



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°	
31OUT2017 - 20:45 (UTC)	CENIPA	IG-136/CENIPA/2017	
CLASSIFICAÇÃO	TIPO(S)		
INCIDENTE GRAVE	[RE] EXCURSÃO DE PISTA		
LOCALIDADE	MUNICÍPIO	UF	COORDENADAS
AERÓDROMO DE JUIZ DE FORA (SBJF)	JUIZ DE FORA	MG	21°47'35" S 043°23'08" W

DADOS DA AERONAVE		
MATRÍCULA	FABRICANTE	MODELO
PR-IVI	EMBRAER	EMB-500
OPERADOR	REGISTRO	OPERAÇÃO
HOSPITAL DR. JOÃO FELÍCIO LTDA.	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	1	1	-	-	-	-	X Leve	
Total	2	2	-	-	-	-	Substancial	
							Destruída	
Terceiros	-	-	-	-	-	-	Desconhecido	

1.1. Histórico do voo

A aeronave decolou do Aeródromo Santos Dumont (SBRJ), Rio de Janeiro, RJ, com destino ao Aeródromo Francisco de Assis (SBJF), Juiz de Fora, MG, às 20h26min (UTC), a fim de transportar pessoal, com um piloto e um passageiro a bordo.

Durante o pouso, a aeronave percorreu toda a extensão da pista, extrapolou os seus limites e percorreu cerca de 187 m, após a cabeceira oposta, até a parada total, no limite de uma ribanceira.

A aeronave teve danos leves no radome e na carenagem do trem principal esquerdo.

O piloto e o passageiro saíram ilesos.

2. ANÁLISE (Comentários / Pesquisas)

Tratava-se de um voo de transporte de passageiro de SBRJ para SBJF, de acordo com os requisitos do Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) nº 91-“Regras Gerais de Operação para Aeronaves Civis”, vigente à época do incidente grave.

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), Avião Multimotor Terrestre (MLTE) e Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas. Seu Certificado Médico Aeronáutico (CMA) estava válido.

A aeronave estava certificada para operação com apenas um piloto (*single pilot*) e os registros de manutenção estavam atualizados conforme os manuais e regulamentos em vigor à época.

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido e a aeronave operava dentro dos limites de peso e balanceamento estabelecidos pelo fabricante.

O Aeródromo SBJF era público, podendo operar sob *Visual Flight Rules* (VFR - regras de voo visual) e sob *Instrument Flight Rules* (IFR - regras de voo por instrumentos), em período diurno e noturno.

A pista era de asfalto, com cabeceiras 03/21, dimensões de 1.535 x 30 m, com elevação de 2.989 ft. Estava equipado com sistema de balizamento de pista, que incluía um *Precision Approach Path Indicator* (PAPI - indicador de trajetória de aproximação de precisão) na cabeceira 03, com informação de rampa de aproximação de referência com três graus de inclinação, além de luzes de balizamento de início e final de pista.

Havia três procedimentos de aproximação IFR publicados para a cabeceira 03 de SBJF. Entretanto, de acordo com o *Notice to Airman* (NOTAM - informação aos aeronavegantes) E2878/2017 tais procedimentos não estavam disponíveis.

Na data da ocorrência, o aeródromo era administrado pela Prefeitura de Juiz de Fora. O contrato de concessão com a empresa que operava o terminal anteriormente havia sido encerrado, em agosto de 2017, e uma licitação ainda não havia designado um novo operador. Como resultado, o *Aerodrome Flight Information Service* (AFIS - serviço de informação de voo em aeródromo) não estava disponível, conforme constava no NOTAM E3218/2017 (Figura 1).

<input type="checkbox"/>	E3218/2017
B	27/10/17 17:01
C	22/01/18 23:59
E	AFIS NEG AVBL
<input type="checkbox"/>	E2878/2017
B	03/10/17 18:07
C	30/12/17 23:59
E	IAP NDB RWY 03, IAP RNAV (GNSS) RWY 03, IAP LOC RWY 03 PROC PARA CIRCULAR NEG AVBL

Figura 1 - NOTAM E3218/2017 e E2878/2017 vigentes à época.

Por essas razões, no dia do incidente grave, o aeródromo não operava sob IFR.

Ainda, devido à indisponibilidade de operador de AFIS, o acionamento do balizamento luminoso da pista e do PAPI da cabeceira 03 não estavam sendo realizados. Contudo, não houve emissão de NOTAM que informasse tal condição.

Os serviços e informações do Centro Meteorológico de Aeródromo (CMA) também estavam indisponíveis, conforme indicava o NOTAM E3216/2017 (Figura 2).

<input type="checkbox"/>	E3216/2017
B	27/10/17 16:45
C	22/01/18 23:59
E	MET CMA (1 A 4) NEG AVBL

Figura 2 - NOTAM E3216/2017 vigente à época.

O CMA era um órgão operacional de meteorologia aeronáutica responsável por fornecer observações, informes e serviços meteorológicos conforme sua operacionalidade, definida de acordo com categorias (de 1 a 6), as quais indicavam quais informações e/ou serviços estariam disponíveis.

Segundo dados do Manual Auxiliar de Rotas Aéreas (ROTAER), o CMA de SBJF estava habilitado para fornecer os seguintes serviços e informações meteorológicas, caso estivesse em operação:

- METAR e SPECI;
- Previsões de aeródromo (TAF);
- Avisos de aeródromo, avisos de cortante do vento; divulgação de condições adversas na área do aeródromo; e
- SIGMET, AIRMET.

Assim, não havia qualquer tipo de informação meteorológica, como *Meteorological Aerodrome Report* (METAR - reporte meteorológico de aeródromo) e *Terminal Area Forecast* (TAF - previsão de aeródromo), disponíveis em SBJF na data da ocorrência.

Portanto, na fase de planejamento de voo, além de coletar o máximo de informações acerca dos auxílios disponíveis ao voo e da infraestrutura dos aeródromos de decolagem, pouso e alternativa, era fundamental levar em consideração as informações meteorológicas disponíveis nos aeródromos mais próximos ao destino, em virtude da ausência dessas informações em SBJF.

Dessa forma, seria possível avaliar se a operação estaria compatível, caso as condições meteorológicas no destino estivessem semelhantes aos aeródromos próximos com informações disponíveis.

Destaca-se a importância dessa atitude, pois previne a surpresa de situações incompatíveis com o tipo de operação, permite o planejamento mais adequado em diferentes cenários, além de prever alternativas antecipadas, ao se deparar com uma situação anormal.

No horário da ocorrência, o METAR do Aeródromo Presidente Itamar Franco (SBZM), Goianá, MG, distante 20 NM de SBJF, trazia as seguintes informações:

METAR SBZM 311800Z 28007G18KT 9999 SCT033 33/21 Q1007

A visibilidade estava superior a 10 km, vento proveniente da direção 280° com 7 kt de intensidade e rajadas de até 18 kt, e nuvens esparsas a 3.300 ft de altura.

Outra informação meteorológica relevante estava disponível no aviso de aeródromo emitido no mesmo dia pelo Aeródromo do Galeão - Antônio Carlos Jobim (SBGL), Rio de Janeiro, RJ, distante 55 NM de SBJF, com validade das 17h00min até 21h00min (UTC), que trazia as seguintes informações:

SBGL Aviso Aeródromo 31/10/2017 16:00 SBGL/SBCB/SBES/SBME/SBCP/SBFS
AD WRNG 6 VALID 311700/312100 SFC WIND 240/20KT MAX 35 FCST NC=

A informação alertava sobre ventos de superfície provenientes da direção 240°, com 20 kt de intensidade e rajadas de até 35 kt, em diversos aeródromos da região do Rio de Janeiro, RJ.

Com base nessas informações, era possível prever cenários meteorológicos e avaliar aspectos operacionais, destacando-se, neste evento, a distância de pouso (*landing distance*) requerida para a operação em SBJF.

O fabricante da aeronave estabeleceu no *Quick Reference Handbook* (QRH - manual reduzido de referência da aeronave), na seção *Performance*, dados de *landing distance*, sob determinados parâmetros, incluindo, dentre outros, a altitude do aeródromo, o peso da aeronave, a fatoração, o vento predominante e a condição da pista (seca, molhada ou contaminada).

A fatoração de pista representava uma margem de segurança exigida pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) a certos tipos de operação, como o Transporte Regular de Passageiros, operando segundo o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 121, onde o planejamento deveria considerar a *landing distance*, acrescida de uma margem para eventuais emergências.

Contudo, cabe ressaltar que, na data da ocorrência, não havia exigência de fatoração de pista para aeronaves que operavam segundo os requisitos do RBHA nº 91. Logo, os cálculos de desempenho para a aeronave PR-IVI poderiam considerar apenas a distância requerida para o pouso, sem fatoração.

Considerando o peso de 3.700 kg previsto para o pouso da aeronave em SBJF; e a altitude do aeródromo de, aproximadamente, 3.000 ft; era possível determinar a *landing distance*, em termos de planejamento, e concluir que a pista do aeródromo de SBJF era compatível com a operação, pois seriam necessários 765 m de distância de pista não fatorada para o pouso em pista seca (*dry*) e 956 m para pista molhada (*wet*).

Utilizando-se os mesmos parâmetros, a Velocidade de Referência (V_{REF}) a ser utilizada no cruzamento da cabeceira em uso seria de 92 kt (Figura 3).

LANDING DISTANCE (m) – ISA
ENGINE ICE PROTECTION OFF/ON – WINGSTAB OFF
ZERO SLOPE – NO WIND – FLAP FULL

ALTITUDE (ft)	WEIGHT (kg)	SPEEDS			FACTORED		UNFACTORED		CONTAMINATED RUNWAYS (m)
		V _{REF} (KIAS)	V _{AC} (KIAS)	V _{LO} (KIAS)	DRY (m)	WET (m)	DRY (m)	WET (m)	
Sea Level	3400	91	94	111	1220	1403	732	915	1403
	3500	91	95	112	1209	1390	726	907	1390
	3600	91	97	114	1199	1379	720	909	1379
	3700	92	98	115	1200	1390	720	900	1380
	3800	93	99	117	1224	1408	735	918	1408
	3900	94	100	118	1246	1433	748	935	1433
	4000	95	101	120	1269	1459	761	952	1459
	4100	97	102	121	1291	1485	775	969	1485
	4200	98	103	122	1314	1511	789	986	1511
	4300	99	104	124	1337	1538	803	1003	1538
4400	100	105	125	1364	1568	819	1023	1568	
4500	101	107	126	1388	1596	833	1041	1596	
1000	3400	91	94	111	1244	1431	747	933	1431
	3500	91	95	112	1233	1418	740	925	1418
	3600	91	97	114	1223	1407	734	918	1407
	3700	92	98	115	1224	1408	735	918	1408
	3800	93	99	117	1249	1437	750	937	1437
	3900	94	100	118	1272	1463	763	954	1463
	4000	95	101	120	1295	1489	777	971	1489
	4100	96	102	121	1318	1516	791	989	1516
	4200	98	103	122	1342	1543	805	1006	1543
	4300	99	104	124	1365	1570	819	1024	1570
4400	100	105	125	1393	1601	836	1045	1601	
4500	101	107	126	1417	1629	850	1063	1629	
2000	3400	91	94	111	1268	1459	761	951	1459
	3500	91	95	112	1257	1446	755	943	1446
	3600	91	97	114	1247	1434	748	935	1434
	3700	92	98	115	1248	1436	749	936	1436
	3800	93	99	117	1274	1465	765	956	1465
	3900	94	100	118	1297	1492	778	973	1492
	4000	95	101	120	1321	1519	793	991	1519
	4100	97	102	121	1345	1546	807	1009	1546
	4200	98	103	122	1369	1574	821	1027	1574
	4300	99	104	124	1393	1602	836	1045	1602
4400	100	105	125	1421	1634	853	1066	1634	
4500	101	107	126	1446	1663	868	1085	1663	
3000	3400	91	94	111	1295	1489	777	971	1489
	3500	91	95	112	1283	1476	770	963	1476
	3600	91	97	114	1273	1464	764	955	1464
	3700	92	98	115	1274	1466	765	956	1466
	3800	93	99	117	1301	1496	781	976	1496
	3900	94	100	118	1324	1523	795	993	1523
	4000	95	101	120	1349	1551	809	1012	1551
	4100	97	102	121	1373	1579	824	1030	1579
	4200	98	103	122	1398	1607	839	1048	1607
	4300	99	104	124	1423	1636	854	1067	1636
4400	100	105	125	1452	1669	871	1089	1669	
4500	101	107	126	1477	1699	886	1108	1699	

Maximum Landing Weight or Climb Limited Weight exceeded.

Figura 3 - Tabela de distância de pouso do QRH, com destaque em vermelho para a V_{REF} e o comprimento de pista necessário.

Com base nas informações coletadas nos aeródromos próximos, era possível supor a possibilidade de se deparar com vento considerável no aeródromo de destino. Assim, era imprescindível avaliar se o pouso em SBJF seria compatível com o pior cenário, qual seja, com uma componente de vento de cauda de até 10 kt, dentro do limite estabelecido pelo fabricante, na página 13, da Seção 2 - *Limitations*, do *Aircraft Flight Manual* (AFM - manual de voo da aeronave) (Figura 4), em pista seca e molhada.

WIND LIMITATIONS	
Maximum Takeoff and Landing Tailwind Component.....	10 kt

Figura 4 - Limitação de operação de pouso e decolagem com componente de vento de cauda.

Apesar da possibilidade de utilização da cabeceira mais favorável, em função da direção do vento, ou seja, com vento de proa, é importante considerar e planejar a eventualidade de pouso com vento de cauda, dentro das limitações estabelecidas no AFM da aeronave. Em algumas situações, o pouso em uma das cabeceiras pode não ser uma opção, em função da inexistência de procedimento IFR ou da presença de elevações no terreno, aspectos que podem influenciar a decisão do piloto sobre qual pista utilizar.

Considerando os mesmos parâmetros utilizados no início da análise, mas incluindo, dessa vez, uma componente de vento de 10 kt de cauda (*tailwind*), sem qualquer variação de outros parâmetros, obteve-se uma distância de pouso necessária de 912 m para pista seca (*dry*) e 1.140 m para pista molhada (*wet*) (Figura 5).

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 _{REF} (KIAS)	V _{AC} (KIAS)	V _{FB} (KIAS)	DRY (m)	WET (m)	DRY (m)	WET (m)	
Sea Level	3400	91	94	111	1465	1684	879	1099	1684
	3500	91	95	112	1452	1670	871	1089	1670
	3600	91	97	114	1440	1656	864	1080	1656
	3700	92	98	115	1441	1657	865	1081	1657
	3800	93	99	117	1467	1686	880	1100	1686
	3900	94	100	118	1490	1713	894	1118	1713
	4000	95	101	120	1514	1741	908	1135	1741
	4100	97	102	121	1538	1769	923	1154	1769
	4200	98	103	122	1563	1797	938	1172	1797
	4300	99	104	124	1587	1825	953	1191	1825
4400	100	105	125	1616	1858	970	1212	1858	
4500	101	107	126	1641	1887	985	1231	1887	
1000	3400	91	94	111	1491	1714	895	1118	1714
	3500	91	95	112	1478	1699	887	1109	1699
	3600	91	97	114	1466	1686	880	1100	1686
	3700	92	98	115	1467	1687	880	1100	1687
	3800	93	99	117	1493	1717	896	1120	1717
	3900	94	100	118	1517	1745	911	1138	1745
	4000	95	101	120	1542	1773	925	1156	1773
	4100	96	102	121	1567	1801	940	1175	1801
	4200	98	103	122	1592	1830	955	1194	1830
	4300	99	104	124	1617	1860	970	1213	1860
4400	100	105	125	1646	1893	988	1235	1893	
4500	101	107	126	1672	1923	1004	1254	1923	
2000	3400	91	94	111	1516	1744	910	1137	1744
	3500	91	95	112	1503	1729	902	1128	1729
	3600	91	97	114	1491	1715	895	1119	1715
	3700	92	98	115	1492	1716	895	1119	1716
	3800	93	99	117	1519	1747	912	1140	1747
	3900	94	100	118	1544	1778	927	1158	1778
	4000	95	101	120	1569	1805	942	1177	1805
	4100	97	102	121	1595	1834	957	1196	1834
	4200	98	103	122	1621	1864	973	1216	1864
	4300	99	104	124	1647	1894	988	1235	1894
4400	100	105	125	1676	1928	1006	1257	1928	
4500	101	107	126	1703	1958	1022	1277	1958	
3000	3400	91	94	111	1544	1776	927	1158	1776
	3500	91	95	112	1531	1760	919	1148	1760
	3600	91	97	114	1519	1747	912	1139	1747
	3700	92	98	115	1520	1748	912	1140	1748
	3800	93	99	117	1548	1780	929	1161	1780
	3900	94	100	118	1573	1809	944	1180	1809
	4000	95	101	120	1599	1839	960	1199	1839
	4100	97	102	121	1625	1869	975	1219	1869
	4200	98	103	122	1651	1899	991	1239	1899
	4300	99	104	124	1678	1930	1007	1259	1930
4400	100	105	125	1709	1965	1025	1282	1965	
4500	101	107	126	1736	1996	1042	1302	1996	

Maximum Landing Weight or Climb Limited Weight exceeded.

Figura 5 - Tabela de distância de pouso do QRH, com destaque em vermelho para o comprimento de pista necessário em pista seca e molhada, de acordo com os parâmetros de planejamento e componente de vento de cauda de 10 kt.

Logo, é possível concluir que a operação em SBJF, em termos de planejamento, era compatível, mesmo se confirmada a previsão de ventos fortes, desde que no limite de até 10 kt de componente de cauda, em pista seca ou molhada.

Havia, ainda, a necessidade de se observar as circunstâncias reais ao chegar ao destino, como a condição da pista (seca, molhada ou contaminada) e a temperatura.

Além disso, era crucial verificar indicações de direção e intensidade do vento, baseado na biruta do aeródromo ou na informação fornecida pelos equipamentos embarcados, pois, na prática, poderia haver diferenças consideráveis entre as condições meteorológicas reinantes no destino e as informações disponíveis para os aeródromos próximos.

Uma vez confirmada a condição real do aeródromo de destino, fazia-se necessário recalcular o comprimento de pista apropriado para o pouso, considerando-se, também, o peso atual da aeronave com precisão.

Em função da ausência de informações meteorológicas em SBJF na data da ocorrência, a Comissão de Investigação analisou dados meteorológicos da cidade de Juiz de Fora, entrevistou observadores e trabalhadores da área do aeródromo, além de realizar análises de registros de imagens.

Dados meteorológicos da cidade de Juiz de Fora indicavam que, no momento do pouso da aeronave em SBJF, chovia na cidade e a temperatura era de 21°C.

Fotos e vídeos registrados logo após a ocorrência mostravam que a pista de pouso apresentava um aspecto reflexivo, denotando estar molhada (Figura 6).



Figura 6 - Foto tirada logo após a ocorrência, mostrando que a pista estava molhada.

Um vídeo feito a partir de um morro ao lado da cabeceira 21 mostrava folhas e arbustos inclinados em decorrência do vento, com direção predominante no sentido 210° em relação à pista. Funcionários do hangar onde a aeronave era mantida também relataram um forte vento no sentido 210° e chuva recente na região do aeródromo.

A aeronave estava equipada com um *Cockpit Voice and Data Recorder* (CVDR - gravador de voz e dados da cabine). Após a coleta e a análise, os dados registrados no equipamento puderam ser validados, pois eram compatíveis com o evento. De acordo com os dados gravados, não foram identificadas quaisquer falhas nos sistemas da aeronave durante todo o voo.

Depois da decolagem de SBRJ, a aeronave prosseguiu em voo IFR, com previsão de mudança de regras para VFR, nas proximidades do aeródromo, para a execução de

aproximação VFR e pouso em SBJF. A mudança de regra para VFR era necessária, visto que os procedimentos IFR estavam indisponíveis.

Todos os procedimentos previstos para descida e aproximação foram realizados pelo PIC, o qual decidiu realizar o procedimento RNAV para a cabeceira 03 de SBJF, a despeito da informação de procedimento indisponível em NOTAM.

O CVDR da aeronave identificou que ela cumpriu o perfil do procedimento IFR escolhido, mas nivelou a 3.300 ft, já alinhada com a pista 03, abaixo da *Minimum Descent Altitude* (MDA - altitude mínima de descida) de 3.550 ft. Em seguida, o piloto automático foi desengajado e a aeronave iniciou descida a partir de 3.300 ft até o nível da pista.

Não foi possível concluir qual foi o motivo do desvio do perfil vertical previsto no procedimento RNAV 03, pois, logo em seguida, ocorreu a mudança do voo automático para o manual, evidenciando que, possivelmente, o PIC encontrava-se em condições visuais e prosseguiria para o pouso.

Naquele momento, o trem de pouso estava baixado e travado, a posição dos flapes em 3, correspondente a 26° de deflexão da superfície, e a velocidade indicada era de 105 kt, com uma componente de vento de cauda de 24 kt. Com cerca de 3.200 ft, foi feita a seleção do comando dos flapes para a posição 4 (flapes *full*), levando à movimentação da superfície de 26° para 36°.

Quando a aeronave se encontrava a 50 ft de altura em relação à cabeceira 03, momento em que era esperado o cruzamento da cabeceira em uso e início da transição para o pouso, ela ainda encontrava-se a 384 m de distância horizontal antes da cabeceira, com uma velocidade de 94 kt (2 kt acima da V_{REF}), conforme Figura 7.

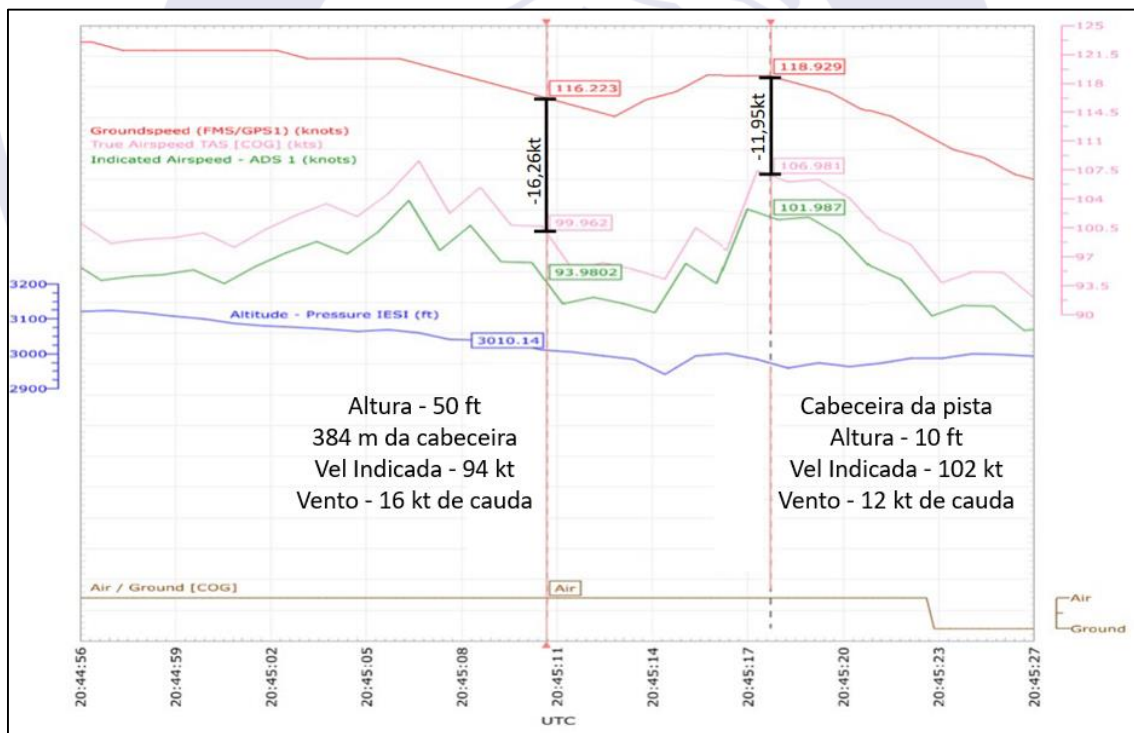


Figura 7 - Dados do CVDR a 50 ft de altura em relação à cabeceira da pista.

A 50 ft de altura, o CVDR da aeronave identificou uma componente de vento de cauda de 16 kt, acima do limite estabelecido pelo fabricante, e o peso da aeronave em 3.680 kg. Ressalta-se que havia informação disponível de direção e intensidade de vento nos equipamentos embarcados da aeronave, conforme ilustra a Figura 8.



Figura 8 - Exemplo de tela do *Primary Flight Display* (PFD) da aeronave, com destaque para a informação de direção e intensidade do vento.

A aeronave cruzou a cabeceira 03 com 10 ft de altura, com velocidade indicada de 102 kt (10 kt acima da V_{REF} prevista). Nesse instante, o CVDR identificou uma componente de vento de cauda de 12 kt, acima do limite estabelecido pelo fabricante de 10 kt (Figura 7).

Naquelas circunstâncias, pode-se concluir que o julgamento de pilotagem foi inadequado, elevando o risco de ocorrência de uma excursão de pista, pois as condições de vento, tanto no cruzamento dos 50 ft de altura, como da cabeceira em uso, extrapolavam os limites estabelecidos pelo fabricante.

Nesses dois momentos, havia a possibilidade de arremeter e prosseguir para o aeródromo de alternativa, ou ainda, preparar uma nova aproximação para SBJF, após a melhora das condições meteorológicas.

Com base nesses parâmetros e utilizando o *software* de desempenho do fabricante, disponível aos operadores (*OPERA - Optimized Performance Analyzer*), foi possível calcular a distância de pouso requerida em 1.446 m para pista molhada, bem acima das previsões de planejamento, em função da forte componente de vento de cauda e da V_{REF} acima da prevista, mas ainda dentro dos limites da pista de SBJF.

Entretanto, verificou-se que a aeronave efetuava uma aproximação com ângulo mais baixo, em relação aos três graus de inclinação previstos em uma trajetória correta de planeio, onde ocorreria o cruzamento da cabeceira com 50 ft de altura. Isso pode ter ocorrido em função da ausência de informações do PAPI da cabeceira 03, prejudicando o julgamento do piloto, mas, possivelmente, pode estar relacionado a uma aproximação conhecida como *shallow approach*.

Nesse tipo de aproximação, os pilotos buscam realizar uma trajetória mais baixa que a normal, visando ao toque na cabeceira e à utilização de toda a superfície da pista. Há de se considerar, porém, que essa técnica de aproximação não estava prevista no manual de operação da aeronave, além de ser rigorosamente desaconselhável, em função dos riscos na trajetória de aproximação e das consequências no desempenho de frenagem da aeronave na corrida de pouso.

O cruzamento da cabeceira da pista a 50 ft provê a separação dos obstáculos na aproximação final, além de gerar uma margem de segurança em altura, em uma fase do voo em que interferências como turbulência e tesouras de vento, podem desestabilizar a aproximação.

Destaca-se, ainda, que os cálculos de desempenho de pouso de qualquer aeronave consideram o cruzamento da cabeceira a 50 ft de altura, o toque na marca de 1.000 ft e a aplicação de frenagem máxima imediatamente após o toque na pista, sem considerar quaisquer dispositivos adicionais de quebra de sustentação e de aumento de arrasto, como *spoilers* e reversores.

Ou seja, buscar o toque na cabeceira, visando aumentar a distância de pista disponível, apenas aumentava o risco da operação, pois, caso a aeronave estivesse operando dentro dos seus limites, haveria comprimento de pista suficiente em uma aproximação normal, com o cruzamento da cabeceira a 50 ft de altura e o toque na marca de 1.000 ft.

Outra consequência desse tipo de aproximação é o aumento da distância de pouso, justamente um efeito contrário ao desejado.

David Branco Filho¹, em artigo intitulado “Vale a pena aproximar com rampa de baixo ângulo?”, publicado no site Cultura de Segurança de Voo, dizia que:

Quando comparada com uma aproximação normal, a decisão de aproximar com baixo ângulo remete a algumas considerações:

- Baixos ângulos de aproximação aumentam a dispersão longitudinal do ponto de toque, tanto para mais quanto para menos, com evidentes desvantagens para a segurança, seja provocando toque antes da pista, seja provocando um pouso longo com excursão na cabeceira oposta;
- Para manter a mesma velocidade de referência (V_{REF}) em uma aproximação de baixo ângulo, uma tração maior é requerida dos motores; por estar operando em rotação mais alta, o tempo de desaceleração (*spool-down*) dos motores a reação a partir do momento da redução para *idle* é mais longo, retardando a desaceleração da aeronave;
- Para a mesma velocidade indicada, uma rampa mais baixa resulta em componente maior na velocidade horizontal e menor na velocidade vertical;
- Devido à menor velocidade vertical, há uma tendência maior de flutuação sobre a pista no arredondamento, retardando o ponto de toque e o início da frenagem; baixas velocidades verticais também são prejudiciais quando operando em pistas contaminadas por dificultarem o rompimento da camada de contaminação, retardando o contato dos pneus com a pista e, portanto, afetando a eficiência da frenagem.

Assim, a aparente vantagem de uma aproximação de baixo ângulo, na verdade resulta em um aumento no risco da operação, pois pode afetar negativamente o desempenho de pouso devido à maior velocidade horizontal, ao maior tempo de *spool down* dos motores, maior flutuação e maior dispersão longitudinal do ponto de toque, tanto para mais quanto para menos.

No caso do EMB-500, a liberação de pressão hidráulica pela *Brake Control Unit* (BCU - unidade de controle dos freios) ocorria tão logo houvesse velocidade nas rodas do trem principal ou fossem acionados os sensores de *Weight ON Wheels* (WOW - peso sobre as rodas). Contudo, em uma aproximação de baixo ângulo, a quantidade de pressão hidráulica liberada seria limitada, pois o toque mais suave e o efeito solo tendem a deixar a aeronave mais suscetível à possibilidade de travamento das rodas.

Conforme destacado no artigo acima, em pistas molhadas ou contaminadas, pode ocorrer, ainda, a perda de contato, total ou parcial, dos pneus com a superfície da pista durante a corrida de frenagem, em função da velocidade horizontal maior em aproximações de baixo ângulo, associada a um toque mais suave, condições que favorecem a ocorrência

¹ FILHO, David Branco. Vale a pena aproximar com rampa de baixo ângulo?. 2019. Disponível em: <<https://culturade segurancadevoo.blogspot.com/2019/01/vale-pena-aproximar-com-baixo-angulo.html#:~:text=Quando%20se%20 aproxima%20com%20rampa,e%20mais%20energia%20%C3%A9%20consumida>> Acesso em: 04 mar. 2024.

do fenômeno de hidroplanagem. Destaca-se, porém, que não foram encontradas evidências de que o PR-IVI tenha incorrido nesse fenômeno.

Os dados extraídos do CVDR apresentaram várias informações relativas à desaceleração da aeronave no solo, conforme a Figura 9.



Figura 9 - Gráficos com os dados do CVDR.

Na Figura 9, foram destacados os pontos (P) sobre os quais foi possível realizar as seguintes leituras:

- P1: início do recolhimento do flape;
- P2: início do sinal de velocidade de giro das rodas (*Wheel Speed*);
- P3: liberação da pressão dos freios (*Brake Pressure*);
- P4: momento em que os pedais dos freios foram acionados (*Brake Pedals*);
- P5: indicativo de que os manetes foram avançados;
- P6: os pedais dos freios atingiram a amplitude máxima; e
- P7: redução da velocidade no decorrer da corrida de pouso (*Ground Speed*).

Com os dados de posição, velocidade e desaceleração longitudinal instantâneos ao longo da corrida de pouso, obtidos através dos dados gravados no CVDR, estimou-se, por meio de um *software* específico, a projeção de parada total da aeronave, conforme a Figura 10.



Figura 10 - Gráfico de projeção estimada de parada da aeronave.

Para realizar a leitura do gráfico da Figura 10, deve-se projetar verticalmente (para cima) a posição da aeronave em um determinado ponto, a partir da pista, até a linha oblíqua. Em seguida, deve-se estender a projeção horizontalmente até que seja alcançado o contorno da figura (linha branca).

A projeção vertical (para baixo) desse último ponto, a partir da linha branca (contorno da figura) revela, em tese, o local de parada da aeronave, dentro ou fora da pista. Dessa forma, pode-se verificar que, para o caso em questão, em nenhum momento, a dissipação de energia resultante da frenagem permitiria que ela parasse dentro dos limites da pista.

Vale ressaltar que:

- o gráfico foi elaborado especificamente com base nos dados de posição, velocidade e desaceleração longitudinal instantâneos ao longo da corrida de pouso, obtidos por meio dos dados gravados no CVDR; e
- a região VERMELHA projeta a estimada de parada da aeronave fora da área pavimentada, considerando as variáveis presentes naquele voo, por exemplo, as médias de desaceleração.

Logo após o cruzamento da cabeceira, com a aeronave ainda em voo, houve o posicionamento da alavanca de comando dos flapes para a posição 1, correspondente a 10° de deflexão da superfície.

Ressalta-se, nesse instante, um novo desvio em relação ao padrão de operação da aeronave, pois não havia qualquer item de procedimento nos manuais do fabricante estabelecendo o recolhimento dos flapes nessa fase do voo.

É provável que a decisão do PIC estivesse baseada na informação, equivocada, entre alguns pilotos, de que o recolhimento dos flapes resultaria no aumento da eficiência de frenagem da aeronave, uma vez que, ao recolher uma superfície hipersustentadora, há a consequente perda da sustentação e “afundamento” da aeronave sobre a pista, aumentando a pressão dos pneus sobre o pavimento.

O recolhimento dos flapes diminui o arrasto aerodinâmico da aeronave na corrida de pouso, justamente no instante em que se pretende reduzir a velocidade da aeronave rapidamente.

Ademais, a introdução de uma ação em um momento de alta carga de trabalho, pode culminar em desvios de atenção, aumentando o risco de desestabilização da aproximação final e do pouso, em especial em uma operação *single pilot*. Nesse tipo de operação, em que não há outro piloto monitorando e auxiliando a pilotagem, os desvios são ainda mais críticos, como, de fato, pode ter ocorrido com a aeronave PR-IVI.

O toque da aeronave na pista, indicado pelos parâmetros de velocidade de roda, ocorreu às 20h45m23s (UTC), a uma distância de 325 m da cabeceira. Nesse momento, a velocidade indicada era de 90 kt e a componente de vento de cauda era de 14 kt.

Dados do CVDR identificaram que, logo após o toque, a aeronave perdeu a reta para a esquerda, chegando próximo ao limite lateral da pista, com aplicação de freios de forma intermitente e alternada.

Nesse período, os manetes de potência dos motores foram avançados da posição IDLE para a posição CON/CLB e reduzidas novamente para a posição IDLE. Essa movimentação levou menos de dois segundos e causou um aumento momentâneo de 2% no N1 dos dois motores. Em seguida, o controle da aeronave foi reestabelecido, com o retorno ao centro da pista, momento em que os freios foram aplicados em deflexão máxima, às 20h45m31s (UTC), assim permanecendo até a parada total.

Pode-se concluir, com base nos dados do CVDR de avanço dos manetes, corroborado por entrevista após o evento, que o PIC iniciou a arremetida, mas desistiu logo em seguida, em função do controle da aeronave no solo ter sido reestabelecido. A análise de desempenho mostrou que esse aumento momentâneo teve impacto desprezível na distância de frenagem.

É provável que a perda momentânea de controle da aeronave no solo esteja relacionada com o pavimento molhado, com a velocidade possivelmente superior no ponto de toque, com a introdução do recolhimento dos flapes logo após o cruzamento da cabeceira, ou com uma junção de todos os aspectos citados.

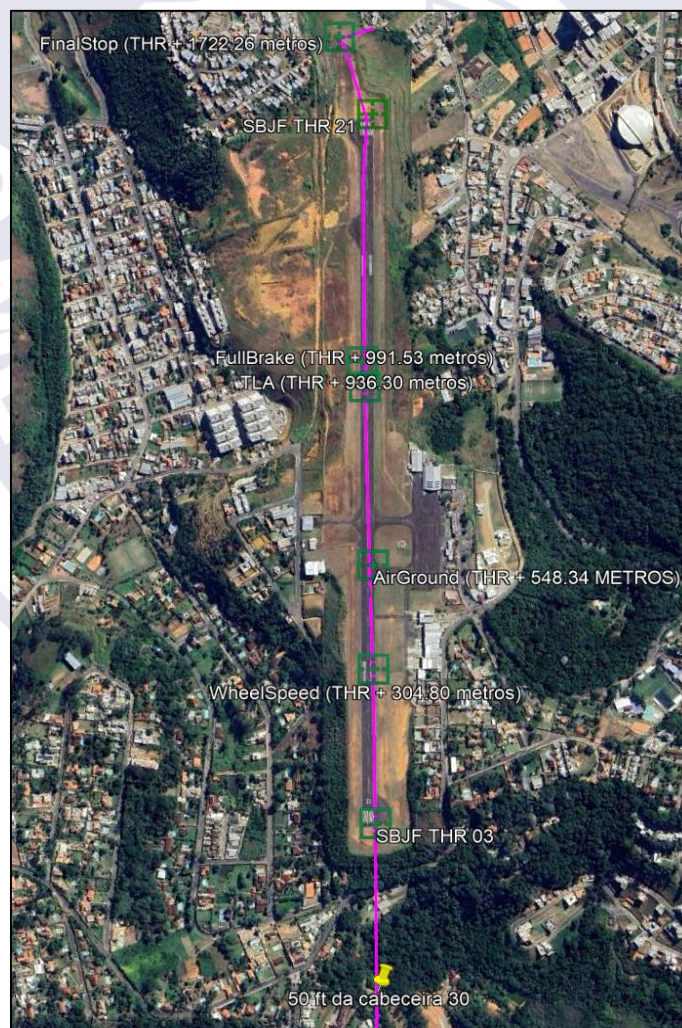


Figura 11 - Sequência de eventos.

- início do giro das rodas do trem do pouso (*wheel speed*) a 304 m da cabeceira 03;
- indicação de *ground* do *air/ground transition* a 548 m;
- manetes de potência (TLA) avançados da posição IDLE para a posição CON/CLB a 936 m;
- pedais dos freios acionados na sua amplitude máxima (*Full Brake*) a 991 m; e
- parada final a 1.722 m.

Importante destacar que o intervalo de tempo gasto para o controle da aeronave no solo, sem a aplicação dos freios em deflexão máxima, foi de 8 segundos, com o consumo de 687 m, a partir do toque na pista. Considerando que o toque ocorreu a 304 m da cabeceira, pode-se concluir que a deflexão máxima dos freios, a qual deveria ter sido feita imediatamente após o toque, somente foi efetivada quando a aeronave se encontrava a 544 m da cabeceira oposta.

Em um cenário em que a extrapolação dos limites da pista já era esperada, em função dos desvios operacionais ocorridos, quais sejam, vento de cauda acima do limite estabelecido pelo fabricante, velocidade acima da V_{REF} e emprego de uma rampa de aproximação mais baixa (*shallow approach*), a perda temporária de controle no solo, seja por quaisquer dos motivos supramencionados e o retardo na aplicação total dos pedais de freio, reduziram, ainda mais, a eficiência da frenagem.

A aeronave deixou a superfície pavimentada da pista de pouso pela cabeceira oposta às 20h45m50s (UTC), com velocidade de 28 kt, ponto em que iniciou um desvio da trajetória para a esquerda, deslocando-se por uma distância de 187 m até sua parada total.

Em 2015, o fabricante da aeronave emitiu uma *Flight Operations Letter* (FOL PHE500-002/2015), baseada na *Advisory Circular* (AC) 910-79A da *Federal Aviation Administration* (FAA), que tratava sobre boas práticas e recomendações nos procedimentos de pouso. Mais tarde, o conteúdo dessa FOL foi inserido, pelo fabricante, nos manuais operacionais da aeronave e no seu lugar foi publicada, pela EMBRAER, a *General Publication* GP-8143 - *Landing Procedure Best Practices and Recommendations*, que manteve o mesmo alerta publicado na FOL.

Essa FOL destacava alguns aspectos importantes do documento da FAA, adicionando informações pertinentes às características da aeronave. De acordo com o contido na AC910-79A, esse documento foi criado com o propósito de prover maneiras para que os pilotos e operadores pudessem identificar, compreender e mitigar o risco de uma saída de pista (*runway overrun*).

O documento da FAA comentava que os fatores que influenciavam a *landing distance* eram cumulativos, aumentando a distância total necessária para a parada da aeronave. A mencionada AC incluía uma tabela explicativa que orientava sobre o cálculo de distância de pouso, considerando a influência de vários fatores.

A FOL discorria sobre pontos-chave que contribuíam para o sucesso do pouso, como o comportamento esperado dos freios, o pouso em pistas molhadas/contaminadas, dentre outros fatores que afetavam a operação.

Segundo o fabricante da aeronave, realizar uma aproximação estabilizada era o elemento fundamental para garantir que as distâncias de parada do equipamento correspondessem às descritas no AFM, sendo que, durante uma aproximação estabilizada, a velocidade e a rampa corretas deveriam ser mantidas, utilizando-se pequenas variações de potência e arfagem.

O AFM descrevia a técnica de pouso, considerando uma rampa de 3°, na V_{REF} e o pouso por atitude. O fabricante orientava que, se a técnica de pouso não fosse seguida, as distâncias de pouso poderiam ser maiores do que as descritas no manual.

Corroborando a técnica de pouso prevista para o EMB-500, a AC-910-79A da FAA orientava que, para se reduzir a distância de parada, o *touchdown* deveria ser realizado com um toque firme, seguido da utilização dos sistemas disponíveis como *spoilers*, reversores e adequada aplicação do freio.

3. CONCLUSÕES

3.1. Fatos

- a) o piloto estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido;
- b) o piloto estava com as suas habilitações válidas;
- c) o piloto estava qualificado e possuía experiência no tipo de voo;
- d) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CVA) válido;
- e) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- f) os registros de manutenção e inspeções estavam atualizados e de acordo com os manuais e regulamentos em vigor à época do incidente;
- g) o aeródromo SBJF possuía pista de pouso de 1.535 m de comprimento, por 30 m de largura, com cabeceiras 03/21 e altitude de 2989 ft;
- h) os procedimentos IFR de SBJF não estavam disponíveis;
- i) o serviço de AFIS de SBJF não estava disponível;
- j) o acionamento do balizamento luminoso da pista e o PAPI da cabeceira 03 de SBJF não estavam disponíveis;
- k) não havia informações meteorológicas, como METAR e TAF, disponíveis em SBJF;
- l) no horário da ocorrência, informações meteorológicas de aeródromos próximos à SBJF apresentavam ventos fortes com rajadas;
- m) no momento do pouso da aeronave em SBJF, chovia na cidade e a temperatura era de 21°C;
- n) o fabricante da aeronave estabelecia o limite de 10 kt de componente de vento de cauda para operações de pouso e decolagem;
- o) de acordo com os dados gravados no CVDR, não foram identificadas quaisquer falhas nos sistemas da aeronave durante todo o voo;
- p) havia informação disponível ao PIC de direção e intensidade de vento nos equipamentos embarcados da aeronave;
- q) os cálculos de desempenho de pouso consideravam o cruzamento da cabeceira a 50 ft de altura, o toque na marca de 1.000 ft e aplicação de frenagem máxima imediatamente após o toque na pista, sem considerar quaisquer dispositivos adicionais de quebra de sustentação e de aumento de arrasto;
- r) a aeronave cruzou a cabeceira 03 com 10 ft de altura, com velocidade indicada de 102 kt (10 kt acima da V_{REF}) e com componente de vento de cauda de 12 kt;
- s) logo após o cruzamento da cabeceira, houve o comando de recolhimento dos flapes para a posição 1;

- t) não havia qualquer item de procedimento nos manuais do fabricante estabelecendo o recolhimento dos flapes durante o pouso;
- u) o toque da aeronave na pista ocorreu a uma distância de 304 m da cabeceira, com velocidade indicada de 90 kt e componente de vento de cauda de 14 kt;
- v) logo após o toque, a aeronave perdeu a reta para a esquerda, chegando próximo aos limites da pista, com aplicação de freios de forma intermitente e alternada;
- w) nesse período, os manetes de potência dos motores foram avançados da posição IDLE para a posição CON/CLB e reduzidas novamente para a posição IDLE;
- x) o intervalo de tempo gasto no controle da aeronave no solo, sem a aplicação dos pedais de freio em deflexão máxima, foi de 8 segundos, com o consumo de 687 m, a partir do toque na pista;
- y) a deflexão máxima dos freios somente foi efetivada quando a aeronave se encontrava a 544 m da cabeceira oposta;
- z) a aeronave deixou a superfície pavimentada da pista de pouso pela cabeceira oposta com velocidade de 28 kt, ponto em que iniciou um desvio da trajetória para a esquerda, deslocando-se por uma distância de 187 m até sua parada total;
- aa) a aeronave teve danos leves no radome e na carenagem do trem principal esquerdo; e
- bb) o piloto e o passageiro saíram ilesos.

3.2 Fatores Contribuintes

- Atenção - indeterminado;
- Atitude - contribuiu;
- Aplicação dos comandos - contribuiu;
- Julgamento de pilotagem - contribuiu;
- Planejamento de voo - contribuiu;
- Processo decisório - contribuiu; e
- Infraestrutura aeroportuária - 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 acidentes aeronáuticos 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”.

Recomendação emitida anteriormente à data de publicação deste relatório.

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

IG-136/CENIPA/2017 - 01

Emitida em: 25/10/2022

Divulgar os ensinamentos colhidos na presente investigação, a fim de reforçar aos operadores de EMB-500 os pontos-chave que contribuem para o sucesso do pouso contidos na *Flight Operations Letter* (FOL) PHE500-002/2015, as boas práticas e recomendações para os procedimentos de pouso, bem como motivar a consulta ao documento que deu origem a essa FOL, a AC 910-79A da FAA

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS

Em resposta à recomendação IG-136/CENIPA/2017 - 01, a ANAC informou que:

o setor competente enviou Ofício Circular a todos os operadores de aeronave modelo EMB-500 a fim de reforçar os pontos-chave que contribuem para o sucesso do pouso, contido na *Flight Operations Letter* (FOL) PHE500-002/2015, as boas práticas e recomendações para os procedimentos de pouso, e motivar a consulta ao documento que deu origem a essa FOL, a AC 91-79A da FAA.

Em 26 de março de 2024.

