



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

FERNANDO ACOSTA DA SILVEIRA

**TÉCNICAS DE VOO MULTIMOTOR EM SITUAÇÕES DE ASSIMETRIA DE
POTÊNCIA**

Palhoça

2019

FERNANDO ACOSTA DA SILVEIRA

**TÉCNICAS DE VOO MULTIMOTOR EM SITUAÇÕES DE ASSIMETRIA DE
POTÊNCIA**

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: Antonio Carlos Viera de Campos Esp

Palhoça

2019

FERNANDO ACOSTA DA SILVEIRA

**TÉCNICAS DE VOO MULTIMOTOR EM SITUAÇÕES DE ASSIMETRIA DE
POTÊNCIA**

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, 21 de junho de 2019

Orientador: Prof. Antonio Carlos Viera de Campos, Esp

Prof. Orlando Flavio Silva, Esp

Dedico com carinho este trabalho ao meu filho
Guilherme Rios Acosta, luz da minha vida e
meu pai Jadir da Fontoura Amaro da Silveira
(*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família por acreditar em meu único sonho de infância.

A minha mãe Mara, a tua confiança e dedicação, em alguns momentos foram o combustível e esperança para seguir em frente.

A minha irmã Vanessa, embora distante sempre demonstrou que não estou sozinho nessa caminhada.

Ao meu amado filho Guilherme que é a motivação para qualquer desafio.

A todos os integrantes e membros do Aeroclube de Novo Hamburgo pela qualidade operacional e segurança que me foram ensinadas nesta exemplar instituição.

A todos os Mestres, Corpo Diretivo e Coordenadores do curso de Ciências Aeronáuticas da Universidade do Sul de Santa Catarina assim como a todos os funcionários.

RESUMO

Buscando a segurança, este trabalho de pesquisa aborda a relação entre as reações aerodinâmicas e as respostas a serem executadas junto aos comandos de uma aeronave multimotora quando ocorrer uma situação de assimetria de potência. Este tipo de aeronave possui características distintas, fazendo com que esta abordagem seja necessária para que o piloto saiba como manter o controle de voo da sua aeronave, já que existe uma lacuna a ser preenchida pela ANAC, autoridade aeronáutica brasileira, a qual ainda não padronizou o treinamento para a concessão deste tipo de habilitação. Esta pesquisa se caracteriza como sendo exploratória descritiva, utilizando o método bibliográfico documental e abordagem qualitativa. Esta pesquisa não possui a pretensão de ensinar de qual forma uma aeronave deve ser pilotada, mas sim, em mostrar quais são as técnicas mais eficientes para que seja possível manter com o máximo de segurança possível, o controle de voo da aeronave quando ocorrer uma situação de assimetria de potência.

Palavras-chave: Multimotores. Assimetria de Potência. Efeitos Aerodinâmicos

ABSTRACT

In search for safety, this is a review about the relation between aerodynamic reactions and the command responses to be performed in a multi-engine aircraft when in situations of power asymmetry. The distinct characteristics of multi-engine aircrafts make this study necessary so the pilot can know how to maintain flight control, since ANAC has not standardized yet the training system for the concession of this type of license. This is a descriptive exploratory research and it uses documented bibliography review and a qualitative approach. It has no intention to teach how to fly an aircraft, but to show the most efficient technics to maintain maximum flight control and safety when in a situation of power asymmetry.

Key Words: Multiengine. Power Asymmetry. Aerodynamic Effects.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 – Aeronave “ <i>The Grand</i> ” construída por Igor Sikorsky em 1913	13
Figura 2 – PA-34-220T Seneca V	17
Figura 3 – <i>Piaggio P.180 Avanti</i>	18
Figura 4 – Cessna 337 <i>Skymaster</i>	19
Figura 5 – Multimotor Convencional Torque	22
Figura 6 – Multimotor Convencional <i>P-Factor</i>	22
Figura 7– Multimotor Contra rotativo Torque.....	23
Figura 8 – Multimotor Contra rotativo <i>P-factor</i>	24
Figura 9 – Sustentação no Aerofólio	24
Figura 10 – Conceito de Fluxo Induzido	25
Figura 11– <i>Momentum</i> de Rolagem	26
Figura 12 – <i>Momentum</i> de Guinada.....	26
Figura 13 – Braço de alavanca Multimotores Convencionais.....	28
Figura 14 – Perda de sustentação Motor Crítico	28
Figura 15 – <i>Momentum</i> de Rolagem por fluxo induzido	29
Figura 16– <i>Momentum</i> de Rolagem por influência do Torque. Multimotores convencionais.....	30
Figura 17 – <i>Momentum</i> de Rolagem por influência do Torque. Multimotores convencionais.....	31
Figura 18 - <i>Spiraling Slipstream</i>	31
Figura 19 - <i>Normal Procedure – Accelerate and Stop Distance</i> – Piper PA-44-180..	38
Figura 20 – <i>Short Field Accelerate and Stop Distance</i> – Piper PA-44-180	38
Figura 21 – <i>ASDA – Accelerate Stop Distance Available</i>	39
Figura 22 - <i>Climb Performace One Engine Operating Gear Up</i>	39
Figura 23 - Peso e Balanceamento	40
Figura 24 - Peso e Balanceamento	41
Figura 25 - Recomendação para Decolagem Descontinuada ARGS – EMB-810D ..	48
Figura 26 - Recomendação para Decolagem Descontinuada ARGS – EMB-810D ..	49
Figura 27 - Fluxograma ARGS - Decolagem Continuada - EMB810D	52
Figura 28 - Fluxograma ARGS - Decolagem Continuada - EMB810D	52
Figura 29 - Fluxograma ARGS - Decolagem Continuada - EMB810D	53
Figura 30 - Fluxograma ARGS - Decolagem Continuada - EMB810D	53
Figura 31 - Fluxograma ARGS - Decolagem Continuada - EMB810D	54
Figura 32 - Fluxograma ARGS - Decolagem Continuada - EMB810D	54
Figura 33 - Fluxograma ARGS - Decolagem Continuada - EMB810D	55
Figura 34 - Fluxograma ARGS - Decolagem Continuada - EMB810D	55
Figura 35 - Fluxograma ARGS - Decolagem Continuada - EMB810D	56

Figura 36 - Fluxograma ARGS - Decolagem Continuada - EMB810D	56
Figura 37 - Fluxograma ARGS - Decolagem Continuada - EMB810D	57
Figura 38 - Fluxograma ARGS - Decolagem Continuada - EMB810D	57
Figura 39 - Fluxograma ARGS - Emergência em voo - EMB810D.....	61
Figura 40 - Fluxograma ARGS - Emergência em voo - EMB810D.....	61
Figura 41 - Fluxograma ARGS - Emergência em voo - EMB810D.....	62
Figura 42 - Fluxograma ARGS - Emergência em voo - EMB810D.....	62
Figura 43 - Fluxograma ARGS - Emergência em voo - EMB810D.....	63
Figura 44 - Fluxograma ARGS - Emergência em voo - EMB810D.....	63
Figura 45 - Fluxograma ARGS - Emergência em voo - EMB810D.....	64
Figura 46 - Fluxograma ARGS - Emergência em voo - EMB810D.....	64
Figura 47 - Fluxograma ARGS - Emergência em voo - EMB810D.....	65
Figura 48 - Fluxograma ARGS - Emergência em voo - EMB810D.....	65
Figura 49 - Tração Necessária e Disponível x Velocidade em Voo Nivelado.....	67
Figura 50 - Perda de Desempenho na Subida	67
Figura 51 - Razão de Subida x Velocidade (Configuração Limpa).....	68
Figura 52 - Razão de Subida x Velocidade (Configuração Limpa) 2.....	69
Figura 53 - Fluxograma ARGS - Aterragem monomotor - EMB810D.....	71
Figura 54 - Fluxograma ARGS - Arremetida monomotor - EMB810D.....	73
Figura 55 - Vento Cruzado	75

LISTA DE SIGLAS

AFM	<i>(Aircraft Flight Manual)</i> Manual de voo da aeronave
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
AOA	<i>(Angle of Attack)</i> Ângulo de Ataque
ASDA	<i>(Accelerate Stop Distance Available)</i> Distância Disponível para Acelerar e Parar
CG	Centro de Gravidade
FAA	<i>(Federal Aviation Administration)</i> Administração Federal de Aviação
PMD	Peso Máximo de Decolagem
TODA	<i>(Take-Off Distance Available)</i> Distância Disponível para Decolagem
VLOF	Velocidade de Saída do Solo
VLOFT	Velocidade Saída de Solo
VMC	Velocidade Mínima de Controle
VMCA	Velocidade Mínima de Controle Aerodinâmica
VMCG	Velocidade Mínima de Controle no Solo
VR	Velocidade de Rotação
VSSE	Velocidade Mínima Intencional Motor Crítico Inoperante
VX	Velocidade de Melhor Ângulo de Subida
VXSE	Velocidade de Melhor Ângulo de Subida Monomotor
VY	Velocidade de Melhor Razão de Subida
VYSE	Velocidade de Melhor Razão de Subida Monomotor

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA	13
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 JUSTIFICATIVA	14
1.4 METODOLOGIA	15
1.4.1 Natureza e Tipo da Pesquisa	15
1.4.2 Materiais e Métodos	16
1.4.3 Procedimentos de Coleta de Dados	16
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
2 DESENVOLVIMENTO	17
2.1 TIPOS DE AERONAVES MULTIMOTORAS	17
2.2 CONCEITOS AERODINÂMICOS	19
2.3 VELOCIDADES	32
2.3.1 V1	33
2.3.2 V2	33
2.3.3 V_{xse}	33
2.3.4 V_{yse}	34
2.3.4 V_{sse}	34
2.3.5 V_{mc}	34
2.4 TÉCNICAS DE VOO MULTIMOTOR	36
2.4.1 Planejamento Adequado	36
2.4.2 Aplicação de Comandos para o Controle Direcional	42
2.4.2.1 Utilização do leme mais asas niveladas	43
2.4.2.2 Utilização do leme mais inclinação para o lado do motor bom	44
2.5 SITUAÇÕES DE ASSIMETRIA DE POTÊNCIA	46
2.5.1 Decolagem Descontinuada	47
2.5.2 Decolagem Continuada	50
2.5.3 Perda de Motor em Cruzeiro	58
2.5.4 Subida Monomotor	66
2.5.5 Decida de nível monomotor	69
2.5.6 Aproximação/Pouso	70
2.5.7 Arremetida	72
2.5.8 Aproximação / IFR	73
2.5.9 Taxi	74
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

Foi no final do século XIX e início do século XX que o homem firmou a sua presença nos céus e jamais recuou. Em menos de 70 anos, a ânsia pelo desconhecido, junto da acelerada evolução tecnológica, levou o homem de voos com aeronaves feitas em madeira a evolução de voos orbitais ao redor do planeta utilizando foguetes. Retornando aos primórdios, os avanços na aviação foram limitados pelos materiais empregados na época e também pelos motores, que em sua maioria eram grandes, pesados e com pouca potência específica.

Pela falta de potência, os primeiros experimentos em aviões com mais de dois motores foram realizados na primeira década do século XX criando uma nova categoria de aeronaves. Foi Igor Sikorsk que em 10 de maio de 1913, voou pela primeira vez com sucesso em uma aeronave multimotora chamada de “*The Grand*”, a aeronave era extremamente inovadora para a época, mesmo assim, pouco tempo depois, teve um aumento no número de motores de dois para quatro, já mostrando uma rápida evolução dentro deste conceito recém estabelecido. Tal conceito seria utilizado posteriormente para criação de bombardeiros na Primeira Guerra Mundial.

Sabemos que muito antes da metade do século XX até os dias de hoje, aprofundaram-se os estudos para compreender a física do voo, além dos efeitos e as reações aerodinâmicas que incidem sobre os diversos tipos de aeronaves.

Devido as características específicas que as aeronaves multimotoras modernas apresentam, o que norteia este trabalho é a compreensão dos principais efeitos aerodinâmicos que atuam sobre o avião, pois sabemos que a assimetria de potência gera reações aerodinâmicas que impactam diretamente na capacidade da aeronave em manter o controle direcional e em muitos casos a manutenção de altitude. Sendo assim, existe a necessidade de ações corretivas imediatas por parte do piloto, fazendo com que seja necessário o uso correto das superfícies de controles para restabelecer o equilíbrio direcional e a segurança do voo.

Este trabalho não possui a pretensão de ensinar como se deve voar em uma aeronave multimotora, mas sim, de realizar uma análise exploratória descritiva, expondo quais são os métodos de controle mais indicados com embasamento técnico das fontes de pesquisas utilizadas.

Quanto a estrutura de capítulos será descrita conforme a confecção do trabalho.

Figura 1 – Aeronave “*The Grand*” construída por Igor Sikorsky em 1913



Fonte Portal *Jalopnik* 2019

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Sabendo-se que uma aeronave multimotora possui reações aerodinâmicas distintas, se comparadas com uma aeronave monomotora, a perda do controle de voo nos casos de assimetria de potência pode ser mitigada com uma maior discussão das técnicas de pilotagem na formação dos pilotos de multimotores?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Explicar quais são as técnicas de pilotagem que devem ser utilizadas para garantir o correto controle de voo da aeronave, assim como a segurança quando for identificada uma situação de assimetria de potência.

1.2.2 Objetivos Específicos

Mostrar os conceitos aerodinâmicos e as forças que atuam sobre uma aeronave multimotora de asa fixa em condições de assimetria de potência.

Apontar o correto uso dos controles de voo em situações de assimetria de potência.

Descrever as principais ocorrências em voo.

Elencar as carências de um manual específico de treinamento prático por parte da autoridade aeronáutica no Brasil.

1.3 JUSTIFICATIVA

Inúmeros são os casos em que os acidentes aeronáuticos estão diretamente relacionados com a perda de controle de voo das aeronaves. No que concerne as aeronaves multimotoras, os acidentes onde a maior parte dos casos acarretou em perda de controle, estavam relacionados com a falha de um dos motores nas fases mais críticas do voo: a decolagem e o pouso.

Em uma aeronave multimotora a perda total ou parcial de um dos seus motores representa uma emergência crítica e esta condição configura uma situação real de assimetria de potência. A “Emergência é a situação anormal em que se encontra uma aeronave, seja por falha de seus sistemas vitais, seja por falha do piloto” (ROCHA e CASADO, 1972,), da mesma forma que para (BOTTURA, 1980, p.32),

As emergências classificam-se, de acordo com a sua gravidade, em críticas e não críticas. O que as separa umas das outras é o fato de que as emergências críticas são assim chamadas exatamente porque exigem ação imediata, devendo entender-se que neste caso as medidas corretivas serão aplicadas sem qualquer consulta as listas ou normas de procedimentos existentes a bordo.

Segundo o mesmo autor, “emergências de perda de potência são as que afetam diretamente a continuidade e segurança do voo, exigindo técnicas de pilotagens incomuns” (BOTTURA, 1980, p.33).

No Brasil existe uma grande carência de materiais bibliográficos específicos referentes a aeronaves multimotoras que possam ser utilizados na formação de pilotos e instrutores.

De acordo com pesquisa realizada por (GOMES, 2018, p.34),

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...

Não é incomum, quando se inicia o treinamento em aviões multimotores, receber por parte dos instrutores de voo as seguintes recomendações sem nenhuma explicação de ordem técnica. “MANTENHA A *BLUE LINE* e PÉ-DURO-MOTOR-BOM”.

Devido à complexidade deste tipo de aeronave, resumir as ações corretivas relacionadas a uma emergência crítica, a essas simples informações representa um grande risco a segurança, além de uma formação técnica extremamente inadequada e limitada.

Sendo assim, a intenção deste trabalho é demonstrar que uma aeronave multimotora possui características de voo e respostas aerodinâmicas totalmente diferentes do que se experimenta em uma aeronave monomotora. Desta forma todo o piloto que voa em aviões multimotores deve possuir os conhecimentos específicos relacionados as técnicas de pilotagem que servirão para melhorar o seu tempo de reação, além de apresentar melhores respostas psicomotoras junto aos comandos da aeronave quando uma situação de assimetria de potência efetivamente ocorrer.

1.4 METODOLOGIA

1.4.1 Natureza e Tipo da Pesquisa

Esta pesquisa se caracteriza como sendo exploratória descritiva onde segundo Lakatos e Marconi (2003, p.188) tem uma tríplice finalidade, que é “desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e classificar conceitos”.

Por sua vez a abordagem se classifica como qualitativa para análise e compreensão do material de referência.

Segundo (SILVA e MENEZES, 2000, p.20),

A pesquisa qualitativa considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e atribuição de significados são básicos no processo qualitativo. Não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. O processo e seu significado são focos principais de abordagem.

As informações serão aglutinadas e condensadas com abordagem qualitativa com a intenção de responder de forma clara e objetiva os questionamentos levantados nos objetivos propostos.

1.4.2 Materiais e Métodos

O método de pesquisa é bibliográfico e documental utilizando-se de livros, manuais específicos, sites, vídeos, periódicos e outras fontes confiáveis de informação

1.4.3 Procedimentos de Coleta de Dados

Esta pesquisa realizou os procedimentos de coleta de dados utilizando-se de fichamento para separação de material com o registro dos dados que apresentam relevância a confecção desta monografia.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho foi organizado de acordo a atingir os objetivos propostos tendo sido confeccionado com a seguinte estrutura:

No capítulo 1 apresenta-se a introdução, onde estão contidas a problematização da pesquisa, os objetivos, a justificativa, a metodologia e organização do trabalho.

No capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica. Este capítulo possui subdivisões específicas que mostram os tipos de aeronaves multimotoras, os conceitos aerodinâmicos, as velocidades importantes e as Técnicas de voo que devem ser utilizadas para implementar a segurança.

Na sequência, a conclusão é apresentada no capítulo 3.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 TIPOS DE AERONAVES MULTIMOTORAS

As aeronaves multimotoras são aquelas que por dedução simples apresentam mais de um motor em seu grupo motopropulsor.

Cada fabricante procura extrair o máximo de eficiência dentro das especificações pretendidas durante a concepção do projeto, com isso, cada modelo de aeronave multimotora possui características únicas.

Dentro da categoria de aeronaves multimotoras, o design mais convencional é aquele no qual o grupo motopropulsor fica alojado sobre as asas, entretanto, existem dois grupos distintos chamados de *Tractor* e *Pusher*.

A aeronave de conceito *Tractor*, “possui a hélice montada na parte frontal do motor, de forma que esta produz uma tração que puxa o avião através do ar” (RODRIGUES, 2010).

Figura 2 – PA-34-220T Seneca V



Fonte portal *airliners.net*

Já a aeronave de conceito *Pusher*, “possui a hélice montada na parte de trás do motor e atrás da estrutura da aeronave. Nesta situação, a hélice é montada de forma a criar uma tração que empurra o avião através do ar” (RODRIGUES, 2010).

Figura 3 – Piaggio P.180 Avanti



Fonte portal *airliners.net*

Existem também aeronaves as quais utilizam o conceito de tandem para a montagem do seu grupo motopropulsor. Desta forma ambos os motores ficam alinhados em relação ao eixo longitudinal do avião sendo alocados nos extremos da fuselagem. Essa configuração é conhecida pelo baixo momentum de rotação em relação ao CG, anulando alguns dos efeitos causados pela assimetria de potência em caso de perda ou mal funcionamento de um dos motores.

Figura 4 – Cessna 337 Skymaster



Fonte portal *Pinterest*

2.2 CONCEITOS AERODINÂMICOS.

Como este trabalho pretende abordar especificamente as forças aerodinâmicas e ações corretivas relacionadas aos comandos de voo em uma condição de assimetria de potência, seguiremos diretamente ao propósito estabelecido pela pesquisa explicando conceitos universais à medida que forem sendo abordados.

Sempre que falamos sobre situações de emergências em voo, principalmente aquelas que são relacionadas a perda de um ou mais motores, precisamos estar preparados tanto psicologicamente quanto tecnicamente, agindo sem hesitação para encontrar uma solução adequada a qual a prioridade deve ser realizar o pouso trazendo a aeronave e tripulantes em segurança para o solo. De acordo com (BOTURRA,1980, p.34),

“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 – todos os dados, números e informações de seu aeroplano, relacionados ao voo monomotor. Conseguirá isso estudando o Manual de Operações e fazendo cuidadosamente exame dos gráficos e cartas de performance. Não basta, aliás, segundo temos observado na prática, estudar e aprender. É desejável estudar, aprender, e, de vez em quando, estudar novamente de modo a manter-se atualizado. O segundo aspecto concerne ao treinamento propriamente dito. A maioria dos fabricantes adverte que não é aconselhável estar a embandeirar amiúde um dos motores apenas com a finalidade de treinamento, e, com efeito, convém que o embandeiramento real, efetivo, só se execute em duas oportunidades. Primeira: quando se tratar de piloto em fase de transição para aeronaves multimotoras, de preferência na etapa derradeira de seu treinamento, a fim que ele possa observar ao vivo o comportamento do avião com um dos motores totalmente parados, pois isso servirá, inclusive, infundir-lhe confiança no novo equipamento. Segunda: ou então quando o piloto, já qualificado para multimotores, estiver sendo submetido a adaptação para um novo modelo de aeronave, para que lhe seja proporcionado o ansejo de conhecer o desempenho real do aparelho em condições de voo monomotor.”

Tendo este ensinamento como premissa, precisamos entender que a assimetria de potência é uma condição na qual um dos motores do avião não está apresentando a tração necessária para uma determinada condição do voo, sendo assim, a perda de tração ocasiona dois efeitos distintos sobre a aeronave. Conforme (*ENGINE*,2015, tradução nossa) “Uma condição de potência assimétrica existe quando o centro de empuxo de uma aeronave multimotora é deslocado lateralmente do centro de arrasto”.

Esta condição resulta em uma grande perda de performance associada a tendência de rolagem e a tendência de guinada, cabendo ao piloto agir de forma rápida e instintiva para manter o controle direcional da aeronave.

Segundo (BOTTURA, 1980, p.38) o efeito assimétrico é:

“Nada mais nada menos, em resumo, que a tendência revelada pelos aviões bimotores (e poli motores também) de abandonar o voo reto nivelado sempre que não forem exatamente iguais as forças aplicadas, sob forma de potência de cada lado do seu eixo longitudinal.”

O sentido de rotação das hélices representa um importante componente das forças que atuam sobre uma aeronave. Estas características do projeto são intrínsecas a cada modelo e compõem o somatório das forças que atuam alterando a estabilidade direcional do avião.

Existem dois tipos padrões de rotação das hélices e ambos apresentam características distintas.

Para que possamos entender as forças que criam as tendências de guinada e rolagem oriundas da assimetria de potência e que atuam sobre uma aeronave multimotora, é preciso relembrar conceitos que aprendemos no estudo da teoria de voo durante o processo básico da formação aeronáutica. A 3º Lei de Isaac Newton afirma que toda ação corresponde a uma reação de mesma intensidade em sentido contrário. Assim, é possível identificar uma força que resulta da oposição ao movimento de rotação da hélice conhecida como torque, que segundo (HOMA, 1997) “MOMENTO, TORQUE ou CONJUGADO é tudo aquilo que pode causar rotação”.

Não menos importante e muitas vezes confundido com o torque, o efeito do *P-FACTOR* tem sua origem quando a pá da hélice que está em movimento descendente cria um empuxo maior em relação a pá da hélice que está em movimento ascendente. Essa diferença de tração resultante em cada uma das pás, cria um empuxo assimétrico que influencia a estabilidade direcional da aeronave. De acordo com (MARINHO,2012),

“O *P-Factor* está relacionado à incidência do vento relativo sobre as pás da hélice, e é muitas vezes confundido com o “Efeito Torque”, quando na realidade possui outra natureza.” e segundo o mesmo autor “um ilustre desconhecido para 99% dos pilotos.”

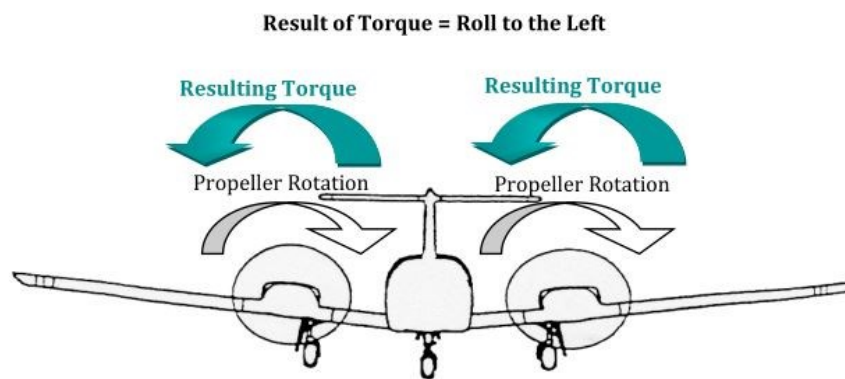
Buscando esclarecer melhor o conceito de *P-FACTOR* encontramos a sua definição no *Investigation Report BO/200000492* do *Australian Transport Safety Bureau* (*ONE-ENGINE*,2001, Tradução nossa),

“O *P-Factor* é o resultado da tração não similar da rotação das pás da hélice durante as condições de voo. As lâminas da hélice que se movem para baixo possuem um ângulo de ataque maior do que as lâminas que se movem para cima quando o fluxo do vento relativo que incide nas lâminas não está alinhado com a linha de tração. Os efeitos do *P-factor* ou carga de hélice assimétrica, são mais pronunciados quando os motores estão operando em uma configuração de alta potência e ou, quando a aeronave está voando em um alto ângulo de ataque.”

Conhecidos como *Conventional Twins* ou multimotores convencionais são aqueles que possuem o plano de rotação de ambas as hélices girando no sentido horário. Essa característica pode criar um elemento conhecido como motor crítico, caso haja uma perda específica de um dos motores. Essa característica será trabalhada posteriormente.

A figura número 5 mostra a composição de vetores que elucida uma característica natural nos multimotores convencionais, que devido ao torque, possuem uma tendência de rolagem, mesmo com ambos os motores em perfeito funcionamento.

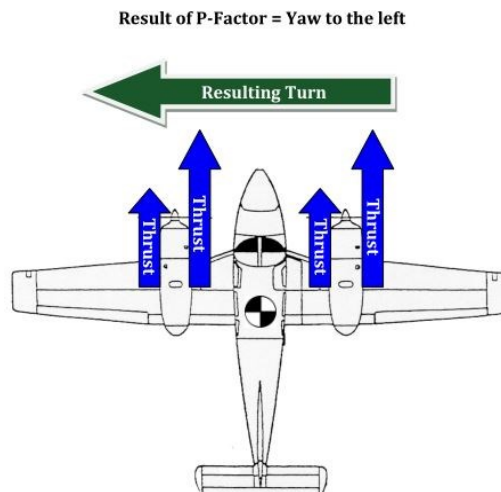
Figura 5 – Multimotor Convencional Torque



Fonte *Embry-Riddle Aeronautical University*

A figura número 6 mostra a composição de vetores que aponta a característica natural nos multimotores convencionais de possuírem uma tendência de guinada mesmo com ambos os motores em perfeito funcionamento.

Figura 6 – Multimotor Convencional *P-Factor*



Fonte *Embry-Riddle Aeronautical University*

Para solucionar os problemas citados anteriormente, alguns fabricantes utilizam o conceito de motores contra rotativos. Desta forma as forças de momentum exercidas por ambas as hélices se anulam. Já as forças de *P-factor* que resultam das pás em movimento descendente, ficam equidistantes do CG anulando o momentum de alavanca que cada uma das hélices cria. Esta solução também elimina a possibilidade de operar o avião apenas com o motor crítico, assunto que será abordado mais à frente.

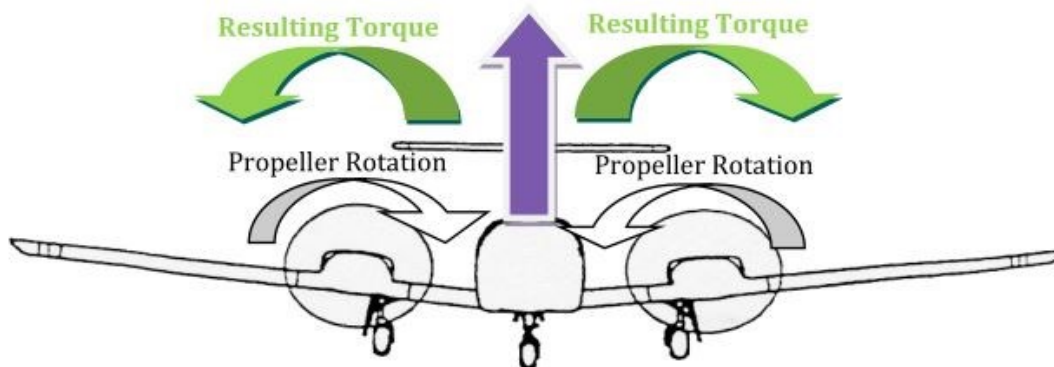
Conforme explica (JEPPESEN,2007, tradução nossa),

“Para superar este problema, algumas aeronaves têm os motores dispostos de modo que a hélice no motor esquerdo gire no sentido horário, enquanto a hélice no motor direito gira no sentido anti-horário (por exemplo, Piper Seneca)”

A figura número 7 mostra a composição de vetores que aponta a solução encontrada para anular o efeito de guinada.

Figura 7– Multimotor Contra rotativo Torque

Result of Torque = NONE = Both Engines Cancel Each Other Out.

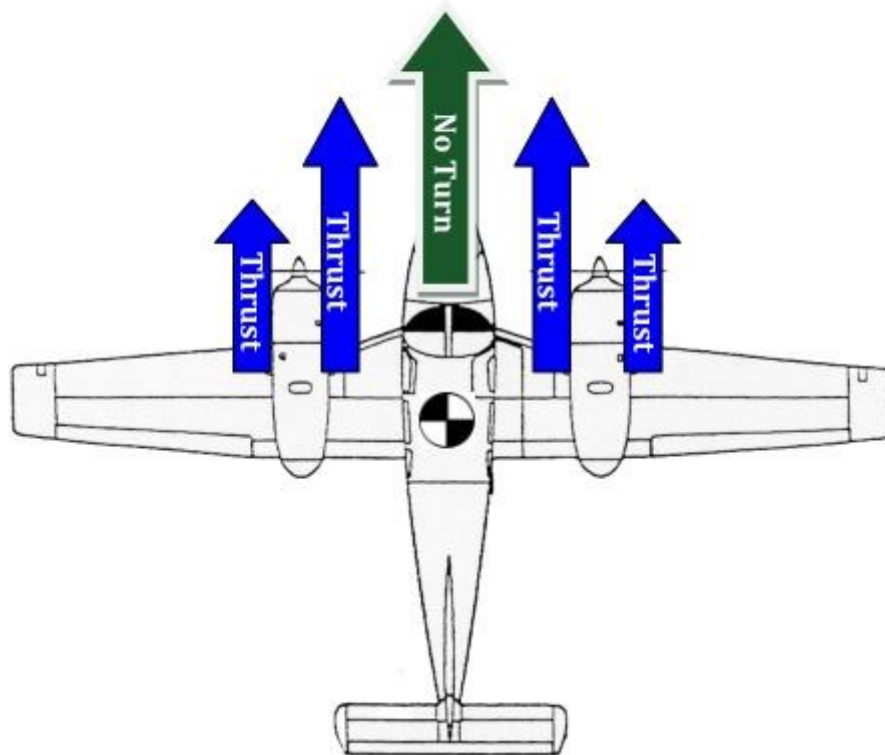


Fonte *Embry-Riddle Aeronautical University*

A figura número 8 mostra a composição de vetores que aponta as soluções encontradas para anular o efeito de guinada.

Figura 8 – Multimotor Contra rotativo *P-factor*

Result of P-Factor = NONE = Both Engines Cancel Each Other Out.

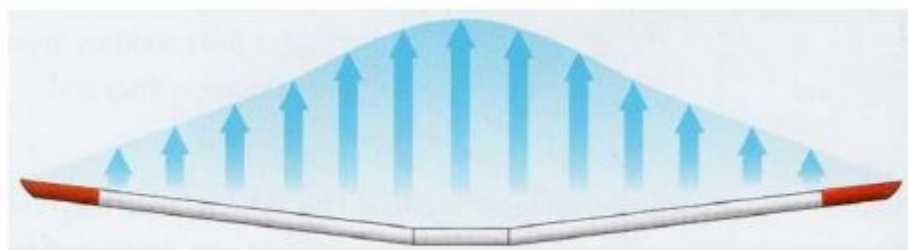


Fonte *Embry-Riddle Aeronautical University*

Quando uma aeronave multimotora está com ambos os motores em perfeito funcionamento, o conceito de fluxo induzido ajuda a criar sustentação no aerofólio. Devido a posição dos motores antes do bordo de ataque do aerofólio, o fluxo de ar produzido pela hélice é acelerado e somado ao vento relativo criado pelo deslocamento da aeronave.

Na figura 9 é possível ver como funciona a sustentação em uma asa sem a presença dos motores e da fuselagem. É possível notar que a maior parte da sustentação é oriunda da raiz do aerofólio.

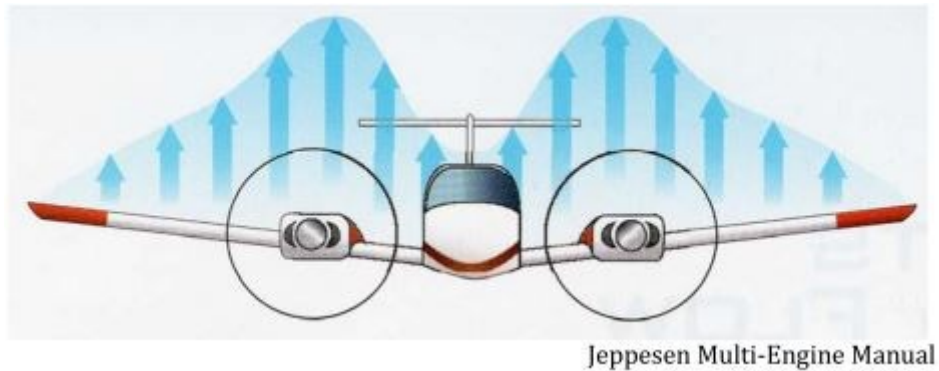
Figura 9 – Sustentação no Aerofólio



Jeppesen Multi-Engine Manual

Na figura 10 é possível perceber a diminuição da sustentação no centro da asa pela presença da fuselagem e também o conceito de fluxo induzido devido a aceleração do ar oriundo das hélices atuando sobre o aerofólio

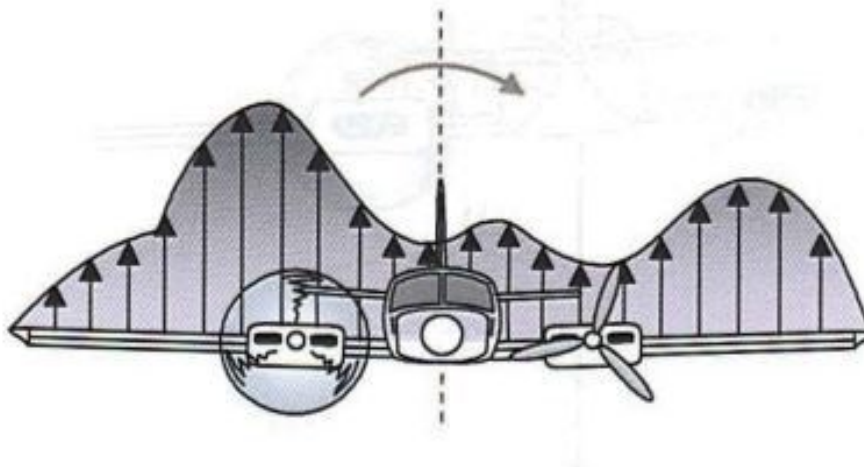
Figura 10 – Conceito de Fluxo Induzido



A problemática da assimetria de potência inicia imediatamente após perda total ou parcial de um dos motores da aeronave. Sabemos que a perda de um dos motores resulta em grande diminuição de performance e controlabilidade.

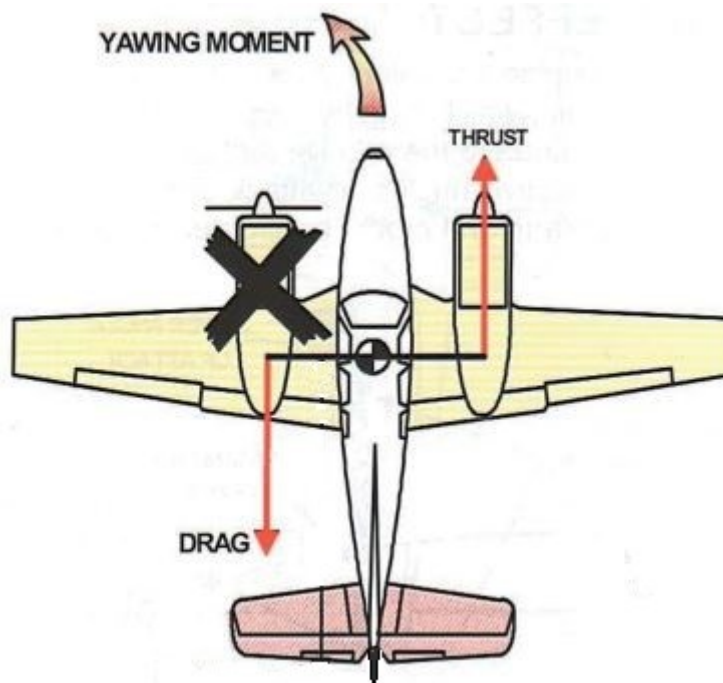
Devido a redução da tração e ao aumento do arrasto que incide sobre o lado do motor que está falhando, imediatamente serão sentidos os efeitos de guinada e rolagem, além de uma tendência a drenagem de velocidade, somado a perda de altitude oriunda da redução do fluxo induzido sobre o aerofólio do motor ruim que passa a gerar menor sustentação. Segundo (JEPPESEN,2007, tradução nossa) “Se a velocidade no ar for muito baixa, os momentos de guinada devido ao motor com falha podem tornar a aeronave incontrolável.”.

Quando ocorre a falha de um dos motores, o momentum de rolagem acontece pela diminuição da sustentação sobre o aerofólio a qual encontrar-se o motor ruim. Quando o motor ruim deixa de tracionar o ar, o fluxo induzido que é responsável por criar grande parte da sustentação nas asas é interrompido, criando uma assimetria de sustentação entre as duas asas, esta condição pode ser agravada ao somatório do torque no caso do motor ruim ser o motor crítico.

Figura 11– *Momentum* de Rolagem

Fonte *Jeppesen Principles of Flight*

O *momentum* de guinada ocorre devido a uma composição de forças que atuam sobre a aeronave na forma de braço de alavanca. Estas forças são compostas pelo conjunto de tração e *P-factor* do motor em funcionamento somada ao arrasto do motor ruim.

Figura 12 – *Momentum* de Guinada

Fonte *Jeppesen Principles of Flight*

Relacionados aos efeitos aerodinâmicos que ocorrem com a perda de um dos motores, afirma (BOTURRA, 1980, p39),

“Convém ressaltar que embora fáceis, elementares, quase intuitivos para o bom aviador, os conceitos aqui discutidos com certa insistência não se revelam puramente teóricos, abstratos, complicativos. Ao contrário, precisam ser estudados com cuidado, rememorados sempre que possível, a fim de que com eles estejam permanentemente atualizados os pilotos de aparelhos multimotores, cujo desempenho, na eventualidade crucial de uma emergência de perda de potência, só se compreende com total e completo conhecimento de todos os fenômenos aerodinâmicos envolvidos na situação. Por isso mesmo vale a pena repetir: a) Com a perda de um dos motores temos uma condição de assimetria de potência; b) Essa condição se manifesta da seguinte forma; 1º) Por um impulso de guinada para o lado do comprometido, fazendo o avião girar em torno do seu eixo vertical; 2º) Por um impulso de rolamento, empurrando para cima a asa do motor bom, tendo a fazer o aparelho rolar em torno do seu eixo longitudinal; 3º) Por arrasto provocado pela hélice e asa do lado do motor ruim, agravando o efeito de guinada, e maiores sustentação na asa do motor bom, agravando o efeito de rolamento.”

O motor crítico é aquele em que fica no lado esquerdo de um multimotor convencional cujo o plano de rotação da hélice é orientado a girar no sentido horário.

Segundo (AGENCIA, 2011) “Motor cuja falha afeta mais adversamente o desempenho ou as características de manobrabilidade de uma aeronave.”

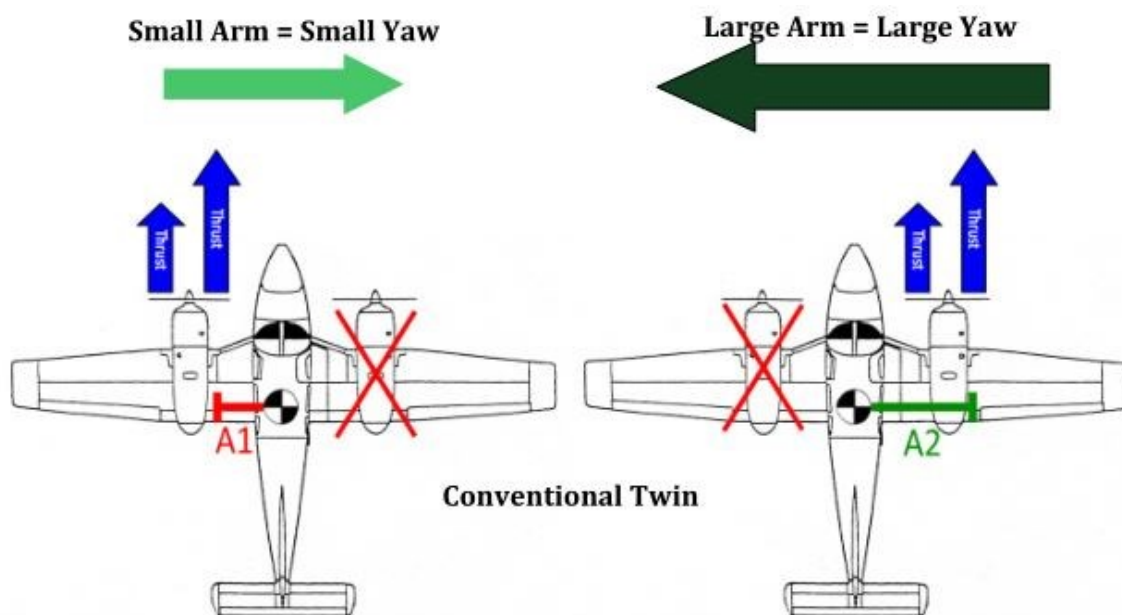
As reações aerodinâmicas mais proeminentes com a falha deste tipo de motor são o *P-factor*, arrasto e fluxo induzido.

Para (MANUAL, 2013) “Motor Crítico é o motor que, ao falhar, resultará num efeito adverso maior no controle direcional da aeronave.”

A figura 13 mostra através de vetores a diferença entre as forças geradas com a perda de cada um dos motores em uma aeronave multimotora convencional. Assim, fica evidente o tamanho do braço de alavanca que o efeito de *P-factor* cria no CG do avião.

Segundo o conceito explicado por CURSO (2019) quando uma aeronave perde o motor crítico os efeitos de assimetria são causados pela tração do motor em funcionamento sendo agravado pelo *P-Factor*. Somados ao arrasto, o resultado é a produção de uma curva para o lado do moto inoperante.

Figura 13 – Braço de alavanca Multimotores Convencionais



Fonte *Embry-Riddle Aeronautical University*

Essa guinada também causa uma perda de sustentação pois a aeronave tende a não seguir o deslocamento no sentido do eixo longitudinal. Desta forma a fuselagem age como escudo impedindo que o vento relativo avance sobre a asa esquerda resultando em perda de sustentação ainda maior sobre a asa no qual o motor está inoperante.

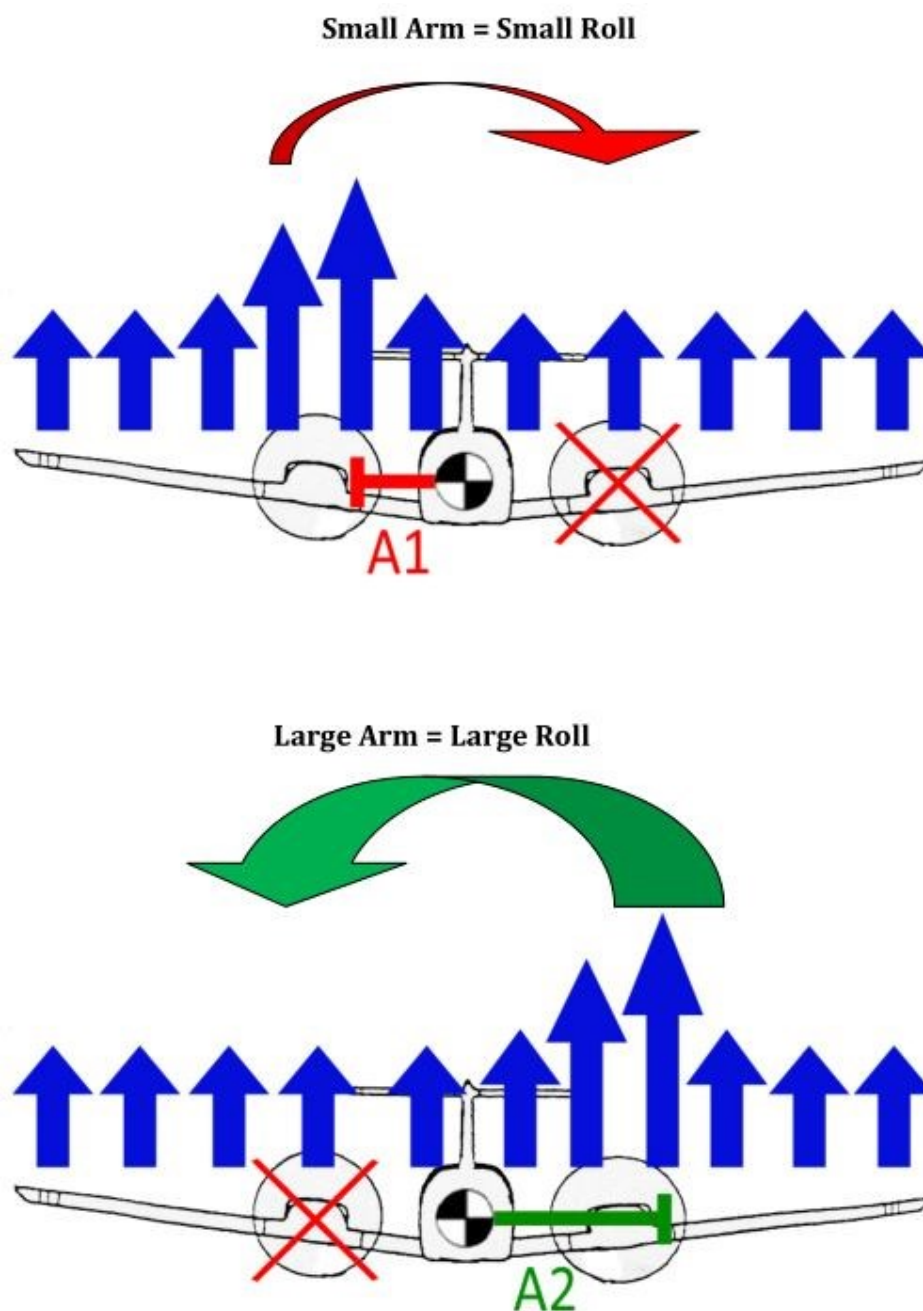
Figura 14 – Perda de sustentação Motor Crítico



Fonte ARG.S. Aeroclube do Rio Grande do Sul

A perda de sustentação criada pelo fluxo induzido também é influenciada pelo braço de alavanca que cria o momentum de rolagem junto ao CG. Quando o motor perdido é o motor direito, o braço de alavanca é menor, criando uma tendência de rolagem pequena. Quando falamos do motor esquerdo “crítico”, este braço de alavanca aumenta consideravelmente causando uma tendência de rolagem maior.

Figura 15 – *Momentum* de Rolagem por fluxo induzido

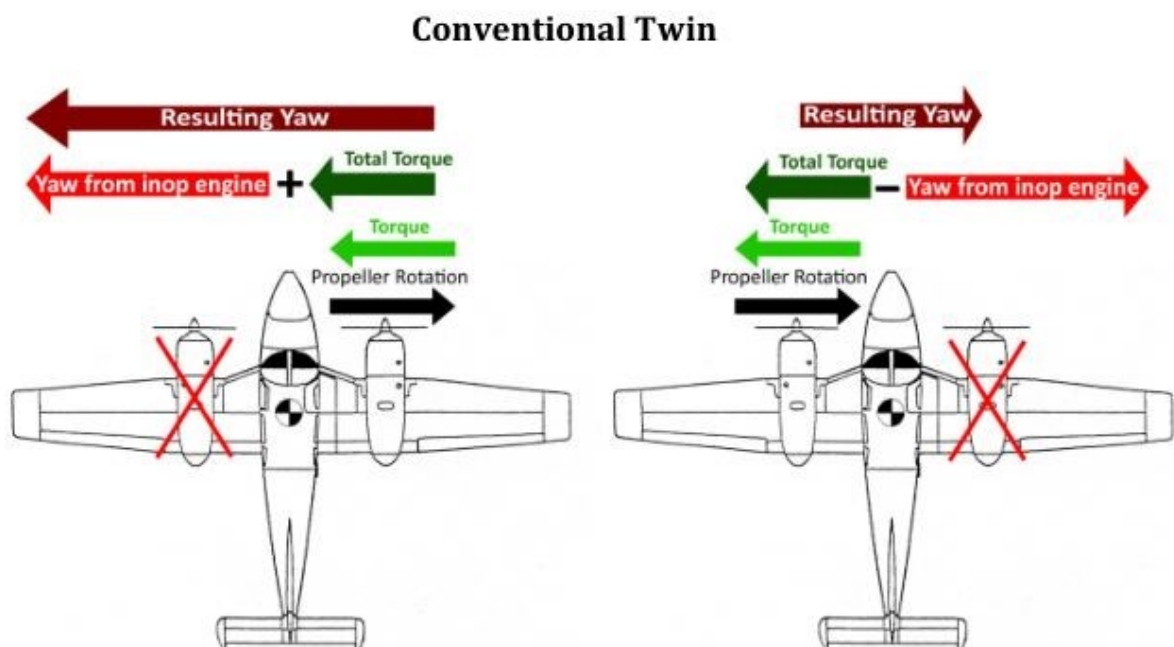


Fonte *Embry-Riddle Aeronautical University*

A resistência ao avanço ou arrasto é também um dos fatores que agravam os efeitos assimétricos. O CURSO (2019) mostra que o arrasto total do avião deve aumentar toda vez que o piloto utiliza dos controles de voo com a intenção de anular os efeitos de guinada e rolagem causados pela perda de um dos motores. O arrasto diferencial causado pelos usos dos ailerons somado a utilização do leme de direção, além da hélice girando em molinete, agravam consideravelmente a performance do avião com uma redução de desempenho da ordem de 80 a 90%.

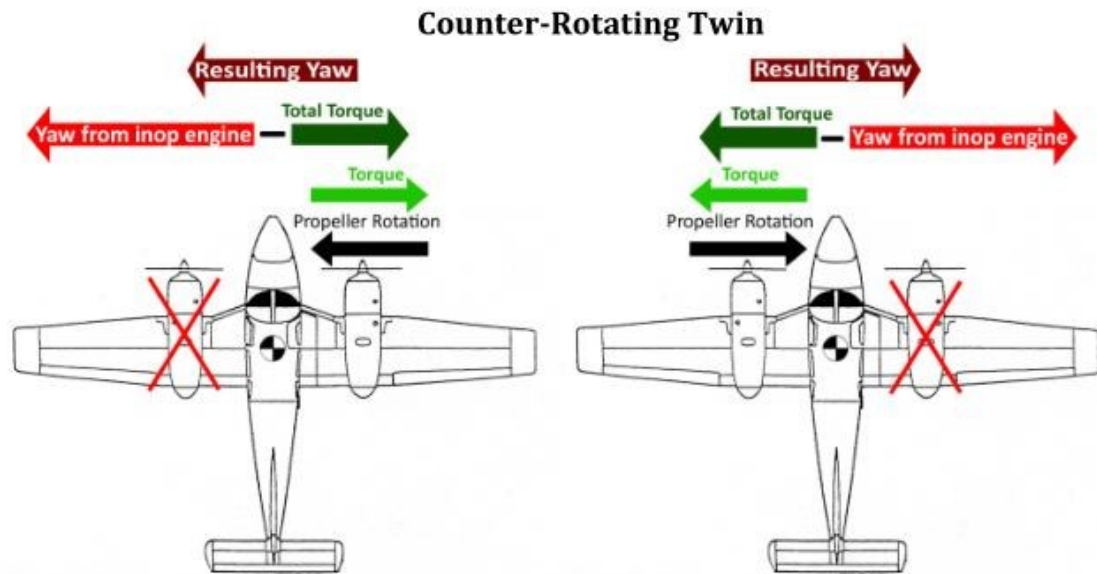
O Torque como mencionado anteriormente é uma resultante da Terceira lei de Isaac Newton e afeta o controle direcional da aeronave criando a tendência de guinada. Da mesma forma que nos outros fatores a intensidade da força resultante está diretamente relacionada ao braço de alavanca, causando o *momentum* de guinada. Nas aeronaves multimotoras convencionais, o efeito será maior quando ocorrer uma falha no motor esquerdo e menor quando ocorrer a falha no motor direito. Já nas aeronaves contra rotativas o torque se oporá ao *momentum* de guinada. Neste caso a guinada resultante será a mesma em qualquer um dos dois motores.

Figura 16– *Momentum* de Rolagem por influência do Torque. Multimotores convencionais



Fonte Embry-Riddle Aeronautical University

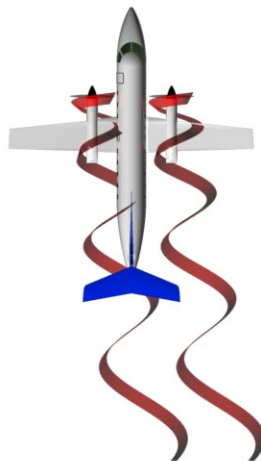
Figura 17 – *Momentum* de Rolagem por influência do Torque. Multimotores convencionais



Fonte *Embry-Riddle Aeronautical University*

O efeito do fluxo de ar espiralado oriundo dos grupos motopropulsores, se visto de forma isolada, costumam ser desconsiderados por causar pouco impacto sobre a aeronave.

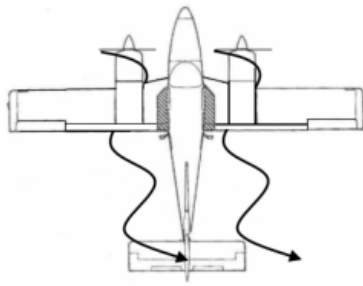
Figura 18 - *Spiraling Slipstream*



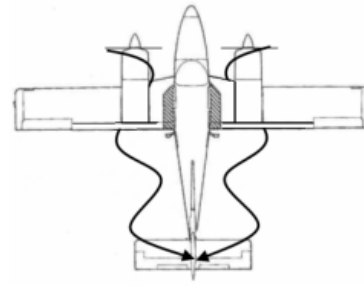
Fonte icao.int

O fenômeno é explicado pelo fluxo de ar espiralado oriundo de cada um dos motores. Em um multimotor convencional o fluxo de ar do motor esquerdo tende a atingir o leme de direção e lateral esquerda da aeronave criando uma tendência de guinada para o lado esquerdo.

Já em uma aeronave contra rotativa, ambos os fluxos tendem a atingir o leme de forma igual anulando as forças resultantes.



Conventional twin.



Counter-rotating engines.

2.3 VELOCIDADES

O Presente subcapítulo possui a intenção de tratar sobre as principais velocidades que estão relacionadas a operação das aeronaves multimotoras sendo apresentada uma breve introdução sobre o tema.

Desde o início da nossa formação aeronáutica aprendemos sobre a importância da velocidade e os diversos tipos que existem. (HOMA, 1997, p.01) a define como sendo a “distância percorrida por unidade de tempo”.

Falando sobre conceitos aerodinâmicos (PINTO, 1989) aponta que,

“O piloto não tem que construir aviões, portanto não precisa ter um conhecimento tão profundo dessa matéria. Mas, para poder pilotar seu avião com segurança e eficiência, ele tem de conhecer seus fundamentos básicos. Tem que saber como e porque o avião voa, porque em certas circunstâncias ele se recusa a voar, porque ele tem que ser operado desta ou daquela maneira para ser mais seguro e eficiente.”

A melhor forma para representar o conceito físico de forma didática é utilizando a matemática. Se analisarmos a fórmula da sustentação entenderemos que a influência da velocidade é proporcional ao quadrado de sua intensidade, ou seja, se a velocidade for duplicada, teremos como resultante quatro vezes mais sustentação sem alterar os outros componentes. A energia cinética de qualquer corpo é definida pelo produto da sua massa dividido pelo quadrado da sua velocidade.

O ponto é que na aviação a velocidade não significa apenas uma relação entre distância e tempo, mas um fator elementar estruturante que, se utilizado da forma correta irá apontar desempenho e garantir a performance de uma aeronave.

De acordo com MANUAL (2013) quando iniciamos a voar em aeronaves monomotoras nos acostumamos com as inúmeras “*V speeds*” e seus respectivos significados. Quando passamos a voar em aeronaves multimotoras, continuamos as antigas velocidades para operação normal com ambos os motores em funcionamento e acrescentamos mais alguma “*V Speeds*” exclusivas para a operação com um motor inoperante.

2.3.1 V1

V1- Velocidade Crítica ou Decisão. Ambos conceitos significam a mesma coisa. Enquanto uma fala a respeito de aviões movidos a hélice a outra refere-se a aviões a reação. É definida como a velocidade a qual durante a corrida no solo para decolar, se ocorrer a falha de um dos motores, o avião percorrerá a mesma distância tanto para interromper a manobra e parar em frente, como para prosseguir a decolagem, subindo para 50 pés. BOTURRA (1980) Em multimotores leves quando esta velocidade não está disponível considera-se a VR.

2.3.2 V2

V2- Velocidade Segura de Decolagem. BOTURRA (1980) informa que é composta pela VMC + 10%. Já em bimotores de pequeno porte pode ser considerada a velocidade de melhor ângulo de subida V_{xse} . A V2 é calculada na fase de ensaios em voo pelo fabricante.

2.3.3 V_{xse}

V_{xse} - *Best angle-of-clim speed with one engine inoperative*. Velocidade de melhor ângulo de subida com um motor inoperante. JEPPSEN (1996) aponta que esta velocidade deve ser utilizada para livrar obstáculos durante a decolagem. É a velocidade que possibilita o maior ganho de altitude na menor distância a horizontal percorrida em relação ao solo.

2.3.4 Vyse

Vyse- *Best rate-of-climb speed with one engine inoperative*. Velocidade de melhor razão de subida com um motor inoperante. MANUAL (2013) informa este parâmetro está marcado na maioria dos indicadores de velocidade como uma linha radial azul (*blue line*). É definido como sendo a velocidade que possibilita o maior ganho de altitude no menor intervalo de tempo. JEPPSEN (1996) relaciona esta velocidade com o teto absoluto. Se a aeronave estiver acima do teto absoluto e perder um motor, com esta velocidade ela terá razão de descida mínima. Se a aeronave estiver abaixo do teto absoluto, com esta velocidade ela irá subir e conseguirá mantê-lo.

2.3.4 Vsse

Vsse- *Safe, intentional one-engine-inoperative speed*. Velocidade mínima para tornar inoperante o motor crítico intencionalmente. JEPPSEN (1996) explica que é a mínima velocidade de voo definida pelo fabricante para operar a aeronave com um motor intencionalmente inoperante durante treinamento.

2.3.5 Vmc

Vmc- *Minimum control speed with the critical engine inoperative*. Velocidade mínima na qual o controle direcional pode ser mantido. MANUAL (2013) informa que este parâmetro está marcado na maioria dos indicadores de velocidade como uma linha radial vermelha (*red line*).

Explica BOTURRA (1980) que a aeronave só não conseguirá ser controlada se por ventura vier a perder o seu motor crítico abaixo da Vmc. Essa condição também é conhecida como velocidade de perda.

Vmcg- Velocidade mínima na qual o controle direcional pode ser mantido no solo em condição monomotor. (BOTURRA, 1980, p44) a explica da seguinte forma,

“Trata-se da menor velocidade na qual, durante a corrida sobre a pista, na primeira fase da decolagem, se ocorrer a perda do motor crítico, tem as piloto condições de continuar controlando o seu aeroplano e manter a reta. É uma velocidade que apresenta pouca importância, tratando-se de bimotores de pequeno porte, porque, sendo menor que a velocidade crítica (e, naturalmente, muito menor que a velocidade mínima de controle no ar), em caso de pane em um dos motores, tendo-a atingido ou não, caberá ao piloto simplesmente cortar a potência do motor bom e abortar a decolagem.”

Vmca- Velocidade mínima na qual o controle direcional pode ser mantido no ar em condição monomotor. É uma velocidade de extrema importância pois sabemos que com a Vmca pode se alcançar a velocidade de estol, sendo assim se o piloto não tiver o cuidado necessário, poderá vir a perder o controle do seu avião antes mesmo de ele estolar

Segundo (BOTURRA, 1980, pp.42)

“Essa importante velocidade é imutável e calculada pelos engenheiros considerando-se o avião com peso máximo de decolagem, ao nível do mar, atmosfera padrão, trem de pouso recolhido, hélice embaixada e flapes na posição de decolagem”

2.4 TÉCNICAS DE VOO MULTIMOTOR

A definição conceitual de “técnicas” é oriunda do substantivo masculino “técnico” que possui sua origem na palavra grega “*téchne*” cujo o significado é ser o conjunto de métodos ou processos direcionados a “ciências” ou “arte”. Por essa percepção entendemos que o conceito de “técnicas” está ligado a realização de uma ação através de um conjunto de normas e regras cujo o foco é a obtenção de um resultado específico.

Tratando sobre assimetria de potência que é o objetivo desta pesquisa, BOTURRA (1980) fala em seu livro que o que se espera de um piloto que esteja profissionalmente em forma é a destreza e a capacidade de reagir imediatamente aplicando aos comandos da aeronave, as correções necessárias para manter o controle direcional e velocidade.

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

Entretanto quando falamos em técnicas de voo relacionadas as aeronaves multimotoras não estamos nos referindo apenas aos métodos práticos que são aplicados durante o voo, mas também, a disciplina operacional que um piloto cuidadoso deve possuir quando operar este tipo de aeronave complexa. Essa disciplina operacional tem início no planejamento do voo e é finalizada no corte dos motores.

2.4.1 Planejamento Adequado

O planejamento adequado do voo é a primeira técnica que deve ser utilizada por um piloto que deseja ter sucesso na operação de sua aeronave seja ela mono ou multimotor, pois este procedimento visa à eficiência, eficácia, economia e a segurança da operação.

De acordo com (Campos, 2011, p.176) “Sempre que uma aeronave é entregue para voo ela deverá estar acompanhada de seus documentos, incluindo um jogo de manuais as quais o piloto deverá se familiarizar para poder voar nesta aeronave”. Ainda segundo Campos (2011) o manual de voo também pode ser denominado de “Manual de Operação” ou Manual do “Piloto” cuja suas versões em Inglês podem ser denominadas *Aircraft Flight Manual (AFM)*, *Pilot’s Operating Handbook (POH)* ou *Pilot’s Fligth Manual*.

Para um planejamento eficaz de voo deve-se utilizar o *AFM/POH* dando ênfase as seções 5 – Performance e seções 6 – *Weight and Balance* pois nestes locais encontramos as chamadas cartas de performance do avião que são os gráficos e tabelas de desempenho.

Através da análise das cartas de performance é possível estabelecer todas as principais informações que estão relacionadas à segurança da aeronave a ser voada. CAMPOS (2013) explica que existem armadilhas operacionais que podem levar a práticas perigosas. Muitas vezes estas armadilhas são relacionadas umas com as outras. A falta dos dados que não são obtidos pela negligência no planejamento adequado pode resultar em situação onde o piloto superestima a capacidade de manobra da aeronave levando-a para fora do envelope de voo, uma condição perigosa pois assim não se atinge a máxima performance e desempenho esperado.

De acordo com (BOTURRA,1980, p.36)

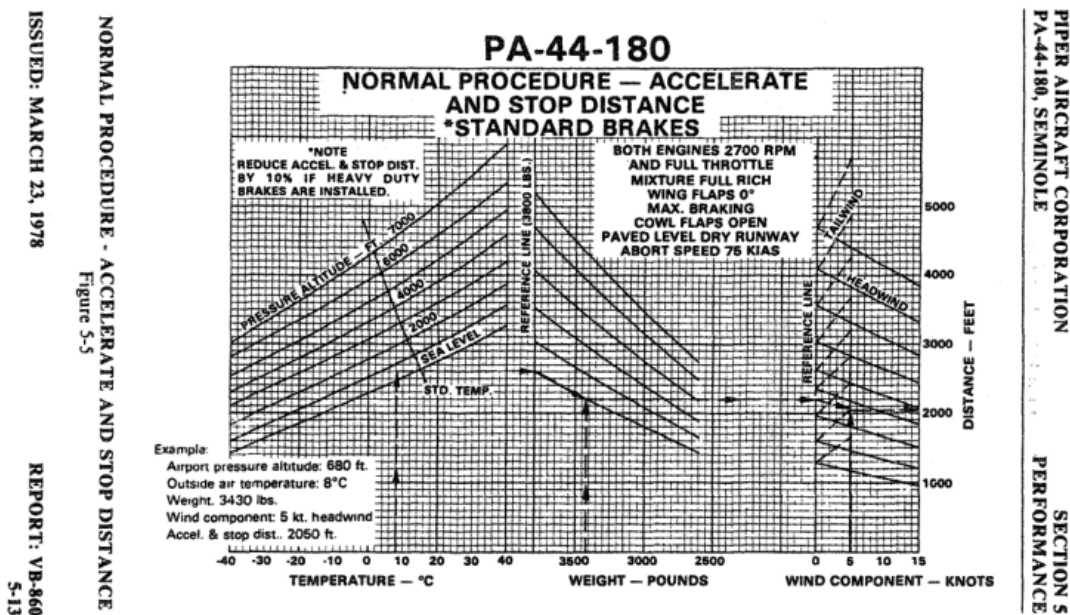
“tanto no planejamento como na execução de cada voo proceda sempre como se a perda de potência fosse acontecer daí a pouco. Respeite o PMD, as condições de pista, o vento. Planeje em cada caso o procedimento para a eventualidade de uma pane durante a decolagem. Enfim, faça um brífim ou apronto criterioso estabelecendo por antecipação, em cada caso, as diversas velocidades envolvidas na execução da manobra e informe tudo ao seu copiloto, se houver”

A importância da utilização das cartas de performance implica na possibilidade de determinar de forma científica quais são quais são os fatores que impactam no desempenho e quais são as respostas que aeronave irá apresentar em algumas situações distintas como a perda de um dos motores.

Conforme explica JEPPSEN, (1996, DVD, tradução nossa) existem dois cálculos específicos no planejamento de voo de uma aeronave multimotora que não devem ser ignorados.

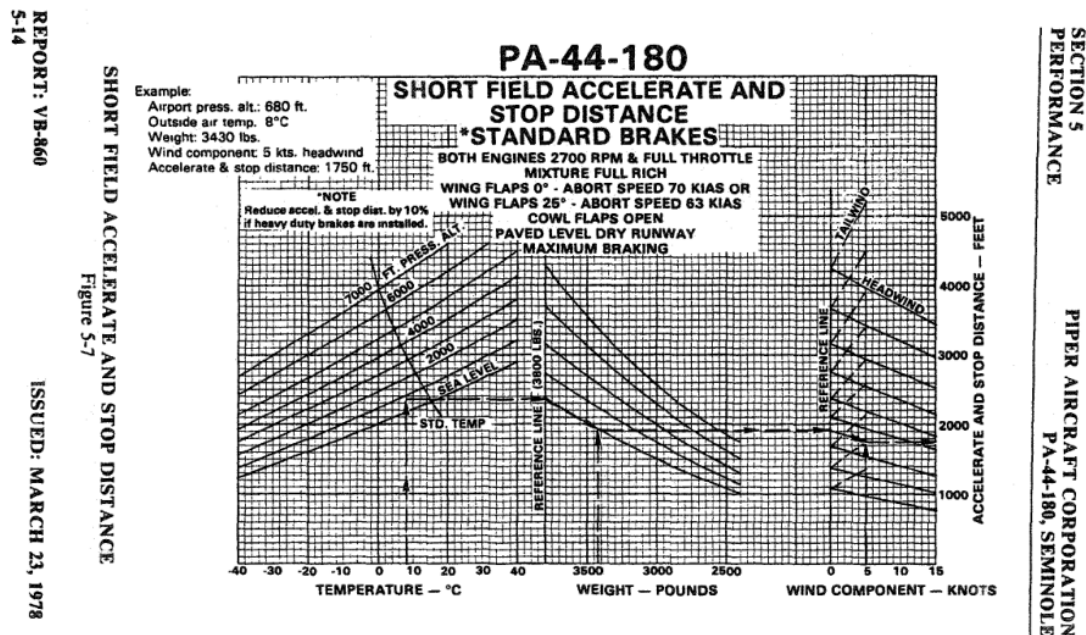
O primeiro cálculo é feito para determinar “*ACCELERATE AND STOP DISTANCE*” que é a distância total requerida para acelerar até uma determinada velocidade, geralmente a VLOF, experimentar uma falha de motor e trazer a aeronave para uma parada completa.

Figura 19 - Normal Procedure – Accelerate and Stop Distance – Piper PA-44-180



Fonte PIPER Handbook PA-44-180

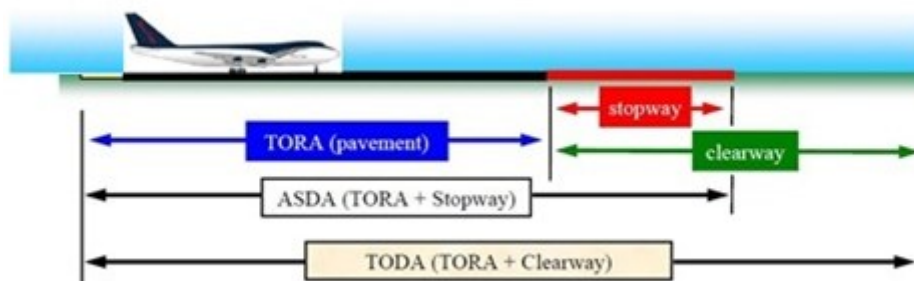
Figura 20 – Short Field Accelerate and Stop Distance – Piper PA-44-180



Fonte PIPER Handbook PA-44-180

Conhecer esta distância é primordial para as operações com aeronaves multimotoras uma vez que se for necessário abortar a decolagem, se a *ASDA* for maior que o *TODA*, é possível que haja uma incursão de pista.

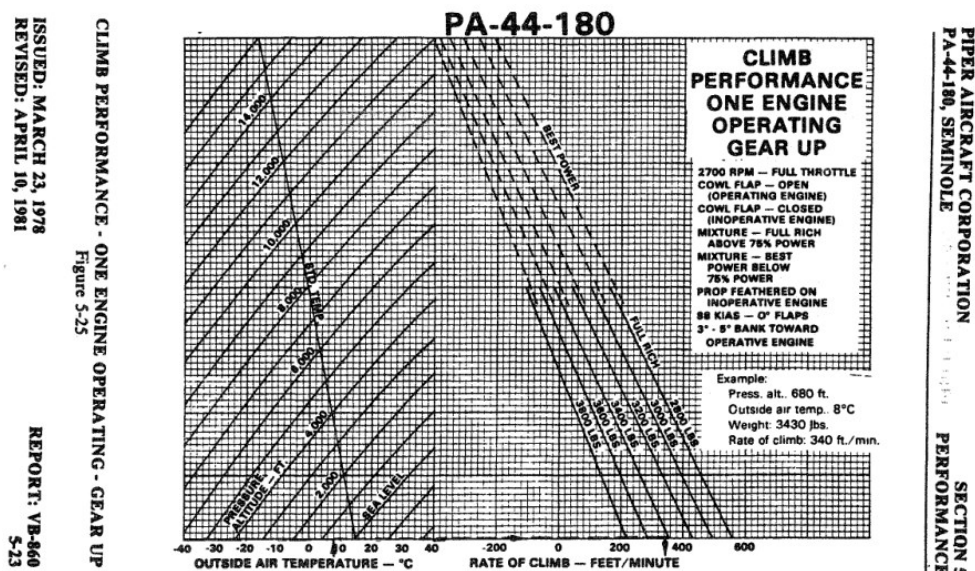
Figura 21 – ASDA – Accelerade Stop Discante Available



Fonte portal Canal Piloto 2019

O Segundo cálculo apontado por JEPPSEN (1996,) é o *CLIMB PERFORMANCE ONE ENGINE OPERATING GEAR UP* que irá ajudar a determinar os parâmetros de performance caso venha ocorrer uma falha de motor após a decolagem. Dessa forma o piloto consegue determinar quais são as suas melhores opções nesta situação.

Figura 22 - Climb Performace One Engine Operating Gear Up



Fonte PIPER Handbook PA-44-180

Saber respeitar os limites de peso da aeronave e conhecer o teto de serviço também são mencionados por BOTURRA (1980) como sendo pontos primordiais para planejamento de voo.

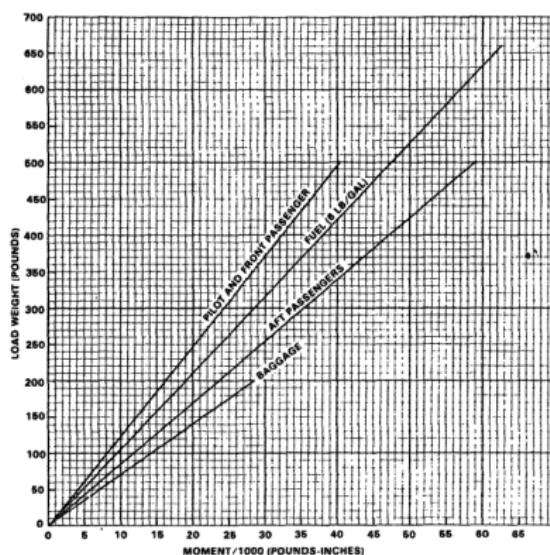
O teto de serviço monomotor é inferior quando comparando a operação normal de dois motores sendo muito importante para o planejamento do voo especialmente acima de áreas montanhosas. (CRAYG, 1994, tradução nossa).

Referente a preparação do voo (CAMPOS, 2013) afirma em seu livro que:

“Durante esse processo inicial, a tripulação irá também realizar alguns cálculos de peso e balanceamento para garantir que voo seja realizado dentro do envelope de desempenho da aeronave e para saber qual a capacidade de carga e de abastecimento disponíveis para aquele voo. Com esse cálculo, o comandante terá definido também os dados a serem usados para o cálculo de desempenho de decolagem”

Figura 23 - Peso e Balanceamento

PIPER AIRCRAFT CORPORATION SECTION 6
PA-44-180, SEMINOLE WEIGHT AND BALANCE



LOADING GRAPH
Figure 6-13

ISSUED: MARCH 23, 1978

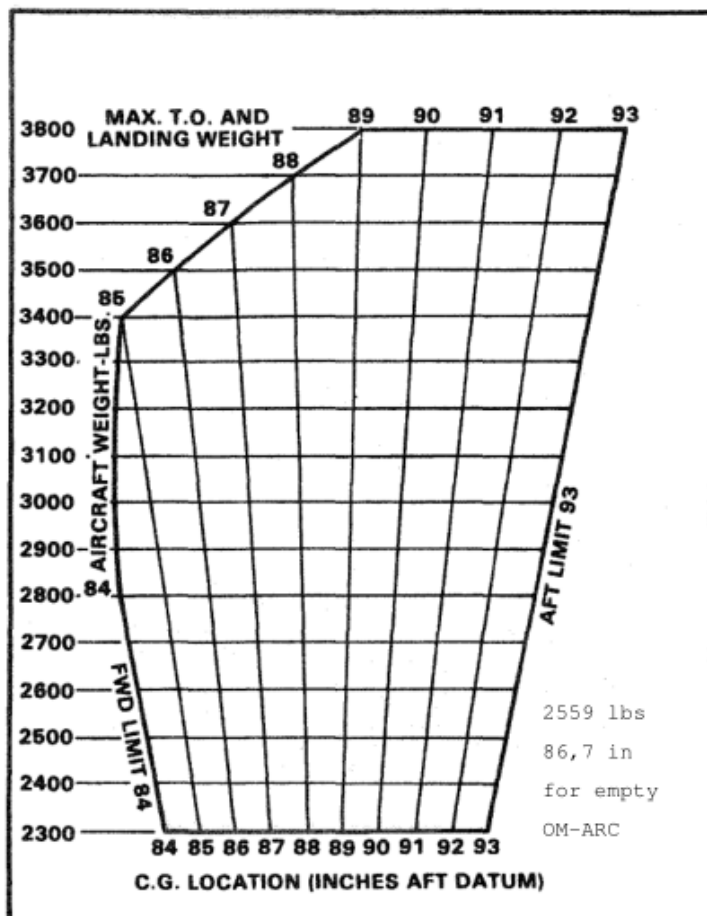
REPORT: VB-860
6-11

Fonte PIPER *Handbook* PA-44-180

Figura 24 - Peso e Balanceamento

**SECTION 6
WEIGHT AND BALANCE**

**PIPER AIRCRAFT CORPORATION
PA-44-180, SEMINOLE**



C.G. RANGE AND WEIGHT
Figure 6-15

**REPORT: VB-860
6-12**

**ISSUED: MARCH 23, 1978
REVISED: MARCH 1, 1980**

Fonte PIPER *Handbook* PA-44-180

(BOTURRA, 1980, p.35) comenta que:

“estude cuidadosamente o manual de voo e demais publicações do seu aeroplano. Examine com atenção as Cartas e Gráficos a ele referentes. Mantenha-se atualizado. Saiba de memória as velocidades, pesos e tetos relacionados com a sua performance voando monomotor. Não permita que uma emergência o apanha desprevenido.”

É preciso lembrar da importância de se executar um rigoroso *check* de motores antes de executar a decolagem. Esse *check* deve ser minucioso, cabendo ao piloto ao perceber qualquer tipo de anormalidade, por menor que seja, retornar ao pátio e solicitar a presença de um mecânico para que haja a confirmação do correto funcionamento do conjunto motopropulsor.

2.4.2 Aplicação de Comandos para o Controle Direcional

Quando iniciamos o treinamento para obtenção da habilitação de piloto multimotor devemos ter a máxima confiança em nosso instrutor de voo. Sua maior contribuição será dividir o seu conhecimento e experiência ensinando quais são as melhores técnicas que devemos conhecer para que seja possível conduzir a aeronave de forma segura.

Porém, com o decorrer do treinamento, fica fácil compreender que os ensinamentos aprendidos sobre situações com assimetria de potência são extremamente limitados e se resumem a duas expressões comumente utilizadas no meio aeronáutico, que são “Pé Duro, Motor Bom” e “mantenha a *blue line*” o que BOTTURA (1980) chama seu livro de “velha fórmula”.

O conhecimento popular ou senso comum é ensinado por (RAUEN, 1999, p.8) como sendo “aquele que não surge do estudo sistemático da realidade a partir de um método específico, mas que provém do “viver e aprender” da experiência de vida”.

Não significa que a falta de explicações mais detalhadas ou que os ensinamentos dos instrutores estão errados e que não possuem fundamentação científica, mas sim que estão engessados em práticas que vem sendo realizadas a décadas pela falta de uma padronização específica para o treinamento em aviões multimotores.

(CRAYG, 1994, p.100, tradução nossa) comenta que:

“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.”

Passando para a parte prática, de acordo com o (MANUAL, 2013):

“há três diferentes técnicas de pilotagem com potência assimétrica para se usar: Rolagem para o lado do motor bom sem usar leme; Usar leme para parar a guinada – Asas niveladas; Usar leme para parar a guinada – Asas inclinadas para o motor bom. Todas têm prós e contras, mas a primeira não é recomendada porque é perigosa e causa grande perda de potência e portanto, não será abordada.”

2.4.2.1 Utilização do leme mais asas niveladas

As informações condensadas nesta sessão são baseadas na pesquisa feita em literatura técnica específica.

PINTO (2003) explica que o piloto precisa acionar o leme de direção na intensidade necessária para que o avião voe em linha reta com as asas horizontais e os ailerons neutralizados quando um dos motores está inoperante. Depois de configurá-lo para a velocidade correta é preciso fazer o uso do compensador para aliviar a força que o piloto está exercendo sobre os comandos.

Para (MANUAL, 2013):

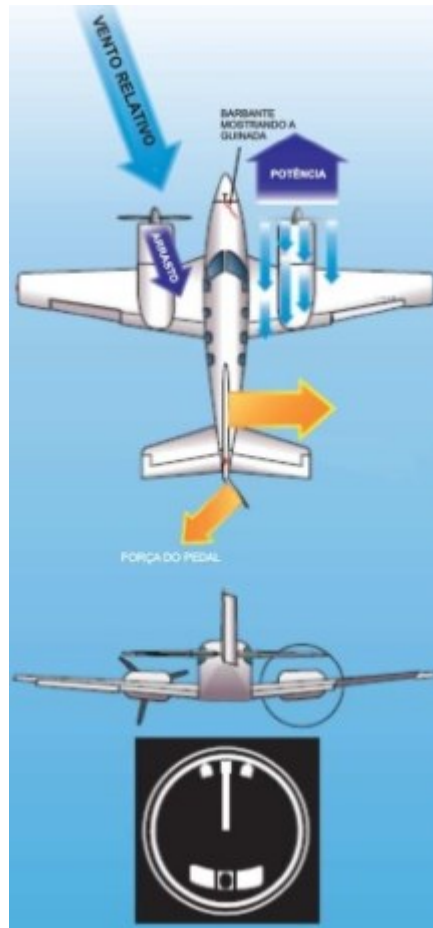
“Esta técnica consiste em usarmos o leme para contrapor a guinada e manter as asas niveladas com o uso dos ailerons. É chamado de método das asas niveladas. Esta técnica funciona, mas não faz o melhor uso da força de controle que dispomos uma vez que o *rudder* estaria sendo usado para lutar contra a estabilidade direcional. Contudo esta técnica tem uma vantagem de ser fácil de voar porque as asas ficam niveladas e a bolinha centrada. A técnica pode ser usada para controle em cruzeiro, mas não oferece a melhor performance para situações críticas, tais como falha de motor após a decolagem. No entanto, a perda de desempenho relativamente pequena é trocada por poderosas referências visuais externas e internas garantindo uma sensação de orientação. Não apenas porque as asas estão niveladas, mas a bolinha e o *turn indicator* também estarão centralizados.”

Sobre a utilização dos compensadores para o uso em técnicas de pilotagem, (BOTURRA,1980, p.68) indica que se deve:

“utilizar amplamente os compensadores a fim de deixar o seu avião perfeitamente balanceado. Não faça cerimônia. Os engenheiros desenharam o seu bimotor com a capacidade para ser estabilizado mesmo com o máximo de assimetria de potência. A maior parte deles, realmente (dos aviões bimotores), permite que você tire os pés e mãos dos comandos e possa voar só com a ajustagem feita através dos compensadores. É claro que você não vai fazer isso.”

A imagem a seguir está contida no Piloto Comercial Manual Básico do Aeroclube de Eldorado do Sul e representa com exatidão o método das asas niveladas.

O PILOTO (2010) mostra que com asas niveladas, ao se aplicar o leme de direção para o lado do motor do bom para contrapor a guinada, iremos ter como resultando a bolinha e o *Turn and Bank* centralizados, porém existirá o efeito de derrapagem agindo sobre a aeronave. Tal efeito causa perda de performance.



Fonte Aeroclube de Eldorado do Sul

2.4.2.2 Utilização do leme mais inclinação para o lado do motor bom

As informações condensadas nesta sessão são baseadas na pesquisa feita em literatura técnica específica.

Esta é maneira mais eficiente de controlar a aeronave pois o leme está contrapondo a força de guinada, desta forma, deixar as asas levemente inclinadas para o lado do motor bom não causará a derrapagem.

(MANUAL, 2013) explica que:

“Esta é a maneira mais eficiente de controlar a aeronave: fazer melhor o uso do controle disponível para minimizar o arrasto e para obter o máximo de desempenho disponível. Sem derrapagem temos um arrasto mínimo. Esta técnica é chamada de *Angle of Bank* e fornece a melhor performance. O ângulo máximo de *roll* é de 5° e a bolinha ficará levemente espirrada para o lado do motor bom. Embora a bolinha não estará centrada a aeronave não estará glissando nem derrapando.”

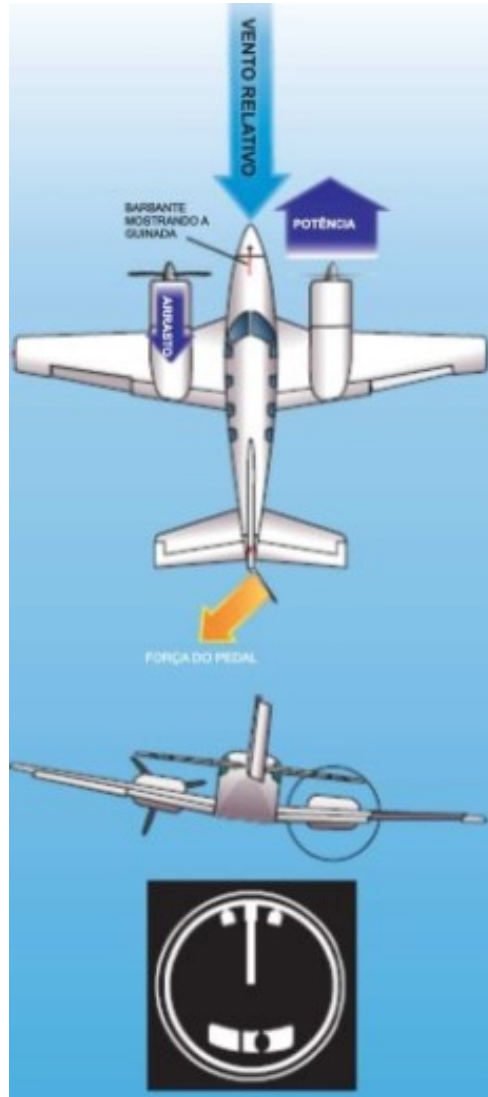
Para (PINTO, 2003):

“Numa situação em que o avião está voando com a velocidade limitada pela V_{mca} , velocidade mínima de controle direcional no ar, é legalmente permitido pela homologação do avião, manter uma inclinação de até 5° para o lado contrário do motor parado. Com as asas inclinadas, a sustentação produz uma componente lateral que ajuda a ação do leme de direção, permitindo assim uma redução na velocidade mínima de controle direcional. Nas manobras com assimetria de potência, é necessário refazer a compensação sempre que houver variações de potência ou velocidade. Uma regra prática para manter o avião compensado numa operação com assimetria de potência consiste em acionar o compensador de direção para o lado que o volante está mais baixo, fazendo-o em incrementos para dar tempo do avião reagir.

JEPPSEN (1996) também confirma que o método mais eficiente para se manter o controle em uma situação de assimetria de potência é aplicando leme com uma leve inclinação de até 5 graus para o lado do motor.

A imagem a seguir está contida no Piloto Comercial Manual Básico do Aeroclube de Eldorado do Sul e demonstra com exatidão o método de *Angle of Bank*.

O PILOTO (2010) explica que: se executada a combinação correta do uso de pedal e aileron para o lado do motor bom, a bolinha ficará levemente fora do eixo, contudo não haverá derrapagem ocasionando uma máxima performance de subida.



Fonte Aeroclube de Eldorado do Sul

2.5 SITUAÇÕES DE ASSIMETRIA DE POTÊNCIA

O objetivo deste subcapítulo é demonstrar quais são as principais ocorrências e situações em que a assimetria de potência ocorre em uma aeronave multimotora. Através da pesquisa encontramos diversas recomendações técnicas de como agir nas diferentes circunstâncias que serão apresentadas.

Para a devida compreensão devemos considerar o conceito V_1 como sendo a velocidade crítica exatamente como apresentado no subtítulo 2.3 VELOCIDADES.

2.5.1 Decolagem Descontinuada

Embora seja um procedimento que pode ser considerado simples, a decolagem é sem dúvida um dos momentos mais críticos na operação de qualquer aeronave.

A preparação para voo é tão importante quanto o próprio voo. Conhecer os números de performance como “*ACCELERATE AND STOP DISTANCE*” pode ser assertivo na tomada de uma decisão tornando-se um instrumento vital que pode prevenir um acidente.

A falha de um motor durante a corrida de decolagem é uma situação na qual o piloto deve estar tecnicamente e mentalmente preparado pois na ocorrência de alguma anormalidade, o (*Go/No Go decision*) deve ser rápido e assertivo para que sobre comprimento de pista suficientemente grande para a possibilidade da interrupção consciente da decolagem.

CAMPOS (2013) explica que o piloto não pode permitir que a sua mente fique paralisada e relutando em aceitar uma situação de emergência.

Já de acordo com (PINTO, 2003, p.110):

“A demora em iniciar uma ação pode representar um aumento de distância considerável ao longo da pista. Uma interrupção de decolagem próximo da velocidade de decisão/velocidade crítica só poderá ter êxito, numa pista de comprimento crítico, se o piloto estiver previamente preparado para executá-la. Na distância da desaceleração a parada para uma interrupção iniciada na V1, está incluído um segmento de 2 segundos, que é o tempo aproximado que o avião leva para iniciar a desaceleração, após a redução total da potência.”

A decolagem descontinuada correrá basicamente em duas situações distintas:

A primeira hipótese será quando a falha do motor acontecer com a velocidade inferior a V_{mcg} devendo o piloto abortar imediatamente a decolagem.

JEPPSEN (1996) explica que durante a corrida de decolagem, quando ocorrer a falha do motor, no mesmo instante será sentido pelo piloto uma guinada para o lado do motor defeituoso, sendo a única opção a redução da potência restabelecer o controle direcional da aeronave. PINTO (2003) esclarece que neste caso que o fenômeno da perda de controle direcional é causado pelo fluxo de ar insuficiente sobre o leme de direção, sendo necessário abortar a decolagem para que o avião consiga manter o eixo da pista.

Complementando, de acordo com (MANUAL, 2013):

“O principal objetivo não é parar o avião em uma distância curta, mas manter o controle direcional durante a desaceleração. Em algumas situações pode ser preferível continuar com a desaceleração na *Stopway* ou *Clearway* com a aeronave sob controle, ao invés de perder o controle direcional, quebrar o trem de pouso, furar um pneu ou estragar os freios na tentativa de parar a aeronave na distância mais curta possível

Figura 25 - Recomendação para Decolagem Descontinuada ARGS – EMB-810D

Escola Aeronáutica Civil
Aeroclube do Rio Grande do Sul

Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS

Antes de atingir a Vr

Qualquer pane antes de atingir a Vr:

Reduzir potência

Manter / buscar o controle direcional

Aplicar freios conforme necessário

Procedimentos com um motor inoperante

Fonte ARGS – Aeroclube do Rio Grande do Sul

A segunda hipótese ocorrerá quando a falha de um dos motores se der após a velocidade rotação já com a aeronave no ar. CAMPOS (2013) explica que as ameaças psicológicas podem interferir na capacidade do piloto em agir pronta e adequadamente.

Nessa situação a capacidade mental do piloto é levada ao limite durante o (*Go/No Go decision*) cabendo a ele agir de forma rápida e não tardia nesta crítica fase de transição da decolagem.

Para JEPPSEN (1996) para que seja tomada a decisão de abortar a decolagem após a rotação da aeronave, algumas características situacionais devem estar presentes e evidentes, como restar pista suficiente para realização do pouso além de estar com a configuração de trem de pouso baixado e travado. Somente com este cenário e após tomar a

decisão de não prosseguir com a decolagem que se deve imediatamente reduzir a potência e trazer a aeronave para o solo.

BOTURRA (1980) corrobora esta mesma pratica ressaltando que se a decolagem estiver sendo executada dentro do padrão e dos parâmetros operacionais estabelecidos pelo fabricante, no momento da ocorrência a aeronave já estará na configuração ideal de pouso.

O mesmo autor explica que alguns estudiosos continuam insistindo na doutrina segundo a qual durante a decolagem o piloto deve comandar o trem encima ao obter razão de subida positiva porém, tratando-se de bimotores leves e havendo a possibilidade de se pousar afrente, o trem só deve ser recolhido quando essa possibilidade deixar de existir.

Complementando, segundo (BOTURRA, 1980, p.52)

“Se você tiver mesmo o avião na mão, uma pequena glissada frontal o ajudará a eliminar altura e velocidade. A utilização de flapes também colabora, mas não esqueça de recolhê-los assim que fizer o toque, para, desse modo, obter logo plena ação dos freios de roda. Estando sobre a pista, corte os motores totalmente, inclusive desligando os magnetos. Esse recurso destruirá qualquer resíduo de potência que possa existir no motor bom (mesmo no motor defeituoso, se a pane é parcial), sobre tudo quando a marcha-lenta ou “*ralenti*” estiver um pouco adiantada. E, finalmente, note bem: neste procedimento as hélices nunca deverão ser embandeiradas. Houve a pane: se for o caso de pousar a frente, nada de passo bandeira; corte os motores e venha para a aterragem. O arrasto das hélices ajudará a parar o avião.”

Figura 26 - Recomendação para Decolagem Descontinuada ARGS – EMB-810D

Escola Aeronáutica Civil
Aeroclube do Rio Grande do Sul

Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS

Após atingir a Vr, porém com VI inferior a 85KT

Pane em um dos motores após Vr, porém antes de atingir 85 KIAS:

- Reduzir potência (imediatamente)
- Manter / buscar o controle direcional
- Pousar em frente
- Aplicar frenagem máxima
- Desligar o interruptor da bateria
- Fechar as seletoras de combustível
- Continuar freando e desviando de obstáculos

Procedimentos com um motor inoperante

Fonte ARGS – Aeroclube do Rio Grande do Sul

2.5.2 Decolagem Continuada

A decolagem continuada é a ação de manter o procedimento de decolagem mesmo que a aeronave esteja em situação de emergência pela perda um dos seus motores.

Os principais fatores que levam o piloto escolher manter a decolagem estão associados a pista, performance e configuração da aeronave. No momento em que a aeronave inicia o voo e se encontra sobre a pista, quando ocorrer a situação de perda de motores, até ser reconhecido a falha, pode levar alguns segundos, e esse precioso tempo torna o pouso impraticável pois não restaria pista suficiente para parar o avião em segurança.

Existem outros fatores que estão ligados a pista e causam impacto na decisão do piloto em manter a decolagem. Esses fatores estão relacionados a condição meteorológica e a contaminação da pista.

O piloto precisa ter em mente as condições meteorológicas como temperatura, densidade, velocidade do vento podem impactar de forma significativa a performance da aeronave. Já uma situação de mal tempo pode afetar as condições físicas de pista. De acordo com (PINTO, 2003, p. 107)

“Uma contaminação de pista afeta o desempenho da aeronave de várias maneiras: A) Aumenta a distância necessária para parar no caso de uma interrupção da decolagem. É o que acontece nas pistas contaminadas por gelo, neve, pó ou simplesmente úmida. Nesses casos, o estado da pista não afeta a aceleração até a V1, mas os freios não terão a eficiência normal para desacelerar o avião se a decolagem for interrompida. B) Aumento da distância para acelerar até a V1 e também para parar, se a decolagem for interrompida. É o caso das pistas contaminadas por neve compactada, lama de neve (*Slush*) ou alagadas. Nestas condições a resistência que estes elementos opõem ao deslocamento das rodas reduz a capacidade de aceleração, aumentando a distância para atingir a V1. Essa mesma resistência é um fator favorável na interrupção da decolagem, compensando em parte, a deficiência de frenagem. Numa decolagem com a pista contaminada é necessário observar as restrições contidas no manual de operações do avião.”

JEPPSEN (1996) aponta que se o piloto decidir prosseguir com a decolagem, primeiramente é preciso manter o controle direcional fazendo o uso adequado dos comandos de voo para anular as tendências de guinada e rolagem que são resultado da assimetria de potência, logo, deve-se acelerar a aeronave para a Vyse.

Se existirem obstáculos nos primeiros segmentos da decolagem, o piloto precisa adequar a performance da aeronave a sua necessidade utilizando a Vxse mesmo que isso cause uma tendência de descida momentânea.

Após isso é preciso garantir que os controles do motor estão configurados para a potência máxima e aguardar indicação positiva de subida. Quando a razão positiva de subida ocorrer, é preciso limpar aerodinamicamente aeronave recolhendo o trem de pouso e Flaps de acordo com as recomendações o fabricante.

Com a mesma linha de pensamento BOTURRA (1980) explica que para executar uma decolagem em condição monomotor existe uma sequência BÁSICA e lógica de 6 passos que devem ser rigorosamente seguidos caso não haja o manual do fabricante disponível.

- 1º - Velocidade e Direção (reação instantânea do piloto tendendo a manter o voo nivelado);
- 2º - Mistura, Passo e Potência (ato de levar a para frente os manetes);
- 3º - Trem e Flapes em cima (ação de comando para recolher o trem, bem como os flapes, se for o caso) * depende recomendação do fabricante;
- 4º - Identificação (Pé Duro, Motor Bom. Confirmação);
- 5º - Embandeiramento (Potência, Passo e Mistura);
- 6º - Cheque Complementar (Compensadores);

Após a estabilização o piloto deve manter o máximo de atenção para com o motor em funcionamento. É preciso monitorar seus instrumentos de forma constante afim de prevenir alguma indicação de anomalia ou superaquecimento. Tal condição seria desastrosa agravando ainda mais a situação de emergência.

O autor também comenta que:

“Há uma regra pratica de técnica de pilotagem que você deve anotar em seu caderno. Sempre que for possível, operando um bimotor, prefira decolar sem flapes, pois, assim agindo, na eventualidade de pane de motor devendo prosseguir, quanto a este dispositivo você já estará na configuração ideal para o voo monomotor”

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

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

Figura 27 - Fluxograma ARGS - Decolagem Continuada - EMB810D

Escola Aeronáutica Civil
Aeroclube do Rio Grande do Sul

Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS

Procedimentos conforme a seção 3 do manual

Ações que o manual de operação orienta ao piloto realizar:

Qualquer ação tomada diferente do manual de operação viola a segurança de voo;

Procedimentos com um motor inoperante

Fonte ARGS – Aeroclube do Rio Grande do Sul

Figura 28 - Fluxograma ARGS - Decolagem Continuada - EMB810D

Escola Aeronáutica Civil
Aeroclube do Rio Grande do Sul


Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS

Fluxograma de emergência na decolagem

Quais as ações que o piloto DEVE tomar:

Atuar com pedal

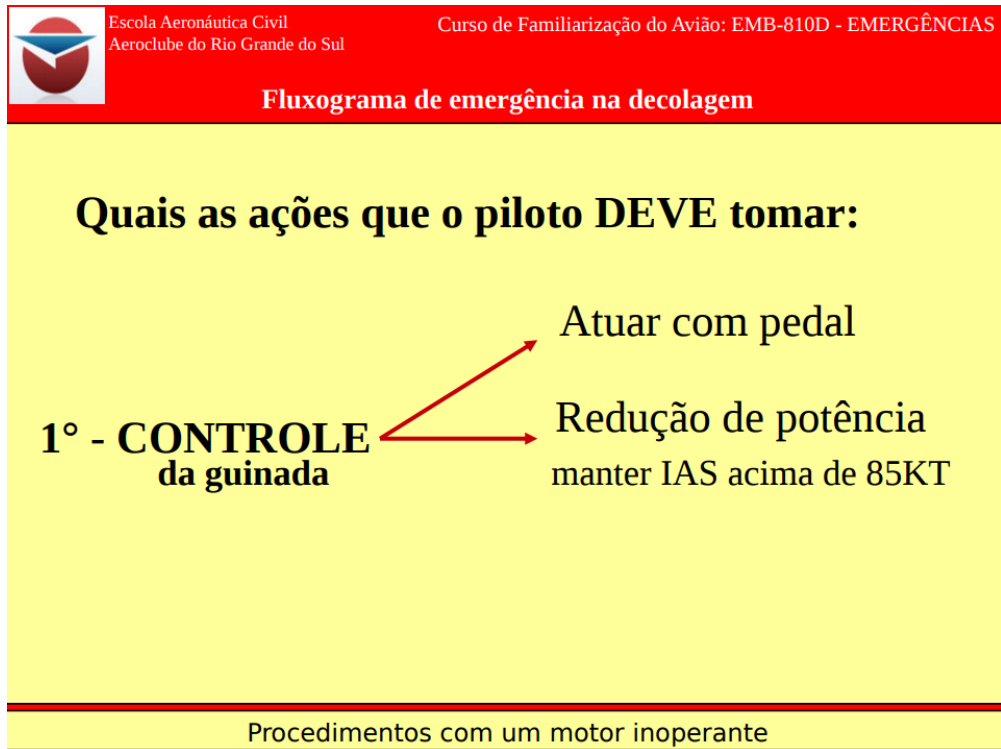
1º - CONTROLE da guinada



Procedimentos com um motor inoperante

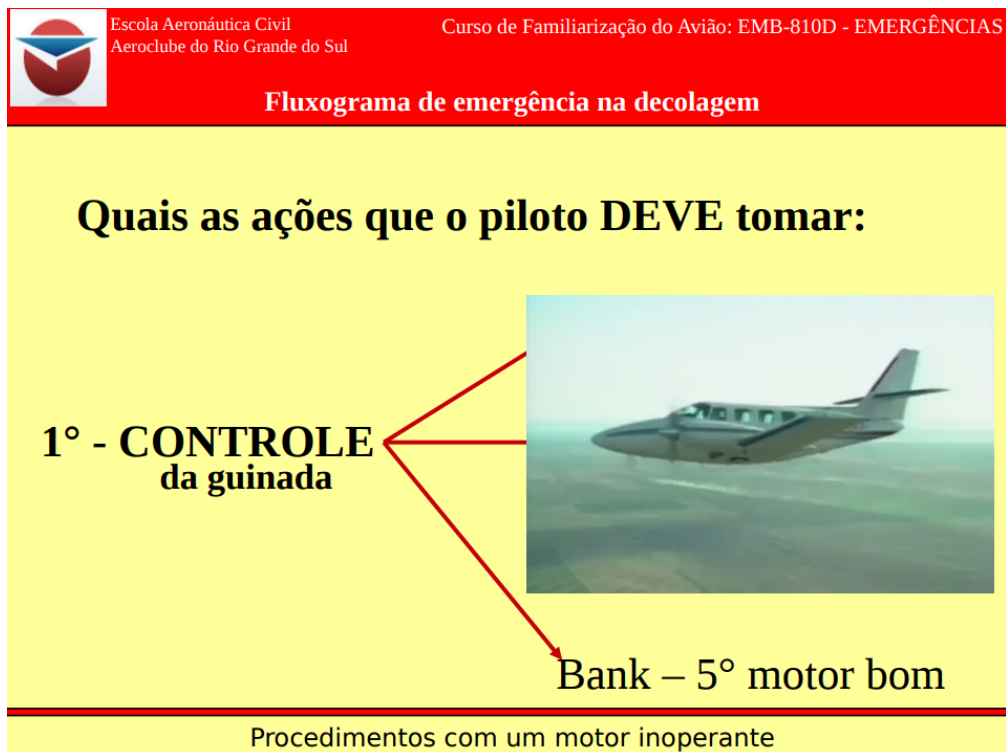
Fonte ARGS – Aeroclube do Rio Grande do Sul

Figura 29 - Fluxograma ARGs - Decolagem Continuada - EMB810D



Fonte ARGs – Aeroclube do Rio Grande do Sul

Figura 30 - Fluxograma ARGs - Decolagem Continuada - EMB810D



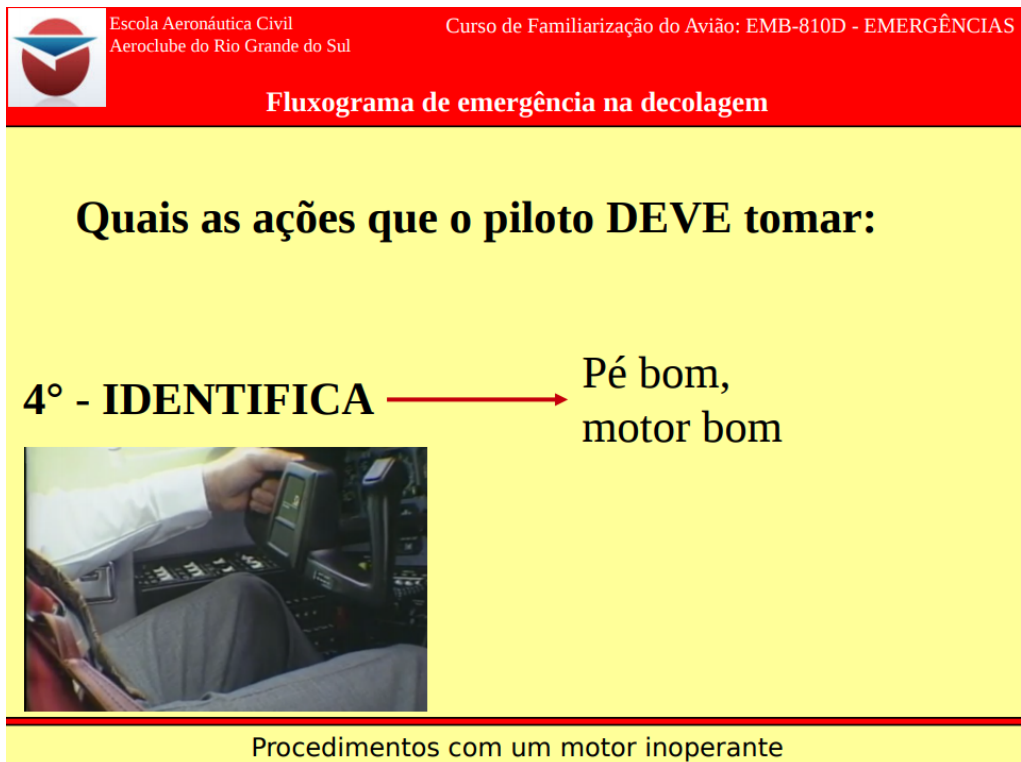
Fonte ARGs – Aeroclube do Rio Grande do Sul

Figura 31 - Fluxograma ARGs - Decolagem Continuada - EMB810D



Fonte ARGs – Aeroclube do Rio Grande do Sul

Figura 32 - Fluxograma ARGs - Decolagem Continuada - EMB810D



Fonte ARGs – Aeroclube do Rio Grande do Sul

Figura 33 - Fluxograma ARGs - Decolagem Continuada - EMB810D

Escola Aeronáutica Civil
Aeroclube do Rio Grande do Sul

Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS

Fluxograma de emergência na decolagem

Quais as ações que o piloto DEVE tomar:

4° - IDENTIFICA —

5° - VERIFICA —

Recuar a potência do motor identificado

Procedimentos com um motor inoperante



Fonte ARGs – Aeroclube do Rio Grande do Sul


Figura 34 - Fluxograma ARGs - Decolagem Continuada - EMB810D

Escola Aeronáutica Civil
Aeroclube do Rio Grande do Sul

Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS

Fluxograma de emergência na decolagem

Completar a redução*



Procedimentos com um motor inoperante

Fonte ARGs – Aeroclube do Rio Grande do Sul

Figura 35 - Fluxograma ARGs - Decolagem Continuada - EMB810D

 Escola Aeronáutica Civil
Aerooclube do Rio Grande do Sul

Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS

Fluxograma de emergência na decolagem

Completar a redução* / embandeirar



Procedimentos com um motor inoperante

Fonte ARGs – Aerooclube do Rio Grande do Sul

Figura 36 - Fluxograma ARGs - Decolagem Continuada - EMB810D

 Escola Aeronáutica Civil
Aerooclube do Rio Grande do Sul

Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS

Fluxograma de emergência na decolagem


Completar a redução* / embandeirar / cortar



Procedimentos com um motor inoperante


Fonte ARGs – Aerooclube do Rio Grande do Sul

Figura 37 - Fluxograma ARG S - Decolagem Continuada - EMB810D

	Escola Aeronáutica Civil Aerooclube do Rio Grande do Sul	Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS
Fluxograma de emergência na decolagem		
<p>Buscar velocidade de segurança operacional:</p> <p>VMC – 66 KIAS – RED LINE</p> <p>Vy_{se} – 92 KIAS – BLUE LINE</p> <p>V_{xse} – 78 KIAS</p>		
Procedimentos com um motor inoperante		

Fonte ARG S – Aerooclube do Rio Grande do Sul

Figura 38 - Fluxograma ARG S - Decolagem Continuada - EMB810D

	Escola Aeronáutica Civil Aerooclube do Rio Grande do Sul	Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS
Fluxograma de emergência na decolagem		
<p>AÇÕES CONSCIENTES</p> <p>Bomba auxiliar – Desligar (motor inoperante)</p> <p>Magnetos – Desligar (motor inoperante)</p> <p>Cowl Flaps – Fechar (motor inoperante)</p> <p style="padding-left: 40px;">Conf. necessário (motor oper.)</p> <p>Alternador – Desligar (motor inoperante)</p> <p>Carga elétrica – Reduzir</p> <p>Seletora de comb. - Fechar (motor inoperante)</p> <p style="padding-left: 40px;">- Alim. Cruzada (motor oper.)</p> <p>Bomba auxiliar – Desligar (motor oper.)</p> <p>Manete de potência – Conf. necessário (motor oper.)</p>		
Procedimentos com um motor inoperante		

Fonte ARG S – Aerooclube do Rio Grande do Sul

Em suas considerações finais sobre a decolagem monomotor (BOTURRA, 1980, p.64) explica que:

“Agora, para encerrar, algumas advertências. Normalmente, seu avião vai voar. Vai subir, embora bem mais demoradamente, desde que você lhe tenha dado essa chance pilotando com o rigor das normas aplicáveis, e, sobretudo, desde que você tenha conseguido manter o seu controle emocional e psicológico. Não é preciso ter pressa. Voe em linha reta e procure livrar obstáculos, se houver, da melhor maneira possível. EM LINHA RETA, lembre-se. Veja quanto é importante, sob este aspecto, ter feito antes de decolar, uma análise da paisagem ao redor do aeroporto. Principalmente ao logo da trajetória de subida. Inclua sempre esta forma de observação em seu planejamento de voo. Espere até ganhar razoável altura e só depois disso pense em voltar.

Existe uma condição peculiar onde não será possível extrair performance da aeronave. Isso só irá ocorrer quando a decolagem for executada próximo ou acima do teto absoluto para o voo monomotor.

De acordo com a recomendação da *FAA (FLYING, 2008, tradução nossa)* “Nessa condição deve-se considerar o pouso a frente. O maior perigo em uma decolagem da OEI é tentar voar quando não se está dentro da capacidade de desempenho do avião”.

Para o *MANUAL (2013)* a melhor recomendação possível para esta situação e realizar o pouso a frente mantendo a descida com a *Vyse* que é a velocidade que permite que seja mantido o teto absoluto em um voo monomotor.

As recomendações da *FAA (FLYING, 2008, tradução nossa)* apontam,

“Um estudo recente revelou uma taxa de sucesso muito maior para pousos sem motor em aeroportos quando o avião foi pousado sob controle. O mesmo estudo também revelou uma taxa de fatalidade muito alta em acidentes cujo o piloto tentou manter voo além da capacidade de desempenho do avião”

2.5.3 Perda de Motor em Cruzeiro

Nenhum piloto em pleno gozo de suas faculdades mentais possui a pretensão de passar por uma situação de perda de motor quanto estiver nos controles de uma complexa aeronave multimotora. Entretanto, se fosse possível escolher, esta seria a melhor opção pois

devido a menor carga de trabalho, teríamos tempo suficiente para identificar a falha e buscar uma solução.

De acordo com (MANUAL, 2013),

“Falhas de motor bem acima do solo são tratadas de forma diferente das falhas que ocorrem em baixa altitude e velocidades. A velocidade de cruzeiro permite um controle melhor do avião e a altitude, tempo para uma possível pesquisa e solução para a falha. No entanto, manter o controle direcional da aeronave ainda é prioritário. É comum casos de piloto que perderam altitude devido a fixação ao problema de motor em detrimento do voo.”

Para JEPPSEN (1996), é preciso tirar vantagem da situação onde existe baixa carga de trabalho sendo imperativo que o piloto utilize os *checklists AFM/POH* para que se elimine possíveis dúvidas e para que se tenha a certeza de que todas as tarefas para mitigar esta situação tenham sido executadas adequadamente.

De acordo com JEPPSEN (1996) existem alguns passos gerais que devem ser seguidos:

1º Aplicar *Full Power* (Potência, Mistura, Passo a frente) para conservar altitude enquanto se avalia a situação como um todo.

2º Comandar a melhor configuração para corrigir a guinada e rolagem (Aplicar leme e inclinação máxima de 5º para o lado do motor bom)

3º Identificar o motor em falha. (Os instrumentos do motor darão alguma indicação sobre a falha)

- *FUEL FLOW ZERADO* ou com indicação menor que o normal aponta o motor em falha.
- É preciso ter atenção junto aos demais instrumentos do motor pois o indicador de *Manifold* e RPM tendem a manter-se em funcionamento devido a rotação da hélice dando uma falsa indicação de normalidade ao piloto desprevenido.

4º Escanear possibilidades e tentar restabelecer o funcionamento do motor.

5º Sem sucesso, utilizar *checklists AFM/POH* para efetivar o corte do moto e embandeirar a hélice. (*CUT OFF*)

- É preciso ter atenção junto os manetes para não ser reduzida a potência do motor bom em funcionamento. Neste caso será percebido pelo piloto uma redução na tendência de guinada e na força exercida junto ao leme de direção. Deve-se restabelecer a potência de forma contínua e imediata.

6º Após concluir ações do *checklist* é preciso dirigir-se a pista mais próxima e pousar a aeronave.

O (MANUAL, 2013) lembra que,

“Nem toda a falha de motor ou mau funcionamento tem como origem um problema mecânico que danifica e impede novas tentativas de funcionamento do motor. Muitos casos de perder de potência estão relacionados com a falta de combustível, podendo ser solucionado com a seleção de outro tanque. Abrir o ar quente para o carburador ou o ar alternado também podem solucionar uma falha. O motor afetado pode funcionar sem problemas com apenas um magneto. Mexer na mistura pode ajudar. Ligar a bomba pode eliminar flutuações no fluxo e na pressão do combustível. Embora seja uma tendência natural entre os pilotos salvar um motor com problemas fazendo o corte por precaução, o motor deve ser deixado em funcionamento sempre que houver qualquer dúvida quanto a necessidade do mesmo para a segurança do voo. Por outro lado, uma falha repentina do motor acompanhada de vibração forte, fumaça ou uma grande trilha de óleo, indica uma situação crítica.”

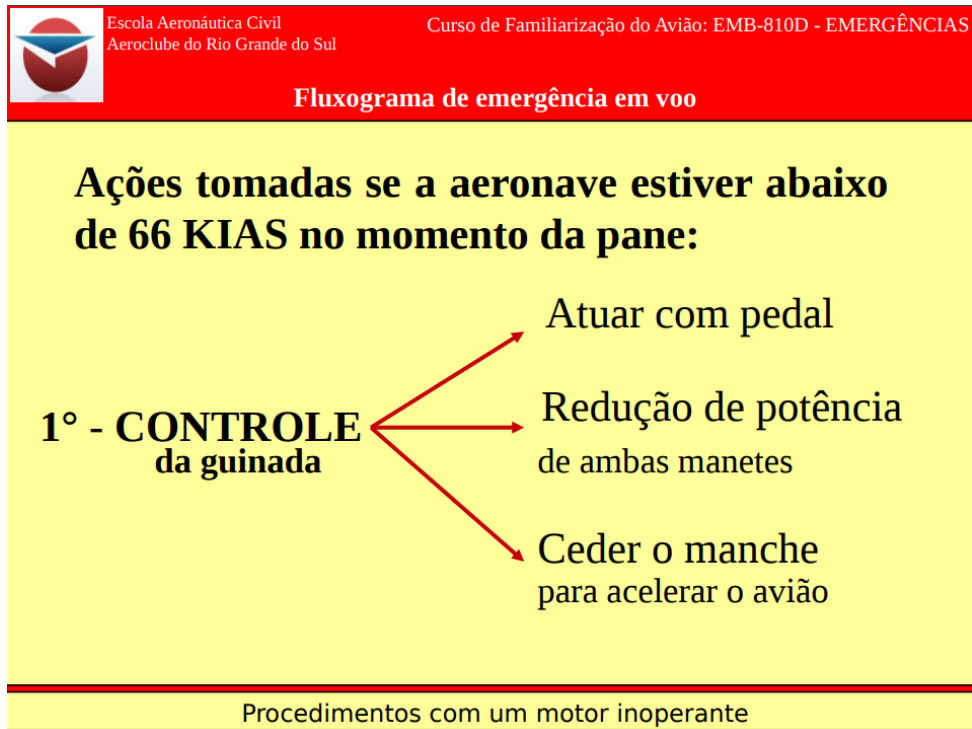
Fica fácil perceber que quando estivermos em uma situação de emergência por falha de motores a capacidade mental e psicológica do piloto é levada ao extremo. O piloto deve explorar ao máximo as possibilidades e recurso disponíveis junto à aeronave na tentativa de restabelecer o funcionamento do motor sempre mantendo a serenidade e objetivo.

Para BOTURRA (1980) sempre que for necessário o piloto deve utilizar a válvula de *Cross-feed* para manter em equilíbrio a quantidade de combustível nos tanques da aeronave, contudo, é preciso ter muita atenção e cautela para a execução deste procedimento a fim de não manipular a seletora erra. O piloto não precisa fazer cerimônia afinal esta válvula foi feita para este propósito.

Quanto a utilização do motor em funcionamento (BOTURRA, 1980, p.66) afirma que:

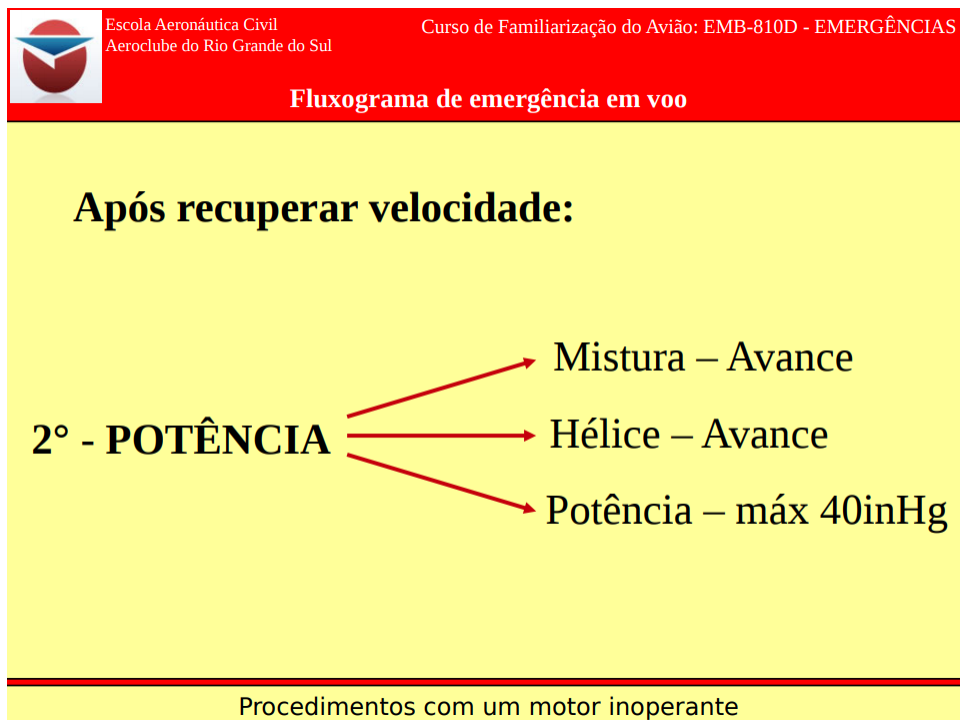
“O cheque complementar assume agora larga importância dado que você deverá voar algum tempo com só um motor funcionando. Faça-o obedecendo aos itens constantes no manual de operações. Por ser fundamental, entretanto, desejamos lembrar que o piloto tem a obrigação de colaborar com motor remanescente, operativo, proporcionando-lhe, de conformidade com as respectivas publicações de fábrica, todos os recursos disponíveis no sentido de que ele possa continuar trabalhando satisfatoriamente. De modo particular no tocante as temperaturas, pois a menor velocidade aerodinâmica e a circunstância de o motor bom estar sendo mais solicitado tendem a provocar uma situação de superaquecimento (use mistura rica e “*cowl-flaps*” abertos),

Figura 39 - Fluxograma ARGs - Emergência em voo - EMB810D



Fonte ARGs – Aeroclube do Rio Grande do Sul

Figura 40 - Fluxograma ARGs - Emergência em voo - EMB810D



Fonte ARGs – Aeroclube do Rio Grande do Sul

Figura 41 - Fluxograma ARGs - Emergência em voo - EMB810D

Escola Aeronáutica Civil
Aeroclube do Rio Grande do Sul

Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS

Fluxograma de emergência em voo

Quais as ações que o piloto DEVE tomar:

4° - IDENTIFICA → Pé bom,
motor bom

Quais instrumentos podem ser usados?

Procedimentos com um motor inoperante

Fonte ARGs – Aeroclube do Rio Grande do Sul

Figura 42 - Fluxograma ARGs - Emergência em voo - EMB810D


Escola Aeronáutica Civil
Aeroclube do Rio Grande do Sul

Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS

Fluxograma de emergência em voo

Quais as ações que o piloto DEVE tomar:

4° - IDENTIFICA



Procedimentos com um motor inoperante

Fonte ARGs – Aeroclube do Rio Grande do Sul

Figura 43 - Fluxograma ARGs - Emergência em voo - EMB810D


Escola Aeronáutica Civil
Aeroclube do Rio Grande do Sul

Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS

Fluxograma de emergência em voo

Quais as ações que o piloto DEVE tomar:

4° - IDENTIFICA



Procedimentos com um motor inoperante

Fonte ARGs – Aeroclube do Rio Grande do Sul

Figura 44 - Fluxograma ARGs - Emergência em voo - EMB810D

Escola Aeronáutica Civil
Aeroclube do Rio Grande do Sul

Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS

Fluxograma de emergência em voo

Quais as ações que o piloto DEVE tomar:


4° - IDENTIFICA → Pé bom,
motor bom

5° - VERIFICA → Recuar a potência do
motor identificado

Procedimentos com um motor inoperante

Fonte ARGs – Aeroclube do Rio Grande do Sul

Figura 45 - Fluxograma ARGS - Emergência em voo - EMB810D



Escola Aeronáutica Civil
Aeroclub do Rio Grande do Sul

Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS

Fluxograma de emergência em voo

ALTA carga: embandeirar o MOTOR EM PANE


Buscar velocidade de segurança operacional:

VMC – 66 KIAS – RED LINE
Vyse – 92 KIAS – BLUE LINE
Vxse – 78 KIAS

Procedimentos com um motor inoperante

Fonte ARGS – Aeroclub do Rio Grande do Sul

Figura 46 - Fluxograma ARGS - Emergência em voo - EMB810D



Escola Aeronáutica Civil
Aeroclub do Rio Grande do Sul

Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS

Fluxograma de emergência em voo


BAIXA carga: pesquisa de pane

Manete de mistura – Ajustar
Seletora de combustível – Abertas
Interruptores dos magnetos – Ligados
Bomba auxiliar de combustível – HI – OFF
Ar alternado – Aberto

Procedimentos com um motor inoperante


Fonte ARGS – Aeroclub do Rio Grande do Sul

Figura 47 - Fluxograma ARGS - Emergência em voo - EMB810D

	Escola Aeronáutica Civil Aeroclub do Rio Grande do Sul	Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS
Fluxograma de emergência em voo		
<p>Se o motor não retomar potência, embandeirar o MOTOR EM PANE</p> <p>Buscar velocidade de segurança operacional:</p> <p>VMC – 66 KIAS – RED LINE</p> <p>Vyse – 92 KIAS – BLUE LINE</p> <p>V_{xse} – 78 KIAS</p>		
Procedimentos com um motor inoperante		

Fonte ARGS – Aeroclub do Rio Grande do Sul

Figura 48 - Fluxograma ARGS - Emergência em voo - EMB810D

	Escola Aeronáutica Civil Aeroclub do Rio Grande do Sul	Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS
Fluxograma de emergência em voo		
<p>AÇÕES CONSCIENTES</p> <p>Bomba auxiliar – Desligar (motor inoperante)</p> <p>Magnetos – Desligar (motor inoperante)</p> <p>Cowl Flaps – Fechar (motor inoperante)</p> <p style="padding-left: 100px;">Conf. necessário (motor oper.)</p> <p>Alternador – Desligar (motor inoperante)</p> <p>Carga elétrica – Reduzir</p> <p>Seletora de comb. - Fechar (motor inoperante)</p> <p style="padding-left: 100px;">- Alim. Cruzada (motor oper.)</p> <p>Bomba auxiliar – Desligar (motor oper.)</p> <p>Manete de potência – Conf. necessário (motor oper.)</p>		
Procedimentos com um motor inoperante		

Fonte ARGS – Aeroclub do Rio Grande do Sul

2.5.4 Subida Monomotor

A condição de performance e subida de uma aeronave multimotora está relacionada as condições de tempo presente. Por mais repetitivo que possa parecer o planejamento é o elemento chave que fornece ao piloto precavido todas as informações e possibilidades que possam ocorrer durante a decolagem dentro de uma previsão sistemática estabelecida pelo fabricante da aeronave.

De acordo com o manual da aeronave Sêneca III (SÊNECA, 2012, seção 3) “**ATENÇÃO:** Certas combinações de peso do avião, configuração, condições atmosféricas e velocidade, poderão acarretar uma razão de subida negativa”

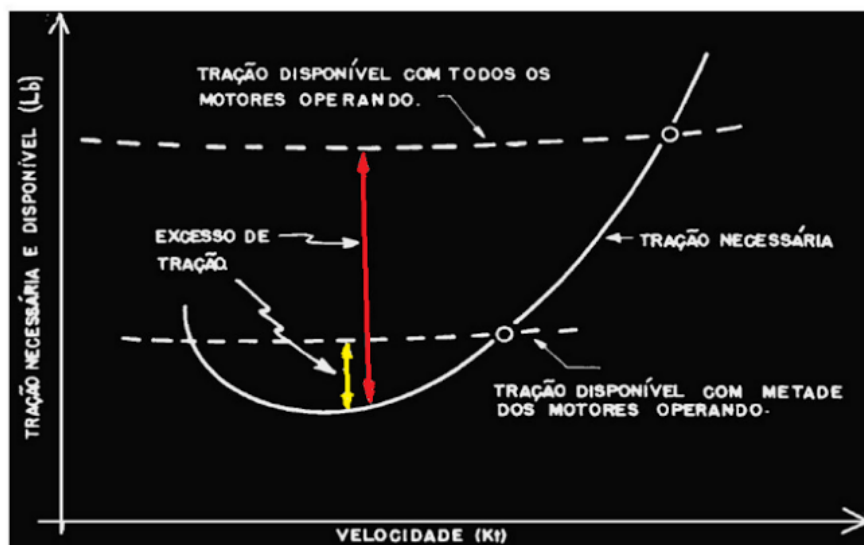
O (MANUAL, 2013) explica que:

“Uma verificação criteriosa sobre performance da aeronave deve ser executada antes de qualquer voo (verificação das tabelas de performance), verificando a capacidade ascensional da aeronave monomotor, este procedimento deve ser realizado para as ações em caso de falha de motor sejam corretamente discutidas e “brifadas” para o caso de um voo monomotor.”

Existe uma relação entre a perda de performance por redução de tração que é demonstrada no PreviNE (Boletim Informativo de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos da Região Nordeste confeccionado pelo Segundo Serviços Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos) a qual na ocasião tratava sobre falha de motor em bimotores leve.

A intenção deste informativo é explicar o erro de lógico onde a maioria dos pilotos de multimotores acreditam que na perda de um dos motores restará 50% de tração.

Figura 49 - Tração Necessária e Disponível x Velocidade em Voo Nivelado



Fonte: SERIPA II

De acordo com (KOCH, 2013),

“Se considerarmos o Excesso de Tração para a situação BIMOTOR como sendo 100% (seta maior), observe que na condição MONOMOTOR (seta menor) o excesso é bem inferior a 50% (compare o tamanho das duas setas na figura abaixo). Isto certamente vai implicar numa performance bastante "pobre" e bem abaixo dos 50% erradamente esperados.”

Na intenção de facilitar a compreensão, o gráfico foi convertido em dados numéricos e adaptados para representar alguns modelos de aeronaves multimotoras leves.

Figura 50 - Perda de Desempenho na Subida

	Subida Normal pés/min	Subida Mono pés/min	Perda em %
Beech Baron 58	1694	382	80,70
Beech Queen Air	1275	210	83,53
Beech Duke	1601	382	80,82
Cessna 310	1495	327	78,13
Cessna 340	1500	250	83,33
Cessna 421B	1850	305	83,51
Piper Aztec	1490	240	83,89
Piper Navajo Chieftain	1390	230	83,45
Piper Navajo Pressurizado	1740	240	86,21
Piper Seneca I, II	1860	190	89,78

Fonte: SERIPA II

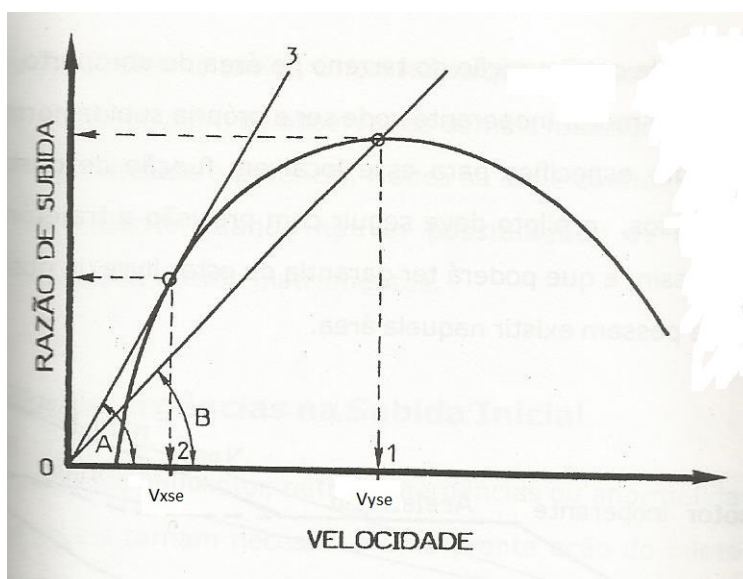
É preciso ter em mente que quando estamos em uma situação de emergência pela inoperância de um dos motores o resultando imediato é perda de 50% da tração. Essa perda de tração resulta em complicações aerodinâmicas que devem ser compensadas para que haja o controle direcional e isso implica em uma redução de performance da ordem de 80% a 90% o que impacta diretamente na capacidade ascensional monomotor da aeronave, contudo, não significa que o avião não conseguirá subir.

Quando nos encontrarmos em uma situação monomotor onde seja necessário subir, se estivermos abaixo do teto absoluto monomotor, existem duas velocidades que podemos utilizar para obter razão de subida positiva.

- V_{xse} que possibilita o melhor ângulo de subida para livrar obstáculos.
- V_{yse} que possibilita a melhor razão de subida. (*Blue Line*)

Em seu livro PINTO (2003) demonstra que:

Figura 51 - Razão de Subida x Velocidade (Configuração Limpa)



Fonte: Livro Piloto de Jato

No gráfico acima podemos observamos que:

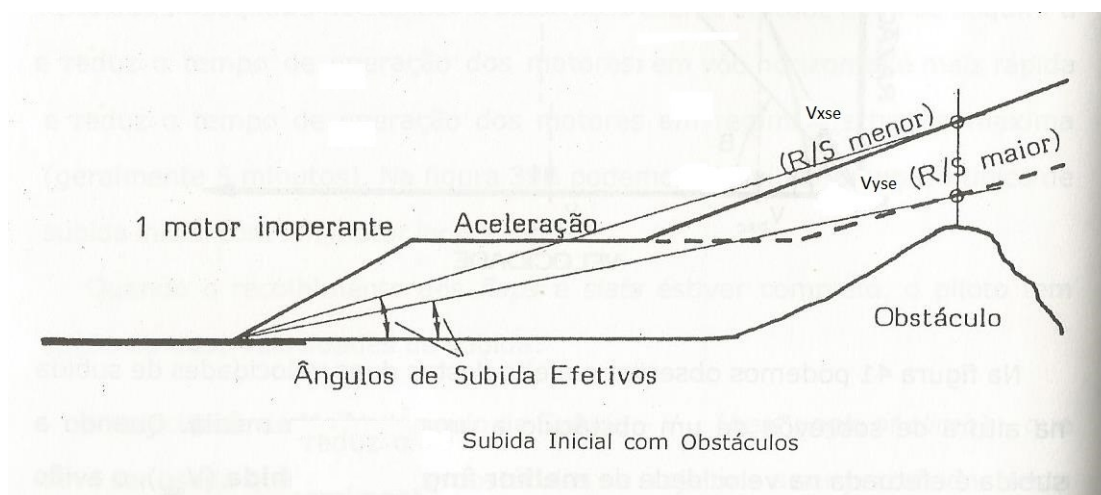
O ponto 1 é a velocidade de melhor razão de subida (corresponde ao ponto mais alto da curva) e o ângulo de subida é B.

O Ponto 2 é a velocidade que corresponde a tangente da curva, ou seja, o local em que a reta 0-3 tem contato com a mesma. O ângulo A, formado por esta reta e a horizontal, é o

ângulo máximo de subida na configuração monomotor. Note que nesta velocidade a razão de subida inferior é máxima.

O gráfico seguinte elucida melhor os conceitos apresentados acima.

Figura 52 - Razão de Subida x Velocidade (Configuração Limpa) 2



Fonte: Livro Piloto de Jato

Em termos práticos JEPPSEN (1996) recomenda que para iniciarmos a subida monomotor devemos estabelecer o método de *Angle of Bank* (Leme mais inclinação lateral de até 5°) para contrapor os efeitos da perda de motor e rapidamente manter a V_{yse} .

Se não for possível estabelecer a subida com esta configuração, deve-se manter a V_{yse} para manter uma baixa razão de descida e desta forma ter o máximo de tempo para se preparar para o pouso de emergência.

2.5.5 Decida de nível monomotor

Em quase todos os casos onde ocorre a perda de um dos motores em voo acontece durante a fase de cruzeiro, quando a aeronave geralmente está acima do teto absoluto monomotor. Quando isso ocorre a performance da aeronave fica limitada e constante, não consegue manter-se no nível inicial, mesmo que o motor bom esteja utilizando a tração máxima disponível. Segundo (PINTO, 2003, p.159) “Esse procedimento de descida para um nível compatível com as condições do avião chama-se *DRIFT DOWN*”.

Para (DRIFT, 2017) o procedimento *Drift Down* deve ser feito utilizando a velocidade apropriada para altitude desejada, no caso dos multimotores leve, essa altitude deve ser igual ou menor que o teto absoluto monomotor. É basicamente uma configuração a qual se aplica potência máxima do motor operacional enquanto utiliza-se do leme de direção para contrapor a guinada.

Deve-se realizar a descida para o nível desejado com a Vyse pois é a velocidade que permite ser mantido o teto absoluto em um voo monomotor. O Piloto deve ter muita atenção com o motor que está em funcionamento e utilizar os checklists durante este procedimento. No ímpeto de restabelecer o funcionamento do motor em pane, ele pode esquecer de executar tarefas básicas como abrir o ar quente do motor que está em funcionamento podendo levar a perda do mesmo.

2.5.6 Aproximação/Pouso

Embora a falha de um dos motores seja considerada uma emergência e que necessite de um procedimento específico, a maioria das literaturas que tratam sobre o assunto geralmente consideram que o normal é que se execute o procedimento com mesmo padrão de uma aproximação sem emergência, sendo realizado exatamente conforme a rotina do manual de operações aeronave. Também existe um consenso entre as literaturas disponíveis que sempre que possível, o piloto deve executar e completar o checklist adequado antes de iniciar a fase de aproximação uma vez que este é o momento mais crítico, cabendo a ele total concentração na operação do avião. JEPPSEN (1996) faz algumas recomendações que são pertinentes:

Planeje a aproximação e pouso da melhor forma possível e uma vez chegando no aeródromo siga para o circuito de tráfego com o voo estabilizado.

Mantenha a velocidade igual ou maior que a Vyse quando estiver voando no circuito de tráfego.

Sempre que for possível chegar com sobra de altitude e velocidade é possível alongar um pouco o circuito de tráfego, desta forma será possível fazer uma aproximação mais precisa (menos inclinação) e ter maior visibilidade.

Atrasar a condição para baixar o trem de pouso e flapes até ter certeza que irá chegar à pista e que o pouso está garantido, e ter atenção com o controle direcional após o torque.


De acordo com (PINTO, 2003, p.224),

“Durante toda a aproximação, o avião deve ser mantido compensado (pelo *rudder trim*) para a sua condição de assimetria de potência. Essa compensação deve ser corrigida sempre que houver uma variação permanente na velocidade ou na potência. A aproximadamente 500ft a compensação deve ser desfeita (*rudder trim zero*) devendo o piloto, nesta ocasião, “calçar” o pé para manter o leme direção com a deflexão que tinha quando compensado. Ao iniciar o *flare*, à medida que a potência dos motores é reduzida, o leme de direção deve ser gradativamente neutralizado. Se a compensação não for desfeita antes do pouso, ao se reduzirem os motores para a marcha lenta o avião sofrerá uma tendência de desviar para fora do eixo da pista, dificultando o controle direcional para o piloto.”

Durante a realização do circuito de tráfego é preciso estar muito atento a realização de curvas. (BOTURRA, 1980, p.64) “Cuidado com as curvas. Em situação de voo monomotor nunca use mais do que 20 graus de inclinação de asas”.

A atenção realmente deve ser redobrada pois uma manobra precipitada executada pelo piloto pode colocar a aeronave em uma situação fatal de *Skidded Turn* ao girar para o segmento final de aproximação.

Figura 53 - Fluxograma ARGS - Aterragem monomotor - EMB810D

	Escola Aeronáutica Civil Aerooclube do Rio Grande do Sul	Curso de Familiarização do Avião: EMB-810D - EMERGÊNCIAS
	Aterragem monomotor	
Motor em pane – Embandeirado e compensador do rudder em ZERO		
<i>Quando a aterragem estiver assegurada:</i>		
Seletora do trem de pouso – Embaixo Flapes – Conforme necessário		
<i>Mantenha altura e velocidade adicionais na aproximação</i>		
Velocidade de cruzamento – 90 KIAS		
Procedimentos com um motor inoperante		

Fonte ARGS – Aerooclube do Rio Grande do Sul

2.5.7 Arremetida

Nenhuma das literaturas consultadas recomenda o procedimento de arremetida durante uma aproximação de emergência monomotor pois em algumas circunstâncias específicas que estão relacionadas ao peso e altitude densidade significam que será impossível de realizar a manobra pela defasagem de performance da aeronave.

Para JEPPSEN (1996) o planejamento para o pouso deve constar uma altitude de *Go/No Go decision* que leve em consideração a performance da aeronave, os obstáculos mais próximos e as características do terreno. Sempre que o procedimento de arremetida for necessário esta decisão deve ser tomada o quanto antes for possível. É preciso ter o cuidado redobrado ao completar a potência do motor em funcionamento enquanto simultaneamente corrige-se a tendência de guinada ao mesmo tempo em que se levanta-se o nariz da aeronave aguardado uma razão positiva de subida.

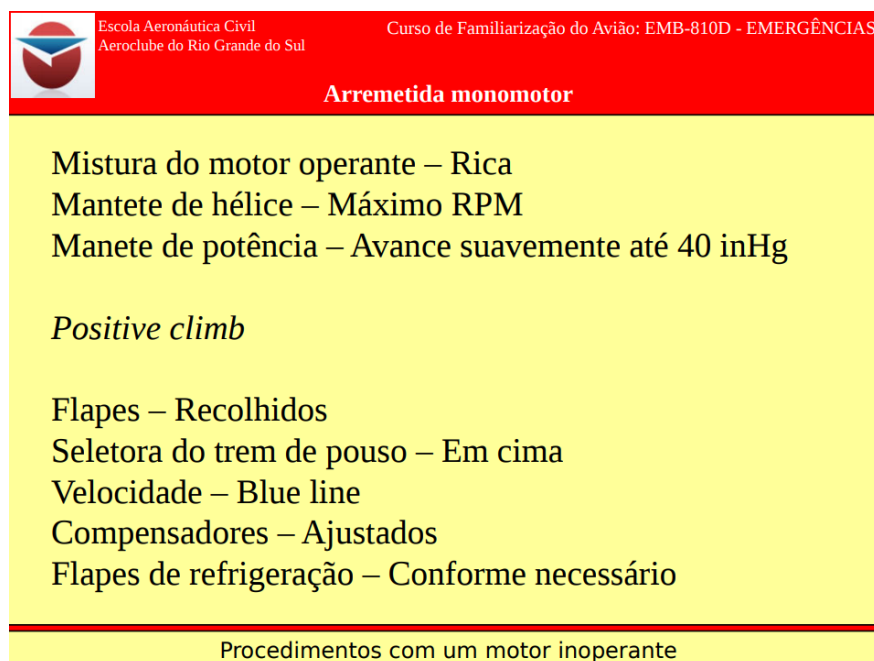
É preciso limpar aerodinamicamente a aeronave reduzindo o arrasto levando os flapes e trem de pouso e a trazendo para Vyse na intenção de ganhar o máximo de altura que for possível.

Finalizando (JEPPSEN, 1996) afirma “Mais uma vez, siga os corretos procedimentos encontrados no AMF/POH”

(PINTO, 2003, p224) explica que,

“Na maioria dos aviões multimotores, a arremetida como um motor inoperante é executada de maneira semelhante à arremetida normal. No momento de aplicar potência e rodar para arremeter, é necessário aplicar o leme de direção para compensar a potências assimétrica, mesmo que a compensação ainda não tenha sido desfeita, pois esta era suficiente, somente para a potência de aproximação.”

Figura 54 - Fluxograma ARGS - Arremetida monomotor - EMB810D



Fonte ARGS – Aerooclube do Rio Grande do Sul

2.5.8 Aproximação / IFR

A aproximação por instrumentos em sua normalidade exige muito da tripulação. Em uma situação normal a exigência de proficiência técnica do piloto é bastante elevada devido ao aumento natural da carga de trabalho que essa regra de voo exige somado a reação fisiológica negativa em função da perda das referências visuais.

Se o piloto estiver em uma situação onde precise voar por instrumentos com um motor inoperante, é preciso garantir que haverá sucesso durante a aproximação para não seja necessário executar um procedimento de aproximação perdida.

Não existem técnicas específicas para este tipo de operação, contudo é possível utilizar-se dos recursos disponíveis para que seja diminuído a carga de trabalho do piloto e que ele consiga fazer o pouso com segurança.

Para JEPPSEN (1996), sempre que for possível o piloto deve alternar o seu destino para um aeroporto cujo as condições de aproximação estejam acima dos níveis mínimos para este tipo de operação.

É recomendado realizar uma aproximação de precisão sempre que estiver disponível, pois desta forma, o piloto terá a facilidade de manter uma razão de decida constante até a pista de pouso. Já em uma aproximação de não precisão, implicará que o piloto voe em diferentes

níveis, todos eles em baixa altitude. Lembramos que a aeronave se encontra em emergência por operar com apenas um motor, com isso, além de monitorar os instrumentos de aproximação, o piloto terá que atuar constantemente junto as configurações do motor que gera uma carga de trabalho que deve ser evitada.

Para (JEPPSEN, 1996, tradução nossa) “Se o serviço radar estiver disponível solicite vetores tão logo seja possível para que diminua a carga de trabalho. Não hesite em comunicar ao controle a sua condição de emergência pois desta forma você vai obter prioridade de tráfego.”

Não tenho dúvidas, passar por uma situação de assimetria de potência em condições *IFR* é um grande desafio para qualquer o piloto. Ele terá de enfrentar alguns dos cenários anteriormente apresentados com o agravante da perda das referências visuais e para isso precisará ter calma e lucidez para obter êxito. Por este motivo deixo um conselho de (BOTTURA, 1980, p.64) “Nunca permita que a situação o deprima. Mantenha a tranquilidade e esteja certo que o seu aeroplano vai voar galhardamente. Traga-o, e seus passageiros, de volta. Faça isso, e você se sentirá profundamente gratificado.”

2.5.9 Taxi

Após a realização do pouso em que a aeronave se encontra na condição monomotora é preciso levar o avião até o pátio de estacionamento.

Taxiar com um motor embandeirado não é uma tarefa simples devido à dificuldade de se curvar para o lado do motor bom. Essa dificuldade de movimento ocorre pelo grande braço de alavanca causado pelo vetor tração do motor bom em um pivô que atua sobre o trem de pouso central do lado contrário, geralmente abaixo do motor parado.

O (MANUAL, 2013) explica que:

“Devemos planejar várias curvas de 270° para o lado do motor cortado durante o taxi até o pátio de estacionamento evitando curvas de 90° para o lado do motor bom. Se a rolagem pela *taxiway* for difícil, não abuse do motor bom dando muita potência devido a pequena refrigeração. Melhor parar a aeronave fora da *taxiway* e pedir ajuda.”

Em contrapartida durante o taxi de uma aeronave multimotora, na maioria dos casos apenas o uso do trem no nariz é necessário para poder manter o controle direcional e executar

as manobras, porém o piloto pode utilizar do recurso de potência assimétrica induzida para ajudar a realizar manobras de raio mais apertado. Segundo JEPPSEN (1996) essa técnica consiste em aplicar potência ao motor que fica ao lado de fora da curva a ser comandada.

Deve-se evitar de utilizar a frenagem diferencial para ajudar nas manobras de solo pois esta técnica pode vir a causar superaquecimento danificando o sistema de frenagem.

Fortes ventos cruzados podem criar uma tendência da aeronave em alinhar com o mesmo. Nesta condição uma aeronave multimotora pode utilizar da potência assimétrica induzida para ajudar a manter o controle direcional durante o taxi. Conforme explica JEPPSEN (1996) o piloto precisa criar a assimétrica induzida aplicando potência no lado do motor a qual o vento está incidindo primeiro sobre a asa.

Figura 55 - Vento Cruzado



Fonte: Jeppsen DVD

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo apontar quais são as principais reações aerodinâmicas que se apresentam em uma aeronave multimotora e como elas se relacionam com a condição de assimetria de potência. Intenção é mostrar qual forma mais eficiente de manter o controle direcional nesta perigosa condição de voo.

A finalidade principal desta pesquisa é aprimorar a segurança de voo para aqueles que desejam obter ou já possuem este tipo de habilitação, demonstrando, quais são as principais ocorrências e em quais condições a assimetria de potência irá apresenta-se ao piloto, geralmente, acrescida de crítica situação de emergência que é oriunda da perda de um motor.

Uma das circunstâncias que chamaram a atenção para a realização desta pesquisa foram as conversas entre amigos de aeroclube e colegas de universidade que são possuidores desta licença específica. Em sua grande maioria, quando se referiam ao seu treinamento prático básico, relataram que as recomendações específicas recebidas por parte da escola de voo ou do instrutor de voo para esta perigosa situação, estavam a duas premissas conhecidas no meio aeronáutico. (Mantenha a *Blue Line* e Pé Duro Motor bom)

Curiosamente nenhuma carga horária teórica mínima é necessário para obter esta licença que possui relação com a operação de aeronaves complexas.

Em pesquisa realizada no repositório da Unisul, foi encontrado um trabalho de TCC que aponta claramente a existência de uma lacuna por parte da autoridade aeronáutica ANAC e que sugere a criação de um manual específico para a padronização do curso de aeronave multimotor leve a pistão terrestre no Brasil.

Tendo esta referência estabelecida, procurei aprofundar no entendimento da problemática de assimetria de potência buscando materiais técnicos específicos com finalidade de descrever os conceitos aerodinâmicos assim como as possíveis situações e técnicas que trariam efetiva eficácia para uma condição assimétrica.

Sob uma perspectiva técnica, esta pesquisa conseguiu abordar todas as principais ocorrências onde a perda de potência total ou parcial de um dos motores causa o efeito assimétrico sobre a aeronave, afetando a segurança do voo e sendo necessário a intervenção do piloto de forma instantânea.

Essa pesquisa se diferencia das demais pois não tem a intenção de apontar resultados, mas sim, de compilar técnicas comprovadamente científicas que possam ser utilizadas para que uma aeronave consiga manter o seu controle direcional na condição imposta.

Se esta pesquisa conseguir de alguma forma ajudar alguma pessoa aprimorar a segurança durante a operação de aeronaves multimotoras, terá o seu propósito cumprido.

Desta forma concluímos que as técnicas e situações relacionadas nesta pesquisa sobre assimetria de potência em aeronaves multimotores devem ser utilizadas para implementar a segurança neste segmento da aviação Brasileira.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **RBAC 01: Regulamentos Brasileiros de Aviação Civil**. Definições, regras de redação e unidades de medida. Emenda 02. Brasília, 2011. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/biblioteca/RBAC01EMD02.PDF>. Acesso em: 20 mar. 2019.

BOTTURA, Heitor. **Curso Prático de Voo por Instrumentos**. 2. ed. São Paulo: Dag Gráfica e Editorial, 1989.

CAMPOS, Antonio C V de. **Conhecimeto Geral das Aeronaves (Asas Fixas)**: livro didático. Palhoça: Unisul Virtual, 2011

CAMPOS, Antonio C V de. **Procedimentos Operacionais**: livro didático. Palhoça: Unisul Virtual, 2013

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

Curso de Familiarização – AERODINÂMICA Aeronave – EMB-810D – SENECA III. Aeroclube do Rio Grande do Sul – ARG. Porto Alegre. Disponível em: < <https://args.com.br/arquivos/biblioteca/7/web/emb-810d-aerodinamica-rev01.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2019

Curso de Familiarização – EMERGÊNCIAS, Falha de Motor, Perda de Potência Aeronave – EMB-810D – SENECA III. Aeroclube do Rio Grande do Sul – ARG. Porto Alegre. Disponível em: < <https://args.com.br/arquivos/biblioteca/7/web/emb-810d-emergencias-rev01.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2019

Drift Down Procedure. 2017. Disponível em: < https://www.skybrary.aero/index.php/Drift_Down_Procedure>. Acesso em: 20 abril. 2019

ENGINE Failure After TakeOff - Light Twin Engine Aircraft. 2015. Disponível em: < https://www.skybrary.aero/index.php/Engine_Failure_After_TakeOff_-_Light_Twin_Engine_Aircraft>. Acesso em: 20 mar. 2019

Flying Ligth Twins Safaley – Federal Aviation Administration – FAA-P-8740-66. 2008 Disponível em: < https://www.faasafety.gov/files/notices/2015/Nov/FAA_P-8740-66.pdf>. Acesso em: 29 abril. 2019

GOMES, E. E. **A Necessidade de um Manual Específico para Padronização do Curso de Aeronave Multimotor Leve a Pistão no Brasil**: Palhoça. 2018. Monografia (Graduação) – Graduação em Ciências Aeronáuticas, Unisul, Santa Catarina, 2018. (modelo de referência de monografia).

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

JEPPSEN GFD Multi-Engine DVD Course (Multi-Engine Video Series). Dirigido e produzido Jeppsen Company. Englewood-CO. 1996 DVD

JEPPSEN. **Principles of Flight**. 2^a. ed. Atlantic Flight Training, v. 8, 2007.

KOCH, Sergio. Tcel Av R/R.; BRANCO, Davi. Cmte. **PreviNE – Boletim Informativo de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos da Região Nordeste SERIPA II 2013** Disponível em: < <http://www2.fab.mil.br/seripa2/images/previne/Previne-n-08---Falha-de-Motor-em-Bimotor-Leve.pdf>>. Acesso em: 09 maio. 2019

Manual Geral de Treinamento PVPUCRS. PUCRS – 2013 CA. Disponível em: < http://conteudo.pucrs.br/wpcontent/uploads/sites/31/2016/02/Manual_Geral_de_Treinamento__MGT_PVPUCRS__2014.pdf>. Acesso em: 29 abril. 2019

MARCONI, Maria de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 2003. 5^a Edição. Disponível em: < https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india> Acesso em: 16 mar. 2019.

MARINHO, Raul. **P-Fator & outras informações importantes sobre decolagens**. 2012. Disponível em: <<http://paraserpiloto.com/2012/10/10/p-factor-outras-informacoes-importantes-sobre-decolagens/>> Acesso em: 19 mar. 2019.

Multi-Engine Guide Airplane Guide. Embry-Riddle Aeronautical University 2009 – Daytona Beach - FL. Disponível em: < https://www.kevincfi.com/files/pdf/manuals/Piper/Piper%20Seminole/ERAU%20Supplement%20pa44_meg.pdf>.

One-engine inoperative training – failure to achieve predicted performance. 2001. Investigation Report BO/200000492. Australian Transport Safety Bureau. Disponível em: < https://www.atsb.gov.au/media/24342/aair200000492_001.pdf>. Acesso em: 08 maio. 2019

Piloto Comercial Manual Básico Aeroclube de Eldorado do SUL 2010. Eldorado do Sul-RS Disponível em: < <http://sisgeac.aeroeldorado.com.br>>. Acesso em: 30 abril. 2019

ROCHA, J. S.; CASADO, J. A. M. **Enciclopédia de Aviación y Astronáutica**. 1^a. ed. [S.l.]: Garriga, v. 3, 1972.

RAUEN, Fábio José. **Elementos da iniciação à pesquisa**. Rio do Sul: Nova Era, 1999.

PINTO, S. L. **Aerodinâmica e Desempenho de Aeronaves para Pilotos**. Porto Alegre: Magister, 1989.

PINTO, S. L.; PINTO, S, Geraldo. **Piloto de Jato**. 2ª. ed. livro técnico, Rio de Janeiro, 2003.

RODRIGUES, Luiz. E.M.J. **Fundamentos da Engenharia Aeronáutica**. 2010. 1ª Edição. Edição do Autor Disponível em: < <http://www.engbrasil.eng.br/livro/cap3.pdf>> Acesso em: 18 mar. 2019.

Sêneca III Manual da Aeronave. EJ Escola Aeronáutica Civil 2012. Itápolis -SP Disponível em:<http://bibliotecaaerea.weebly.com/uploads/2/3/6/7/23672726/seneca_iii_05_12_12.pdf>. Acesso em: 30 april. 2019

SILVA, Edna Lúcia da.; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC/PPGEP/LED, 2000.

TORCHINSKY, J. Jalopnik, 2014. Disponível em: <<https://jalopnik.com/the-worlds-first-multi-engine-plane-had-a-ridiculous-o-1516398280>>. Acesso em: 06 mar. 2019.