



COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



ADVERTÊNCIA

O único objetivo das investigações realizadas pelo Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) é a prevenção de futuros acidentes aeronáuticos. De acordo com o Anexo 13 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional (Convenção de Chicago) de 1944, da qual o Brasil é país signatário, não é propósito desta atividade determinar culpa ou responsabilidade. Este Relatório Final Simplificado, cuja conclusão baseia-se em fatos, hipóteses ou na combinação de ambos, objetiva exclusivamente a prevenção de acidentes aeronáuticos. O uso deste Relatório Final Simplificado para qualquer outro propósito poderá induzir a interpretações errôneas e trazer efeitos adversos à Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Este Relatório Final Simplificado é elaborado com base na coleta de dados, conforme previsto na NSCA 3-13 (Protocolos de Investigação de Ocorrências Aeronáuticas da Aviação Civil conduzidas pelo Estado Brasileiro) e foi disponibilizado à Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) para que as análises técnico-científicas desta investigação sejam utilizadas como fonte de dados e informações, objetivando à identificação de perigos e avaliação de riscos, conforme disposto no Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil (PSO-BR).

RELATÓRIO FINAL SIMPLIFICADO

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS

DADOS DA OCORRÊNCIA			
DATA - HORA	INVESTIGAÇÃO	SUMA N°	
13AGO2022 - 14:15 (UTC)	SERIPA II	IG-090/CENIPA/2022	
CLASSIFICAÇÃO	TIPO(S)		
INCIDENTE GRAVE	[LOC-G] PERDA DE CONTROLE NO SOLO [RE] EXCURSÃO DE PISTA		
LOCALIDADE	MUNICÍPIO	UF	COORDENADAS
AERÓDROMO DEPUTADO LUÍS EDUARDO MAGALHÃES (SBSV)	SALVADOR	BA	12°54'31"S 038°19'21"W

DADOS DA AERONAVE		
MATRÍCULA	FABRICANTE	MODELO
PR-FBU	EMBRAER	EMB-500
OPERADOR	REGISTRO	OPERAÇÃO
PIONEIRA COM. E REP. DE PROD. AGROP. LTDA.-ME	TPP	PRIVADA

PESSOAS A BORDO / LESÕES / DANOS À AERONAVE								
A BORDO		LESÕES					DANOS À AERONAVE	
		Ileso	Leve	Grave	Fatal	Desconhecido		
Tripulantes	1	1	-	-	-	-	Nenhum	
Passageiros	7	7	-	-	-	-	X Leve	
Total	8	8	-	-	-	-	Substancial	
							Destruída	
Terceiros	-	-	-	-	-	-	Desconhecido	

1.1. Histórico do voo

A aeronave decolou do Aeródromo ABA (SNDH), Barreiras, BA, com destino ao Aeródromo Deputado Luís Eduardo Magalhães (SBSV), Salvador, BA, por volta das 12h55min (UTC), a fim de transportar pessoal, com um piloto e sete passageiros a bordo.

Após o pouso na pista 10 de SBSV, houve a perda de controle da aeronave, que saiu pela lateral direita da pista.

A aeronave teve danos leves. O tripulante e os sete passageiros saíram ilesos.



Figura 1 - Vista do PR-FBU após a ocorrência.

2. ANÁLISE (Comentários / Pesquisas)

Tratava-se de um voo privado de transporte de passageiros entre SNDH e SBSV.

A operação da aeronave no trecho era *single pilot*, ou seja, executada apenas por um piloto, e estava com a sua ocupação máxima permitida de passageiros. Havia um passageiro (PAX 1, Figura 2) ocupando o assento da direita na cabine de comando (destinado ao segundo piloto em operações *dual pilot*).

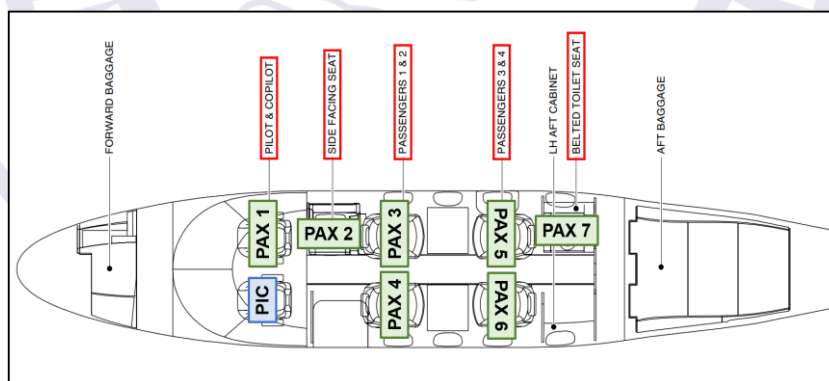


Figura 2 - Esquemático da configuração de assentos destinados ao(s) tripulante(s) e passageiros do PR-FBU. Fonte: *Pilot's Operating Handbook (POH), Configuration - Option 3*.

Essa situação estava de acordo com o previsto no *Airplane Flight Manual (AFM - manual de voo da aeronave), Section 2 Limitations, Block 2-10 Operational Limitations*, que trazia o seguinte texto:

MAXIMUM PASSENGER SEATING

[...]

NOTE: - A passenger may occupy the right cockpit seat only in single pilot operations.

[...]

- For airplanes with belted toilet, the lavatory rigid door must be latched OPEN for taxi, takeoff and landing when occupied.

O Piloto em Comando (PIC) possuía a licença de Piloto de Linha Aérea - Avião (PLA) e estava com as habilitações de tipo EPHN (que incluía o modelo EMB-500), Avião Multimotor Terrestre (MLTE) e Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas. Seu Certificado Médico Aeronáutico (CMA) estava válido.

O PIC possuía, aproximadamente, 3.750 horas totais de voo, sendo 1.750 horas no modelo EMB-500. Ele estava qualificado e possuía experiência para a realização do voo.

O passageiro que ocupava o assento da direita, na cabine de comando, possuía a licença de Piloto Privado - Avião (PPR) e era sócio administrador da empresa operadora da aeronave.

Ele estava com as habilitações de Ultraleve Avançado Terrestre (UATE) e Avião Monomotor Terrestre (MNTE) vencidas desde julho de 2007 e dezembro de 2019, respectivamente e não possuía a habilitação EPHN necessária para o EMB-500. Seu Certificado Médico Aeronáutico (CMA) estava vencido desde 22JAN2020.

As condições meteorológicas estavam acima dos mínimos para a realização do voo.

A aeronave, modelo EMB-500, de Número de Série (SN) 50000318, foi fabricada pela EMBRAER, em 2013, estava inscrita na Categoria de Registro de Serviços Aéreos Privados (TPP) e operava segundo as regras do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 91.

Ela era equipada com dois motores *Pratt & Whitney*, modelo PW617F-E, sendo os respectivos SN: PCE-LC0580, motor esquerdo e PCE-LC0581, motor direito.

A aeronave estava com o Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade (CVA) válido e operava dentro dos limites de peso e balanceamento.

As cadernetas de célula e dos motores estavam com as escriturações atualizadas.

Descrição do funcionamento do sistema de freios do EMB-500.

Segundo o POH, a aeronave contava com um sistema de frenagem composto por dois subsistemas, o subsistema de freio principal e o subsistema de freio de emergência/estacionamento.

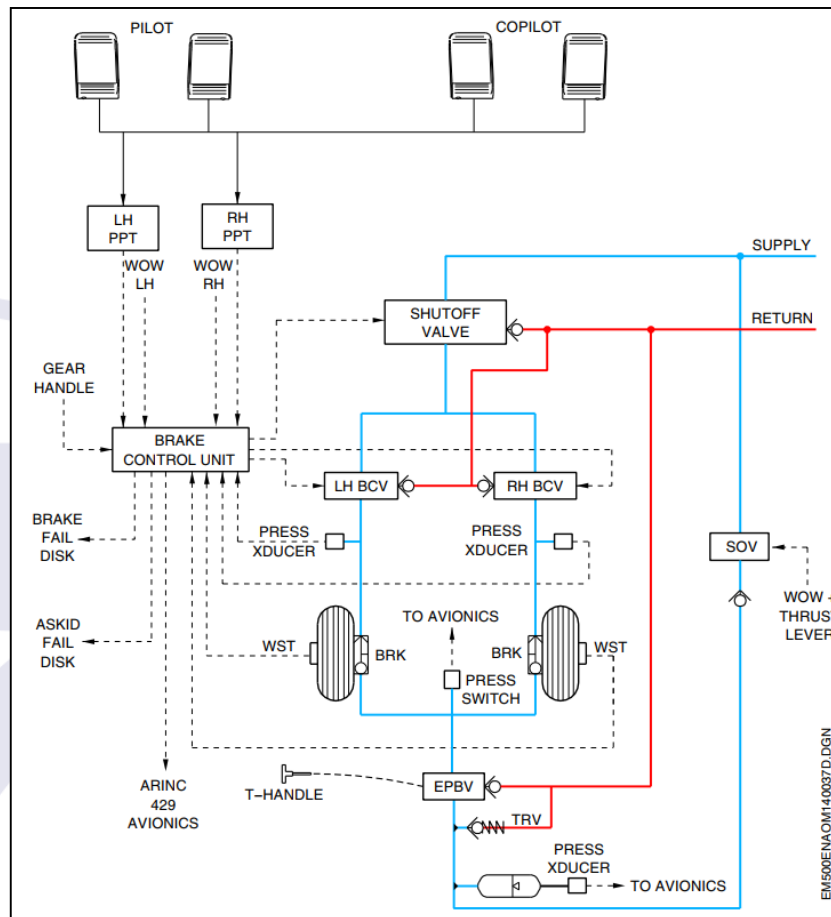


Figura 4 - Esquemático do sistema de freios do EMB-500.
Fonte: *Pilot's Operating Handbook*.

A função do subsistema de freio principal (*brake by wire*) era controlar a pressão hidráulica nos freios, de acordo com o deslocamento do pedal de freio e fornecer proteção antiderrapagem (*antiskid*) durante as frenagens, a fim de maximizar a sua eficiência, reduzindo a distância de parada.

Esse subsistema era controlado eletronicamente por uma *Brake Control Unit* (BCU - unidade controladora de freios), digital, a qual controlava os freios, esquerdo e direito, independentemente.

Os freios eram atuados por intermédio dos pedais no *cockpit*, sendo a pressão aplicada a cada um dos freios, correspondente ao deslocamento de cada um dos pedais, exceto quando a pressão aplicada tendia a causar uma derrapagem da roda. Nesse caso, o sistema atenuava a pressão para um nível que evitasse a derrapagem.

A pressão hidráulica era entregue em função da informação recebida pelos pedais de freio, combinado com a correção comandada pela função *antiskid*, proporcionando uma capacidade de frenagem diferencial para o direcionamento da aeronave, conforme a atuação nos pedais de freio do Piloto em Comando e piloto Segundo em Comando.

A informação de deflexão dos pedais de freio era enviada à BCU, por meio do *Pedal Position Transducer* (PPT - transdutores de posição do pedal). Tal informação era referente ao pedal que apresentasse maior efetividade no seu comando.

Ressalta-se que os dois pedais de freio do posto de pilotagem do lado esquerdo eram interligados mecanicamente com os dois pedais correspondentes do posto de pilotagem do lado direito.

A pressão hidráulica que chegava aos conjuntos de freio era controlada pelas *Brake Control Valves* (BCV - válvulas de controle de freio), sendo que elas eram moduladas pela BCU.

A pressão hidráulica era disponibilizada por meio de uma *Shutoff Valve* (SOV - válvula de corte), que permitia a passagem da pressão somente quando os pedais eram acionados e a aeronave se encontrava no solo ou, ainda, durante os autotestes que exigissem pressão hidráulica.

Em caso de falha no subsistema de freio principal, a SOV fechava-se para evitar eventuais assimetrias de frenagem.

O sistema de freios incluía as seguintes funções:

- *Locked Wheel Protection*

Essa proteção impedia que o pneu do trem de pouso principal da aeronave estourasse devido ao travamento da roda. A lógica do sistema comparava os sinais de velocidade das rodas entre os freios esquerdo (LH) e direito (RH).

Se o sistema detectasse que a velocidade de uma roda era igual ou inferior a 30% da velocidade de referência, o módulo de controle de freio identificava uma condição de roda travada e liberava a pressão do freio da roda mais lenta até zero, permitindo assim a equalização de velocidade.

A velocidade de desativação para essa funcionalidade era de 30 kt, permitindo o uso de freios diferenciais para fins de direção.

- *Antiskid Protection*

A proteção antitravamento evitava que os pneus derrapassem e maximizava a eficiência dos freios de acordo com a superfície da pista. O sistema controlava a quantidade de pressão hidráulica aplicada aos freios e, se necessário, reduzia a sua pressão para recuperar a velocidade da roda e evitar o travamento dos pneus. Para as velocidades das rodas abaixo de 10 kt, a proteção antitravamento era desativada, permitindo ao piloto bloquear e girar uma roda. A proteção antitravamento não estava disponível para o sistema de freio de emergência/estacionamento.

- *Touchdown Protection*

Essa função permitia que as rodas girassem quando tocavam na pista, mesmo que o piloto comandasse uma frenagem pelos pedais antes de a aeronave tocar as rodas no solo, evitando o estouro dos pneus. Essa proteção foi projetada para prevenir qualquer aplicação de freios antes de ocorrer a indicação de aeronave no solo ou antes que as rodas principais girassem.

A informação eletrônica de que a aeronave estava no solo se dava por intermédio do sinal *Weight on Wheels* (WOW – peso sobre rodas), que por sua vez era proveniente de sensores (WOW RH 1 e 2 / WOW LH 1 e 2) instalados nas pernas de força dos trens de pouso principais.

Ela era desativada quando a velocidade estivesse acima de 35 kt, após o sistema WOW ter indicado o solo.

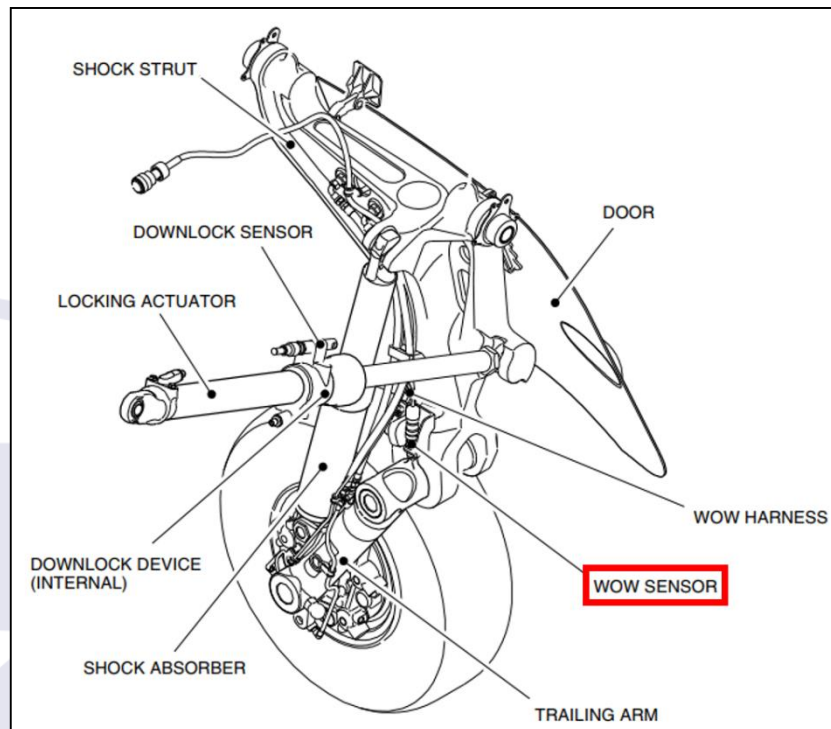


Figura 5 - Esquemático do trem de pouso principal do EMB-500. Destaque para o sensor de WOW. Fonte: *Pilot's Operating Handbook*.

- Spin Break

Essa função interrompia a rotação da roda do trem de pouso principal após a decolagem, em até 4,5 segundos após o início da retração do trem de pouso. Isso impedia que o trem de pouso principal fosse recolhido com as rodas girando. Um dispositivo dedicado dentro do compartimento do trem de pouso dianteiro interrompia a rotação da roda do trem de pouso dianteiro. Para aeronaves com o sistema de *spoilers* instalado, a função de frenagem em rotação era inibida em caso de falha no sistema hidráulico para preservar a saída do acumulador principal de freio para o pouso.

Já o subsistema de freio de emergência/estacionamento fornecia uma maneira alternativa de parar a aeronave em caso de falha do sistema de freio principal e, também, provia meios para manter a aeronave estacionada mesmo quando o sistema hidráulico estivesse desligado.

O subsistema era acionado por meio de uma alavanca instalada no console central do painel, que comandava, por meio de cabos, a *Emergency Parking Brake Valve* (EPBV - válvula de freio de estacionamento de emergência). O acionamento da EPBV liberava pressão hidráulica de um acumulador para o conjunto de freios.

Esse subsistema não contava com as proteções de *antiskid*, *touchdown protection* e *locked wheel protection*.

Exame do sistema de freios.

O diário de bordo e a caderneta de célula não possuíam registros de intercorrências, reparos ou intervenções que pudessem ter afetado o funcionamento do sistema de freios da aeronave.

Os exames nos trens de pouso principais revelaram danos leves em decorrência da excursão de pista.

O sistema de freios estava íntegro e não apresentava vazamento de fluido hidráulico. Todas as cablagens e tubulações estavam presentes e conectadas.

Ademais, o *Central Maintenance Computer* (CMC - computador central de manutenção) não continha registros de falhas associadas ao sistema de trem de pouso, tampouco ao sistema de freios da aeronave.

Constatou-se que não houve o acionamento das mensagens BRK FAIL ou ANTISKID FAIL CAS durante o evento. A mensagem *BRK FAIL* era exibida no *Multifunction Display* (MFD - mostrador de multifunção) quando havia uma falha no sistema normal de freios e a mensagem ANTISKID FAIL era exibida quando havia uma falha no sistema de proteção antiderrapante (*antiskid*).

Análise dos dados extraídos do gravador de voo:

A aeronave estava equipada com um *Cockpit Voice and Data Recorder* (CVDR - gravador de dados e voz de cabine), modelo FA2100, SN 000823918, que registrou o voo da ocorrência.

Os dados foram extraídos com sucesso e foram validados pelo Laboratório de Leitura e Análise de Dados de Gravadores de Voo (LABDATA) do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA).

Com base nas informações extraídas do CVDR da aeronave, relacionadas à dinâmica do voo e à performance da aeronave, verificou-se que, após o piloto automático ser desengajado (245 ft de altura), a aeronave passou a ficar abaixo da rampa ideal de aproximação (vide *Glideslope 1 Vertical Deviation* - DDM - Figura 6).

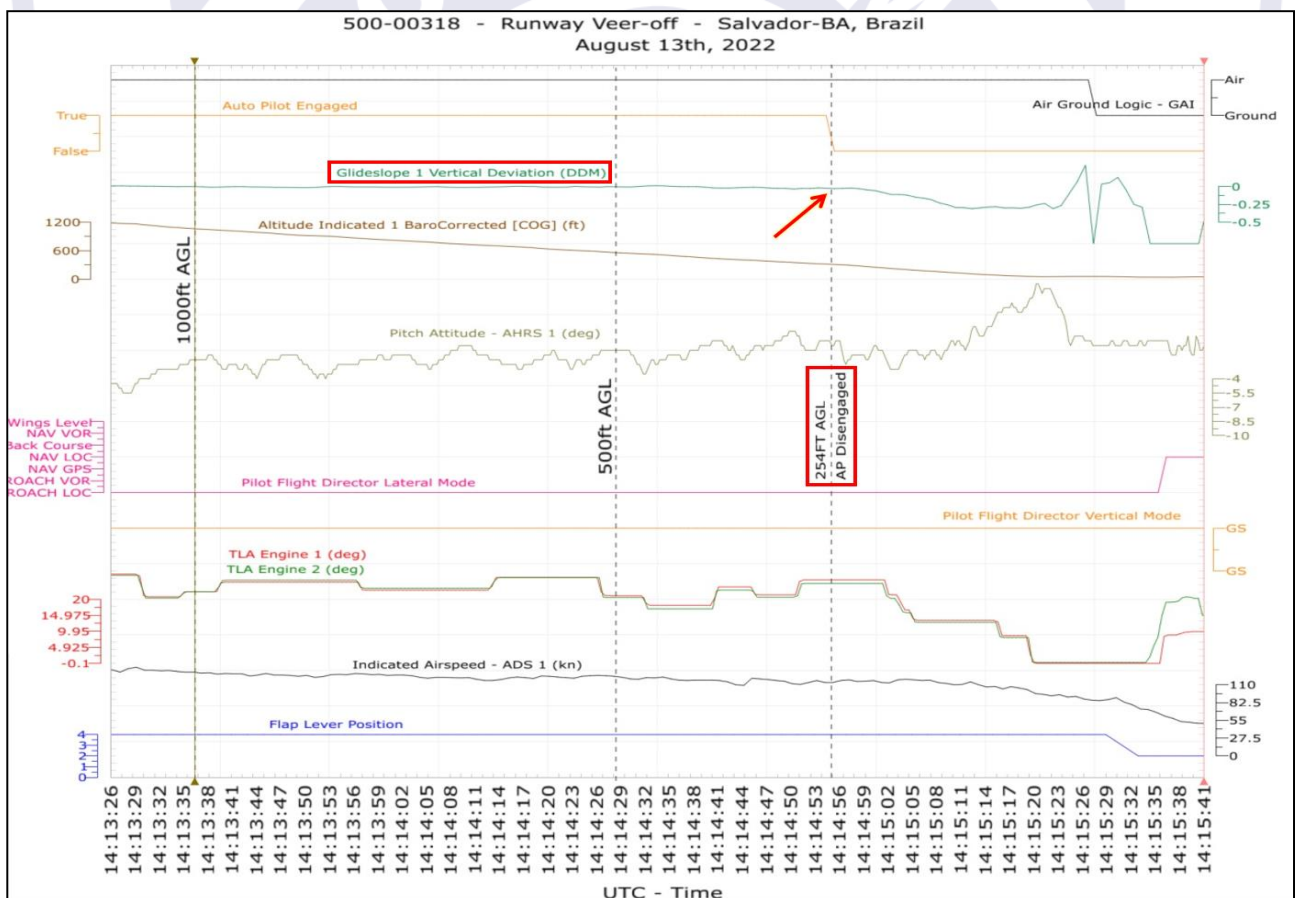


Figura 6 - Representação gráfica da dinâmica de aproximação do PR-FBU. Em destaque, o momento em que o piloto automático foi desengajado e a aeronave passou a ficar abaixo da rampa ideal.

Com isso, a aeronave atingiu 50 ft de altura a, aproximadamente, 720 m antes da cabeceira 10 de SBSV. Nesse momento, estava com 113 kt ($V_{REF} + 13$) de velocidade indicada e 640 ft/min de razão de descida (Figura 7).

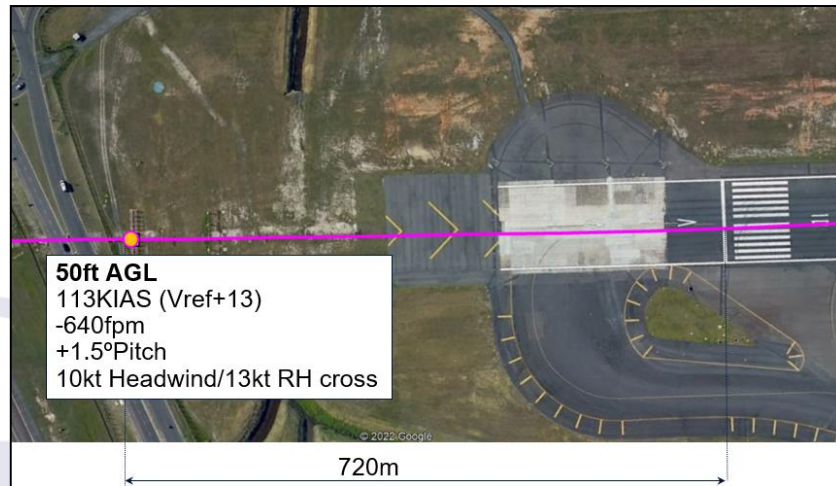


Figura 7 - Dinâmica de aproximação do PR-FBU ao atingir 50 ft de altura.

Buscou-se verificar, também, a dinâmica de frenagem da aeronave após o pouso e o registro do funcionamento do sistema de freios.

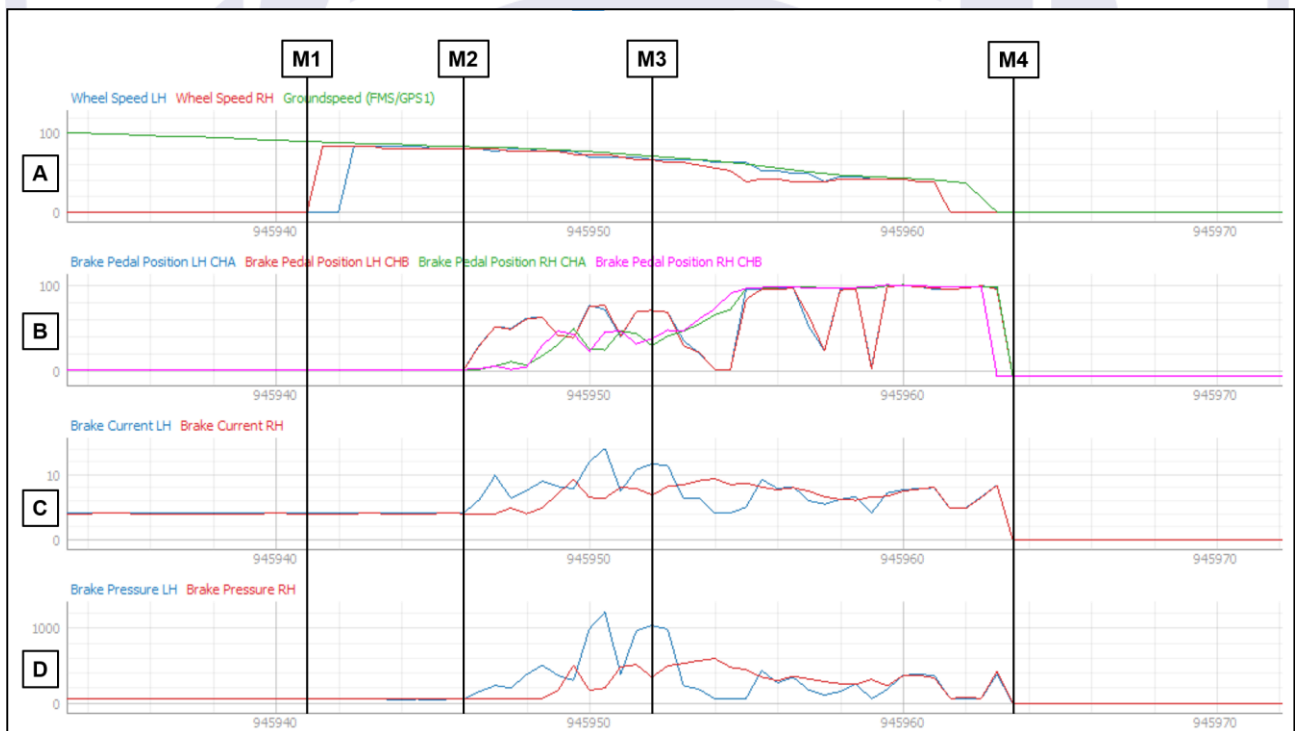


Figura 8 - Representação gráfica da dinâmica de frenagem do PR-FBU (dados extraídos do gravador de voo).

O gráfico “A”, Figura 8, traz a comparação das velocidades das rodas dos trens principais (*Wheel Speed LH* - velocidade da roda do trem principal esquerdo e *Wheel Speed RH* - velocidade da roda do trem principal direito) com a velocidade da aeronave (*Ground Speed* - velocidade da aeronave em relação ao solo).

Analisando esse gráfico, foi possível verificar que o primeiro toque da aeronave no solo ocorreu com o trem principal direito (momento “M1”) e que, a partir do momento “M2”, houve a redução gradual das velocidades das rodas dos trens principais em comparação com a velocidade da aeronave.

No gráfico “B”, as quatro indicações (canais), correspondentes à *brake pedal position*, são provenientes da emissão de sinais de dois PPT decorrentes, apenas, da atuação dos dois pedais do posto de pilotagem do lado esquerdo.

A despeito da flutuação de indicação entre os canais, foi possível observar que os pedais de freios foram acionados a partir do momento “M2”, evidenciando, assim, que a desaceleração das rodas, observada no gráfico “A”, ocorreu em virtude da atuação dos freios da aeronave.

O gráfico “C” traz a indicação de corrente elétrica que era enviada para BCV, determinando, assim, o quanto de pressão hidráulica seria liberada para o conjunto de freios, sendo tal pressão representada pelo gráfico “D”.

Dessa forma, a análise dos gráficos “C” e “D”, em conjunto com os gráficos “A” e “B”, confirmou o acionamento dos freios da aeronave, a partir do momento “M2”.

Referente ao momento “M3”, o gráfico “A” mostra que a partir daquele instante a roda direita passa a ter uma redução de velocidade maior que a roda esquerda. Tal indicação está em consonância com os gráficos “C” e “D”, os quais mostraram respectivamente que no mesmo instante foi registrado um decréscimo de *brake current* e *brake pressure* da roda do trem de pouso esquerdo, representando, em tese, o momento em que houve a perda de controle direcional da aeronave.

O momento “M4” destaca que a partir dali, houve a interrupção da gravação dos dados de voo pelo CVDR, devido ao acionamento do *Impact Switch* (relé de impacto), acionado quando era excedido $5G \pm 10\%$ de aceleração no eixo longitudinal ou lateral.

Dessa maneira, com base na análise desses dados, foi possível constatar que o sistema de freios do PR-FBU funcionou conforme previsto.

A análise dos dados de voz, extraídos do CVDR, revelaram que, após a realização do *after start checklist*, antes do início do táxi para a decolagem de SNDH, o PIC verbalizou a passagem da operação da aeronave ao passageiro que ocupava o assento da direita.

A partir daquele momento, e durante todo o voo, constatou-se que o PIC, por diversas vezes, verbalizava orientações ao passageiro quanto à operação da aeronave.

Em suas declarações, o PIC informou que tanto a decolagem de SNDH quanto a aproximação e pouso em SBSV foram conduzidas pelo passageiro, sob sua supervisão, o que contrariava a seção 61.3 - “Condições relativas à utilização de licenças, certificados, habilitações e autorizações” do RBAC nº 61 - “Licenças, Habilitações e Certificados para Pilotos”, Emenda nº 13, em vigor na data do acidente, que registrava:

(a) Licença/certificado e habilitações de piloto: só pode atuar como piloto ou copiloto a bordo de aeronaves civis registradas no Brasil quem seja titular e esteja portando uma licença/certificado de piloto com suas habilitações válidas, expedidas em conformidade com este Regulamento, e apropriadas à aeronave operada, à operação realizada e à função que desempenha a bordo.

Contrariava também a seção 91.5 - “Requisitos para Tripulações” do RBAC nº 91- “Requisitos Gerais de Operação para Aeronaves Civis”, Emenda nº 03, em vigor na data do acidente, que estabelecia:

- (a) É permitida a operação de uma aeronave civil registrada no Brasil somente se:
- (1) a tripulação do voo estiver em conformidade com a tripulação mínima da aeronave, conforme estabelecida no seu certificado de aeronavegabilidade;
 - (2) o operador designar um piloto para atuar como piloto em comando; e
 - (3) a operação for conduzida por tripulantes adequadamente licenciados/certificados e habilitados para a aeronave segundo o RBAC nº 61 ou RBHA nº 63, ou RBAC que vier a substituí-lo, para a função que exercem a bordo, com experiência recente, e detentores de certificados médicos aeronáuticos (CMA) válidos, emitidos em conformidade com o RBAC nº 67.

[...]

Quanto à responsabilidade e autoridade do PIC durante o voo, a seção 91.3 do RBAC 91 estabelecia que:

91.3 Responsabilidade e autoridade do piloto em comando

(a) O piloto em comando de uma aeronave tem a autoridade final e a responsabilidade pela operação e pela segurança de voo.

Como o CVDR não registrava o acionamento dos pedais de freio no posto direito de pilotagem, não foi possível precisar o nível de interferência dos comandamentos do passageiro no efetivo controle da aeronave na corrida após o pouso.

Baseando-se nas informações factuais deste relatório, no relato do PIC e, também, considerando que os exames, testes e pesquisas não apontaram condições que interferissem na aeronavegabilidade e, ainda, não revelaram quaisquer discrepâncias que tivessem resultado no mau funcionamento dos sistemas da aeronave, verificou-se que, a condução do voo por parte de uma pessoa não habilitada e não qualificada contribuiu diretamente para a ocorrência.

Além disso, havia a necessidade de o PIC “supervisionar” o voo do passageiro e gerenciar os demais parâmetros, o que pode ter contribuído para uma redução da sua consciência situacional e ter prejudicado sua capacidade de reconhecer oportunamente os aspectos que levaram à perda de controle direcional da aeronave.

Por fim, ressalta-se que a operação em desacordo com as regulamentações aeronáuticas em vigor pode implicar níveis de segurança abaixo dos mínimos aceitáveis estabelecidos pelo Estado Brasileiro.

Ao se deixar de observar os níveis mínimos de segurança definidos pelo Estado Brasileiro, garantidos por meio do cumprimento dos Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBAC), podem-se criar condições inseguras latentes as quais deverão ser eliminadas ou mitigadas por meio do cumprimento da própria regulamentação.

3. CONCLUSÕES

3.1. Fatos

- a) o PIC estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido;
- b) o PIC possuía a licença de Piloto de Linha Aérea - Avião (PLA) e estava com as habilitações de tipo EPHN (que incluía o modelo EMB-500), Avião Multimotor Terrestre (MLTE) e Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas;
- c) o PIC estava qualificado e possuía experiência para a realização do voo;
- d) o passageiro que estava ocupando o assento da direita, na cabine de comando, estava com as habilitações de Ultraleve Avançado Terrestre (UATE) e Avião Monomotor Terrestre (MNTE) vencidas desde julho de 2007 e dezembro de 2019, respectivamente e não possuía a habilitação EPHN necessária para o EMB-500;
- e) o passageiro que estava ocupando o assento da direita, na cabine de comando, estava com seu Certificado Médico Aeronáutico (CMA) vencido desde 22JAN2020.
- f) o passageiro que estava ocupando o assento da direita, na cabine de comando, era sócio administrador da empresa operadora da aeronave;
- g) a aeronave estava com o Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade (CVA) válido;
- h) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- i) as escriturações das cadernetas de célula e motores estavam atualizadas;

- j) não se evidenciou qualquer condição de falha ou mau funcionamento de sistemas e/ou componentes que pudesse ter afetado o desempenho ou o controle da aeronave;
- k) as condições meteorológicas estavam acima dos mínimos para a realização do voo;
- l) após o pouso, houve a perda de controle da aeronave, que saiu pela lateral direita da pista;
- m) a aeronave teve danos leves; e
- n) o PIC e os passageiros saíram ilesos.

3.2 Fatores Contribuintes

- Atitude - contribuiu; e
- Percepção - indeterminado.

4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

Proposta de uma autoridade de investigação de acidentes com base em informações derivadas de uma investigação, feita com a intenção de prevenir ocorrências aeronáuticas e que em nenhum caso tem como objetivo criar uma presunção de culpa ou responsabilidade.

Em consonância com a Lei nº 7.565/1986, as recomendações são emitidas unicamente em proveito da segurança de voo. Estas devem ser tratadas conforme estabelecido na NSCA 3-13 “Protocolos de Investigação de Ocorrências Aeronáuticas da Aviação Civil conduzidas pelo Estado Brasileiro”.

À Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), recomenda-se:

IG-109/CENIPA/2022 - 01

Emitida em: 17/11/2023

Divulgar os ensinamentos colhidos nesta investigação à Pioneira Comércio e Representação de Produtos Agrícolas Ltda.-ME, a fim de que aquele operador se conscientize sobre a necessidade do cumprimento dos requisitos estabelecidos pela Autoridade de Aviação Civil, os quais representam os padrões mínimos de segurança estabelecidos pelo Estado Brasileiro.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS

Nada a relatar.

Em 17 de novembro de 2023.