

**COMANDO DA AERONÁUTICA**  
**CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE**  
**ACIDENTES AERONÁUTICOS**



**RELATÓRIO FINAL**  
**A-136/CENIPA/2020**

<b>OCORRÊNCIA:</b>	<b>ACIDENTE</b>
<b>AERONAVE:</b>	<b>PR-LMP</b>
<b>MODELO:</b>	<b>EMB-500</b>
<b>DATA:</b>	<b>30OUT2020</b>



## ADVERTÊNCIA

*Em consonância com a Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986, Artigo 86, compete ao Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER): planejar, orientar, coordenar, controlar e executar as atividades de investigação e de prevenção de acidentes aeronáuticos.*

*A elaboração deste Relatório Final, lastreada na Convenção sobre Aviação Civil Internacional, foi conduzida com base em fatores contribuintes e hipóteses levantadas, sendo um documento técnico que reflete o resultado obtido pelo SIPAER em relação às circunstâncias que contribuíram ou que podem ter contribuído para desencadear esta ocorrência.*

*Não é foco da Investigação SIPAER quantificar o grau de contribuição dos fatores contribuintes, incluindo as variáveis que condicionam o desempenho humano, sejam elas individuais, psicossociais ou organizacionais, e que possam ter interagido, propiciando o cenário favorável ao acidente.*

*O objetivo único deste trabalho é recomendar o estudo e o estabelecimento de providências de caráter preventivo, cuja decisão quanto à pertinência e ao seu acatamento será de responsabilidade exclusiva do Presidente, Diretor, Chefe ou correspondente ao nível mais alto na hierarquia da organização para a qual são dirigidos.*

*Este Relatório Final 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 a identificação de perigos e avaliação de riscos, conforme disposto no Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil (PSO-BR).*

*Este relatório não recorre a quaisquer procedimentos de prova para apuração de responsabilidade no âmbito administrativo, civil ou criminal; estando em conformidade com o Appendix 2 do Anexo 13 "Protection of Accident and Incident Investigation Records" da Convenção de Chicago de 1944, recepcionada pelo ordenamento jurídico brasileiro por meio do Decreto nº 21.713, de 27 de agosto de 1946.*

*Outrossim, deve-se salientar a importância de se resguardarem as pessoas responsáveis pelo fornecimento de informações relativas à ocorrência de um acidente aeronáutico, tendo em vista que toda colaboração decorre da voluntariedade e é baseada no princípio da confiança. Por essa razão, a utilização deste Relatório para fins punitivos, em relação aos seus colaboradores, além de macular o princípio da "não autoincriminação" deduzido do "direito ao silêncio", albergado pela Constituição Federal, pode desencadear o esvaziamento das contribuições voluntárias, fonte de informação imprescindível para o SIPAER.*

*Conseqüentemente, o seu uso para qualquer outro propósito, que não o de prevenção de futuros acidentes aeronáuticos, poderá induzir a interpretações e a conclusões errôneas.*

## SINOPSE

O presente Relatório Final refere-se ao acidente com a aeronave PR-LMP, modelo EMB-500, ocorrido em 30OUT2020, classificado como “[RE] Excursão de Pista”.

A aeronave decolou do Aeródromo de Congonhas (SBSP), São Paulo, SP, com destino ao Aeródromo de São Pedro (SSDK), Igaratinga, MG, por volta das 20h00min (UTC), a fim de transportar pessoal, com dois pilotos e dois passageiros a bordo.

A decolagem e o voo em rota ocorreram sem anormalidades. Durante a corrida após o pouso, a aeronave percorreu toda a extensão da pista e ultrapassou seus limites longitudinais, ocorrendo uma excursão de pista.

A aeronave ficou destruída.

Os dois tripulantes e os dois passageiros sofreram lesões leves.

Houve a designação de Representante Acreditado do *National Transportation Safety Board* (NTSB) - Estados Unidos, Estado de fabricação de componentes da aeronave e do *Transportation Safety Board* (TSB) - Canadá, Estado de fabricação dos motores.



## ÍNDICE

<b>GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....</b>	<b>7</b>
1.1. Histórico do voo.....	7
1.2. Lesões às pessoas.....	7
1.3. Danos à aeronave. ....	7
1.4. Outros danos.....	7
1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.....	8
1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.....	8
1.5.2. Formação.....	8
1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.....	8
1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.....	8
1.5.5. Validade da inspeção de saúde.....	8
1.6. Informações acerca da aeronave.....	8
1.7. Informações meteorológicas.....	10
1.8. Auxílios à navegação.....	11
1.9. Comunicações.....	11
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	12
1.11. Gravadores de voo.....	13
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.....	13
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	15
1.13.1. Aspectos médicos.....	15
1.13.2. Informações ergonômicas.....	15
1.13.3. Aspectos Psicológicos.....	15
1.14. Informações acerca de fogo.....	16
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	17
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	17
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.....	22
1.18. Informações operacionais.....	22
1.19. Informações adicionais.....	25
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	25
<b>2. ANÁLISE.....</b>	<b>25</b>
<b>3. CONCLUSÕES.....</b>	<b>27</b>
3.1. Fatos.....	27
3.2. Fatores contribuintes.....	28
<b>4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA .....</b>	<b>28</b>
<b>5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....</b>	<b>28</b>

**GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS**

AFM	<i>Aircraft Flight Manual</i> - manual de voo de aeronave
ALD	<i>Actual Landing Distance</i> - distância de pouso real
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
BCU	<i>Brake Control Unit</i> - unidade de controle dos freios
BCV	<i>Brake Control Valve</i> - válvula de controle do freio
BECMG	<i>Becoming</i> - transformando-se
BIT	<i>Integrated Maintenance\Built-in Test</i> - manutenção integrada / teste integrado
BKN	<i>Broken (5-7 Oktas)</i> - nublado (5 a 7 oitavos)
CB	Nuvem <i>Cumulonimbus</i>
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CVA	Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade
CVDR	<i>Cockpit Voice and Data Recorder</i> - gravador de voz e dados da cabine
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
EPTA	Estações Prestadoras de Serviços de Telecomunicações e de Tráfego Aéreo
FEW	<i>Few (1 And 2 Oktas)</i> - pouco (1 e 2 oitavos)
GOES	<i>Geostationary Operational Environmental Satellite</i> - satélite ambiental operacional geoestacionário
GPS	<i>Global Positioning System</i> - sistema de posicionamento global
IAM	Inspeção Anual de Manutenção
IFR	<i>Instrument Flight Rules</i> - regras de voo por instrumentos
IFRA	Habilitação de Voo por Instrumentos - Avião
LABDATA	Laboratório de Leitura e Análise de Dados de Gravadores de Voo
LH	<i>Left Hand</i> - lado esquerdo
MCA	Manual do Comando da Aeronáutica
METAR	<i>Meteorological Aerodrome Report</i> - reporte meteorológico de aeródromo
MFD	<i>Multi Function Display</i> - display de multi-função
NM	<i>Nautical Miles</i> - milhas náuticas
NSCA	Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica
OPERA	<i>Optimized Performance Analyzer</i> - analisador otimizado de desempenho
OVC	<i>Overcast (8 Oktas)</i> - encoberto (8 oitavos)
PAPI	<i>Precision Approach Path Indicator</i> - indicador de trajetória de aproximação de precisão
PCM	Licença de Piloto Comercial - Avião

PIC	<i>Pilot in Command</i> - piloto em comando
PLA	Licença de Piloto de Linha Aérea - Avião
PN	<i>Part Number</i> - número da peça
POH	<i>Pilot's Operating Handbook</i> - manual de operação do piloto
PPR	Licença de Piloto Privado - Avião
PSI	<i>Pound Force Per Square Inch</i> - libras por polegada quadrada
PSO-BR	Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil
RA	<i>Rain</i> - chuva
REDEMET	Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica
RE	<i>Recent</i> - recente
RH	<i>Right Hand</i> - lado direito
RLD	<i>Required Landing Distance</i> - distância de pouso requerida
RMK	<i>Remark</i> - observação
SB	<i>Service Bulletin</i> - boletim de serviço
SBBH	Designativo de localidade - Aeródromo da Pampulha, Belo Horizonte, BH
SBCF	Designativo de localidade - Aeródromo Tancredo Neves, Belo Horizonte, BH
SBSP	Designativo de localidade - Aeródromo de Congonhas, São Paulo, SP
SCT	<i>Scattered (3 And 4 Oktas)</i> - dispersas (3 e 4 oitavos)
SIC	<i>Second in Command</i> - piloto segundo em comando
SIGWX	<i>Significant Weather Chart</i> - carta de tempo significativo
SOP	<i>Standart Operational Procedures</i> - procedimentos operacionais padrão
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SSDK	Designativo de localidade - Aeródromo de São Pedro, Igaratinga, MG
TAF	<i>Terminal Aerodrome Forecast</i> - previsão meteorológica de aeródromo
TAWS	<i>Terrain Awareness Warning System</i> - sistema de reconhecimento e alerta de terreno
TLA	<i>Thrust Lever Angle</i> - ângulo do manete de potência
TN	<i>Minimum Temperature (Followed In Taf)</i> - temperatura mínima (indicada no TAF)
TPP	Categoria de Registro de Serviços Aéreos Privados
TSRA	<i>Thunderstorm Rain</i> -trovoada seguida de chuva
TX	<i>Maximum Temperature (Followed In TAF)</i> - temperatura máxima (indicada no TAF)
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> - tempo universal coordenado
VFR	<i>Visual Flight Rules</i> - regras de voo visual
V <sub>REF</sub>	Velocidade de Referência

## 1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	<b>Modelo:</b> EMB-500	<b>Operador:</b> TRACBEL S/A
	<b>Matrícula:</b> PR-LMP	
	<b>Fabricante:</b> EMBRAER	
Ocorrência	<b>Data/hora:</b> 30OUT2020 - 20:50 (UTC)	<b>Tipo(s):</b> [RE] Excursão de pista
	<b>Local:</b> Aeródromo de São Pedro (SSDK)	
	<b>Lat.</b> 20°04'33"S <b>Long.</b> 044°43'42"W	
	<b>Município - UF:</b> Igaratinga - MG	

### 1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Aeródromo de Congonhas (SBSP), São Paulo, SP, com destino ao Aeródromo de São Pedro (SSDK), Igaratinga, MG, por volta das 20h00min (UTC), a fim de transportar pessoal, com dois pilotos e dois passageiros a bordo.

A decolagem e o voo em rota ocorreram sem anormalidades. O pouso foi realizado na pista 29 de SSDK, a aeronave percorreu toda a extensão da pista e ultrapassou seus limites.

Após a saída da pista, a aeronave colidiu contra um objeto no solo, percorreu cerca de 130 m, precipitou-se de uma altura aproximada de 10 m e incendiou-se.

A aeronave ficou destruída.

Os tripulantes e os passageiros sofreram lesões leves.



Figura 1 - Aeronave após a parada total.

### 1.2. Lesões às pessoas.

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	-	-	-
Graves	-	-	-
Leves	2	2	-
llesos	-	-	-

### 1.3. Danos à aeronave.

A aeronave ficou destruída.

### 1.4. Outros danos.

Não houve.

## 1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.

### 1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.

Horas Voadas		
Discriminação	PIC	SIC
Totais	7.300:00	676:40
Totais, nos últimos 30 dias	25:00	34:00
Totais, nas últimas 24 horas	02:00	02:50
Neste tipo de aeronave	2.350:00	409:20
Neste tipo, nos últimos 30 dias	25:00	34:00
Neste tipo, nas últimas 24 horas	02:00	02:50

**Obs.:** os dados relativos às horas voadas foram obtidos por meio de informações prestadas pelos pilotos.

### 1.5.2. Formação.

O Piloto em Comando (PIC) realizou o curso de Piloto Privado - Avião (PPR) na Escola de Aviação CHB de Belo Horizonte, MG, em 1999.

O piloto Segundo em Comando (SIC) realizou o curso de Piloto Privado - Avião (PPR) na Escola de Aviação *Starflight* de Belo Horizonte, MG, em 2010.

### 1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.

O 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 Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas.

O SIC possuía a licença de Piloto Comercial - Avião (PCM) e estava com as habilitações de aeronave tipo EPHN e IFRA válidas.

### 1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

O PIC possuía em torno de 7.300 horas de voo em aeronaves dos modelos BE-9T/9L/33, C182/210, CSE5, CAP-4, E50 e PA-28/34.

O SIC possuía em torno de 676 horas de voo em aeronaves dos modelos BE-58/9L, C-150/152/182/510, E50, PA-34/46 e SR-20/22.

O PIC e o SIC haviam realizado treinamento em simulador de voo para a aeronave EMB-500 no CAE *Flight Training* em Guarulhos, SP, concluindo-o em novembro de 2019.

Ambos os pilotos estavam qualificados e possuíam experiência no tipo de voo.

### 1.5.5. Validade da inspeção de saúde.

Os pilotos estavam com os Certificados Médicos Aeronáuticos (CMA) válidos.

## 1.6. Informações acerca da aeronave.

A aeronave, modelo Phenom 100, de número de série 50000094, foi fabricada pela EMBRAER, em 2009, e estava inscrita na Categoria de Registro de Serviços Aéreos Privados (TPP).

O Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade (CVA) estava válido.

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

A última inspeção da aeronave mais abrangente, do tipo "Inspeção Anual de Manutenção (IAM)", foi realizada em 18MAIO2020 pela organização de manutenção OPD *Aviation*, em Belo Horizonte, MG, estando com 87 horas e 15 minutos voados após a inspeção.

O Phenom 100 era um avião pressurizado de asa baixa com trem de pouso triciclo totalmente retrátil, com um único pneu em cada perna, e concebido para ser operado em pistas pavimentadas. Ele foi certificado sem sistema de reversores nos motores.

A aeronave acidentada não era equipada com sistemas aerodinâmicos geradores de arrasto, como *ground spoilers* ou *speed brakes*.

O sistema de freios da aeronave PR-LMP era composto por dois subsistemas: o de freio principal e o de freio de emergência/estacionamento. Esses sistemas eram atuados pelo sistema hidráulico da aeronave.

A função do freio principal era controlar a pressão hidráulica nos freios em função da pressão aplicada nos pedais.

O freio principal consistia em um sistema de freio eletrônico controlado pelo PIC ou SIC por meio dos pedais de freio. Os pedais de freio acionavam os transdutores de pedal que enviavam os sinais de freio para a *Brake Control Unit* (BCU - unidade de controle dos freios), que controlava os freios LH e RH (esquerdo e direito) de forma independente.

O freio de cada roda era comandado por uma *Brake Control Valve* (BCV - válvula de controle do freio) dedicada. A BCU media a saída do transdutor de velocidade da roda, do transdutor do pedal e do transdutor de pressão; e fornecia um comando elétrico correspondente à BCV associada.

A pressão hidráulica era disponibilizada para os freios por meio de uma válvula solenoide (BCV), controlada eletronicamente pela BCU. Essa válvula fornecia pressão quando os pedais eram pressionados e a aeronave estava no solo.

Além disso, o sistema de freios possuía proteção antiderrapante (*antiskid*), que tinha por função prevenir derrapagens, bem como maximizar a eficiência dos freios de acordo com as condições da superfície das pistas. O *antiskid* controlava a quantidade de pressão hidráulica aplicada aos freios e, se necessário, reduzia essa pressão para recuperar a velocidade das rodas e evitar travamentos e derrapagens.

Em uma condição de hidroplanagem, a aplicação dos freios não resultaria em desaceleração significativa da aeronave, uma vez que o atrito com o solo seria muito reduzido. Nas aeronaves equipadas com sistema de freio *antiskid*, o travamento das rodas é minimizado, visto que a pressão para o freio é liberada, gradativamente, até que o atrito com o solo seja reestabelecido.

Em caso de utilização do sistema de freio de emergência/estacionamento, a pressão hidráulica aplicada no conjunto de freio seria proporcional ao deslocamento da alavanca de acionamento. Nessa condição, a proteção *antiskid* não estaria disponível.

O sistema de freios também possuía a função *Integrated Maintenance / Built-in Test* (BIT - manutenção integrada / teste integrado) que provia o monitoramento e a indicação de falhas no sistema.

A Comissão de Investigação identificou que, em 18MAIO2020, foi instalada na aeronave PR-LMP a BCU-7 *Part Number* (PN - número da peça) 90005034-7.

Em 23ABR2021, data posterior à do acidente em tela, o fabricante da aeronave emitiu o *Service Bulletin* (SB - boletim de serviço) SB500-32-0019, recomendando, de forma não mandatária, a substituição dos modelos BCU-7 pelos BCU-8 PN 90005034-8, no prazo de 36 meses ou 1.800 horas de voo, o que ocorresse primeiro.

De acordo com o SB500-32-0019, a motivação para a emissão dessa publicação técnica seria a existência de reportes de pilotos relacionados a percepção de baixo desempenho de frenagem durante pousos com aeronaves equipadas com a BCU-7.

Contudo, as modificações incorporadas no sistema de freio pela BCU-8 não trouxeram alterações nas distâncias de frenagem, ou seja, as aeronaves com a BCU-8 instalada deveriam utilizar a mesma versão do *software* de planejamento operacional (OPERA - *Optimized Performance Analyzer*) que as aeronaves equipadas com a BCU-7.

### 1.7. Informações meteorológicas.

O *Terminal Aerodrome Forecast* (TAF - previsão meteorológica de aeródromo) do Aeródromo da Pampulha (SBBH), Belo Horizonte, MG, distante 46 NM de SSDK, trazia as seguintes informações:

TAF SBBH 301600Z 3018/3106 06005KT 8000 BKN035 TX28/3018Z TN18/3106Z  
TEMPO 3018/3022 TSRA BKN030 FEW040CB BECMG 3023/3101 13007KT RA  
SCT007 BKN030 RMK PGH

Para o intervalo de tempo que compreendeu o horário do acidente, o TAF de SBBH, do dia 30OUT2020, emitido às 16h00min (UTC), previa céu nublado a 3.000 ft, chuva e trovoadas.

A *Significant Weather Chart* (SIGWX - carta de tempo significativo), gerada às 09h50min (UTC) de 30OUT2020, com validade até às 00h00min (UTC) de 31OUT2020, ilustrava a presença de pancadas de chuva e nuvens *Cumulus Nimbus* (CB) embutidas, com base a 2.700 ft e topo acima do FL 250.

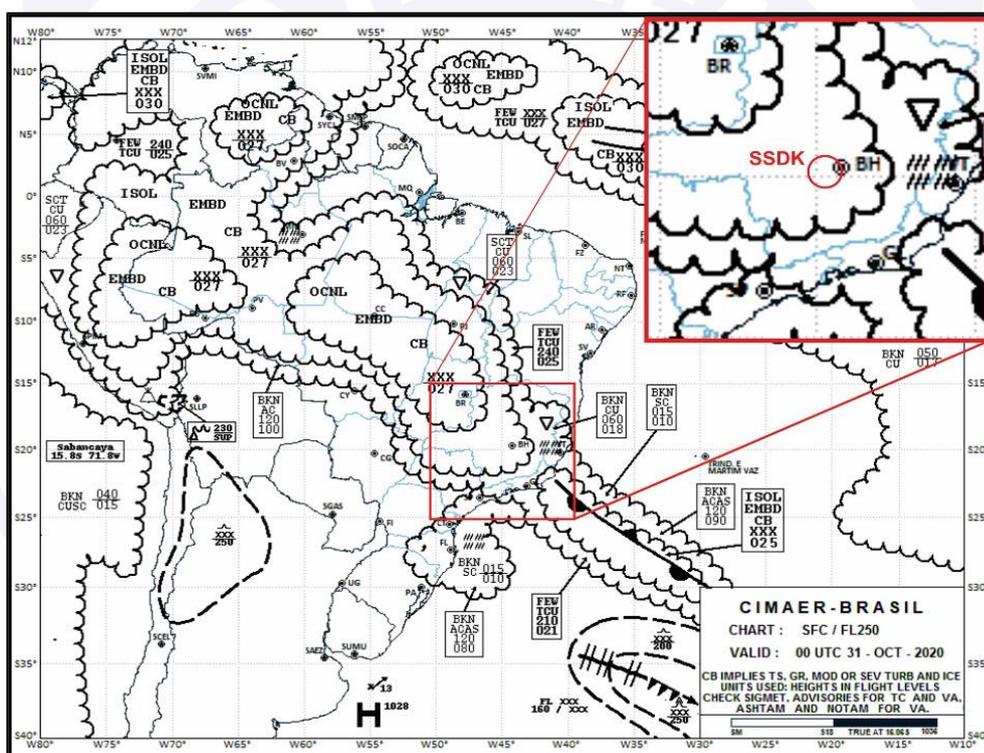


Figura 2 - Carta SIGWX gerada às 09h50min(UTC), de 30OUT2020.  
Fonte: Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET).

Os *Meteorological Aerodrome Report* (METAR - reporte meteorológico de aeródromo) dos Aeródromos de SBBH e Tancredo Neves (SBCF), Belo Horizonte, MG, localizados, respectivamente, a 46 NM e 50 NM do local do acidente, traziam as seguintes informações:

METAR SBBH 301900Z 09006KT 9999 FEW010 BKN040 BKN100 22/18 Q1013=  
METAR SBBH 302000Z 00000KT 9999 BKN040 BKN080 23/19 Q1014=  
METAR SBBH 302100Z 10007KT 9999 BKN040 BKN080 23/18 Q1015=  
SPECI SBBH 302115Z 10002KT 4000 -RA SCT010 BKN020 OVC090 22/19  
Q1015=

METAR SBCF 301900Z 02007KT 9999 TS VCSH FEW017 BKN035 FEW040CB  
BKN080 23/19 Q1013=

METAR SBCF 302000Z VRB02KT 9999 4000N TS -SHRA FEW010 SCT035  
FEW040CB BKN100 22/19 Q1014=

METAR SBCF 302100Z 13003KT 100V180 9999 4000N -RA FEW010 BKN030  
BKN070 21/20 Q1015 RETS=

De acordo com as mensagens geradas, as condições observadas nos horários próximos ao do acidente registravam trovoada, pancada de chuva e visibilidade de 4.000 m em ambos os aeródromos distantes entre 46 NM e 50 NM de SSDK.

A imagem de satélite das 20h50min (UTC), do dia 30OUT2020, canal 16, registrava nuvens baixas com características que indicavam a presença de precipitação a oeste de SSDK.

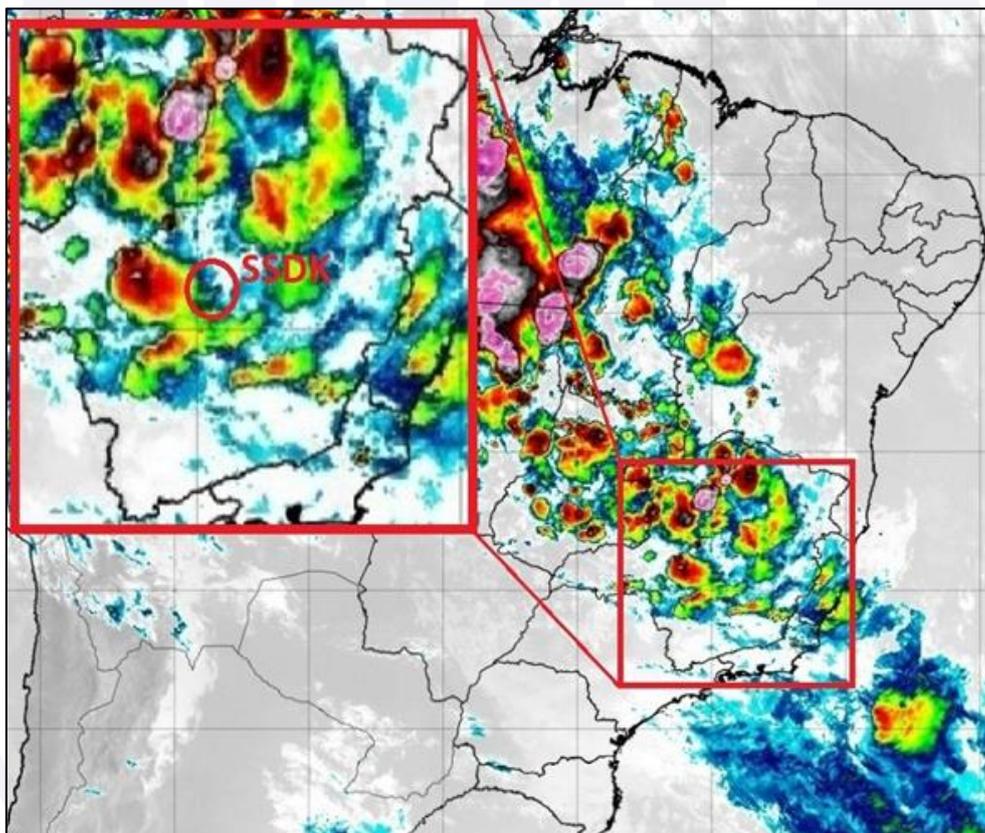


Figura 3 - Imagem de satélite GOES 16 canal 16, de 30OUT2020 às 20h50min (UTC).  
Fonte: adaptado do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

De acordo com relatos de observadores, havia ocorrido chuva forte antes da chegada da aeronave PR-LMP para pouso em SSDK.

Os pilotos envolvidos no acidente afirmaram que estavam cientes das condições meteorológicas em SSDK e que operavam sob *Visual Flight Rules* (VFR - regras de voo visual) na chegada em seu destino.

### 1.8. Auxílios à navegação.

Nada a relatar.

### 1.9. Comunicações.

Segundo os áudios de comunicação entre o PR-LMP e os órgãos de controle, verificou-se que a tripulação manteve contato rádio satisfatório e que não houve anormalidade técnica de equipamentos de comunicação durante o voo.

### 1.10. Informações acerca do aeródromo.

O aeródromo era privado, administrado pela Predial J. M. Imobiliária e Participações S. A., e operava VFR, em período diurno e noturno.

A pista era de asfalto, com cabeceiras 11/29, dimensões de 1.300 x 23 m, com elevação de 2.728 ft.

A Comissão de Investigação identificou um “manual de facilidades” que continha informações acerca da operação em SSDK. Constavam nesse manual as seguintes informações acerca de aproximação/pouso:

- Pista de pouso com 1.300 metros de asfalto;
- Na fraseologia utilize “Aeroporto São Pedro”;
- Zona de toque 500’ e 1000’ em ambas as cabeceiras;
- Pista 29 - gradiente +1,51%;
- O Aeroporto SSDK está inserido no *Database Jeppesen e Lufthansa*; e
- Siga as instruções do Balizador para estacionamento no pátio.

O manual continha, ainda, as seguintes informações do tempo do aeroporto:

Informações meteorológicas podem ser obtidas por meio do Aplicativo “*Weather Wunderground*”. A busca por “Itauna” retornará a estação SSDK, Aeroporto São Pedro.

As informações aeronáuticas oficiais davam conta de que havia um *Precision Approach Path Indicator* (PAPI - indicador de trajetória de aproximação de precisão) disponível para a cabeceira 11. A rampa de aproximação era regulada para 3,34° naquela localidade.

Na Figura 4, registrada durante o processo de investigação, observou-se uma condição espelhada da pista de pouso logo após uma chuva forte.



Figura 4 - Cabeceira 29 de SSDK molhada e espelhada após chuva.

A condição de espelhamento observada na Figura 4 era semelhante à do dia do acidente, conforme imagem da Figura 5 registrada por um passageiro durante a aproximação para o pouso no aeródromo em questão no dia da ocorrência.



Figura 5 - Condições da pista no dia do acidente.

Não foi possível verificar se havia contaminantes na pista, além de água, que pudessem reduzir o seu coeficiente de atrito.

Foi observado que a pista não possuía ranhuras transversais para escoamento de água, conhecidas como *grooving*. A Comissão de Investigação não identificou histórico de medição de coeficiente de atrito e nem de medição de macrotextura da pista.

Por se tratar de um aeródromo privado, não havia requisitos sobre esses aspectos estabelecidos pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

Para este aeródromo, não era requerida a operação de Estação Prestadora de Serviços de Telecomunicações e de Tráfego Aéreo (EPTA) que informasse as condições do aeródromo às tripulações.

#### 1.11. Gravadores de voo.

A aeronave estava equipada com um *Cockpit Voice and Data Recorder* (CVDR - gravador de voz e dados da cabine), modelo FA2100, PN 2100-3083-50, fabricado pela L3 Communication.

O gravador foi encaminhado ao Laboratório de Leitura e Análise de Dados de Gravadores de Voo (LABDATA) do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), onde foi realizado o *download* dos dados com sucesso, constatando-se que as gravações foram interrompidas após o primeiro impacto.

#### 1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

Segundo relatos dos pilotos, ao perceberem que não seria possível manter a aeronave dentro dos limites da pista, foi comandada uma curva à direita em busca de uma área melhor para o escape.

No curso da ação inicial de investigação, foram identificadas marcas contínuas na pista que terminavam no ponto em que a aeronave PR-LMP excursionou.

As marcas originaram-se em decorrência da “limpeza” gerada pela borracha dos pneus da aeronave em contato com o pavimento (Figura 6).

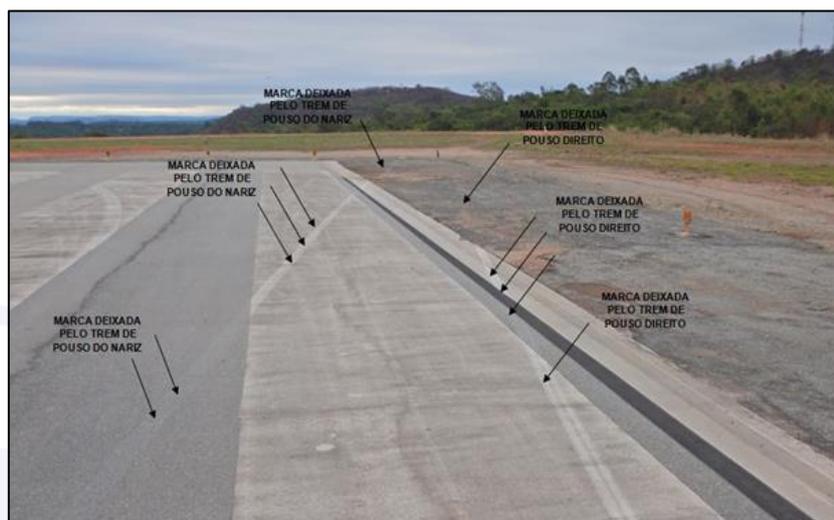


Figura 6 - Marcas com um perfil de saída à direita da cabeceira 11 de SSDK.

De acordo com evidências físicas do local, foi possível observar que a aeronave colidiu contra um objeto no solo que se encontrava fora dos limites da pista. O primeiro impacto da aeronave ocorreu próximo à ponta da asa direita e acarretou a perda de controle.

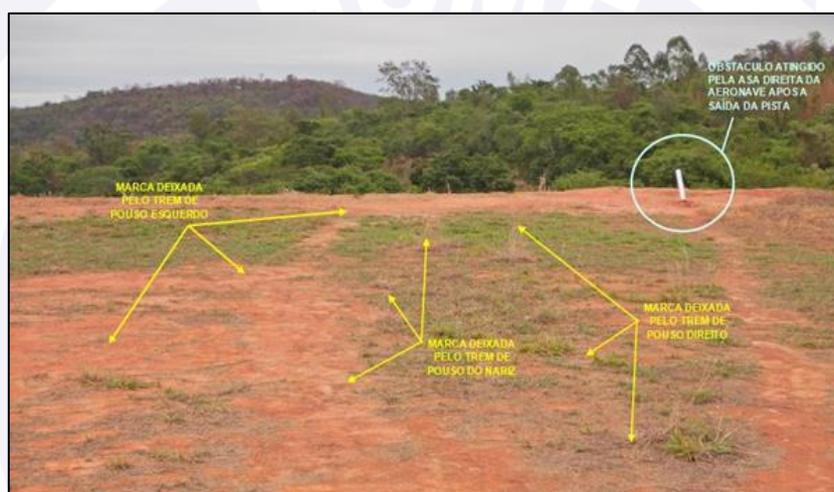


Figura 7 - Local do primeiro impacto com marcas do trem de pouso da aeronave.



Figura 8 - Asa direita da aeronave com danos decorrentes do impacto contra o obstáculo após a saída da pista.

O relevo do local era predominantemente irregular e continha árvores em seu entorno.

Foi observada uma diferença de altura de, aproximadamente, 10 m, entre a cabeceira da pista 11 de SSDK e o local de parada da aeronave.



Figura 9 - Local de parada dos destroços com vista do barranco próximo à cabeceira 11 de SSDK.

Conforme relatos dos pilotos, os motores continuaram funcionando em alta rotação após a parada total e a aeronave incendiou-se.

Em decorrência, a cabine de comando, cabine de passageiros e demais componentes internos da aeronave foram consumidos pelo fogo.

### **1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.**

#### **1.13.1. Aspectos médicos.**

Não houve evidência de que ponderações de ordem fisiológica ou de incapacitação tenham afetado o desempenho dos tripulantes.

#### **1.13.2. Informações ergonômicas.**

Nada a relatar.

#### **1.13.3. Aspectos Psicológicos.**

O PIC foi contratado para exercer a função de Comandante, iniciando suas atividades na empresa em 2010.

Conforme levantado pela Comissão de Investigação, o PIC recebia os voos programados com antecedência, por *e-mail*, encaminhados pela administração da empresa, de acordo com a agenda dos proprietários.

No que tange ao voo do acidente, a missão consistia em transportar o Vice-presidente da empresa e um passageiro entre São Paulo e Minas Gerais.

De acordo com o planejamento, embora o PIC já tivesse operado no local de destino (SSDK), ele entrou em contato com outro piloto que operava baseado naquela localidade, a fim de obter informações atualizadas.

Conforme dados levantados em entrevistas, havia chovido antes do pouso e a pista estava molhada. Apesar de ser experiente na rota, o PIC não havia realizado outros voos em condições semelhantes na localidade.

Momentos antes do pouso, após o contato com um operador de rádio local, o PIC decidiu realizar a aproximação para a cabeceira 29. Ele estava ciente das condições da pista e, segundo ele, buscou aplicar técnicas de pouso que permitissem a parada da aeronave na menor distância possível.

Conforme relato em entrevista, o *slope* positivo (*uphill*) encontrado no pouso pela cabeceira 29, aliado ao vento considerado calmo, eram fatores que influenciaram nas decisões sobre a operação naquela ocasião, uma vez que a operação se dava próxima aos limites do envelope de voo da aeronave e a pista estava molhada.

Após realizar o toque, o PIC teve a percepção de que a aeronave não estaria desacelerando conforme o esperado e, em razão disso, decidiu tentar uma arremetida. Nesse momento, ele foi alertado pelo SIC de que não tinha velocidade e nem pista para realizar o procedimento com sucesso e desistiu de tentar essa manobra.

Diante desse cenário, não foi possível manter a aeronave dentro dos limites da pista e o PIC decidiu desviar a trajetória da aeronave para o lado direito, onde havia uma área de escape com menos obstáculos.

De acordo com registros verificados pela Comissão de Investigação, os pilotos realizavam, em média, de 1 a 2 voos por semana, acumulando de 14 a 25 horas por mês. Não foram identificados indícios de sobrecarga de trabalho nem de fadiga dos tripulantes.

Apesar da presença do Vice-presidente da empresa a bordo, não foi observada pressão externa, principalmente por parte do operador da aeronave, para que o voo fosse realizado nas condições apresentadas.

Conforme dados levantados, o PIC tinha autonomia para abortar o voo quando avaliasse que algo pudesse colocar a operação em risco. Inclusive, já havia abortado algumas etapas, anteriormente, por não ter as condições favoráveis para o voo.

Quanto à vida pessoal e profissional, o PIC declarou estar vivenciando uma fase equilibrada, sem maiores adversidades. Na noite anterior, ele teve boa noite de sono e não houve relatos de questões psicológicas que pudessem interferir ou impactar a operação.

O PIC e o SIC se conheciam antes de trabalharem juntos na empresa e tinham uma relação de amizade.

#### **1.14. Informações acerca de fogo.**

De acordo com relatos dos pilotos, ao realizarem os procedimentos de evacuação de emergência, eles observaram que não foi possível efetuar o corte dos motores por meio dos ENG START/STOP *knobs* e nem pelos SHUTOFF 1 & 2 *buttons*.

Os motores continuaram a funcionar durante os procedimentos de evacuação dos tripulantes e passageiros. Segundo relatos dos envolvidos, havia grande quantidade de combustível vazando das asas, que foi o material de combustão que deu origem ao fogo.

A fonte de ignição, possivelmente, originou-se dos motores que se mantiveram em alta rotação após a parada da aeronave e não puderam ser desligados após os impactos.

O Aeródromo de SSDK não dispunha de serviço de contraincêndio. O Corpo de Bombeiros local foi acionado e fez o combate ao fogo, que foi controlado cerca de quatro horas após o acidente.



Figura 10 - Vista traseira esquerda dos destroços da aeronave PR-LMP.

### 1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.

A primeira tentativa de resgate das vítimas foi realizada por pessoas que aguardavam a chegada da aeronave PR-LMP em SSDK.

Conforme relato de observadores, momentos após o acidente se consumar, foi observada fumaça proveniente do local onde a aeronave estava. Ao aproximarem-se, os observadores viram a aeronave em chamas e os motores funcionando em alta rotação com ruídos elevados.

Naquela ocasião, os dois tripulantes e os dois passageiros já haviam se evadido, por meios próprios, do local do acidente.

### 1.16. Exames, testes e pesquisas.

Os dados obtidos por meio do CVDR permitiram identificar os eventos relacionados ao pouso com as suas respectivas distâncias em relação à cabeceira da pista 44 29, conforme detalhado na Figura 11.

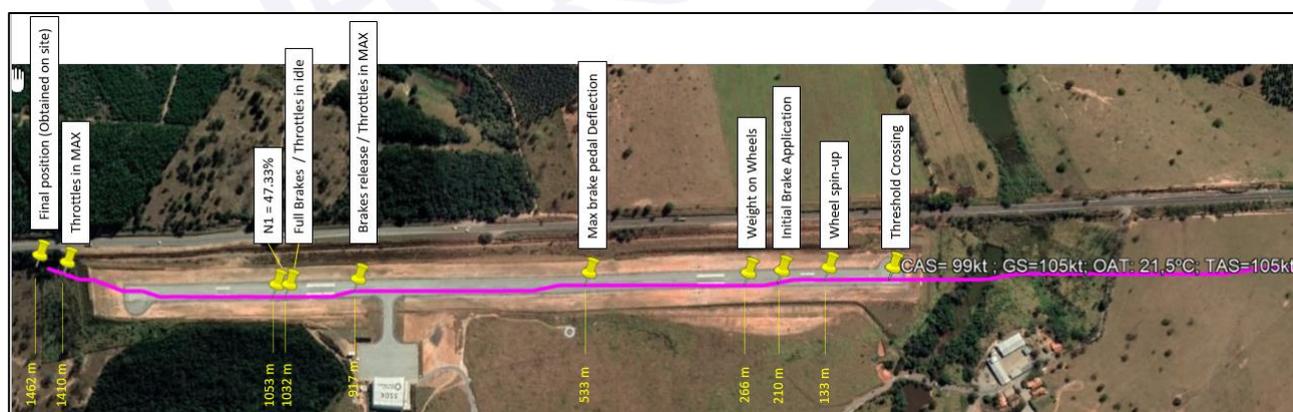


Figura 11 - Sequência de eventos durante o pouso com as suas respectivas distâncias em relação à cabeceira da pista 11. Fonte: adaptado Google Earth.

Adicionalmente, foram obtidos os dados constantes das Figura 12, 13 e 14.

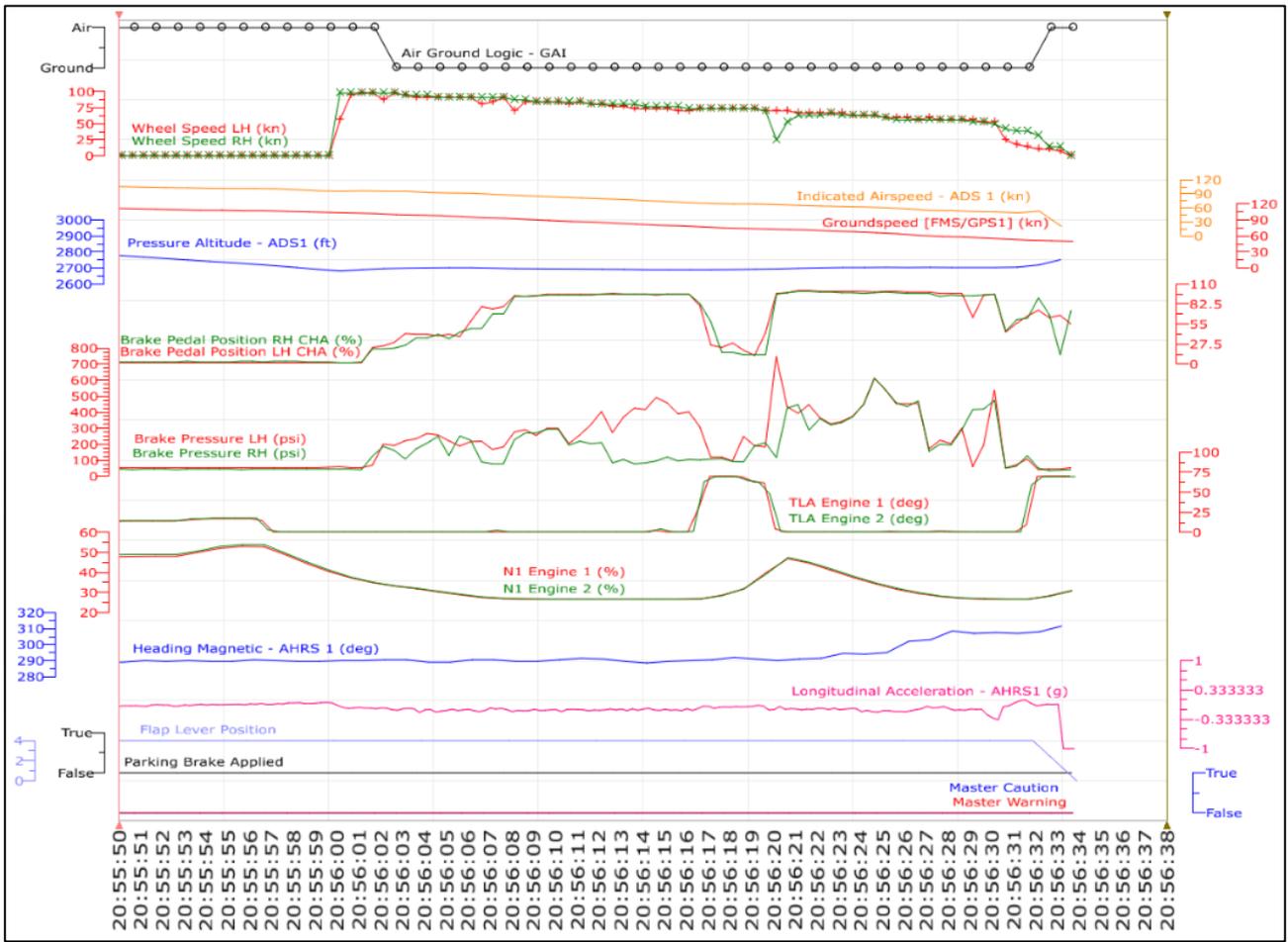


Figura 12 - Dados da aproximação e pouso obtidos por meio da leitura do CVDR.

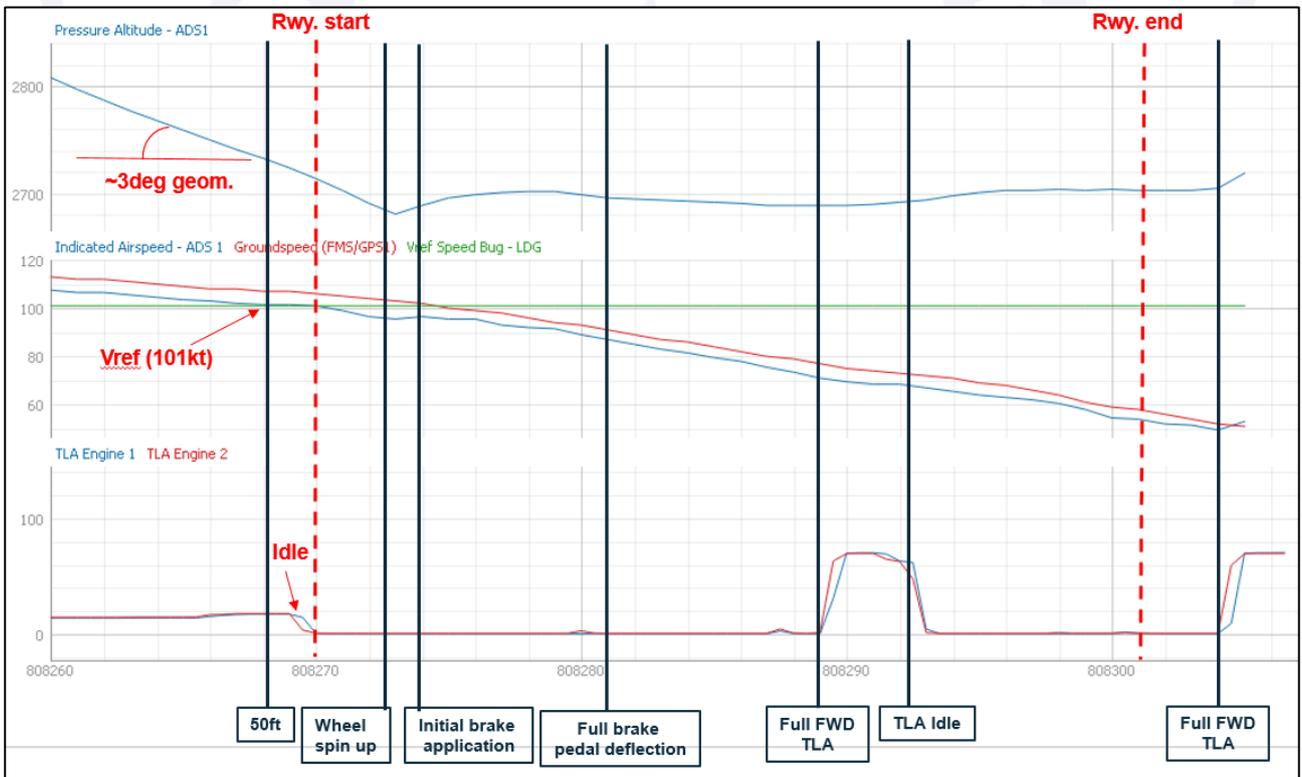


Figura 13 - Dados da altitude pressão, velocidade indicada e no solo e Thrust Lever Angle (TLA - ângulo do manete de potência).

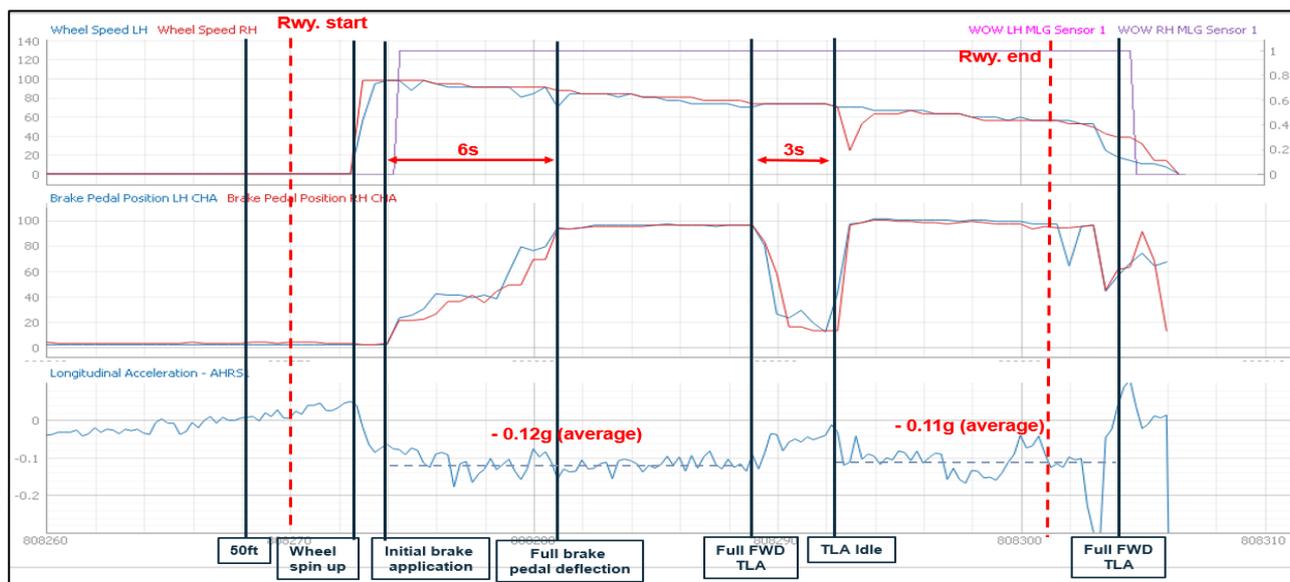


Figura 14 - Dados da velocidade das rodas, posição dos pedais de freio e aceleração longitudinal.

De acordo com o fabricante, os valores calculados de *Actual Landing Distance* (ALD - distância de pouso real) levavam em consideração uma aproximação onde a aeronave cruzava 50 ft de altura sobre a cabeceira na velocidade de referência, em uma rampa estabilizada de 3° e a utilização máxima dos freios imediatamente após o toque, conforme ilustrado na Figura 15.

A *Required Landing Distance* (RLD - distância de pouso requerida) era publicada pelo fabricante da aeronave no *Aircraft Flight Manual* (AFM - manual de voo da aeronave) e considerava a aplicação de fatores adicionais de margem de segurança sobre a ALD.

A definição de ALD e RLD, de acordo com a ANAC<sup>1</sup>, eram as seguintes:

**ALD:** *Actual Landing Distance*. Distância necessária para pousar e frear a aeronave até a parada total, após cruzar a cabeceira da pista a 50 pés. Não inclui nenhum fator adicional de margem de segurança, e representa o melhor desempenho da aeronave para as respectivas condições de pouso.

**RLD:** *Required Landing Distance*. Distância requerida para pousar e frear a aeronave até a parada total. Obtida por meio da aplicação de fatores adicionais de margem de segurança à ALD.

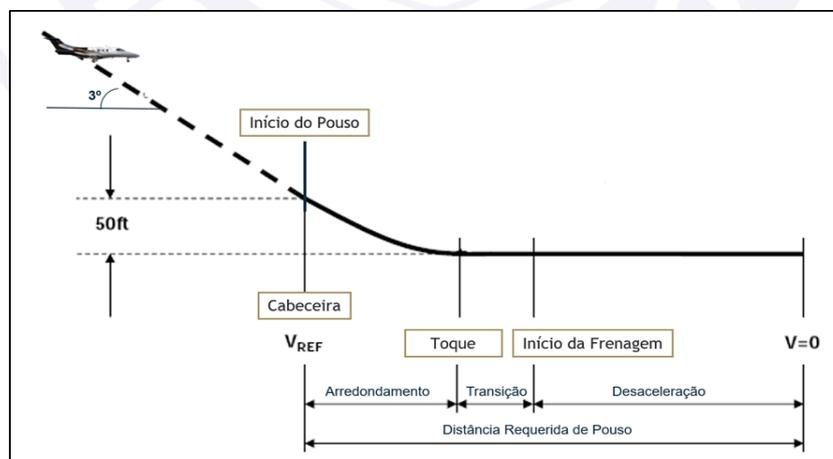


Figura 15 - Condições consideradas para o cálculo de distância de pouso requerida.

<sup>1</sup> Fonte: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2020/48/anexo-iv-is-91-009a.pdf>.

A análise dos dados gravados no CVDR e dos gráficos revelaram que:

- a velocidade de referência para pouso era de 100 kt;
- o ângulo médio da rampa empregado ao longo da descida foi de 3,9°;
- ao ingressar na reta final, a aeronave estava a 1,4 NM da pista, a uma altura de 578 ft, mantendo 126 kt, com ângulo de arfagem de -7° e empregando uma razão de descida de, aproximadamente, 1.500 ft/min. O ângulo médio da rampa empregado deste ponto até cruzar 50 ft de altura foi de 3,8°;
- a aeronave cruzou 50 ft de altura, aproximadamente, 130 m antes da cabeceira;
- a velocidade a 50 ft era de 101 kt, 1 kt acima da Velocidade de Referência ( $V_{REF}$ ) calculada para o pouso;
- os manetes foram colocados em *idle*, logo após a aeronave passar por 28ft de altura;
- os freios começaram a ser aplicados 2 segundos após o início do giro das rodas do trem principal;
- a deflexão máxima dos pedais de freio foi atingida 6 segundos após o início da sua aplicação;
- quando próximo a 370 m para o final da pista, o PIC comandou os manetes todos à frente e liberou a aplicação dos freios;
- 3 segundos após, os manetes foram reduzidos para *idle* e os pedais de freios foram totalmente aplicados; e
- a aeronave saiu da pista com, aproximadamente, 58 kt de velocidade no solo.

Adicionalmente, foi possível levantar as informações do sistema de freio através dos dados gravados no CVDR. 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 *Multi Function Display* (MFD - display de multi-função) 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*).

No gráfico da Figura 16, é possível observar uma consistente correlação entre a corrente elétrica da válvula dos freios e a pressão dos freios. A pressão liberada estava de acordo com o que era esperado para o nível de corrente, o que indicou que a válvula estava operando adequadamente.

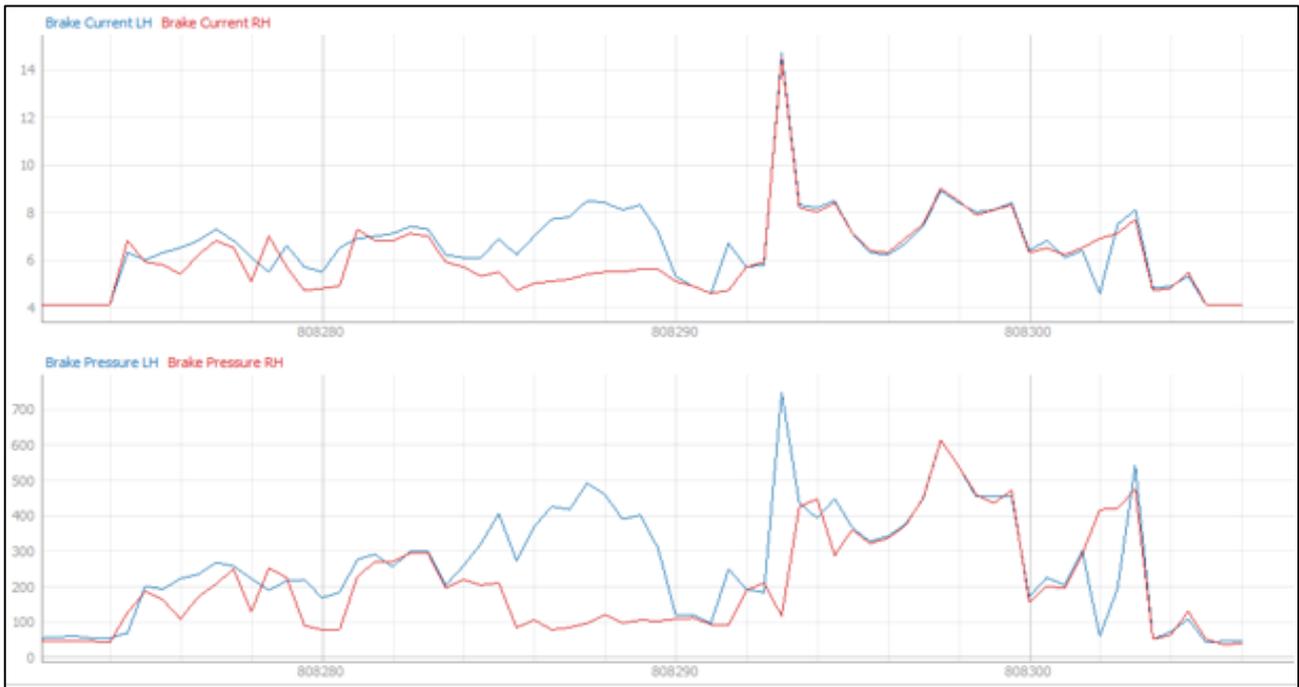


Figura 16 - Dados de correntes da válvula de freio e da pressão dos freios.

Ao observar a velocidade das rodas e a velocidade da aeronave no solo, com exceção do momento em que os freios são liberados, verificou-se uma ação positiva de frenagem (Figura 17).



Figura 17 - Dados de velocidade das rodas e velocidade da aeronave no solo.

A análise do evento envolvendo a aeronave PR-LMP concluiu que os pedais dos freios foram acionados gradualmente até atingirem suas amplitudes máximas.

Uma vez que não foi registrada falha de componentes do sistema, a pressão observada indicou que a atuação do sistema *antiskid* limitou a pressão aplicada pelos freios em 747 PSI, conforme Figura 18. A limitação do valor de pressão é consistente com a operação normal do sistema de freios e está associada com a condição da pista.



Figura 18 - Representação gráfica da atuação do sistema de freios na corrida de pouso da aeronave PR-LMP.

Dessa forma, a Comissão de Investigação não identificou evidências nos dados gravados que apontassem anomalia ou falha no funcionamento dos sistemas/componentes da aeronave PR-LMP que pudessem ter comprometido a sua operação.

#### 1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

Os pilotos realizavam voos privados para os donos da empresa conforme agenda de compromissos definidos pelo próprio operador.

Além de exercer o cargo de Comandante, o PIC era também o responsável por fazer a gestão de assuntos logísticos da aeronave PR-LMP, de forma a mantê-la disponível quando necessário.

#### 1.18. Informações operacionais.

O voo foi planejado para decolar de sua base de operação em SBBH, cumprir o trecho até SBSP para embarque de dois passageiros, após, seguir para SSDK para desembarque dos passageiros e, por fim, a aeronave deveria regressar para sua base em SBBH.

A aeronave decolou de SBSP às 20h04min (UTC) para cumprir a segunda etapa da programação.

O voo foi planejado para ser realizado sob *Instrument Flight Rules* (IFR - regras de voo por instrumentos) no aeródromo de partida e sob VFR no aeródromo de chegada.

De acordo com o relato dos pilotos envolvidos, todo o planejamento foi realizado no dia anterior com o auxílio da função *Runway Analysis* do aplicativo *Foreflight* e, naquela ocasião, foi considerado que a operação da aeronave PR-LMP em SSDK era viável, mesmo com a pista molhada.

Toda a documentação a bordo da aeronave PR-LMP, inclusive o manifesto de carga, foi consumido pelo fogo no acidente. Em decorrência, não foi possível determinar, com exatidão, os valores considerados para o planejamento daquela operação.

O voo transcorreu normalmente até a chegada em SSDK. Segundo informações coletadas com o PIC, que já havia operado naquela localidade, a aproximação seria realizada para a cabeceira 11, em virtude da existência do PAPI.

No entanto, ao considerar o fato de a operação ser diurna, o gradiente médio da cabeceira 29 ser positivo (1,51% *uphill*) e a informação de vento calmo, os pilotos optaram

por trocar a cabeceira que haviam planejado inicialmente para pouso, visto que a aproximação para a outra cabeceira poderia representar um melhor desempenho de pouso do que na cabeceira 11.

Conforme levantado pela Comissão de Investigação, embora as condições meteorológicas fossem favoráveis à operação sob VFR, havia chovido nos momentos anteriores à chegada em SSDK, fazendo com que a pista estivesse molhada durante o pouso da aeronave PR-LMP.

Considerando a distância mínima de pista necessária para a operação em SSDK, nas condições experimentadas no dia do acidente, a Comissão de Investigação buscou informações nos manuais disponibilizados pelo fabricante, a fim de identificar os parâmetros para uma operação segura naquele contexto.

O AFM estabelecia as distâncias de pouso não fatoradas em sua Seção 5. As distâncias eram calculadas com base no peso de pouso da aeronave, vento, posição de flap e altitude do campo.

Em SBSP, a aeronave foi abastecida com sua capacidade máxima de combustível, a fim de cumprir o trecho SBSP-SSDK-SBBH sem precisar realizar novo abastecimento.

Considerando a quantidade de combustível, assim como o peso dos passageiros e das bagagens (relatado pelos pilotos); o peso de pouso em SSDK foi estimado em 4.400 kg, aproximadamente.

De acordo com relatos dos pilotos e confirmado pelos registros das comunicações de cabine, o vento era considerado calmo para o pouso em SSDK.

Segundo os dados obtidos por meio da degravação do CVDR, no momento em que a aeronave PR-LMP cruzou 50 ft de altura para o pouso, foi possível verificar que a velocidade em relação ao solo era 6 kt superior à velocidade indicada, o que representava um vento de cauda de 6 kt, o qual não era esperado pela tripulação.

Aplicando as condições encontradas no momento do pouso no programa OPERA da EMBRAER, que era utilizado para o cálculo de velocidades na aproximação e distância necessária para o pouso, chegou-se aos resultados de que as distâncias mínimas requeridas (não fatoradas) seriam de 876 m para pista seca, 1.150 m para pista molhada e 1.679 m para pista contaminada com 3 mm de água (Figura 19).

Phenom 100 LANDING OPERA Optimized Performance Analyzer	Phenom 100 LANDING OPERA Optimized Performance Analyzer	Phenom 100 LANDING OPERA Optimized Performance Analyzer
Performance Guidance Information		
Slope: 1.51 %		
Temp.: 23°C HP: 2790 ft Wind: 6 kt		
V <sub>REF</sub> : 100 kt	LANDING WEIGHT: 4400 kg	V <sub>REF</sub> : 100 kt
V <sub>AC</sub> : 105 kt	FLAPS: FULL	V <sub>AC</sub> : 105 kt
V <sub>LC</sub> : 100 kt	RUNWAY REQUIRED: FACTORED 1463 m *	V <sub>LC</sub> : 100 kt
V <sub>FS</sub> : 125 kt	UNFACTORED 876 m *	V <sub>FS</sub> : 125 kt
CLIMB GRADIENT - OEI: 1.7 %	CLIMB GRADIENT - AEO: 12.1 %	CLIMB GRADIENT - OEI: 1.7 %
REMARKS: * The required distance must be compared to the runway distance available (LDA). Shaded data shall be used for emergency only.		
Runway condition: Dry		Runway condition: Wet
Limitation type: Approach climb limited		
Ice protection: OFF Ice: No		
03/08/2023 Media OP500AH617FE Version 19.3 16:16:30 Performance Guidance Information		
Performance Guidance Information		
Slope: 1.51 %		
Temp.: 23°C HP: 2790 ft Wind: 6 kt		
V <sub>REF</sub> : 100 kt	LANDING WEIGHT: 4400 kg	V <sub>REF</sub> : 100 kt
V <sub>AC</sub> : 105 kt	FLAPS: FULL	V <sub>AC</sub> : 105 kt
V <sub>LC</sub> : 100 kt	RUNWAY REQUIRED: FACTORED 1679 m *	V <sub>LC</sub> : 100 kt
V <sub>FS</sub> : 125 kt	UNFACTORED 1150 m *	V <sub>FS</sub> : 125 kt
CLIMB GRADIENT - OEI: 1.7 %	CLIMB GRADIENT - AEO: 12.1 %	CLIMB GRADIENT - OEI: 1.7 %
REMARKS: * The required distance must be compared to the runway distance available (LDA). Shaded data shall be used for emergency only.		
Runway condition: Standing water (3.0 mm)		
Limitation type: Approach climb limited		
Ice protection: OFF Ice: No		
08/08/2023 Media OP500AH617FE Version 19.3 16:14:02 Performance Guidance Information		
Performance Guidance Information		

Figura 19 - Cálculo das distâncias necessárias para pouso.

A definição de pista contaminada, de acordo com a ANAC, era a seguinte:

Pista na qual mais de 25% do comprimento sendo usado está coberto com uma lâmina de água parada ou outro contaminante (por ex.: gelo, “*slush*” ou neve) com mais de 3 mm de espessura. Também é considerada contaminada a pista em que o contaminante cobrir menos do que 25 %, porém está cobrindo uma área relevante para a operação como por ex.: área de rotação e saída do solo ou o segmento da pista onde o avião está em alta velocidade na decolagem onde o efeito de arrasto é mais relevante. (fonte: <https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por-por/tr3616.htm>).

Com a finalidade de fundamentar as análises acerca da sequência de eventos que antecederam à excursão de pista da aeronave, a Comissão de Investigação destacou as últimas interações realizadas entre os pilotos, que podem auxiliar no entendimento da dinâmica do acidente (registradas em horário UTC):

- Às 20h54min43s, o SIC informa ao PIC “*gear down and locked*”.
- Às 20h54min55s, o SIC passa a mensagem a um operador de rádio em solo informando estar “*de base para final da pista 29*”.
- Às 20h55min06s, o SIC informa ao PIC “*flaps two*”. Logo em seguida, o PIC solicita “*flap full*”, que foi executado pelo SIC.
- Às 20h55min20s, o operador de rádio em solo interroga a aeronave PR-LMP com a mensagem “na escuta prossiga”. Nesse momento, o SIC reporta “final da 29” e o operador em solo responde “beleza, bom pouso”.

A comunicação acima ocorreu em paralelo com o alerta de “*five hundred*” emitido pelo *Terrain Awareness Warning System* (TAWS - sistema de reconhecimento e alerta de terreno) da aeronave, nesse momento, a aeronave mantinha velocidade de 126 kt, atitude de arfagem de  $-6^{\circ}$  (*nose down*) e razão de descida de, aproximadamente, 1.300 ft/min. Nesse momento, os manetes dos motores estavam em *idle*.

A seção 4 do *Standart Operational Procedures* (SOP - procedimentos operacionais padrão) do fabricante estabelecia que a aeronave deveria estar estabilizada a 500 ft de altura em condições visuais, caso contrário, uma arremetida deve ser iniciada. De acordo com o fabricante, os critérios de aproximação estabilizada eram<sup>2</sup>:

- A aeronave está na trajetória correta;
  - Apenas pequenas variações em proa e *pitch* são necessárias para manter a trajetória;
  - A velocidade da aeronave não é maior que  $V_{REF} + 20$  kt nem menor que a  $V_{REF}$ ;
  - A aeronave está configurada para pouso corretamente;
  - A razão de descida não é maior que 1.000 ft/min. Se a aproximação requer uma razão maior que 1.000 ft/min, um *briefing* especial deve ser feito;
  - A potência dos motores é apropriada para a configuração da aeronave;
  - Todos os *briefings* e *checklists* foram cumpridos;
  - Aproximações ILS devem ser voadas dentro da faixa de um *dot* do *glideslope* e localizador.
- Às 20h55min33s, o SIC informa ao PIC as condições captadas pelos sensores embarcados na aeronave: “*vento calmo, 3 kt de cauda*”.
  - Às 20h56min02s, instantes após o toque da aeronave na pista, na comunicação interna entre os pilotos, o PIC declara “aí não tem capricho, sacou?”. Ato contínuo, o SIC responde “não tem.”

<sup>2</sup> Fonte: Embraer Phenom 100/300 *Standart Operating Procedures Manual*, Section 4-00, Page 41.

Durante as entrevistas, os pilotos reportaram ter realizado um pouso sem retardar o contato com a pista, conforme as técnicas normalmente utilizadas para aquela condição de pista.

- Às 20h56min13s, o PIC afirma “para não, [...]” e o SIC responde “é... não para” (sic).

Segundo relatos dos pilotos, nesse momento foi verbalizada a percepção de uma desaceleração anormal da aeronave.

- Às 20h56min17s, o PIC liberou os freios e levou os manetes de potência totalmente à frente que, segundo ele, era uma tentativa de arremeter em virtude da não desaceleração da aeronave conforme o esperado. A velocidade indicada era de 79 kt e restavam 370 m para o fim da pista.
- Às 20h56min20s, o SIC faz o seguinte alerta: “não dá pra arremeter não”. De imediato, o PIC reduziu os manetes de potência e voltou a aplicar os freios, em sua amplitude máxima, na tentativa de parar a aeronave. A velocidade indicada era de 69 kt e restavam 260 m para o fim da pista.
- Às 20h56min28s, os gravadores registraram sons compatíveis com a saída da aeronave da pista. Nesse momento, a velocidade indicada era de 54 kt.
- Às 20h56min34s, as gravações foram interrompidas em decorrência do impacto.

De acordo com relatos dos pilotos, no voo do acidente houve uma baixa percepção na frenagem da aeronave PR-LMP em SSDK.

Conforme os dados extraídos do CVDR, não houve falha registrada no sistema de freios.

Segundo os pilotos e os dados do CVDR, o sistema de freio de emergência não foi utilizado.

### **1.19. Informações adicionais.**

Nada a relatar.

### **1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.**

Não houve.

## **2. ANÁLISE.**

A aeronave Phenom 100 (PR-LMP) estava registrada na categoria TPP e era operada pela TRACBEL S/A.

Tratava-se de um voo no qual seria realizado o transporte de passageiros de SBSP para SSDK. O voo foi planejado para ser realizado sob IFR no aeródromo de partida e sob VFR no aeródromo de chegada.

Com base nos registros das comunicações analisados e nos relatos dos tripulantes envolvidos, constatou-se que não houve anormalidade técnica de equipamentos de comunicação durante o voo.

De acordo com os registros de manutenção, as cadernetas de célula e motores estavam com as escriturações atualizadas.

A Comissão de Investigação não identificou evidências nos dados gravados que apontassem anomalia ou falha no funcionamento dos sistemas/componentes da aeronave PR-LMP que pudessem ter comprometido a sua operação.

Informações meteorológicas indicavam a presença de precipitações e restrições de visibilidade em aeródromos próximos a SSDK. Além disso, observadores relataram a ocorrência de chuva forte antes da chegada para pouso da aeronave PR-LMP.

Os pilotos envolvidos no acidente afirmaram que estavam cientes das condições meteorológicas em SSDK e que operavam sob VFR na chegada em seu destino.

Na época do acidente, havia um sistema PAPI para a cabeceira 11 de SSDK. No entanto, apesar da existência do referido auxílio para pouso na cabeceira 11, o *slope* positivo (*uphill*) encontrado no pouso pela cabeceira 29, aliado à informação de vento calmo interpretada pelos tripulantes, levaram-nos a optar pelo pouso na cabeceira 29.

Considerando o perfil de aproximação e pouso empregado, foram observados desvios operacionais ao longo da aproximação. A aeronave cruzou 500 ft de altura a 126kt (26 kt acima de  $V_{REF}$ ), com uma razão de descida de, aproximadamente, 1.300 ft/min, atitude de arfagem de  $-6^\circ$ , mantendo um ângulo de rampa de  $3,9^\circ$ . O SOP do fabricante, estabelecia que a aproximação deveria estar estabilizada ao atingir 500 ft de altura em uma aproximação visual e, caso contrário, uma arremetida deveria ser iniciada.

A despeito de esses desvios operacionais terem sido observados e a manobra de arremetida não ter sido realizada, a Comissão de Investigação considerou que esses desvios não influenciaram, significativamente, o desempenho de frenagem da aeronave.

No que se refere à condição de vento, cabe ressaltar que, de acordo com os dados extraídos do CVDR, no momento em que a aeronave PR-LMP cruzou 50 ft para o pouso, foi possível verificar que a velocidade em relação ao solo era 6 kt superior à velocidade indicada, o que representava um vento de cauda de 6 kt, o qual não era esperado pela tripulação.

Toda a documentação a bordo da aeronave PR-LMP, inclusive o manifesto de carga, foi consumido pelo fogo no acidente. Em decorrência, não foi possível determinar, com exatidão, os valores considerados para o planejamento daquele voo. No entanto, de acordo com o relato dos pilotos, a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento especificados pelo fabricante.

Considerando a quantidade de combustível, assim como o peso dos passageiros e das bagagens (relatado pelos pilotos), o peso de pouso em SSDK foi estimado em 4.400 kg, aproximadamente.

Com auxílio da função *Runway Analysis* do aplicativo *Foreflight*, os pilotos consideraram que a operação da aeronave PR-LMP em SSDK era viável, mesmo com a pista molhada.

No contexto do pouso em questão, havia uma componente de vento de cauda de 6 kt registrada pelos gravadores de dados. Em função disso, a distância de pouso para pista seca seria de 876 m, para pista molhada de 1.150 m e para pista contaminada de 1.679 m.

Ao contrapor os dados de desempenho da aeronave ao comprimento da pista de SSDK, observa-se que a operação em uma condição de pista contaminada não seria possível, uma vez que o comprimento mínimo necessário seria superior aos 1.300 m disponíveis.

Apesar de não ter sido evidenciada qualquer anormalidade com os sistemas da aeronave, os pilotos relataram a percepção de que o avião não estava desacelerando conforme o esperado no momento da corrida de pouso em SSDK.

Com relação ao desempenho de frenagem, os dados gravados no CVDR sugerem que o retardo na aplicação da deflexão máxima dos pedais dos freios e a momentânea movimentação dos manetes para frente, associada ao alívio dos freios, tiveram efeito não determinante no evento, tendo em vista a condição de pista escorregadia.

Em que pese o relato dos tripulantes, a pesquisa realizada, que tinha por objetivo verificar o correto funcionamento do sistema normal de freios, incluindo a atuação do

*antiskid*, concluiu que a baixa desaceleração da aeronave e a limitação da pressão hidráulica fornecida pelo sistema eram compatíveis com um cenário de pista escorregadia.

Foi observado que a pista não possuía ranhuras transversais (*grooving*) para o escoamento de água. A Comissão de Investigação não identificou histórico de medição de coeficiente de atrito e nem de medição de macrotextura da pista, realizadas pelo operador do aeródromo. Por se tratar de um aeródromo privado, não havia requisitos sobre esses aspectos estabelecidos pela ANAC.

Verificou-se que, após a ocorrência de chuva forte, a pista de SSDK permitia a formação de poças d'água e ficava, notadamente, com uma característica espelhada, condizente com a reflexão da luz em água acumulada. O acúmulo de água pode ter favorecido o fenômeno de hidroplanagem na ocorrência em tela.

Nas condições observadas no dia do acidente, o Aeródromo de SSDK era adequado para a operação do PR-LMP com pista seca ou molhada, contudo, não atendia aos parâmetros de comprimento para situações de pista contaminada.

Dessa forma, uma vez que não foram identificadas falhas no sistema de freios da aeronave, a hipótese considerada foi a de que a pista estava contaminada, o que teria reduzido o desempenho de frenagem, inviabilizando a parada dentro dos limites de pista.

### **3. CONCLUSÕES.**

#### **3.1. Fatos.**

- a) os pilotos estavam com os Certificados Médicos Aeronáuticos (CMA) válidos;
- b) os pilotos estavam com as habilitações de aeronave tipo EPHN (que incluía o modelo EMB-500) e Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas;
- c) os pilotos estavam qualificados e possuíam experiência no tipo de voo;
- d) a aeronave estava com o Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade (CVA) válido;
- e) as escriturações das cadernetas de célula e motores estavam atualizadas;
- f) não se evidenciaram falhas ou mau funcionamento de sistemas e/ou de componentes que pudessem ter afetado o desempenho ou controle da aeronave;
- g) informações meteorológicas indicavam a presença de precipitações e restrições de visibilidade em aeródromos próximos a SSDK;
- h) durante o processo de investigação, a Comissão observou a condição espelhada da pista de pouso logo após a ocorrência de uma chuva forte;
- i) o pouso foi realizado na pista 29 de SSDK;
- j) a aeronave percorreu toda a extensão da pista e ultrapassou seus limites;
- k) após a saída da pista, a aeronave colidiu contra um objeto no solo, percorreu cerca de 130 m, precipitou-se de uma altura aproximada de 10 m e incendiou-se;
- l) a cabine de comando, cabine de passageiros e demais componentes internos da aeronave foram consumidos pelo fogo;
- m) os tripulantes e os passageiros sofreram lesões leves; e
- n) a aeronave ficou destruída.

### 3.2. Fatores contribuintes.

#### - Infraestrutura aeroportuária - indeterminado.

Estudos e pesquisas apontaram que a baixa desaceleração da aeronave e a limitação da pressão hidráulica fornecida pelo sistema de freio eram compatíveis com um cenário de pista escorregadia.

Dessa forma, inferiu-se que a pista estava contaminada, o que reduziria o seu coeficiente de atrito e prejudicaria o desempenho de frenagem da aeronave, inviabilizando a parada dentro dos seus limites.

#### - Processo decisório - indeterminado.

Diante da condição de espelhamento da pista de SSDK é possível que tenha ocorrido certa dificuldade da tripulação para perceber, analisar, escolher alternativas e agir adequadamente, diante de um possível julgamento inadequado do desempenho de pouso da aeronave em pistas contaminadas.

### 4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

Não há.

### 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.

Em março de 2023, foi publicado o Relatório Final do incidente grave ocorrido com a aeronave PR-CSW, também envolvendo excursão de pista de uma aeronave modelo EMB-500.

No Relatório Final da aeronave PR-CSW, foi emitida Recomendação de Segurança para a ANAC, a fim de que os ensinamentos colhidos nas investigações fossem encaminhados 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.

Em, 22 de novembro de 2023.