



Conhecimento Cognitivo de Pilotos: fator de aumento na segurança de voo

Pilot's Cognitive Knowledge: a factor to increase flight safety standards

*Tenente Coronel Aviador Mario Cesar Berto^{1,2}

1 Gerente Técnico dos Projetos KC-X e VCL-X no CTA- SP

2 Especialização em Segurança de Voo e Aeronavegabilidade Continuada ITA

RESUMO

Um acidente aeronáutico não tem uma causa única, mas decorre de uma série de fatores contribuintes que, somados, acabam por torná-lo inevitável. Esta pesquisa tem por objetivo verificar em que medida a carência de conhecimento das tripulações a respeito de aerodinâmica e desempenho de aeronaves pode influenciar nos índices de segurança de voo. Para tal, são analisados os acidentes com aeronaves de transporte multimotoras da Força Aérea Brasileira (FAB) ocorridos entre 1995 e 1999. Para dar suporte ao trabalho, são utilizadas a Teoria do Dominó, de Henrich e a *Why-because Analysis* (WBA), de Ladkin e Loer, ambas relacionadas à corrente de eventos que culminam com a ocorrência de acidentes e são utilizadas nas investigações. Ao término do trabalho, conclui-se que, apesar de não necessariamente ser o principal fator contribuinte na maioria dos acidentes pesquisados, a falta de conhecimento pode ter uma participação ativa na seqüência de eventos que conduzem ao mesmo, merecendo uma atenção especial do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER).

Palavras-chave: Segurança de voo. Conhecimento. Acidentes aeronáuticos. Desempenho de aeronaves.

Recebido: 20/03/2009

Revisado: 21/05/2009

Aceito: 30/06/2009

*Autor: Tenente Coronel Aviador Mario Cesar Berto é pós-graduado em Segurança de Voo e Aeronavegabilidade Continuada pelo ITA, MBA em Gestão em Processos da UFF e o Curso de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica – ECEMAR. Atualmente é Gerente Técnico dos Projetos KC-X e VCL-X no CTA-SP. Contato: e-mail: bertofab@terra.com.br.

ABSTRACT

An aeronautical accident never happens because of a single cause, it is always a consequence of a number of factors that makes it inevitable. The objective of this research is to measure the influence that insufficient crewmember's knowledge in aerodynamics and performance of aircrafts may have in flight safety standards. To accomplish this goal, it will be analyzed the accidents with Brazilian Air Force multi-engine transport aircraft from 1995 to 1999. To support this work, it will be used Heinrich's Domino Theory and Ladkin and Loer's "Why-Because Analysis (WBA)", both related to the chain of events that result in an accident. The conclusion of this work is that, even though not being necessarily the major cause in most of aircraft accidents, insufficient knowledge within the flight crew can have an active role in the sequence of events that lead to an accident, deserving special attention for the Brazilian Aeronautical Accident Investigation and Prevention System (SIPAER).

Keywords: Flight safety. Knowledge. Aeronautical accident. Aircraft performance.

INTRODUÇÃO

Em 16 de fevereiro de 1995, a tripulação de um cargueiro quadrimotor McDonnell Douglas DC-8 matrícula N782AL da Air Transport International foi escalada para fazer o traslado trimotor da aeronave do Aeroporto Internacional de Kansas City para uma base de manutenção da companhia, distante cerca de duas horas de vôo. Este procedimento, apesar de não ser usual, está previsto nos manuais da aeronave e consiste em acelerar a aeronave inicialmente com 2 motores simétricos (um em cada asa) com potência máxima até ser atingida a velocidade mínima de controle no solo – V_{mcg} – que, segundo o *Federal Aviation Administration* (2007), permite o controle direcional da aeronave em situação de tração assimétrica para, então, permitir que o terceiro motor desenvolva a potência de decolagem.

Na primeira tentativa, o comandante optou por abortar a decolagem, pois aplicou potência no terceiro motor muito rapidamente e estava perdendo o controle direcional da aeronave. Para a segunda tentativa, o engenheiro ficou responsável por aplicar a potência neste motor, repetindo o erro anterior do comandante que, ao perceber que sairia da pista, tentou decolar abaixo da velocidade prevista, não obtendo sucesso. A aeronave alçou vôo por alguns segundos para, logo em seguida, colidir com o solo, já fora da pista, ocasionando ferimentos fatais nos 3 tripulantes e tornando-se irre recuperável.

Na investigação subsequente, dentre várias conclusões, foi determinado que a tripulação não entendia adequadamente os procedimentos de decolagem trimotor, incluído aí o significado da V_{mcg}

Percebe-se que, apesar de não ser o único fator que contribuiu para o acidente relatado, o desconhecimento de alguns aspectos de aerodinâmica e mecânica de vôo tiveram peso relevante para o evento ocorrido. Caso a tripulação apresentasse um nível de conhecimento mais elevado, talvez esse acidente não tivesse ocorrido e 3 vidas seriam poupadas.

No período de 2001 a 2006, o autor deste trabalho ministrou palestras sobre este assunto para pilotos e mecânicos de unidades aéreas das aviações de transporte, patrulha, caça e reconhecimento da Força Aérea Brasileira (FAB). Durante estas atividades, houve a desconfiança de que a retenção do conhecimento, ministrado a todos os pilotos no período em que eram cadetes na Academia da Força Aérea (AFA), não ocorreu de uma maneira eficiente.

Em função disso, optou-se por realizar uma pesquisa científica visando relacionar a sua influência na segurança de vôo, mais especificamente, nos acidentes com aeronaves FAB.

O autor deste trabalho é piloto de provas desde 2000, tendo realizado o Curso de Ensaio em Vôo (CEV) na Divisão de Ensaio em Vôo (AEV), atualmente Grupo Especial de Ensaio em Vôo (GEEV), do Comando Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA), na cidade de São José dos Campos-SP. Além disso, é pós-graduado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) em Segurança de Vôo e Aeronavegabilidade Continuada em 2005.

Este assunto está vinculado à educação dentro da FAB, pois aborda o processo de aprendizagem no domínio cognitivo e é de grande relevância



para o Comando da Aeronáutica (COMAER), principalmente por se tratar de um tema que pode ajudar a salvar vidas de tripulantes e passageiros, além de preservar recursos materiais de elevado custo.

Segundo a NSCA 3-3: “todo acidente aeronáutico pode e deve ser evitado” (BRASIL, 2005, p.8). Sabe-se que um evento deste tipo não ocorre devido a uma causa única, sendo consequência de uma série de fatores contribuintes os quais são definidos pela NSMA 3-1 como:

Condição (ato, fato, ou combinação deles) que, aliada a outras, em seqüência ou como consequência, conduz à ocorrência de um Acidente, Incidente Aeronáutico, ou de uma Ocorrência de Solo, ou que contribui para o agravamento de suas consequências. (BRASIL, 1999, p.17)

Existe uma tendência de associar-se a atividade aérea ao domínio psicomotor, deixando, por vezes, de ser levado em conta a influência do domínio cognitivo na investigação da seqüência de eventos que culminaram com uma situação de acidente aeronáutico. É exatamente nesta lacuna que a pesquisa pretende atuar, buscando investigar de que modo a falta deste conhecimento pode interferir no processo.

Assim, se houver a possibilidade de atuar nesta área específica para reduzir a ocorrência de situações de perigo e, em último caso, acidentes, o valor agregado será relevante para o cumprimento da missão da FAB.

Aliado a isso, caso a pesquisa em questão aponte uma carência na retenção de conhecimentos por parte dos pilotos da FAB, tornar-se-á possível, após um estudo detalhado, abordar especificamente este assunto, seja através de uma reformulação no currículo do cadete aviador, seja através de uma mudança no processo de ensino-aprendizagem da AFA, de modo a utilizar um método que permita uma retenção de conhecimentos mais significativa.

Em suma, todo e qualquer esforço que seja dirigido ou, em último caso, relevante para evitar um único acidente aeronáutico, certamente terá valido todo o investimento nele realizado.

Esta pesquisa delimitou-se ao público dos pilotos de transporte e, quanto ao seu conteúdo, deteve-se aos acidentes ocorridos entre 1995 e 1999 com aeronaves multimotoras da FAB.

Por tudo que já foi tratado, o problema de pesquisa vislumbrado para este trabalho constituiu-se em compreender:

Em que medida o conhecimento cognitivo sobre aerodinâmica e desempenho de aeronaves dos pilotos influenciou os acidentes com aeronaves de transporte multimotoras da Força Aérea Brasileira (FAB) no período de 1995 a 1999?

O objetivo geral desta investigação foi verificar, por meio da análise dos fatores contribuintes de todos os acidentes ocorridos com aeronaves de transporte multimotoras da FAB, no período citado anteriormente, em quais houve influência do conhecimento sobre aerodinâmica e desempenho de aeronaves por parte das tripulações envolvidas.

Para validar os resultados deste trabalho, foi necessário perseguir alguns objetivos específicos, listados a seguir:

Identificar os acidentes aeronáuticos com aeronaves multimotoras da FAB, no período de 1995 a 1999, onde houve influência do componente cognitivo do conhecimento sobre aerodinâmica e mecânica de voo.

Analisar como ocorreu esta influência através do uso da Teoria do Dominó (HEINRICH, 1959) e da *Why-because Analysis* (LADKIN; LOER, 1999).

Este trabalho apresentará inicialmente a metodologia empregada e fará uma discussão sobre o referencial teórico. Na seqüência, serão apresentados os acidentes ocorridos no período em questão, com uma análise de seus fatores contribuintes.

Vários autores abordaram os dois assuntos presentes no problema de pesquisa apresentado. Para verificar a influência do conhecimento como fator contribuinte de acidentes aeronáuticos, foi utilizada a Teoria do Dominó, de Heinrich e Graniss (1959), a qual explicita que todo acidente ocorre a partir de uma seqüência de eventos, nunca sendo resultado de uma causa única; e a *Why-Because Analysis* (WBA), que trata de um método de investigação de acidentes fazendo associação de causa-efeito, elaborada por Ladkin e Loer (1999). Como não foi encontrada literatura em português para esta teoria, optou-se em manter o nome original em inglês para não incorrer em erros de



tradução que possam induzir os leitores a uma mudança no contexto dos autores. Além disso, foram utilizadas todas as normas pertinentes do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER).

Previamente à apresentação do trabalho em si, convém discutir a metodologia empregada, no intuito de facilitar a compreensão do conteúdo teórico e dos resultados da pesquisa de campo.

2 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada através de consulta às publicações do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) e estudo das teorias mais relevantes acerca deste assunto.

A verificação dos dados do CENIPA foi feita pela técnica de pesquisa documental, tendo como fonte de documentos arquivo particular de instituição pública, segundo Lakatos e Marconi (2001). Os resultados foram interpretados usando a Teoria do Dominó de Heinrich e Granniss (1959), a *Why-Because Analysis* (WBA), de Ladkin e Loer (1999) e os preceitos abordados pelo CENIPA nas NSMA 3-1 (BRASIL, 1999) e NSCA 3-3 (BRASIL, 2005) a respeito de Segurança de Vôo.

De maneira a melhor solucionar a metodologia empregada, serão abordados, na seqüência, os preceitos das teorias pertinentes que permearam a concepção deste trabalho.

2.1 TEORIA DO DOMINÓ

A primeira teoria a abordar uma seqüência de eventos que provocava um acidente foi chamada de Teoria do Dominó. Segundo esta, os eventos que contribuem para a ocorrência de um sinistro podem ser simbolizados por uma seqüência de dominós enfileirados, sendo o último, o acidente propriamente dito.

Caso uma peça caia, derrubará a seguinte e assim sucessivamente, até atingir a última, quando o acidente tornar-se-á inevitável. Esta teoria prevê que, se uma peça for removida da seqüência, num ato de prevenção, o acidente poderá ser evitado (HEINRICH, 1959). Pode-se visualizar a dinâmica citada na figura 1.

Por esta abordagem, torna-se mais importante investigar os eventos (fatores contribuintes)

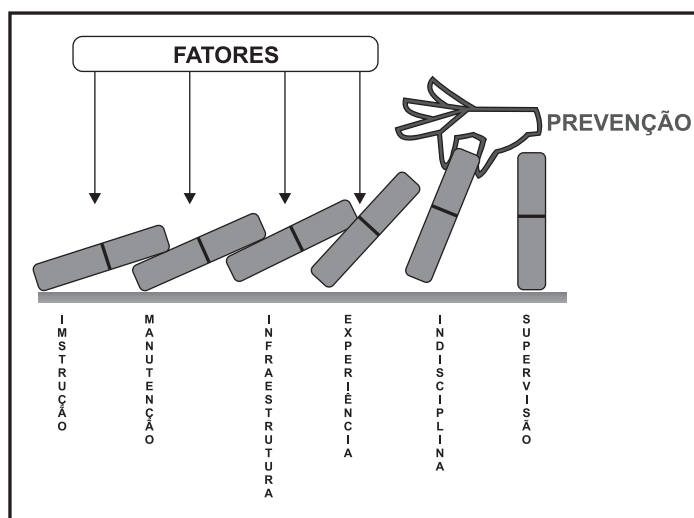


Figura 01: Teoria do Dominó - Heinrich
Fonte: Silva, 2006

existentes em vez das condições ambientais. Outra forma de abordar esta teoria, segundo Lúpoli (2006), é visualizando uma corrente com todos seus elos conectados. Cada elo conduz à ocorrência do acidente, sendo este simbolizado pelo último elo. Caso algum deles seja aberto, obtém-se a prevenção do evento.

A Teoria do Dominó permite um fácil entendimento do encadeamento de eventos que contribuem para consumir um sinistro, sendo uma ferramenta valiosa para auxiliar os investigadores a encontrar as peças ocultas que porventura existirem. Uma das suas restrições, porém, é que ela pode dar a impressão que cada fator contribuinte de um acidente alinha-se linearmente com seu predecessor, fato que normalmente não ocorre.

Para evitar este problema, Reason (1997) utiliza uma explicação diferente para apresentar o modelo causal de acidentes. Segundo ele, cada procedimento de segurança que uma empresa toma para proteger-se de um acidente torna-se uma barreira. Porém, esta sempre apresentará algumas falhas ou condições latentes que permitem a ocorrência de um sinistro, podendo ser visualizada como um queijo suíço. Deve-se procurar, na medida do possível, colocar o maior número possível de defesas para reduzir ao máximo o risco de um acidente, que só ocorrerá quando um fator de perigo conseguir passar simultaneamente por todas as barreiras existentes. Uma forma de visualizar esta situação está apresentada na figura 2.

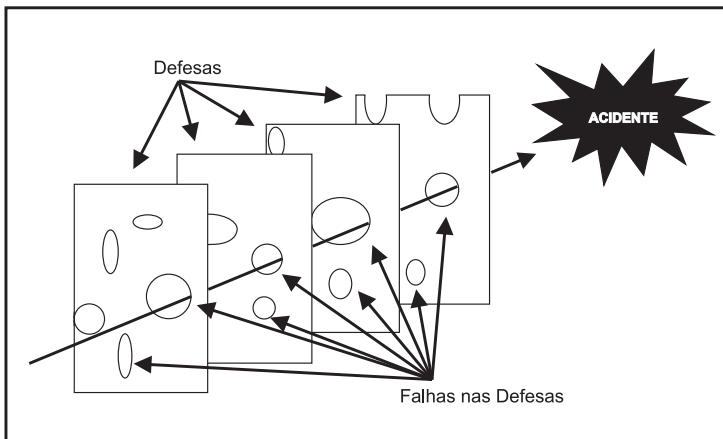


Figura 02: Modelo Causal de Acidente de Reason
Fonte: LÚPOLI (2006)

Para este trabalho, o conhecimento cognitivo sobre aerodinâmica e mecânica de voo que as tripulações fixaram durante seu aprendizado ao longo da carreira está sendo considerado como dominó ou defesa na política de segurança de voo da FAB. Desse modo, caso este conhecimento esteja num nível abaixo do necessário, a probabilidade de ocorrência de um acidente será maior. É importante fixar o conceito de que apenas pela falta deste conhecimento provavelmente não haverá um sinistro; porém, estando ele aliado a outras situações como, por exemplo, a falha de um motor ou perda de um componente aerodinâmico importante, a segurança de operação da aeronave pode ficar comprometida.

Complementando a Teoria Dominó, será apresentada a seguir uma abordagem mais moderna, a qual aumenta a sua abrangência.

2.2 WHY-BECAUSE ANALYSIS (WBA)

Uma investigação de acidente busca identificar a rede de eventos e circunstâncias que provocaram o mesmo. Os fatores contribuintes são abordados, mas, maioria das vezes, não ocorre uma análise racional das causas e suas interações.

Uma falha, sob o ponto de vista de engenharia, é comumente definida como um defeito ou mau funcionamento de um item. Isto não é aplicável para sistemas complexos, como aqueles que compõe uma moderna aeronave de transporte. Neste caso, ele pode apresentar um comportamento anômalo, mesmo sem haver um problema “visível”. Quando o sistema é constituído

de vários componentes e inclui interações com outros mecanismos ou operadores humanos, torna-se difícil rastrear a origem ou relação de fatos que levaram à falha e, conseqüentemente, uma análise precisa fica mais sujeita a erros (Ladkin e Loer, 1999).

A WBA é uma técnica de análise causal do funcionamento de sistemas complexos, sendo sua principal aplicação a investigação de acidentes envolvendo meios de transporte. Ela explicita, através de raciocínio lógico, as causas por trás de uma série de eventos e circunstâncias que levaram ao sinistro. A apresentação de uma WBA é realizada através de um gráfico denominado *Why-because Graph* (WB-Graph).

Uma das finalidades da WBA é aumentar a objetividade nas investigações de acidentes através de uma rigorosa análise causal. Johnson (2003) explica que a técnica é constituída de duas partes. Inicialmente, constrói-se o WB-Graph, que lista todos os eventos e situações significativas para, em seguida, explicitar as relações causais que levaram à ocorrência do sinistro. Como última etapa, busca-se provar que o gráfico é suficiente e correto.

Este modelo, criado em 1999 por Ladkin e Loer, permite uma abordagem mais completa dos fatores contribuintes de um acidente. Ele é útil para demonstrar que os eventos que contribuem para ocorrência do problema não ocorrem de uma maneira linear, como abordado na Teoria do Dominó, mas um mesmo evento pode provocar outros dois, assim como dois diferentes eventos podem contribuir para uma única falha, conforme Johnson (2003).

Para analisar a atuação humana, o WBA utiliza uma classificação denominada PARDIA (Ladkin, Loer, 1999), que é constituída dos seguintes estágios de resposta a situações: **P**ercepção – **A**tenção – **R**aciocínio – **I**ntenção – **A**ção.

Dentro do enfoque deste trabalho, é nos estágios de **atenção** e **raciocínio** que ocorre a cognição por parte do operador e onde, caso haja uma falha neste aspecto, pode haver uma relação de causa-efeito com o acidente. Tome-se, como exemplo, um piloto que desconhece o funcionamento de um motor a reação



e, apesar dos instrumentos no painel apresentarem indicações incoerentes para a potência de decolagem, é capaz de identificar (perceber), através da leitura as indicações, porém não dá importância (atenção) para elas como indicador de funcionamento anômalo do motor. Dependendo das condições, este fato pode vir a se tornar um acidente, principalmente se as condições de decolagem propiciarem uma situação de desempenho marginal. Estabelecida a base teórica deste trabalho, será realizada a seguir a análise dos acidentes aeronáuticos ocorridos em aeronaves da FAB no período de 1995 a 1999.

3 ANÁLISE DOS ACIDENTES AERONÁUTICOS

Nesta parte serão apresentados e analisados os acidentes aeronáuticos que tiveram como fator contribuinte, na visão do autor, a não aplicação de conhecimentos cognitivos acerca de aerodinâmica e desempenho de aeronaves por parte das tripulações envolvidas.

No período de 1995 a 1999 a FAB voou 707.700 horas e ocorreram, segundo dados do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (BRASIL, 2003), 46 acidentes, perfazendo um índice de 6,5 acidentes por 100.000 horas de voo, distribuídos conforme apresentado na figura 3.

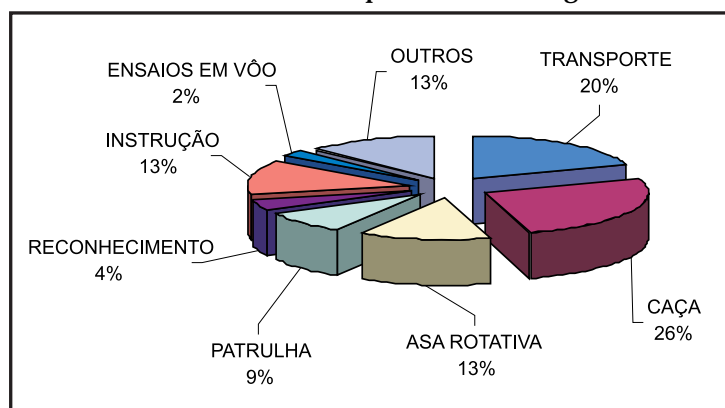


Figura 03: Distribuição de acidentes aeronáuticos da FAB, no período de 1995 a 1999, por tipo de aviação.

Fonte: Brasil, 2003

Dos 9 acidentes envolvendo aeronaves de transporte, 8 foram com multimotores, foco deste trabalho, sendo que em 4 (50%) considerou-se haver influência do conhecimento cognitivo de pilotos sobre aerodinâmica e desempenho de aeronaves, conforme será apresentado a seguir. Com

exceção das análises da influência do conhecimento, todos os dados apresentados nesta seção são oriundos do Resumo dos Relatórios Finais dos Acidentes de 1995 a 1999 da Força Aérea Brasileira (BRASIL, 2003).

3.1 ACIDENTE COM C-115 BÚFALO EM MANAUS – 15 DE MAIO DE 1995

A aeronave de matrícula FAB 2361 decolou do aeródromo de Ponta Pelada, em Manaus, para realizar um voo de instrução para formação básica de um piloto e um mecânico. No regresso da missão, foram realizados três procedimentos de descida por instrumentos, sendo o primeiro bimotor e os dois últimos simulando condição monomotor, que foi aplicada pelo instrutor reduzindo a manete de fluxo de combustível do motor direito. Este fato impede a aceleração do referido motor pela manete de potência.

Durante o último procedimento, já no arredondamento para pouso, o aluno resolveu aplicar potência para efetuar uma correção de altura. A aeronave desviou-se para a direita e houve perda de controle da mesma, com conseqüente colisão com o solo, acarretando danos materiais irreversíveis e lesões leves nos quatro tripulantes.

Na análise do sinistro, foi constatado que o aluno apresentou problemas de pilotagem durante todo o curso, sendo que neste dia, o briefing para o voo não foi padrão, deixando de serem abordados aspectos importantes sobre o voo com tração assimétrica. Aliado a isso, o instrutor optou por interferir na pilotagem do aluno apenas quando fosse crítico e necessário. O arredondamento foi alto e, com a velocidade caindo rápido, o aluno iniciou a arremetida, aplicando potência rapidamente. Como a manete de fluxo de combustível direita estava reduzida, só houve resposta do motor esquerdo, gerando elevada tração assimétrica, com conseqüente perda de controle da aeronave, que veio a colidir com o solo.

As conclusões da comissão de investigação trouxeram, como fatores contribuintes, os listados abaixo:

Fator Humano:

Aspecto psicológico – O longo período de afastamento do voo do aluno, sua dificuldade de



relacionamento com os seus superiores e a falta de uma transição entre aeronaves de asa rotativa e um bimotor do porte do C-115 geraram tensão e ansiedade que afetaram o seu desempenho. Também foi considerado como fator contribuinte neste aspecto a excessiva autoconfiança do instrutor.

Fator Operacional:

Deficiente aplicação dos comandos – A aplicação brusca de potência assimétrica, sem atuação efetiva nos comandos por parte do aluno, aliado à demora do instrutor em assumir os comandos, contribuíram para o evento.

Deficiente julgamento – O aluno arredondou alto.

Deficiente instrução – A transição inadequada de aeronaves de asa rotativa para asa fixa bimotora, as deficiências apresentadas pelo aluno ao longo de sua vida operacional, o brifim inadequado para a missão, a falta de padronização da tripulação e o fato do instrutor ter reduzido a manete de fluxo de combustível, durante o procedimento monomotor simulado, determinaram a contribuição deste aspecto.

Deficiente supervisão – O acompanhamento inadequado das deficiências operacionais do aluno, a falta de uma transição adequada para uma aeronave do porte do C-115 e a deficiência de doutrina de instrução contribuíram para o ocorrido.

Pouca experiência de vôo na aeronave – O fato deste ser o segundo vôo do aluno na aeronave e o mesmo ter pouca experiência em aeronaves de asa fixa teve influência no ocorrido.

Deficiente coordenação de cabine – A não observância de normas operacionais e a demora do instrutor em atuar demonstraram ineficaz cumprimento das tarefas afeta a cada tripulante.

Deficiente planejamento – A não realização do brifim, onde deveriam ser esclarecidos aspectos relevantes do vôo, denotou deficiência neste aspecto.

Em seguida, será realizada uma análise de como a falta de conhecimento pode ter influenciado a cadeia de eventos que culminou com este acidente.

3.1.1 INFLUÊNCIA DO CONHECIMENTO NO ACIDENTE

Para realizar esta análise, foi construído um *WB-Graph* reduzido, mostrado na figura 4, apresentando

apenas os eventos que tiveram relação com a influência do conhecimento no acidente em questão.

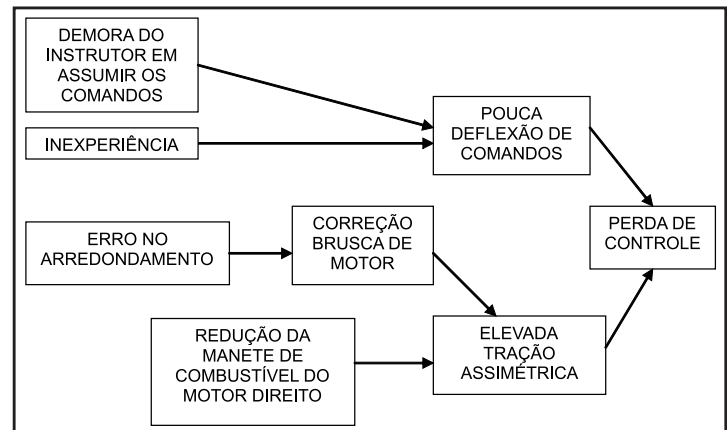


Figura 04: WB-graph reduzido do acidente do FAB 2361
Fonte: Baseado na WBA

O instrutor da aeronave, ao reduzir a manete de combustível do motor direito para lento, transformou a pane simulada em real, pois o aluno não tinha condições, neste caso, de realizar correções simétricas de potência.

As ações executadas pelo aluno indicam que ele apresentava pouco conhecimento a respeito de velocidade mínima de controle (V_{mc}) e da operação de aeronaves com tração assimétrica, pois, em condições de baixa velocidade e elevada potência do motor operante, torna-se necessária grande deflexão das superfícies de controle para obter o controle direcional, podendo, em alguns casos, ser obtida a deflexão máxima do comando. A velocidade, quando isso ocorre, é definida como V_{mc} (BRASIL, 1990b), sendo particularmente importante, neste tipo de aeronave, por ela apresentar motores com elevada potência e baixas velocidades de operação para pousos e decolagens.

Nesta situação, a operação da aeronave requer cuidados adicionais, fato não evidenciado pela atuação brusca no comando do motor para corrigir o erro de julgamento observado no arredondamento. A inclinação de asa para cima do motor inoperante, ocorrida neste caso, provoca um aumento da V_{mc} (BRASIL, 1990b), agravando a situação crítica na qual a aeronave já se encontrava.

Desta forma, o acidente tornou-se inevitável. Se o aluno tivesse um maior conhecimento a respeito deste tipo de operação com tração assimétrica,



provavelmente teria sido mais parcimonioso no uso do motor e, com isso, teria condições de manter o controle da aeronave.

Visto esse problema, será agora abordada uma nova ocorrência onde a influência do conhecimento apresentou-se em uma área distinta da tratada anteriormente.

3.2 ACIDENTE COM C-95A BANDEIRANTE EM CARAVELAS – 19 DE MAIO DE 1996

A aeronave de matrícula FAB 2295 decolou de Recife para cumprir uma missão que previa seguir até a Base Aérea do Galeão, no Rio de Janeiro, realizando várias etapas de vôo e retornar imediatamente para Recife, transportando material bélico.

No regresso, às 23:43, aproximadamente dois minutos após a decolagem do aeródromo de Caravelas - BA, houve a colisão com o solo. A aeronave explodiu e incendiou-se, ficando totalmente destruída. Os quatro tripulantes faleceram no local.

Na investigação subsequente, apurou-se que o motor esquerdo estava reduzido no momento do impacto, porém ainda em operação, havendo a suposição que ocorreu uma falha no mesmo, sendo impossível especificar de que tipo.

A aeronave realizou uma curva à esquerda com variação de proa de 124° em relação à reta de decolagem e estava com os flaps na posição 25%. Há indícios de que o peso estava acima do limite máximo previsto de 5.670 kgf.

Os tripulantes estavam com uma extensa jornada de trabalho no dia, pois a missão consumiria aproximadamente 12 horas de vôo, sem levar em conta o tempo de solo para reabastecimento em cada etapa.

Aliado a isso, as condições ambientais na cabine eram inadequadas para a duração da missão, principalmente no que diz respeito ao ruído e a possibilidade de alteração da saturação de hemoglobina no sangue, fatores que poderiam gerar sintomas de cefaléia, fadiga e apatia. Por fim, a falta de referências visuais, por ser uma noite escura, também pode ter influenciado o sinistro.

Devido ao alto grau de destruição da aeronave, a falta de um gravador de voz da cabine e de dados

de vôo, a ausência de testemunhas e o falecimento de todos os tripulantes, não foi possível determinar todos os fatores contribuintes neste caso.

Para nortear as análises da comissão de investigação, foram elaboradas as seguintes hipóteses:

1 – Ocorreu uma falha do motor esquerdo logo após a decolagem, gerando uma canalização da atenção dos tripulantes para os procedimentos internos, ficando apenas o piloto-em-comando cuidando da pilotagem a baixa altura e em condições marginais de vôo, devido à noite escura e ao excesso de peso. A fadiga e condições psicológicas, dentre outros, podem ter contribuído para um inadequado gerenciamento dos procedimentos, provocando uma razão de descida lenta e gradual da aeronave, aumentada pela curva de pequena inclinação à esquerda, culminando com seu impacto no solo.

2 – Após a decolagem houve uma falsa indicação de fogo no motor esquerdo, fazendo com que a tripulação tivesse sua atenção canalizada para os procedimentos internos inerentes a esta pane, desconsiderando o previsto na doutrina que seria de só realizar estas ações após ser atingida uma altura de segurança. Em função disso, foi reduzida a potência do motor julgado em pane e, em decorrência das condições reinantes, ocorreu uma desorientação espacial do tripulante que se encontrava efetivamente nos comandos, vindo a aeronave a curvar levemente à esquerda e apresentar suave razão de descida, culminando com seu impacto com o solo.

As conclusões da comissão de investigação, face às dificuldades já citadas acima, trouxeram como fatores contribuintes os listados abaixo:

Fator Humano:

Aspecto fisiológico – Indeterminado. A fadiga pode ter interferido no desempenho dos tripulantes.

Aspecto psicológico – Indeterminado. Há indícios de que a tripulação encontrava-se psicologicamente afetada em virtude de um possível desgaste físico.

Fator Material:

Indeterminado. Não foi possível determinar se houve falha do motor esquerdo relacionado à



deficiência do projeto, à deficiência de fabricação ou ao manuseio inadequado de material.

Fator Operacional:

Deficiente manutenção – Indeterminado. Não foi possível determinar a causa do acendimento das luzes do painel múltiplo de alarmes e da redução de potência do motor esquerdo.

Deficiente coordenação de cabine – Indeterminado.

Deficiente planejamento – Indeterminado. Há indícios de que a aeronave estivesse com excesso de peso.

Influência do meio ambiente:

Ambiente externo à cabine – Influenciou por ser noite extremamente escura e sem referências com o solo.

Ambiente físico da cabine – Indeterminado. O nível de ruído na cabine pode ter influenciado se os tripulantes não estivessem utilizando protetores auriculares.

Deficiente supervisão – Houve falta de supervisão adequada no planejamento da missão. A Diretriz do Comando Geral de Operações Aéreas (DCAR) 064/PAA, de 19 de março de 1991, que estipula a jornada máxima de trabalho para tripulações de vôo, não foi cumprida.

Deficiente instrução – Indeterminado. É possível que tenha havido deficiência quantitativa de treinamento de emergências críticas em simuladores de vôo.

Na seqüência, será analisado como a falta de conhecimento pode ter influenciado os eventos que culminaram com este acidente.

3.2.1 INFLUÊNCIA DO CONHECIMENTO NO ACIDENTE

Para realizar esta análise, foi utilizada a Teoria do Dominó (HEINRICH, 1959), sendo considerados, como fatores contribuintes de interesse, a hipótese de que a aeronave estava operando acima do peso máximo autorizado e o fato da decolagem ter sido realizada com os flapes em 25%. Caso alguma destas “pedras do dominó” tivesse sido retirada, é possível que o acidente não tivesse se consumado.

Existem três limitantes básicos para a determinação do desempenho de decolagem de uma aeronave multimotora (BRASIL, 1990a): a distância de decolagem, a distância de aceleração e parada e o desempenho de subida, que serão explicados a seguir.

Considera-se, para efeito dos cálculos, que ocorre a falha do motor crítico¹ em uma dada velocidade e, a partir deste instante, decide-se por continuar a decolagem com um motor inoperante ou pelo seu cancelamento.

Caso a opção escolhida seja o prosseguimento da decolagem, o desempenho deve permitir que a aeronave acelere para a velocidade de rotação, saia do solo na atitude prevista e ultrapasse um obstáculo fictício na cabeceira da pista, definindo desta forma a distância de decolagem (TOD).

Se a opção for pela abortiva, aplica-se a frenagem após a falha do motor e mede-se a distância percorrida até a parada completa, determinando assim a distância de aceleração e parada (ASD).

Adotando-se a primeira opção, a aeronave deve ser capaz de manter um gradiente mínimo de subida previsto pelas normas utilizadas na sua certificação.

A operação de um avião com excesso de peso, além dos eventuais danos estruturais possíveis, implica numa diminuição do seu desempenho operacional podendo, inclusive, não ter condições de manter-se em vôo em caso de falha de um motor. O Bandeirante em questão, por ser uma aeronave militar, não tem a obrigação de cumprir gradientes mínimos de subida em caso de operação monomotora. Apesar disso, o conhecimento e a análise das conseqüências que podem advir deste tipo de operação são importantes para que o comandante da aeronave decida sobre o carregamento final da aeronave para o cumprimento da missão.

Nesta situação, se o peso de decolagem fosse menor, o desempenho de subida melhoraria e, eventualmente, o acidente poderia não ter ocorrido. Deve-se ressaltar que o excesso de peso não foi determinado, havendo **indícios** de sua presença.

¹ Motor que, caso falhe, provoca o maior prejuízo para o vôo da aeronave.



Com relação à decolagem com os flapes na posição 25%, obtém-se, neste caso, um melhor desempenho com relação ao comprimento de pista necessário. Em contrapartida, há uma diminuição no gradiente de subida, em função do maior arrasto presente nesta configuração. Como as condições presentes permitiam a decolagem com qualquer uma das duas opções disponíveis de flape, considera-se que a decolagem com eles recolhidos acarretaria num melhor desempenho de subida e poderia ter sido significativo no sentido de evitar o sinistro.

O modelo em questão, tipo C-95A Bandeirante fabricado pela Empresa Brasileira de Aeronáutica (EMBRAER), apresenta deficiências no seu Manual de Voo (EMBRAER, 1993), pois o mesmo não dispõe de todos os gráficos necessários para a determinação completa do desempenho de decolagem. Estas limitações estão apresentadas no Relatório de Análise sobre a situação dos dados de desempenho em decolagem das aeronaves Bandeirante da FAB (ARANTES, 2005).

Apesar disso, é possível determinar pelo Manual de Voo do C-95A que, no peso máximo de decolagem (5.670 kgf) e na temperatura existente na hora do evento (23°C), a aeronave apresentaria uma razão de subida de 380 pés/minuto em condições de operação monomotor, fato que permitiria evitar todos os obstáculos existentes na região. Para tal, seria necessário estar com os flapes recolhidos, não curvar após a saída do solo e manter 121 kt de velocidade.

O Manual de Voo do C-95B (EMBRAER, 1995), aeronave similar ao modelo C-95A, é mais completo e permite a realização dos cálculos necessários para obter o desempenho de decolagem. Em função disso, para **ilustrar** a influência dos flapes no gradiente de subida monomotor do Bandeirante, serão apresentados na tabela 2 dados de decolagem para um C-95B, incluindo as condições reinantes por ocasião do acidente em questão. Com isso, apesar dos valores obtidos não serem aplicáveis ao modelo C-

Tabela 01: Desempenho de decolagem do C-95B.

Altitude	Temperatura	Configuração	Peso Máximo de Decolagem
Nível do mar	23°C	Flapes 25%	5.625 Kgf
Nível do mar	23°C	Flapes 0%	6.000 Kgf
2.000 pés	30°C	Flapes 25%	5.250 Kgf
2.000 pés	30°C	Flapes 0%	6.000 Kgf

Fonte: Manual de Voo do C-95B (EMBRAER, 1995)

95A, é possível perceber o grau de degradação no desempenho de subida pelo uso dos flapes na posição 25%.

Baseado nos dados acima, um C-95B não poderia decolar de Caravelas com 5.670 kgf utilizando 25% de flapes, mas teria desempenho para realizar tal operação com eles recolhidos. Neste último caso, o peso de decolagem não seria limitado pelo desempenho de subida, mas pelo peso máximo estrutural autorizado neste modelo (6.000 kgf). Na segunda condição, a 2.000 pés de altitude e 30°C de temperatura, ocorre um aumento de carga útil de 750 kgf em relação à decolagem com flapes na posição 25%, aumentando em 15% o peso máximo de decolagem, corroborando a vantagem de não utilizar flapes nas decolagens de Bandeirante quando o comprimento da pista assim o permitir.

No acidente em questão, não é possível obter uma resposta precisa, pois inexistem dados que permitam a certeza absoluta de que a retirada de qualquer uma das duas “peças de dominó” citadas acima pudesse impedir o acidente. Como ele ocorreu no período noturno e a região não apresentava boas referências para o vôo visual, torna-se impossível avaliar quais fatores tiveram maior relevância neste caso. Porém fica evidente que, no aspecto de desempenho de subida, a utilização da configuração de flapes recolhidos seria a mais favorável.

Em seguida, será verificada a influência do conhecimento em um acidente ocorrido na fase de aproximação e pouso.

3.3 ACIDENTE COM C-91 AVRO EM NAVEGANTES – 09 DE FEVEREIRO DE 1998

A aeronave de matrícula FAB 2509 decolou da Base Aérea dos Afonsos com plano de vôo por instrumentos (IFR) até Navegantes - SC, de onde



prosseguiria em condições visuais até Blumenau - SC transportando 17 pára-quedistas e 6 tripulantes.

Devido às condições meteorológicas na rota para o destino final, a tripulação optou por retornar para Navegantes e realizar uma aproximação IFR. Durante o afastamento, ao obter contato visual com a pista, o piloto decidiu encurtar o tempo previsto no perfil do procedimento de descida e encaixou-se numa rampa alta e com velocidade acima da normal. Durante o pouso, a aeronave subiu e, na tentativa de recolocá-la na pista, ocorreu a quebra do trem de pouso do nariz e perda de controle, levando-a a sair da pista. A aeronave sofreu danos graves, um tripulante sofreu ferimentos leves e os demais ocupantes saíram ilesos.

Na investigação subsequente constatou-se que, na final, a aeronave estava veloz (130 kt) e os flapes estavam na posição de aproximação, fato informado pelo mecânico ao piloto. Como este havia feito um pouso nestas condições de excesso de velocidade e flapes fora da posição correta 15 dias antes, numa pista de comprimento maior, julgou que seria possível repetir o procedimento. O co-piloto não atentou para o fato, pois estava executando o cheque de final.

Nas condições de peso existentes, as velocidades previstas seriam de 112 kt para flapes na posição de aproximação e de 102 kt para flapes na posição de pouso, sendo esta última a configuração preconizada para o toque. Com isso, verificou-se um excesso de 28 kt ou 27,5% em relação à velocidade correta. Além disso, a pista estava molhada, acarretando menor efetividade de frenagem e, conseqüentemente, maior distância de pouso.

O clima organizacional foi reportado como muito bom, podendo esta confiança mútua ter contribuído para uma atuação complacente do co-piloto, que era o comandante da missão, ao deixar de monitorar a velocidade do piloto na final. A ansiedade dos pilotos em pousar o mais rápido possível, devido à degradação das condições meteorológicas também influenciou a decisão de prosseguir para o pouso fora dos parâmetros previstos.

As conclusões do investigador trouxeram como fatores contribuintes os listados abaixo:

Fator Humano:

Aspecto psicológico – O piloto demonstrou inflexibilidade ao desconsiderar o aviso do mecânico a respeito da posição dos flapes; o co-piloto, comandante da missão, demonstrou complacência no acompanhamento dos procedimentos para pouso e a possibilidade de fechamento do campo gerou ansiedade na tripulação.

Fator Operacional:

Deficiente coordenação de cabine – Não houve administração adequada dos recursos de cabine por parte da tripulação, em face da mudança repentina de procedimentos de aproximação e pouso. A comunicação entre a tripulação não foi adequada.

Condições meteorológicas adversas – A possibilidade de fechamento do campo gerou ansiedade nos pilotos, ocasionando o encurtamento do procedimento.

Deficiente aplicação dos comandos – O piloto forçou um pouso com velocidade alta, fazendo com que a aeronave voltasse a sair do solo; ao forçar o pouso novamente, provocou a quebra do trem de pouso do nariz.

Deficiente Julgamento – O piloto avaliou inadequadamente os aspectos de altura, velocidade e configuração para pouso.

Em seguida, será realizada uma análise dos fatores contribuintes, relacionados a conhecimento, que podem ter influenciado a seqüência de eventos que culminaram com este acidente.

3.3.1. INFLUÊNCIA DO CONHECIMENTO NO ACIDENTE

Para realizar esta análise, foi elaborado um *WB-Graph* reduzido, mostrado na figura 5, apresentando tão somente os eventos considerados relevantes e que tiveram relação com a influência do conhecimento no acidente em questão.

Dentre os vários fatores que afetam a distância de pouso, pode-se destacar a velocidade no cruzamento da cabeceira, a altura sobre a mesma, o ângulo de trajetória na aproximação, a



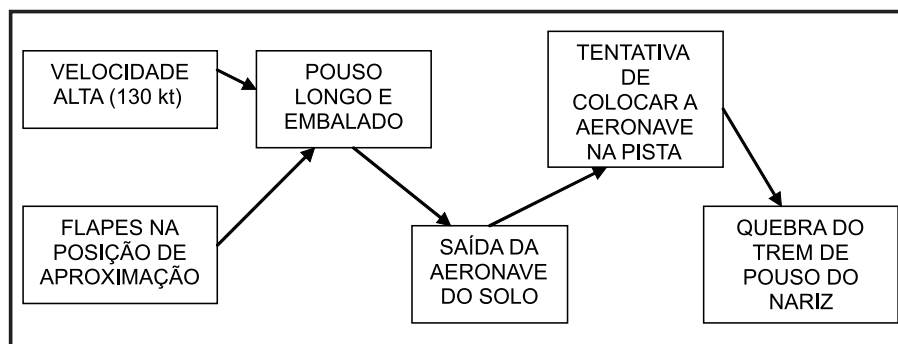


Figura 05: WB-graph reduzido do acidente do FAB 2509
Fonte: Baseado na WBA

configuração da aeronave, o ponto de toque na pista e as condições de atrito do piso (Pinto, 1989).

No acidente em questão, nota-se que diversos parâmetros estavam fora do previsto (velocidade, configuração de flapes, trajetória de aproximação), dificultando uma análise precisa do real desempenho que a aeronave apresentaria nestas condições.

Velocidade excessiva implica em uma maior distância de pouso, normalmente acarretando também em um toque longo, pois existe a tendência a perder a velocidade no “paliê”², com a aeronave ainda no ar. Quanto menos flape for utilizado, menor será o arrasto para auxiliar na frenagem e maior deverá ser a velocidade na final, prejudicando ainda mais o desempenho de parada.

Caso a tripulação dominasse de maneira eficiente os conhecimentos acerca deste assunto, provavelmente julgaria que a distância de pouso ficaria acima do previsto devido às condições existentes e teria feito a opção de circular para perder velocidade ou então arremeter no ar a fim de iniciar uma nova aproximação, desta vez dentro de parâmetros normais. Dessa forma, este acidente teria sido evitado. Porém, também deve ser levado em conta o grau de apreensão dos tripulantes com a possibilidade da meteorologia piorar ainda mais, eventualmente prejudicando uma análise mais adequada.

Em seguida, será abordado o último acidente no período em questão onde houve influência do conhecimento cognitivo por parte dos envolvidos.

3.4 ACIDENTE COM C-95B BANDEIRANTE EM RESENDE – 23 DE ABRIL DE 1998

A aeronave de matrícula FAB 2321 cumpria uma missão de lançamento diurno de pára-quedistas

no aeródromo de Resende - RJ. Após o lançamento, a tripulação reportou que estava na final para pouso da pista 08. Testemunhas reportaram que, a cerca de 100 pés de altura sobre a cabeceira da pista e com o trem de pouso recolhido, a aeronave iniciou um aparente procedimento de arremetida, com curva nivelada à direita, afastando-se num rumo aproximadamente 90° defasado do eixo da pista. Após cerca de 40 segundos, houve a colisão com cabos de uma rede de alta tensão, provocando a queda com perda total da aeronave e o falecimento dos três tripulantes. Nos dados do CENIPA não existe reporte sobre a posição em que se encontravam os flapes.

A investigação foi conduzida baseada em duas hipóteses, a saber:

1 – A ocorrência de uma falha do motor na final, com conseqüente arremetida no ar, provocada pelo trem de pouso não estar baixado.

O instrutor pode ter realizado os procedimentos previstos de falha de motor, que prevêm o embandeiramento da hélice afetada e, ao perceber que o trem não estava baixado, comandou uma arremetida. O piloto, que possuía pouca experiência de vôo nesta aeronave, não conseguiu manter a reta com tração assimétrica e a tripulação ficou preocupada tentando voar a aeronave e realizar os procedimentos, não visualizando os fios de alta tensão nos quais vieram a colidir.

Neste tipo de missão, é previsto desarmar o disjuntor de alarme do trem de pouso para o lançamento, a fim de evitar o acionamento contínuo da buzina. O mesmo deve ser rearmado para o pouso subsequente.

O motivo do não baixamento do trem teria sido esquecimento, devido à excessiva carga de trabalho

decorrente da pane de motor, aliado ao possível não rearmamento do disjuntor de alarme, impedindo que o aviso sonoro de trem não baixado e travado soasse na cabine.

2 – O treinamento intencional de pane simulada, com embandeiramento real do motor hipoteticamente em pane. Durante o procedimento, pode ter ocorrido esquecimento do piloto em solicitar o baixamento do trem de pouso e, ao ser percebido na curta final, optou-se pela arremetida, quando a aeronave veio a colidir com os obstáculos.

Esta hipótese, apesar de ser possível, não é condizente com o perfil relatado do instrutor da aeronave, pois decorre de uma indisciplina de voo.

Não há elementos suficientes para permitir uma conclusão definitiva acerca dos fatores contribuintes presentes neste acidente. O único fato concreto é que o motor direito estava embandeirado e sem potência, caracterizando ausência de tração.

Todos os fatores contribuintes listados a seguir foram considerados indeterminados.

Fator Humano:

Aspecto psicológico – Pode ter ocorrido participação de variáveis psicológicas, com relação ao excesso de motivação do instrutor em realizar treinamento não previsto.

Fator Operacional:

Deficiente supervisão – É possível que a falta de rearme do disjuntor de alarme do trem de pouso tenha contribuído para o não abaixamento do mesmo, com conseqüente arremetida no ar.

Pouca experiência de voo – Pode ter contribuído para a possível falha em manter a direção da aeronave em condições de voo monomotor.

Deficiente coordenação de cabine – É possível que tenha havido falha de coordenação dos procedimentos afetos a cada tripulante, o que pode ter gerado a não visualização dos fios de alta tensão.

Deficiente aplicação dos comandos – É possível que o piloto não tenha aplicado força suficiente nos comandos para manter a proa durante a arremetida.

Esquecimento – O piloto pode ter esquecido de solicitar o abaixamento do trem e o instrutor só

ter se apercebido do fato próximo ao pouso, gerando a necessidade da arremetida.

Deficiente julgamento – O instrutor pode ter avaliado erroneamente a necessidade de efetuar o procedimento de arremetida, quando na final para pouso.

Indisciplina de voo – É possível que o instrutor tenha realizado intencionalmente o procedimento de falha simulada de motor com embandeiramento real da hélice, sem que tal procedimento esteja previsto.

Em seguida será verificado como a falta de conhecimento pode ter influenciado os eventos que resultaram neste acidente.

3.4.1 INFLUÊNCIA DO CONHECIMENTO NO ACIDENTE

A análise deste evento apresenta um elevado grau de incerteza devido às restrições apresentadas na investigação relatada acima, pois se baseia em duas hipóteses que não puderam ser comprovadas, acarretando na indeterminação de todos os fatores contribuintes levantados.

Para realizar esta análise, utilizou-se um *WB-Graph* reduzido, mostrado na figura 6, apresentando tão somente os fatos concretos observados por testemunhas e relatados na investigação.

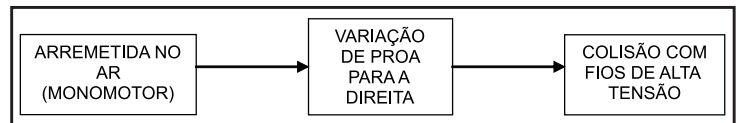


Figura 06: WB-graph simplificado do acidente do FAB 2321
Fonte: Baseado na WBA

Este acidente apresenta semelhanças com o do C-115 FAB 2361 ocorrido em Manaus e já tratado anteriormente, relativo à operação com tração assimétrica para pouso.

Como a aeronave curvou na direção do motor em pane, pode ter havido dificuldade por parte do piloto em aplicar os comandos na amplitude necessária para um eficiente controle da mesma. Diferentemente do Búfalo, o desempenho monomotor do Bandeirante é mais restrito; porém, como só havia os três tripulantes a bordo, o peso era baixo, propiciando uma melhoria da *performance*. A tabela 3 apresenta a razão de subida do C-95B, na altitude aproximada do acidente (2.500 pés), para dois pesos e duas temperaturas a fim de



ilustrar com valores este assunto. O relatório de investigação informou o peso da aeronave de 5.000 kgf e não apresentou a temperatura reinante no momento da queda.

Pelos dados apresentados acima, nota-se que havia desempenho suficiente para manter a aeronave em vôo nas condições reinantes por ocasião do sinistro, desde que os flapes estivessem recolhidos.

Tabela 02: desempenho de subida monomotor do C-95B

Peso	Temperatura	Razão de subida monomotor
4.500 Kgf	20°C	700 pés/minuto
4.500 Kgf	30°C	550 pés/minuto
5.000 Kgf	20°C	520 pés/minuto
5.000 Kgf	30°C	380 pés/minuto

Fonte: Manual de Vôo do C-95B (EMBRAER, 1995)

Não houve informação de perda de controle da aeronave, sendo relatado que a mesma veio a colidir com os fios de alta tensão. Desse modo, caso o piloto tivesse seguido o procedimento descrito no manual da aeronave de inclinar 5° para cima do motor operante, talvez o acidente pudesse ter sido evitado, pois o controle direcional seria facilitado, requerendo uma menor deflexão do leme (BRASIL, 1990b). O Bandeirante, durante o procedimento de arremetida monomotor, requer aplicação de grande amplitude nos pedais, fato não usual na operação normal da aeronave.

Como já citado antes, não há como afirmar conclusivamente que houve falta de conhecimento por parte do piloto a respeito da operação com tração assimétrica neste caso, mas há indícios de que isso pode ter ocorrido, fato descrito no fator contribuinte “deficiente aplicação dos comandos”. É importante lembrar que este fator baseia-se em uma **hipótese**, tendo sido classificado como indeterminado pela comissão de investigação no seu trabalho. Na seqüência, será feita uma recapitulação dos assuntos tratados até agora.

CONCLUSÃO

Acidentes aeronáuticos, quando ocorrem, costumam chocar a opinião pública, principalmente se envolverem fatalidades. Desta forma, qualquer esforço no sentido de prevenir a ocorrência deles sempre agregará valor.

A abordagem deste trabalho foi relacionar a influência do conhecimento de tripulantes acerca de aerodinâmica e desempenho de aeronaves na segurança de vôo, através da análise dos acidentes com aeronaves de transporte multimotoras da Força Aérea Brasileira (FAB), no período de 1995 a 1999, onde houve a presença deste elemento como fator contribuinte.

Após a apresentação da metodologia empregada

e uma explanação sucinta sobre duas teorias que abordam este assunto, a Teoria do Dominó, de Heinrich (1959) e a *Why-because Analysis* (LADKIN; LOER, 1999), elas foram aplicadas para analisar quatro acidentes onde a falta de conhecimento por parte

dos pilotos pode ter sido um dos elos que conduziram à ocorrência do mesmo.

Existe uma tendência de se associar a atividade aérea ao domínio psicomotor, sendo que esta pesquisa atuou especificamente na área cognitiva, de forma a cobrir esta lacuna. Isso não significa que esse aspecto prevaleça sobre os demais, mas tão somente que também deva ser levado em consideração.

No período supracitado, a FAB voou 707.700 horas, com um total de 46 acidentes envolvendo suas aeronaves. Destes, 9 envolveram aeronaves de transporte, 8 das quais multimotoras e foco desta pesquisa.

Destes 8 sinistros, após uma análise realizada como já descrito anteriormente, concluiu-se que, em 4 deles (50% do total), a falta de conhecimento por parte dos tripulantes foi um dos fatores contribuintes e, caso tivesse havido uma prevenção adequada neste aspecto, eles talvez pudessem ter sido evitados, com expressiva preservação de vidas e material.

Com isso, o objetivo principal deste trabalho foi alcançado, pois, dentro do universo total de acidentes com aeronaves de transporte multimotoras da FAB, no período de 1995 a 1999, verificou-se em quais deles houve influência da falta de conhecimento acerca de aerodinâmica e desempenho de aeronaves.



Desta forma, os resultados desta pesquisa permitem aos elos do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER)

abrirem um novo horizonte no campo da prevenção, sempre com a certeza de que **todo acidente pode e deve ser evitado**.

7. REFERÊNCIAS

ARANTES, R. M. **Relatório de análise**: situação dos dados de desempenho em decolagem das aeronaves C-95(-/A/B) e P-95 da FAB. São José dos Campos, SP: Centro Técnico Aeroespacial, 2005.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **NSMA 3-1**: conceituação de vocábulos, expressões e siglas de uso no SIPAER. Brasília, DF, 1999.

_____. **NSCA 3-3**: prevenção de acidentes aeronáuticos. Brasília, DF, 2005.

_____. **Resumo dos relatórios finais dos acidentes de 1995 a 1999**. Brasília-DF, 2003.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro Técnico Aeroespacial. **Mecânica de voo**: aviões: São José dos Campos, SP, 1990a. v. 1: desempenho: 08-E-A.

_____. **Mecânica de voo**: aviões: São José dos Campos, SP, 1990b. v. 2: qualidades de voo: 08-E-A.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando Geral de Operações Aéreas. **DCAR 064/PAA**. Brasília, DF, 1991.

EMPRESA BRASILEIRA DE AERONÁUTICA. **Manual de voo do C-95A**: O.T. 1 C-95A(110K1)-1. Revisão 12. São José dos Campos, SP, 1993.

_____. **Manual de voo do C-95B**: O.T. 1 C-95B(110P1)-1. Revisão 20. São José dos Campos, SP, 1995.

HEINRICH, H. W.; GRANNISS, E. R. **Industrial accident prevention**: a scientific approach. New York: McGraw-Hill, 1959.

JOHNSON, C. W. **Failure in safety-critical systems**: a handbook of accident and incident reporting. Glasgow: University of Glasgow Press, 2003.

LADKIN, P. B.; LOER, K. Explaining accidents causally using why-because analysis (WBA). In: WORKSHOP ON HUMAN ERROR, SAFETY, AND SYSTEM DEVELOPMENT. 1999, **Proceedings...** Liège, [s.n.], 1999.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LUPOLI, J. G. **Discovering the Brazilian Air Force squadron commanders perception regarding organizational accidents**. Tese (Mestrado)-Central Missouri State University, Warrensburg, 2006.

PINTO, L. S. **Aerodinâmica e desempenho de aeronaves para pilotos**. Porto Alegre: Magister, 1989.

REASON, J. **Managing the risks of organizational accidents**. Aldershot: Ashgate, 1997.

SILVA, L. F. A. **Acidente aeronáutico na FAB**: análise dos fatores contribuintes: 1995 a 1999. Monografia (Pós-Graduação em Gestão de Processos)-Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica, Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2006.

