



**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 ANAC e ao DECEA para que as análises técnico-científicas desta investigação sejam utilizadas como fonte de dados e informações, objetivando a 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°				
25JAN2019 - 18:54 (UTC)		SERIPA III		IG-017/CENIPA/2019				
CLASSIFICAÇÃO		TIPO(S)		SUBTIPO(S)				
INCIDENTE GRAVE		[RE] EXCURSÃO DE PISTA		NIL				
LOCALIDADE		MUNICÍPIO		UF	COORDENADAS			
AERÓDROMO DE SÃO DEL REI (SNJR)		SÃO JOÃO DEL REI		MG	21°05'08"S	044°13'31"W		
DADOS DA AERONAVE								
MATRÍCULA		FABRICANTE		MODELO				
PR-CSW		EMBRAER		EMB-500				
OPERADOR			REGISTRO		OPERAÇÃO			
CONSTRUTORA COWAN S/A			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	6	6	-	-	-	-	X Leve	
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	-	-	-	-	Substancial	
							Destruída	
Terceiros	-	-	-	-	-	-	Desconhecido	

### 1.1. Histórico do voo

A aeronave decolou do Aeródromo da Pampulha - Carlos Drummond de Andrade (SBBH), Belo Horizonte, BH, com destino ao Aeródromo Prefeito Octávio de Almeida Neves (SNJR), São João del Rei, MG, por volta das 18h30min (UTC), a fim de realizar o transporte de passageiros, com um piloto e seis passageiros a bordo.

Após o pouso no aeródromo de destino, cuja pista estava molhada, o piloto acionou os freios da aeronave normalmente, inicialmente os principais, depois o de emergência, mas não conseguiu pará-la na pista, vindo a extrapolar os seus limites pela cabeceira oposta.

A aeronave teve danos leves. O piloto e os seis passageiros saíram ilesos.

### 2. ANÁLISE (Comentários / Pesquisas)

O Piloto em Comando (PIC) possuía a licença de Piloto de Linha Aérea - Avião (PLA) e estava com as habilitações de aeronave tipo EPHN (que incluía o modelo EMB-500) e de Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas. Ele estava qualificado e possuía experiência para a realização do voo.

Seu Certificado Médico Aeronáutico (CMA) estava válido.

A aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido e operava dentro dos limites de peso e balanceamento. As escriturações das cadernetas de célula e motores estavam atualizadas.

A aeronave foi certificada sem o sistema de reversores nos motores e sem os sistemas aerodinâmicos geradores de arrasto, como *ground spoilers* ou *speed brakes*. A última inspeção da aeronave, do tipo IAM, foi realizada em 18JUN2018, em Belo Horizonte, MG, tendo voado 114 horas e 42 minutos após.

A aeronave possuía um sistema de freios *power-by-wire*, controlado pelos pedais dos dois postos de pilotagem, direito e esquerdo. O sistema possuía proteções para travamento das rodas (*anti-skid*) e dispunha de um sistema segregado de emergência (*Emergency/Parking Brake - EPB*), que atuava diretamente por meio de um punho no console central e que podia ser modulado pelo PIC, para ajustar a frenagem à sua necessidade.

O aeródromo era público, administrado pela SOCICAM Aeroportos e operava sob Regras de Voo Visual (VFR). A pista era de asfalto, com cabeceiras 08/26, dimensões de 1.400 x 30 m, com elevação de 3.100 ft.

As condições meteorológicas eram favoráveis ao voo visual, mas chovia sobre o aeródromo no momento do pouso, principalmente na cabeceira 08. A aproximação, inicialmente, foi efetuada para essa cabeceira, em razão do vento predominante. No entanto, devido à precipitação no setor de aproximação dessa cabeceira, o piloto arremeteu e optou por realizar o pouso na pista 26.

A aeronave era equipada com um gravador de voz e dados, denominado *Combined Voice and Data Recorder (CVDR)*. Os dados gravados são mostrados na Figura 1.



Figura 1 - Dados extraídos do CVDR.

A partir da análise dos dados, foi possível observar que a aeronave cruzou a cabeceira 26 com 20 ft de altura, ou seja, abaixo do padrão de 50 ft, a uma velocidade indicada de 102 kt, aproximadamente, 3 kt acima da Velocidade de Referência ( $V_{REF}$ ), para um aeródromo a cerca de 3.000 ft de altitude e um peso entre 4.200 kg e 4.300 kg.

A *Ground Speed* (GS - velocidade em relação ao solo) era de 115 kt no momento de cruzamento da cabeceira, indicando a presença de componente de vento de cauda de 13 kt, condizente com os valores entre 10 e 15 kt reportados pelo piloto.

Com base nas indicações dos sensores de *Weight on Wheels*, (WOW - peso sobre as rodas), o ponto estimado de toque foi a 126 m após a cabeceira 26, distância confirmada pela indicação de velocidade nas rodas logo em seguida.

Os sensores de posição dos pedais dos freios indicaram que foi aplicada frenagem máxima no momento do toque, havendo a liberação de pressão hidráulica.

Durante a corrida após o pouso, o piloto conseguiu manter a aeronave praticamente no centro da pista. No entanto, julgando que poderia estar com problemas nos freios normais, disse que acionou o *Emergency Parking Brake* (EPB - freio de emergência). O acionamento do freio pôde ser constatado pelos dados do CVDR, após 12 segundos, aproximadamente, tendo a aeronave percorrido cerca de 875 m entre o ponto de toque estimado e o acionamento do EPB, correspondendo a cerca de 1.001 m de pista, restando, portanto, cerca de 399 m de pista para a parada total da aeronave.

A poucos metros do final da pista, a aeronave derrapou e girou 180° no sentido anti-horário, extrapolou os limites da cabeceira oposta e parou fora da pista. Houve o estouro dos pneus, danos nas pestanas dos trens principais e no cone de cauda.

O voo estava sendo oficialmente conduzido por apenas um piloto, operação *single pilot*, mas a cadeira da direita da cabine de voo estava sendo ocupada por um funcionário da mesma empresa, que também era piloto, porém não era habilitado no tipo de aeronave desta ocorrência. Dessa forma, ele estaria voando na condição de passageiro.

A investigação constatou que esse funcionário estava auxiliando o piloto em diversas tarefas durante o voo, efetuando ações concernentes à função de piloto Segundo em Comando (SIC), tais como: as comunicações com os órgãos de controle de tráfego aéreo, o abaixamento e recolhimento do trem de pouso, a operação dos flapes, o cálculo das velocidades de aproximação para pouso, etc.

Inicialmente, como foi visto, o piloto optou pelo pouso na pista 08, em função do vento predominante, assim, fez a aproximação para essa cabeceira, chegando a abaixar os flapes e o trem de pouso, mas decidiu arremeter devido ao aumento da precipitação na reta final da pista 08, bem como sobre essa cabeceira. Dessa forma, efetuou a arremetida e ingressou no circuito de tráfego pela direita para a pista 26, executando uma perna base por esse lado.

A partir da degravação do CVDR, pôde-se verificar que o passageiro que ocupava a cadeira da direita da cabine de voo, durante a aproximação para a pista 08, informou ao PIC que o vento era de 15 kt de proa e reportou que a distância requerida de pouso (cabeceira 08) naquelas condições era de 1.089 m, chegando a aconselhar o piloto a não prosseguir para a outra pista em razão do vento predominante.

Constatou-se ainda, pela audição do CVDR, que não houve considerações do piloto ou do “passageiro” acerca da distância de pouso para a pista 26. Essa pista afigurava-se como a mais crítica, haja vista que o “passageiro” informou que o vento estava com 10 kt de cauda na reta final, e ela estava molhada - possivelmente contaminada - a partir da segunda metade, tendo em conta que chovia moderadamente nesse trecho.

Consultando-se as tabelas do *Quick Reference Handbook* (QRH - manual reduzido de referência da aeronave) para a verificação de distância requerida de pouso na pista 26, com configuração de *Flap Full*, vento de 10 kt de cauda, 3.000 pés de altitude do aeródromo, peso entre 4.200 kg e 4.300 kg e considerando a pista molhada, constatou-se que a distância total de pouso necessária estaria entre 1.343 e 1.370 m. Caso a condição fosse de pista contaminada, a distância necessária seria maior que 1.899 m. A Figura 2 apresenta a tabela do QRH adaptada com o cálculo da distância de pouso para as condições da ocorrência.

LANDING DISTANCE (m) – ISA									
ENGINE ICE PROTECTION OFF/ON – WINGSTAB OFF									
ZERO SLOPE – 10 kt TAILWIND – FLAP FULL									
ALTITUDE (ft)	WEIGHT (kg)	SPEEDS			FACTORED		UNFACTORED		CONTAMINATED RUNWAYS (m)
		V <sub>REF</sub> (KIAS)	V <sub>AC</sub> (KIAS)	V <sub>FS</sub> (KIAS)	DRY (m)	WET (m)	DRY (m)	WET (m)	
3000	3400	91	94	111	1544	1776	927	1230	1776
	3500	91	95	112	1531	1760	919	1220	1760
	3600	91	97	114	1519	1747	912	1210	1747
	3700	92	98	115	1520	1748	912	1213	1748
	3800	93	99	117	1548	1780	929	1240	1780
	3900	94	100	118	1573	1809	944	1266	1809
	4000	95	101	120	1599	1839	960	1292	1839
	4100	97	102	121	1625	1869	975	1317	1869
	4200	98	103	122	1651	1899	991	1343	1899
	4300	99	104	124	1678	1930	1007	1370	1930
	4400	100	105	125	1709	1965	1025	1400	1965
	4500	101	107	126	1736	1996	1042	1427	1996

 Maximum Landing Weight or Climb Limited Weight exceeded.

Figura 2 - Tabela de distância de pouso, adaptada do QRH da aeronave. A área em laranja mostra a condição de pouso da ocorrência.

Ao ser questionado acerca do motivo de não ter arremetido após ter a sensação de que não conseguiria parar a aeronave até o final da pista, o piloto relatou que, àquela altura dos acontecimentos, julgou que a distância de pista remanescente poderia não ser suficiente para executá-la com sucesso.

Alguns pontos relacionados à decisão de pousar na pista 26 precisam ser destacados. O primeiro deles é que a pista estava molhada, possivelmente contaminada; o segundo era que o vento predominante indicava a utilização da pista 08, com a mudança para a outra cabeceira, desse modo a aeronave pousou com vento de cauda de, aproximadamente, 10 kt; e, finalmente, vale salientar que o piloto estava sendo assistido durante a aproximação e o pouso, ainda que de forma não oficial, por outro piloto da empresa, fato que pode ter gerado excesso de confiança na tripulação.

A regulamentação normativa da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) considerava que a pista estava contaminada quando a profundidade média de água (lâmina d'água) sobre a pista fosse igual ou maior que 3 mm, em uma região de 150 m de comprimento por 12 m de largura, na porção central em relação ao centro da pista e que pista molhada era uma pista com água, mas não com quantidade suficiente para ser considerada contaminada.

Foi observado que a pista, que não possuía *grooving* (ranhuras transversais para escoamento de água), após ter passado momentaneamente a chuva, estava parcialmente espelhada, decorrente do acúmulo de água, sugerindo que, no momento do pouso, poderia estar configurada a condição de pista contaminada, em razão da espessura da lâmina d'água. Na figura abaixo, pode-se visualizar a condição descrita.



Figura 3- Espelhamento parcial da pista.

Os dados levantados demonstraram que houve o travamento das rodas após o acionamento do freio de emergência, apesar de a aeronave dispor de sistema *anti-skid*, visto que este funciona apenas com o sistema principal de freios. O EPB, quando aplicado nas condições de falha do sistema normal de freios, de acordo com os manuais da aeronave, devia ser modulado para que não ocorresse o travamento das rodas.

Portanto, em tese, não teria ocorrido o travamento das rodas se o piloto tivesse mantido os freios normais pressionados durante todo o trajeto da corrida após o pouso. Este era o procedimento previsto no *Pilot's Operating Handbook* (POH - manual de operação do piloto), como se pode conferir na transcrição do trecho do referido manual, abaixo:

[...] *LANDING ON WET OR SLIPPERY RUNWAYS*

[...] *If no braking action is felt, hydroplaning is probably occurring. Do not apply Emergency/Parking Brake, as it will remove anti-skid protection. Maintain runway centerline and keep braking until airplane is decelerated. [...]*

Com isso, é plausível concluir que o piloto pode ter se precipitado ao comandar o freio de emergência logo que avaliou que a resposta dos freios principais não estava correspondendo à pressão que ele aplicava nos respectivos pedais, deixando de considerar, dessa forma, a possibilidade de a aeronave ter entrado em hidroplanagem.

De acordo com os manuais da aeronave, o freio de emergência deveria ser aplicado somente em caso de falha do sistema normal. Pelo que se pôde depreender das ações levadas a efeito, àquela altura dos acontecimentos, o piloto acreditou que estivesse nessas condições. Com isso, é plausível inferir que pode ter havido falha na interpretação da reação da aeronave após a aplicação dos freios durante o pouso.

Dessa forma, é possível que falhas na instrução possam ter contribuído para uma inadequada tomada de decisão do piloto, tanto na opção por pouso nas condições apresentadas, como na aplicação dos freios de emergência.

Foram observadas marcas brancas contínuas na pista, apresentando características de hidroplanagem, com 340 m de extensão, finalizando no limite do asfalto, conforme a Figura 4.



Figura 4 - Marcas brancas contínuas das rodas deixadas na pista.

As aeronaves equipadas com sistema de freio com *anti-skid* apresentam vantagem nessa condição, uma vez que não ocorre travamento das rodas e, assim, a pressão para o freio é liberada gradativamente, até que o atrito com o solo seja restabelecido.

As evidências coletadas demonstraram que as marcas brancas na pista começaram após alguns metros a partir do acionamento do EPB, indicando o aumento gradual da temperatura até a ocorrência de formação do vapor d'água entre o pneu e a lâmina de água, que efetivamente deixou as marcas brancas observadas.

Quanto às condições dos pneus do trem de pouso principal esquerdo e direito, foram observadas duas áreas distintas de desgaste, uma causada pela reversão da borracha, devido ao travamento das rodas e consequente condição de hidroplanagem, e outra com desgaste por derrapagem, quando fora da condição de hidroplanagem, causada pelo travamento das rodas, devido ao acionamento do freio de emergência, como se pode observar nas imagens constantes das Figuras 5 e 6.

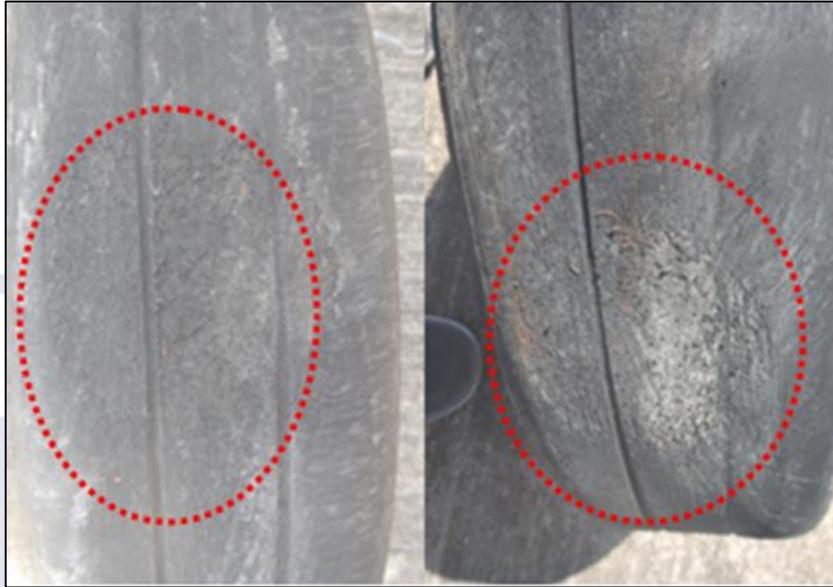


Figura 5 - Desgaste dos pneus causado pela reversão da borracha, sugerindo hidroplanagem.



Figuras 6 - Desgaste dos pneus indicando o travamento das rodas.

Durante a ação inicial, foram realizados testes dinâmicos no sistema de freio da aeronave, nos quais não se identificou indícios de mau funcionamento. Esse sistema foi submetido a testes e análises posteriormente, incluindo a *Brake Control Unit* (BCU - unidade controladora do freio), componente eletrônico central do sistema de freios da aeronave, mas, da mesma forma, nada de anormal foi identificado.

Para o aprofundamento da pesquisa de possíveis falhas do sistema, foram utilizados os dados gravados no *Central Maintenance Computer* (CMC - computador central de manutenção) da aeronave, que registrava eventos significativos de voo e de dados de manutenção. Os resultados encontrados também não apontaram indícios de falha do sistema de freios.

### 3. CONCLUSÕES

#### 3.1. Fatos

- a) o piloto estava com as habilitações de aeronave tipo EPHN (que incluía o modelo EMB-500) e de Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas;
- b) o piloto estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido;
- c) o piloto estava qualificado e possuía experiência no tipo de voo;
- d) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido;
- e) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- f) as escriturações das cadernetas de célula e motores estavam atualizadas;
- g) a aeronave realizava transporte de passageiros no trecho SBBH - SNJR;
- h) chovia sobre o aeródromo no momento do pouso, predominantemente na cabeceira 08;
- i) o piloto optou pelo pouso na pista 08, mas arremeteu na reta final, prosseguindo para a pista 26;
- j) o piloto realizou a aproximação para a pista 26 com componente de vento de cauda em torno de 10 kt;
- k) o piloto comandou o freio de emergência, após ter a percepção de que a aeronave não pararia até o final da pista e que não tinha efetividade dos freios normais;
- l) a poucos metros do final da pista 26, a aeronave derrapou e girou 180° no sentido anti-horário, extrapolou os limites da cabeceira oposta e parou fora da pista;
- m) o assento da direita da cabine de voo estava sendo ocupado por um funcionário da empresa operadora da aeronave que também era piloto;
- n) o funcionário, apesar de ser piloto, não possuía a habilitação na aeronave acidentada;
- o) esse funcionário estava auxiliando o piloto, efetuando as comunicações com os órgãos de controle de tráfego, a operação do trem de pouso e dos flapes, o cálculo das velocidades de aproximação para pouso, etc.;
- p) pela audição do CVDR, não houve considerações do piloto ou do passageiro que ocupava o assento da direita acerca da distância de pista requerida para o pouso na pista 26;
- q) houve o travamento das rodas na etapa final da corrida de pouso;
- r) foram observadas marcas brancas contínuas dos pneus na pista, com 340 m de extensão, finalizando no limite do pavimento asfáltico;
- s) nenhuma evidência de mau funcionamento foi encontrada nos testes e análises aos quais o sistema de freios e o BCU foram submetidos;
- t) houve estouro dos pneus, danos nas pestanas dos trens principais e danos no cone de cauda;
- u) a aeronave teve danos leves; e
- v) todos os ocupantes saíram ilesos.

### 3.2 Fatores Contribuintes

- Aplicação dos comandos - contribuiu;
- Atitude - contribuiu;
- Infraestrutura Aeroportuária - indeterminado;
- Instrução - indeterminado;
- Julgamento de pilotagem - contribuiu;
- Percepção - contribuiu; e
- Processo decisório - contribuiu.

### 4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

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

#### IG-017/CENIPA/2019 - 01

Emitida em: 23/03/2023

Encaminhar esta investigação ao operador do aeródromo SNJR, a fim de que aquele operador verifique a adequabilidade das condições de aderência da pista naquilo que se refere ao atrito e textura superficial (microtextura e macrotextura), bem como das características relativas ao escoamento de água.

#### IG-017/CENIPA/2019 - 02

Emitida em: 23/03/2023

Divulgar os ensinamentos colhidos nesta investigação aos Centros de Treinamento de Aviação Civil (CTAC) autorizados a ministrar instrução teórica e prática em aeronaves modelo EMB-500, com o objetivo de incentivar as boas práticas e recomendações para os procedimentos de pouso, bem como motivar a consulta aos documentos publicados pelo fabricante da aeronave.

### 5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS

Em novembro de 2022, o CENIPA publicou os Relatórios Finais do acidente ocorrido com a aeronave PT-MMP, em 10SET2016, e o do incidente grave com a aeronave PT-IVI, em 31OUT2017, ambos tipificados como excursão de pista envolvendo aeronaves modelo EMB-500.

Nessas duas ocorrências, os relatórios abordaram as técnicas de pouso previstas para este modelo de aeronave.

Em reforço às ações mitigadoras, a EMBRAER adotou as seguintes medidas:

- em 25JUN2021, a fabricante publicou um guia informativo no canal *Youtube* (<https://www.youtube.com/watch?v=oxEdsg9YWjw&t=343s>) para treinamento de tripulações que operam as aeronaves modelo *Phenom*; e
- em 30MAR2022, a *Flight Operations Letter* (FOL) PHE500-002/2015 foi cancelada e no seu lugar foi publicada a GP-8143 - *Landing Procedure Best Practices and Recommendations*, com informações atualizadas e mais completas.

Em, 23 de março de 2023.