, 2015).

O *Training Publication* 11575E (TP) da mesma forma é um manual publicado pelo Departamento de Transportes do Canadá (*Transports Canada*) e seu objetivo é ser um guia aos instrutores de voo e alunos para a habilitação de multimotor terrestre. É dividido em quatro áreas principais contendo: instrução teórica, operações básicas, manobras com um motor inoperante e situações anormais e emergências. (CANADA, 2010).

O *FAA Industry Training Standards* (FITS) "*SYLLABUS*" é um manual publicado pelo FAA para padronizar o curso de piloto comercial com habilitação em multimotor terrestre e foi desenvolvido sendo um guia para as escolas o usem como modelo aplicando os conceitos propostos de forma a desenvolver seu próprio manual. (USA, 2017).

O curso do multimotor terrestre terá a capacidade de prover instrução teórica e prática e, como sugestão, cada instrução será de no mínimo uma hora de aula. Os tópicos constituem somente uma referência geral, e devem ser ampliados de modo a abranger o conteúdo existente nas bibliografias consultadas. Cabe salientar que poderá existir uma sequência estabelecida dos conhecimentos de modo a desenvolver o aprendizado de forma gradual.

Para esta proposta, serão usados como referência os itens constantes do RBAC 61, IS 002 e, do livro de Paul A. Crayg (1994) que possui um capítulo dedicado para este treinamento (cap. 7). O objetivo é sugerir os tópicos fundamentais para o curso do multimotor terrestre nas partes teórica e prática de modo a abranger sua operação e características complexas.

Para o curso teórico serão estudados os principais conceitos de forma a ampliar o conhecimento sobre a operação do multimotor terrestre:

- a) Sistemas da aeronave;
- b) Sistemas de motor e hélice;

- c) Princípios de voo do multimotor;
- d) Velocidades importantes e conceitos de voo;
- e) Efeitos da falha de motor em todas as fases de voo;
- f) Emergências dos sistemas da aeronave;
- g) Manuais, desempenho, peso e balanceamento.

Para o curso Prático serão treinadas as manobras e operação do multimotor terrestre de forma a entender as características e conceitos específicos estudados na parte teórica do curso:

- a) Operação da aeronave e sistemas;
- b) Voo com manobras normais;
- c) Pousos normais;
- d) Voo monomotor;
- e) Demonstração das velocidades importantes;
- f) Estol em várias configurações de voo;
- g) Emergências dos sistemas da aeronave;
- h) Circuitos de pouso em monomotor;
- i) Planejamento e voo de navegação.

### 3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As aeronaves voam através do ar e para isto as forças aerodinâmicas devem estar em equilíbrio. O multimotor terrestre possui características de construção e de voo com uso de sistemas redundantes de modo a aumentar a segurança e, sua classificação, distinta das aeronaves básicas necessitando de um conhecimento técnico mais aprofundado.

Conforme observado na descrição dos sistemas redundantes usados nestes modelos de aeronave, alguns foram projetados de modo a operá-los para o caso de emergência em voo. Alguns equipamentos são exclusivos aos multimotores, como os sistemas de embandeiramento de hélice e alimentação cruzada de combustível.

Os conceitos existentes no multimotor são fundamentais para se voar com o devido conhecimento teórico tais como motor crítico e  $V_{mc}$ , sendo primordiais para se ter o desempenho e controle necessários para uma operação segura principalmente na falha de um motor. Algumas manobras específicas para o multimotor devem ser treinadas como o estol, voo monomotor, demonstração da  $V_{mc}$  e velocidades críticas em voo.

Foi mencionado que, na parte operacional, há o desempenho e o peso e balanceamento onde se usam os dados publicados no manual de operação da aeronave de modo a operar usando os parâmetros colhidos com base nos testes em voo efetuados pelo fabricante. Os resultados esperados são determinados por norma de homologação (RBAC 23) onde são estabelecidos os padrões mínimos de segurança. Uma vez obtidos os resultados, serão apresentados nos gráficos e cartas de desempenho e usados de forma a planejar o voo para garantir performance e controle. Para o piloto, o importante é cumprir os requisitos operacionais apresentados no manual, com o devido conhecimento teórico e treinamento prático.

Tendo em vista os conceitos apresentados houve uma inquietação a respeito da segurança operacional, devido ao multimotor terrestre apresentar tantos detalhes de operação.

Para isso foram levantados no relatório estatístico do Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB) os dados da frota de aeronaves multimotor terrestre. Os filtros utilizados foram: aeronave MLTE - classe L2P (aeronaves Leves, com 2 motores e propulsada por motores a Pistão) - peso máximo decolagem de 2268 kg e, com a extração destes dados, tem-se uma frota de 1900 multimotor terrestre no Brasil. (BRASIL, 2018).

Da mesma forma, foram coletados no Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) dados de acidentes, incidentes graves e incidentes entre os anos de 2008 e 2018. Os filtros para estes dados foram: aviões - a pistão - bimotor - peso de

decolagem de até 2250 kg e foi gerado um número de 94 acidentes, 73 incidentes graves e 270 incidentes totalizando 437 relatos pertinentes. (BRASIL, 2018).

Na área da investigação de acidentes, o fator que mais contribuiu é o operacional com 72% dos relatos, e sua definição segundo o CENIPA é:

**É a área de abordagem da segurança de voo que se refere ao desempenho do ser humano na atividade relacionada com o Voo. Inclui as seguintes áreas: meteorologia, infraestrutura, instrução, manutenção, aplicação dos comandos da aeronave, tráfego aéreo, coordenação de cabine, julgamento da tripulação, deficiência de pessoal, deficiência de planejamento, deficiência de supervisão, indisciplina de voo, influência do meio-ambiente e experiência de voo na aeronave, entre outros aspectos. (BRASIL, 2018, grifo nosso).**

Os fatores contribuintes de maior destaque são: julgamento de pilotagem com 45 ocorrências e planejamento do voo com 34 ocorrências. A definição de fator contribuinte é, segundo o CENIPA:

Ação, omissão, evento, condição ou a combinação destes que, se eliminados, evitados ou ausentes, poderiam ter reduzido a probabilidade de uma ocorrência aeronáutica, ou mitigado a severidade das consequências da ocorrência aeronáutica. A identificação do fator contribuinte não implica presunção de culpa ou responsabilidade civil ou criminal. (BRASIL, 2018, p.11).

Para complementar os dados apresentados, verificaram-se os tipos de ocorrência mais comuns sendo com trem de pouso 60 ocorrências, falha de motor 37 ocorrências e perda de controle 28 ocorrências. (BRASIL, 2018).

Ao confrontar os dados, entre as 1900 aeronaves e os 437 relatos, forneceu um resultado de 23% de ocorrências com multimotor terrestre, representando quase um quarto da frota de aeronaves multimotor terrestre leve a pistão no Brasil.

Em face aos dados obtidos dos relatórios da frota de aeronaves multimotor terrestre leve a pistão no Brasil da ANAC e de ocorrências aeronáuticas do CENIPA, o percentual de ocorrências em relação à frota em 23% demonstra ser um índice relevante. Os pertinentes a área operacional (72%) é representado pelo relacionamento entre o homem e a máquina.

Por outro lado, necessitou-se compreender como é o processo para se voar uma aeronave e, de acordo com a legislação no Brasil as aeronaves são divididas em categoria e classe, o que determina qual será o treinamento recomendado para que se voe com proficiência. Existem alguns países que ampliam estes conceitos sendo consideradas complexas e de desempenho devido aos equipamentos instalados a bordo.

Conforme descrito na legislação brasileira para se voar uma aeronave, é necessária uma licença, documento que estabelece as limitações e prerrogativas entre as categorias e classes existentes para atuar como piloto. A habilitação comprova que o piloto possui treinamento para operar uma aeronave e, para tal recebeu os conhecimentos teórico e prático por um instrutor de voo qualificado e realizou um exame de avaliação. Após ter demonstrando que cumpriu os requisitos documentais e práticos exigidos pela Autoridade Aeronáutica estará apto ao exercício da função.

Do mesmo modo, no caso específico dos multimotores, estes requisitos primeiramente são tratados no RBAC 61 onde especificam que este treinamento deve ser provido com manobras como estol, emergências simuladas em voo, conhecimentos e aplicação dos conhecimentos de performance de voo, peso e balanceamento.

Ao analisar uma norma adicional ao RBAC 61, a IS 002, que versa sobre voos de avaliação, revelou-se como complementar ao que está previsto no RBAC 61. Na IS 002 o voo de avaliação serve para demonstrar que o candidato possui os conhecimentos técnicos e práticos para se obter uma licença e habilitação. Quem faz o voo de avaliação é um examinador credenciado pela ANAC, que lhe dá competência para monitorar a segurança, qualidade do sistema de aviação civil e deficiências nos manuais ou programas autorizados pela Autoridade Aeronáutica.

Por outro lado, o voo de avaliação possui os chamados elementos de competência estabelecendo os itens a serem executados pelo examinando usando uma Ficha de Avaliação de Pilotos (FAP). Os itens para o multimotor englobam conhecimentos técnicos, procedimentos da aeronave, cálculos de peso e balanceamento e performance, gerenciar cargas e combustível, situações anormais em voo e, ainda possui um anexo onde são informados os conhecimentos teóricos prévios acerca desta avaliação, onde se pressupõe que tenha recebido instrução teórica e prática.

Pelo que foi observado, no Brasil não há literatura nacional suficiente ou manual para este tipo de treinamento. Há material em língua estrangeira, que dificulta por vezes o acesso, principalmente quando não há o domínio da língua usada. Alguns países possuem manuais, guias e bibliografias que tem a finalidade de orientar os utilizadores do sistema aeronáutico a ter informação de modo a fornecer uma instrução de qualidade.

Levando-se em consideração tais aspectos, é evidenciado que existem os requisitos exigidos para se executar uma avaliação, mas, não é mencionado como será treinado já que não há previsão de um manual ou referência bibliográfica para ser usada neste

curso e, assim, contribuir para manter os índices de ocorrências com o multimotor em níveis baixos.

## 4 CONCLUSÃO

A pesquisa teve como objetivo compreender porque há necessidade de um manual de treinamento específico do curso em aeronave multimotor terrestre para aumentar a segurança operacional no Brasil com base nas suas características específicas em legislação e operação.

Foram descritos os sistemas particulares deste modelo de aeronave, e explicadas as características de operação e de voo, comprovando que exigem treinamento mais aprofundado tanto em solo quanto em voo.

Neste trabalho caracterizou-se que o multimotor terrestre, por legislação, possui classificação distinta das demais sendo considerada aeronave complexa e de desempenho, o que demanda treinamento complementar segundo a Agência Reguladora da Aviação dos Estados Unidos (FAA). Verificou, ainda, que não há essa referência na legislação brasileira, a qual considera somente como classe.

Um dado relevante surgiu na quantidade de ocorrências nos dados do CENIPA quando comparados com os da frota atual de aeronaves da ANAC onde, foi gerado um número expressivo (23%) de relatos, assim, em conjunto ao alto índice relativo ao fator operacional (72%) pressupõe-se a existência de uma lacuna latente no conhecimento e há necessidade de melhorar os resultados.

Tendo em vista os aspectos apresentados na legislação do Brasil, verificou-se que é cumprido o recomendado pela OACI mas, quando observados os requisitos para o treinamento atualmente praticado fica aquém do desejado no que tange à parte teórica, uma vez que somente são exigidos exercícios da parte prática com manobras sem cunho instrucional e sim regulamentar, devendo ser executadas pelo piloto no voo de avaliação.

Também foi constatado que no Brasil há falta de material bibliográfico, manuais ou artigos técnicos para orientar os pilotos e instrutores de voo e conseqüentemente melhorar o conhecimento e a técnica de pilotagem.

Foram elencados segundo a IS 002, os requisitos práticos para se executar um voo de avaliação, porém do mesmo modo, não existe um guia específico para garantir que a instrução será efetiva quando comparado ao previsto na legislação atual – o RBAC 61, pois, são complementares. Posteriormente houve a apresentação dos itens básicos para se compor um manual específico de modo a deixar um roteiro para se ampliar no futuro.

Dado o exposto na Política de Segurança Operacional da ANAC e de acordo com as premissas da avaliação dos pilotos contidas na IS-002, é fato que idealização de um manual ou guia para treinamento do multimotor terrestre será um instrumento eficaz para melhorar a formação dos pilotos.

Dessa forma foi compreendido que, devido às especificidades deste modelo de aeronave, suas características de voo, legislação e dados de ocorrências de segurança de voo, é perceptível a necessidade de um manual ou guia às instituições e instrutores que irão ministrar tal treinamento, a fim de prover uma melhora nos dados da segurança operacional.

Em face a esta realidade fica aberto caminho nesta lacuna de conhecimento sobre o multimotor terrestre, para que novos trabalhos se balizem nos tópicos abordados e análise dos dados estatísticos, seja como uma pesquisa mais profunda da legislação, dos sistemas exclusivos do multimotor, das manobras e conceitos existentes e da própria confecção de um manual ou guia. Este trabalho é o primeiro passo para que se possa entender a complexidade deste modelo de aeronave estimulando os pesquisadores a ampliar e desenvolver os conhecimentos adquiridos nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AUSTRALIA. Civil Aviation Safety Authority. **Multi-engine Aeroplane Operations and Training: CAAP 5.23-1**. 2015. Disponível em: <<https://www.casa.gov.au/files/5231pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

BOTTURA, Heitor. **Curso prático de voo por instrumentos**. 2. ed. São Paulo: Dag Gráfica e Editorial, 1989.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Base de dados do Registro Aeronáutico Brasileiro**. 2018. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aeronaves/rab/relatorios-estatisticos>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil. **Política de segurança operacional**. 2016. Disponível em: <[http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/gerenciamento-da-seguranca-operacional/arquivos/politica\\_de\\_seguranca\\_operacional.pdf](http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/gerenciamento-da-seguranca-operacional/arquivos/politica_de_seguranca_operacional.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil. Instrução Suplementar nº 00-002, de 11 de maio de 2018. E. **Padrões Para A Realização de Exames de Proficiência de Pilotos**. Brasília, DF, 11 maio 2018. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-00-002d>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil. Rbac nº 01, de 26 de novembro de 2008. 3. **Definições, Regras de Redação e Unidades de Medida Para Uso nos Rbac**. Brasília, DF, 08 jun. 2018. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac>>. Acesso em: 07 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil. Rbac nº 23, de 24 de abril de 2018. 63. **Requisitos de Aeronavegabilidade: Aviões Categoria Normal, Utilidade, Acrobática e Transporte Regional**. Brasília, DF, Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-023-emd-63>>. Acesso em: 07 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil. Rbac nº 61, de 07 de junho de 2018. 08. **Licenças, Habilitações e Certificados para Pilotos**. Brasília, DF, Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac>>. Acesso em: 07 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Comissão de Investigação: O que é investigação do Fator Operacional?** 2018. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/artigos/190-comissao-de-investigacao>>. Acesso em: 01 set. 2018.

\_\_\_\_\_. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Investigação e Prevenção de Acidentes, NSCA 3-13**. 2017. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/nsca-norma-do-sistema-do-comando-da-aeronautica>>. Acesso em: 01 set. 2018.

\_\_\_\_\_. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Painel Sipaer: Panorama das Ocorrências**. 2018. Disponível em: <[http://painelsipaer.cenipa.aer.mil.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SIGAER%2Fgia%2Fqvw%2Fpainel\\_sipaer.qvw&host=QVS%40cirros31-37&anonymous=true](http://painelsipaer.cenipa.aer.mil.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SIGAER%2Fgia%2Fqvw%2Fpainel_sipaer.qvw&host=QVS%40cirros31-37&anonymous=true)>. Acesso em: 01 set. 2018.

CANADA. Department of Transport Canada. TP-11575 E: **Multi-Engine Class Rating** . Ottawa, Canada: Multimedia Publishing Services, 2010. Disponível em: <<https://www.tc.gc.ca/eng/civilaviation/publications/tp11575-menu-1191.htm>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

COLLINS, Richard L. **What happened to the piston twin**. 2008. Disponível em: <<https://www.flyingmag.com/what-happened-piston-twin>>. Acesso em: 03 out. 2018.

CRAYG, Paul A. **Multiengine Flying**. Nashville, Tennessee, USA: Tab Books, 1994.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HERRERA, Carlos Alberto Rubio. **Piper PA-23-235 Apache**. 2018. Disponível em: <<https://www.airliners.net/>>. Acesso em: 03 out. 2018.

HOMA, Jorge M.. **Aerodinâmica e Teoria de Voo**. 18. ed. São Paulo: Asa Edições e Artes Gráficas Ltda, 1997.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **7300/9: Convention on International Civil Aviation**. 9 ed. Montreal, Canada. 2006. Disponível em: <[https://www.icao.int/publications/Documents/7300\\_cons.pdf](https://www.icao.int/publications/Documents/7300_cons.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2018.

LEKNER, Julian. **Piper PA-23-250 Aztec**. 2002. Disponível em: <<https://www.airliners.net/>>. Acesso em: 03 out. 2018.

PIPER AIRCRAFT CORPORATION. Desert Flying Club. **Pilots Operating Handbook: PIPER PA-23 AZTEC F**. 1975. Disponível em: <<http://desertflying.club/wp-content/uploads/2018/06/Piper-Aztec-POH.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2018.

TEXTRON AVIATION. **Moving to multi-engine aircraft**: Get more out of flying with advanced certification. 2018. Disponível em: <<https://txtav.com/en/journey/articles/articles/moving-to-multi-engine-aircraft>>. Acesso em: 03 out. 2018.

UK. Civil Aviation Authority. Department Of Transport. **Multi Engine Piston Aeroplane Class Rating Syllabus: CAP 601**. 2015. Disponível em: <<https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/20110217HSL01.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

USA. Department of Transportation. FAA-Industry Training Standards: **FITS Accepted Commercial Pilot Syllabus - AMEL**. 2017. Disponível em: <[https://www.faa.gov/training\\_testing/training/fits/training/generic/media/commercial\\_amel.pdf](https://www.faa.gov/training_testing/training/fits/training/generic/media/commercial_amel.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Federal Aviation Administration. U.S.Department of Transportation. **Certification: Pilots, Flight Instructors, and Gound Instructors: FAR 61**. 2018. Disponível em: <<https://www.ecfr.gov/cgi-bin/textidx?c=ecfr&sid=40760189a03dfea0b501608f33820a45&rgn=div5&view=text&node=14:2.0.1.1.2&idno=14>>. Acesso em: 07 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Federal Aviation Administration. U.S.Department of Transportation. **Airplane Flying Handbook (FAA-H-8083-3B)**. 2016. Disponível em [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aviation/airplane\\_handbook/](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/airplane_handbook/)>. Acesso em: 07 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Federal Aviation Administration. U.S.Department of Transportation. **Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge (FAA-H-8083-25B)**. Oklahoma City, Ok, Airman Testing Standards Branch, 2016. Disponível em: <[https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aviation/phak/](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/phak/)>. Acesso em: 10 ago. 2018.