

COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



RELATÓRIO FINAL
IG-091/CENIPA/2021

OCORRÊNCIA:	INCIDENTE GRAVE
AERONAVE:	PR-DLM
MODELO:	EMB-500
DATA:	31JUL2021



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 do mesmo 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 ANAC e ao DECEA para que as análises técnico-científicas desta investigação sejam utilizadas como fonte de dados e informações, objetivando a identificação de perigos e avaliação de riscos, conforme disposto no Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil (PSO-BR).

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 resguardar 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.

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

SINOPSE

O presente Relatório Final refere-se ao incidente grave com a aeronave PR-DLM, modelo EMB-500, ocorrido em 31JUL2021, classificado como “[RE] Excursão de pista”.

Durante o pouso no Aeródromo de Barra Grande (SIRI), Marauá, BA, a aeronave percorreu toda a extensão da pista, vindo a sair pela cabeceira oposta.

A aeronave não teve danos.

Os dois tripulantes e o passageiro saíram ilesos.

Não houve a designação de Representante Acreditado.



ÍNDICE

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS	5
1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....	7
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.....	11
1.8. Auxílios à navegação.....	15
1.9. Comunicações.....	15
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	16
1.11. Gravadores de voo.....	16
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.....	20
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	20
1.13.1. Aspectos médicos.....	20
1.13.2. Informações ergonômicas.....	20
1.13.3. Aspectos Psicológicos.....	20
1.14. Informações acerca de fogo.....	21
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	21
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	21
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.....	21
1.18. Informações operacionais.....	21
1.19. Informações adicionais.....	23
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	28
2. ANÁLISE.....	29
3. CONCLUSÕES.....	31
3.1. Fatos.....	31
3.2. Fatores contribuintes.....	32
4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA	32
5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....	33

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

AC	<i>Advisory Circular</i> - Circular informativa (FAA)
AGL	<i>Above Ground Level</i> - acima do nível do solo
ALAR	<i>Approach and Landing Accident Reduction</i> - redução de acidentes de pousos e decolagens
APP-IL	Controle de Aproximação de Ilhéus
BCU	<i>Brake Control Unit</i> - unidade controladora dos freios
BCV	<i>Brake Control Valve</i> - válvula controladora dos freios
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CAS	<i>Crew Alerting System</i> - sistema de alerta da tripulação
CB	Nuvem <i>Cumulonimbus</i>
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CFPM	Curso de Formação de Piloto Militar
CIMAER	Centro Integrado de Meteorologia Aeronáutica
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 dados e de voz da cabine
EO	Especificação Operativa
EPB	<i>Emergency Parking Brake</i> - freio de estacionamento de emergência
EPBV	<i>Emergency Parking Brake Valve</i> - válvula de freio de estacionamento de emergência
ETA	Empresa de Transporte Aéreo
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
GAMET	<i>General Aviation Meteorological Information</i> - previsão de área (FIR) ou subárea
GOES	<i>Geostationary Operational Environmental Satellite</i> - satélite ambiental operacional geoestacionário
ICA	Instrução do Comando da Aeronáutica
IFR	<i>Instruments Flights Rules</i> - regras de voo por instrumentos
IFRA	Habilitação de Voo por Instrumentos - Avião
ILS	<i>Instrument Landing System</i> - sistema de pouso por instrumentos
IMC	<i>Instrument Meteorological Conditions</i> - condições de voo por instrumentos
LH	<i>Left Hand</i> - lado esquerdo
METAR	<i>Meteorological Aerodrome Report</i> - reporte meteorológico de aeródromo
MGE	Manual Geral de Empresa
MGO	Manual Geral de Operações

MLTE	Habilitação de Avião Multimotor Terrestre
PCM	Licença de Piloto Comercial - Avião
PIC	<i>Pilot in Command</i> - piloto em comando
PMD	Peso Máximo de Decolagem
PPR	Licença de Piloto Privado - Avião
PPT	<i>Pedal Position Transducer</i> - transdutores de posição de pedal
RBAC	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
RBHA	Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica
REDEMET	Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica
RH	<i>Right Hand</i> - lado direito
ROTAER	Manual Auxiliar de Rotas Aéreas
SBIL	Designativo de localidade - Aeródromo Jorge Amado, Ilhéus, BA
SBSP	Designativo de localidade - Aeródromo de Congonhas, São Paulo, SP
SBSV	Designativo de localidade - Aeródromo Luís Eduardo Magalhães, Salvador, BA
SERIPA II	Segundo Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SGSO	Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional
SIC	<i>Second in Command</i> - piloto segundo em comando
SIGWX	<i>Significant Weather Chart</i> - carta de tempo significativo
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SIRI	Designativo de localidade - Aeródromo de Barra Grande, Maraú, BA
SN	<i>Serial Number</i> - número de série
SNMR	Designativo de localidade - Aeródromo de Maraú, BA
SOP	<i>Standard Operational Procedures</i> - procedimentos operacionais padrão
SOV	<i>Shutoff Valve</i> - válvula de corte
TCU	<i>Towering Cumulus</i> - cumulus encastelados
TRH	<i>Threshold</i> - cabeceira
TPX	Categoria de Registro de Aeronave de Transporte Aéreo Público Não Regular
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> - tempo universal coordenado
VFR	<i>Visual Flight Rules</i> - regras de voo visual
VMC	<i>Visual Meteorological Conditions</i> - condições de voo visual
V _{REF}	<i>Minimum Final Approach Speed</i> - velocidade de cruzamento da cabeceira
WCA	<i>Wind Correction Angle</i> - ângulo de correção de vento
WOW	<i>Weight on Wheels</i> - peso sobre as rodas
WST	<i>Wheel Speed Transducer</i> - transdutores de velocidade de roda

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	Modelo: EMB-500 Matrícula: PR-DLM Fabricante: EMBRAER	Operador: Líder Táxi Aéreo S.A. Air Brasil
Ocorrência	Data/hora: 31JUL2021 - 13:15 (UTC) Local: Aeródromo de Barra Grande (SIRI) Lat. 13°54'22"S Long. 038°56'24"W Município - UF: Marau - BA	Tipo(s): [RE] Excursão de pista Subtipo(s): NIL

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Aeródromo de Congonhas (SBSP), São Paulo, SP, com destino ao Aeródromo de Barra Grande (SIRI), Marau, BA, por volta das 11h00min (UTC), a fim de transportar pessoal, com dois pilotos e um passageiro a bordo.

Ao chegar ao destino, foi realizada uma primeira aproximação com arremetida no solo.

Após novo tráfego, durante o pouso, a aeronave percorreu toda a extensão da pista, vindo a ultrapassar os seus limites pela cabeceira oposta.

A aeronave não teve danos.

Os dois tripulantes e o passageiro saíram ilesos.



Figura 1 - Vista do ponto de parada final da aeronave.

1.2. Lesões às pessoas.

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	-	-	-
Graves	-	-	-
Leves	-	-	-
Ilesos	2	1	-

1.3. Danos à aeronave.

Não houve.

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	9.000:00	2.100:00
Totais, nos últimos 30 dias	29:20	29:20
Totais, nas últimas 24 horas	02:55	02:55
Neste tipo de aeronave	2.500:00	1.700:00
Neste tipo, nos últimos 30 dias	29:20	29:20
Neste tipo, nas últimas 24 horas	02:55	02:55

Obs.: os dados relativos às horas voadas foram obtidos por meio de entrevista com os pilotos.

1.5.2. Formação.

O Piloto em Comando (PIC) realizou o Curso de Formação Básica de Aviador no Centro de Formação de Piloto Militar (CFPM), Natal, RN, em 1976.

O piloto Segundo em Comando (SIC) realizou o curso de Piloto Privado - Avião (PPR) no Aero Clube do Espírito Santo, ES, em 2007.

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

O PIC possuía a licença de Piloto Comercial - Avião (PCM) e estava com as habilitações de aeronave tipo EPHN/D (que incluía o modelo EMB-500), Avião Multimotor Terrestre (MLTE) 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/D, Avião Multimotor Terrestre (MLTE) e Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas.

1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

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 Phenom 100 (EMB-500), número de série 50000098, foi fabricada pela EMBRAER, em 2009, e era equipada com dois motores *Pratt & Whitney* (PW617F-E) e com um *Cockpit Voice and Data Recorder* (CVDR - gravador de dados e de voz da cabine).

Ela pertencia a um grupo de empresários, estava inscrita na Categoria de Registro de Serviço de Transporte Público Não Regular (TPX) e era operada pela Líder Táxi Aéreo S.A. Air Brasil.

Na data da ocorrência, a aeronave contava com 2.759 horas e 05 minutos totais de voo e 2.224 pousos, desde nova.

A sua última inspeção, do tipo "Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade (CVA)", foi realizada em 19JAN2021, pela organização de manutenção OPD *Aviation* (OADS Manutenção de Aeronaves Executivas Ltda.), em Belo Horizonte, MG, estando com 105 horas e 15 minutos voados após a inspeção.

O seu Peso Máximo de Decolagem (PMD) era de 4.750 kg.

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

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

Sistema de freios.

Segundo o *Phenom 100 Pilot's Operating Handbook*, o sistema de freios do Phenom 100 era composto por dois subsistemas: o de freio principal e o de freio de emergência (Figura 2).

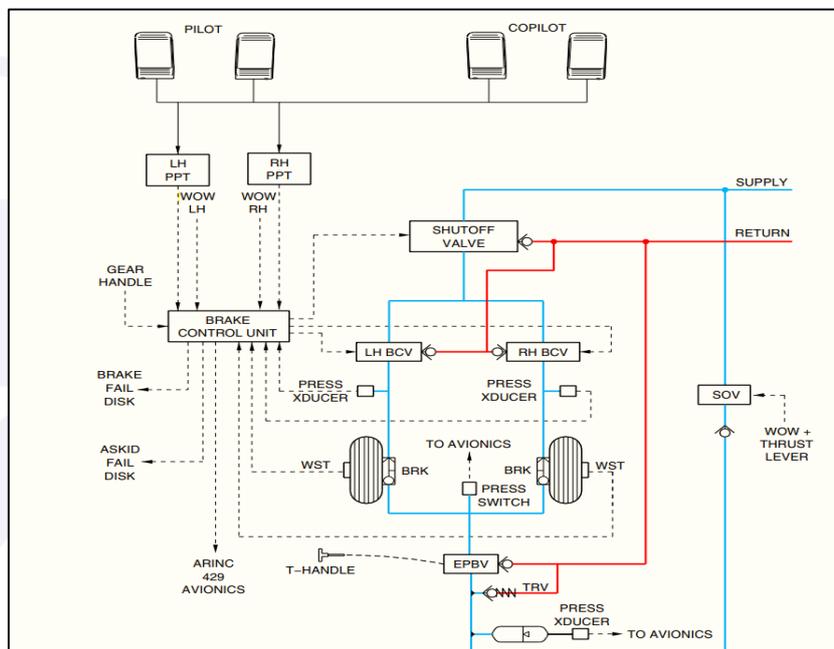


Figura 2 - Diagrama esquemático do sistema de freios da aeronave Phenom 100.

Fonte: *Pilot's Operating Handbook* - Phenom 100.

O subsistema de freio principal, do tipo *brake by wire*, era equipado com uma funcionalidade denominada *antiskid* para prevenir o derrapamento das rodas principais e, desta maneira, maximizar a eficiência de frenagem.

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

Durante a operação normal, os freios eram atuados por meio dos pedais no *cockpit*.

A pressão aplicada a cada um dos freios era correspondente ao deslocamento de cada um dos pedais, exceto quando a pressão aplicada tendia a causar uma derrapagem da roda. Neste caso, o sistema atenuava a pressão para um nível que evitasse essa derrapagem.

O subsistema de freio principal entregava a pressão hidráulica em função da informação recebida pelos pedais de freio, combinado com a correção comandada pela função *antiskid*, proporcionando uma capacidade de frenagem diferencial para o direcionamento da aeronave, conforme a atuação dos pedais de freio do piloto e do copiloto.

A informação de deflexão dos pedais de freio era enviada à BCU, por meio de *Pedal Position Transducer* (PPT - transdutores de posição de pedal).

A informação de rotação das rodas era fornecida à BCU por dois *Wheel Speed Transducers* (WST - transdutores de velocidade de roda), montados axialmente, os quais eram acionados por uma calota integrante do cubo de rodas.

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

No subsistema de freio principal, a pressão hidráulica era disponibilizada por meio de uma *Shut Off Valve* (SOV - válvula de corte).

Essa válvula de corte permitia a passagem da pressão somente quando os pedais eram acionados e a aeronave se encontrava no solo ou ainda durante os autotestes que exigiriam pressão hidráulica.

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

A BCU media o sinal enviado pelos PPT, WST e de pressão, fornecendo um comando elétrico para cada BCV.

A informação de pressão nos freios, correspondente à atuação nos pedais de acionamento, era proveniente de dois transdutores de pressão instalados em cada uma das linhas de saída das BCV.

Além da função *antiskid*, o subsistema de freio principal incluía:

- *Locked Wheel Protection*

Destinada a aliviar a pressão de frenagem para a recuperação de uma acentuada derrapagem, resultante de uma condição de roda travada, que a função de *antiskid* não tivesse sido capaz de prevenir.

- *Touchdown Protection*

Permitia que as rodas girassem quando tocavam na pista, mesmo que o piloto comandasse a frenagem pelos pedais antes de a aeronave tocar as rodas no solo, evitando o estouro dos pneus. Essa proteção foi projetada para prevenir qualquer aplicação de freios antes do acionamento do sensor de *Weight-on-Wheels* (WOW - peso sobre as rodas) ou antes que as rodas principais girassem.

A informação eletrônica de que a aeronave estava no solo se dava por intermédio do sinal WOW, que por sua vez era proveniente de sensores (WOW RH 1 e 2 / WOW LH 1 e 2) instalados nas pernas de força dos trens de pouso principais (Figura 3).

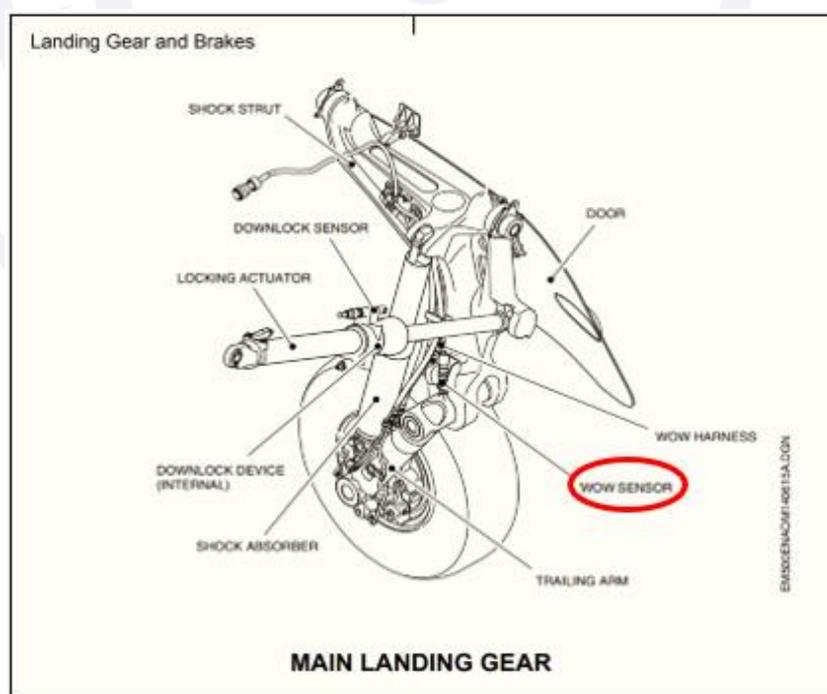


Figura 3 - Perna do trem de pouso principal e freios, com destaque para os sensores WOW. Fonte: *Pilot's Operating Handbook* - Phenom 100.

O subsistema de freio de emergência era acionado por meio de uma alavanca instalada no console central do painel, que comandava, por meio de cabos, a *Emergency Parking Brake Valve* (EPBV - válvula de freio de estacionamento de emergência).

Esse acionamento liberava pressão hidráulica de um acumulador para o conjunto de freios.

O subsistema de freio de emergência não contava com as proteções *antiskid*, *touchdown protection* e *locked wheel protection*, as quais estavam presentes no subsistema de freio principal.

Não havia indicação nos registros eletrônicos de falhas relacionadas ao sistema de freio da aeronave no *Crew Alerting System* (CAS - sistema de alerta da tripulação).

1.7. Informações meteorológicas.

Não havia estação meteorológica no aeródromo de destino (SIRI).

Durante a descida, como referência, o Controle de Aproximação de Ilhéus (APP-IL) informou aos tripulantes as seguintes condições meteorológicas presentes no Aeródromo Jorge Amado (SBIL), Ilhéus, BA: vento - 210°/10 kt, altímetro - 1.025 hPa, temperatura - 23°C, visibilidade - maior que 10 km e teto - 2.100 ft.

De acordo com os dados extraídos do CVDR, no momento da ocorrência, as condições meteorológicas de SIRI eram as seguintes: temperatura - 22°C, altímetro - 1.025 hPa e vento com direção de 199° e intensidade de 18 kt.

Segundo a declaração do PIC, o teto era de 1.800 ft, não estava chovendo, mas havia ocorrido precipitação no início do dia. A pista estava úmida, com poças d'água, e a sua superfície não parecia reflexiva na reta final. Tais poças não eram facilmente visíveis em voo, devido à cor escura do pavimento.

Contextualizando o cenário da região, SIRI encontrava-se, aproximadamente, a 13,5 NM do Aeródromo de Marau (SNMR), BA, a 54 NM de Ilhéus e a 70 NM de Salvador, BA, em linha reta, conforme a Figura 4.

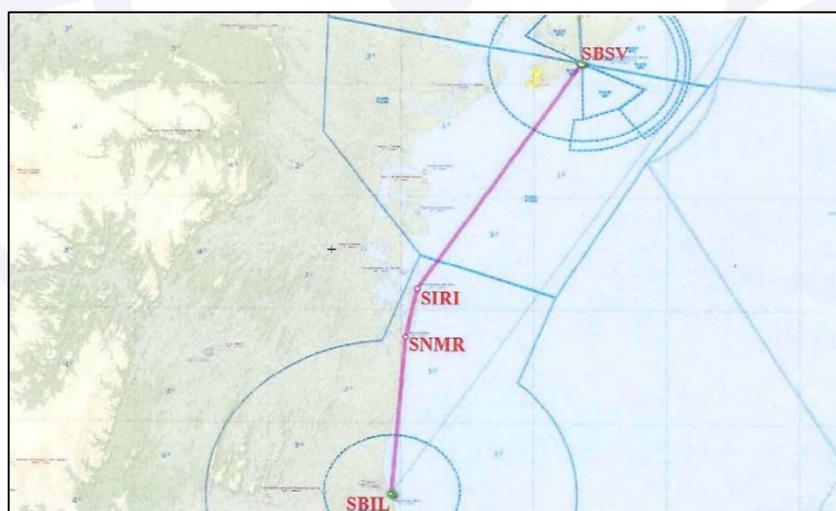


Figura 4 - Vista da região e locais de interesse. Fonte: skyvector.com.

No levantamento das condições meteorológicas locais, SNMR e SIRI não possuíam informações meteorológicas oficiais de observação à superfície. Contudo, foram utilizados dados das Estações Meteorológicas de Observação de Superfície de SBIL e do Aeródromo Luís Eduardo Magalhães (SBSV), Salvador, BA, que estavam na faixa litorânea do estado da Bahia e eram as estações mais próximas de SIRI.

É importante destacar que as condições meteorológicas reinantes nessas localidades eram similares, visto que sofriam influências pelos mesmos sistemas meteorológicos o ano todo e estavam em uma mesma região climática, na faixa litorânea.

As informações e produtos meteorológicos utilizados nesta análise foram retirados dos sites da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET) e do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

Descrição das condições meteorológicas previstas.

A carta de tempo significativo da superfície ao FL250 (carta SIGWX, Figura 5), com validade para as 12h00min (UTC), do dia 31JUL2021, válida das 09h00min (UTC) às 15h00min (UTC) do dia 31JUL2021, previa para a região de SIRI as seguintes condições:

- poucas nuvens *Tower Cumulus* (TCU), com base a 2.500 ft;
- nebulosidade baixa, constituindo teto a 2.600 ft;
- pancadas de chuva e/ou chuva contínua; e
- passagem de uma frente fria à superfície pela região.

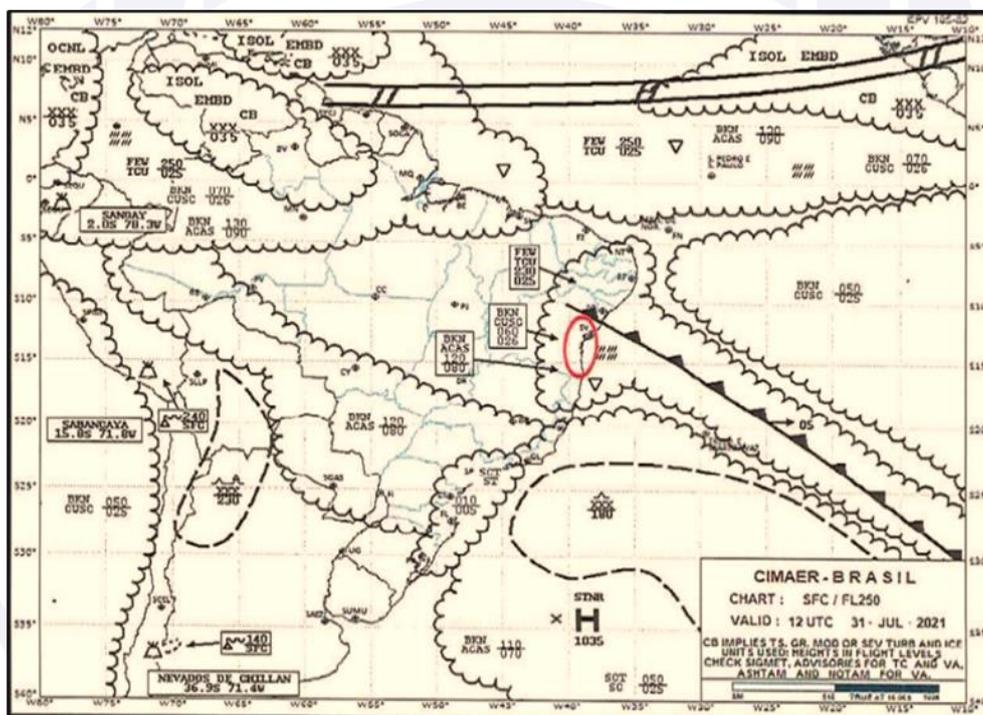


Figura 5 - Carta SIGWX com validade às 12h00min (UTC), do dia 31JUL2021.

Fonte: REDEMET.

A *General Aviation Meteorological Information* (GAMET - previsão de área (FIR) ou subárea), com validade das 12h00min (UTC) às 18h00min (UTC), do dia 31JUL2021, previa para a região de SIRI as seguintes condições (Figura 6):

- ventos de superfície, vindos de sudeste, com velocidade de 31 kt;
- visibilidade horizontal reduzida devido à chuva; e
- ventos a 2.000 ft de altitude, vindos de sudeste, com 26 kt.

```

SBRE GAMET VALID 311200/311800 SBGL- SBRE RECIFE FIR BLW FL100 SECN I SFC
WIND: E OF W047 130/31KT SFC VIS: E OF W047 2500M RA 12/15 E OF W047 1000M
BR SIGWX: E OF W047 ISOL TS SIG CLD: E OF W047 ISOL CB 3500/ABV 10000FT AGL
E OF W047 ISOL TCU 2500/ABV 10000FT AGL 12/15 E OF W047 BKN 900/1400FT AGL
ICE: E OF W047 MOD ABV FL100 TURB: E OF W047 MOD ABV FL090 SECN II PSYS:
NIL WIND/T: 2000FT 150/26KT PS18 5000FT 130/36KT PS14 10000FT 110/37KT PS06
CLD: E OF W047 SCT CU 2000/7000FT AGL E OF W047 SCT SC 1500/5000FT AGL E OF
W047 SCT AC 7000/ABV 10000FT AGL FZLVL: ABV 10000FT AGL MNM QNH: 1021HPA
SEA: T26 HGT 4M VA: NIL=

```

Figura 6 - GAMET com validade das 12h00min (UTC) às 18h00min (UTC), do dia 31JUL2021. Fonte: REDEMET.

Foi confeccionado o aviso de aeródromo nº 7, no dia do incidente grave, com validade para 31JUL2021, das 08h55min (UTC) às 12h55min (UTC), para SBSV, prevendo ventos fortes de superfície de 15 kt, com máxima de 30 kt.

Logo em seguida, foi renovada a mensagem de aviso de aeródromo nº 10, com validade para 31JUL2021, das 12h55min (UTC) às 16h55min (UTC).

```

SBSV AD WRNG 7 VALID 310855/311255 SFC WSPD 15KT MAX 30 FCST NC=
SBRF SBSV/SBVC/SBRF/SBFZ AD WRNG 10 VALID 311255/311655 SFC WSPD 15KT
MAX 30 FCST NC=

```

Figura 7- Aviso de aeródromo para SBSV, do dia 31JUL2021. Fonte: REDEMET.

Descrição das condições meteorológicas observadas.

As imagens de satélite de 31JUL2021, das 13h10min (UTC), Figuras 8 e 9, devido à escala reduzida, não evidenciaram a presença de nebulosidade convectiva com grande desenvolvimento vertical (caracterizada pela nebulosidade realçada nos tons de vermelho e amarelo, conforme escala de cores da Figura 8), sugerindo que não havia, naquele momento, a presença de *Cumulonimbus* (CB) na região de SIRI, marcada no círculo vermelho.

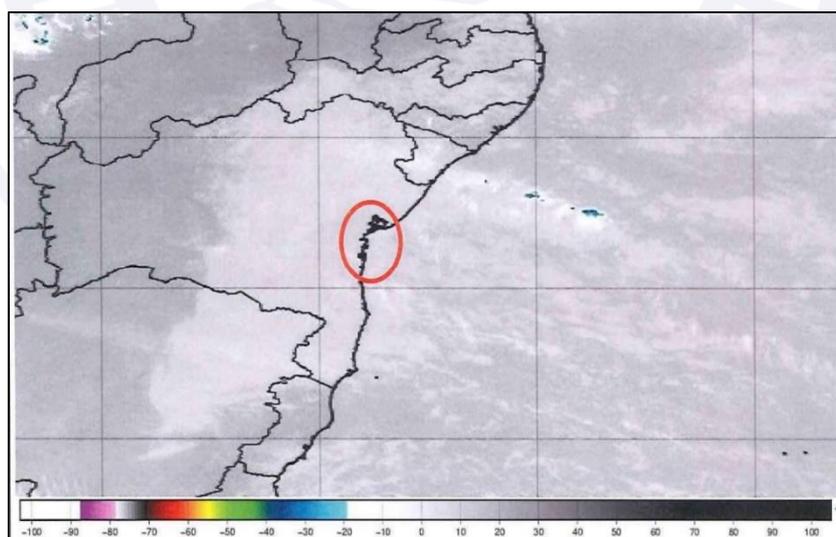


Figura 8 - Imagem do satélite GOES - 16, canal 15, do dia 31JUL2021, às 13h10min (UTC). Fonte: CPTEC.

Como em SNMR e SIRI não havia estações que produzissem informações meteorológicas, não foi possível confirmar as informações de tempo presente, visibilidade horizontal ou quantidade, altura ou tipo de nuvens. As informações disponíveis eram os

dados das Estações Meteorológicas de Observação de Superfície de Ilhéus e Salvador, BA.

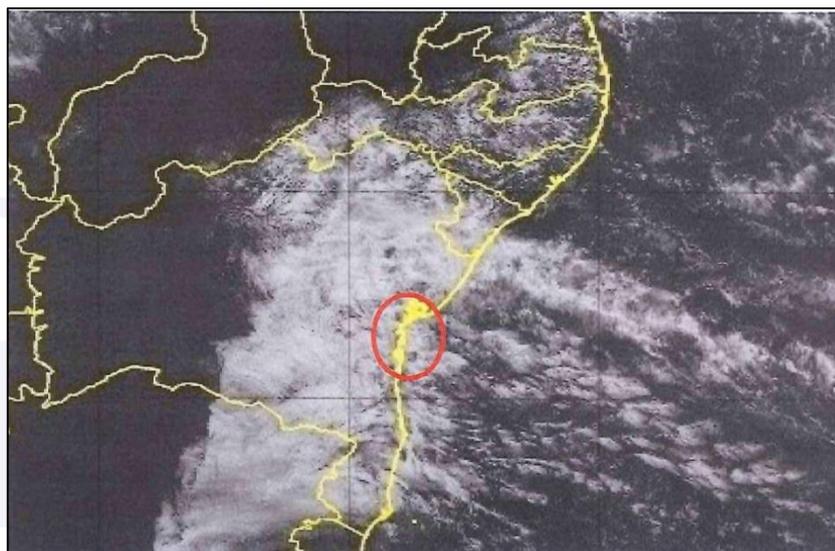


Figura 9 - Imagem do satélite GOES-16 canal 1, do dia 31JUL2021, às 13h10min (UTC).

Fonte: CPTEC.

A imagem de RADAR do dia 31JUL2021, às 13h15min (UTC) evidenciava que não havia nuvens *Cumulonimbus* (CB) na rota para SIRI naquele horário. Percebia-se que existia, no Oceano Atlântico e acima da região de interesse, alguns núcleos de TCU (caracterizado pela nebulosidade realçada nos tons de verde e amarelo, conforme escala de cores da Figura 10).

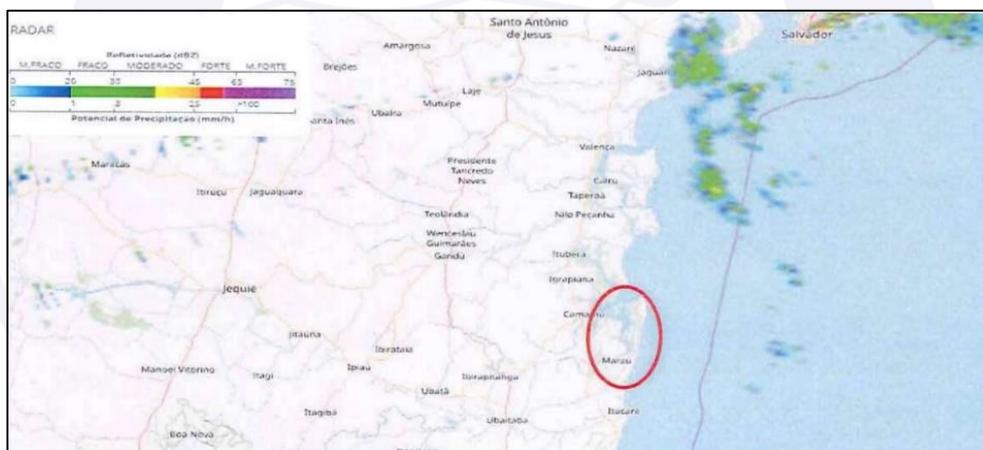


Figura 10 - Imagem radar do dia 31JUL2021, às 13h15min (UTC). Fonte: REDEMET.

O *Meteorological Aerodrome Report* (METAR - reporte meteorológico de aeródromo) de SBIL e SBSV, de 31JUL2021, das 12h00min (UTC) às 14h00min (UTC), demonstravam que havia vento predominante de sul/sudeste, com média de 07 a 16 kt, nebulosidades baixas entre 2.100 e 6.000 ft, sem a presença de nuvens TCU e de chuva.

SBIL	METAR	31/07/2021 12:00	20007KT 9999 SCT021 BKN042 BKN090 22/19 Q1025=
SBIL	METAR	31/07/2021 13:00	21007KT 9999 FEW027 BKN040 23/19 Q1025=
SBIL	METAR	31/07/2021 14:00	16012KT 9999 BKN021 BKN036 24/20 Q1025=
SBSV	METAR	31/07/2021 12:00	15016KT 9999 SCT023 BKN060 25/18 Q1023=
SBSV	METAR	31/07/2021 13:00	15016KT 9999 SCT023 BKN060 26/19 Q1023=
SBSV	METAR	31/07/2021 14:00	15016KT 9999 BKN023 BKN060 25/19 Q1023=

Figura 11 - Tabela com os Reportes Meteorológicos (METAR) de SBIL e SBSV.

Fonte: REDEMET.

Especialmente em SIRI, a ausência de estação meteorológica impossibilitou determinar aspectos como tempo presente, visibilidade horizontal e velocidade do vento à superfície, assim como se houve algum reporte de *windshear* para a região. Dessa forma, essas condições foram estimadas de acordo com outros dados disponíveis.

Para a região solicitada, entre 12h00min e 14h00min (UTC), do dia 31JUL2021, a análise indicou que havia a passagem de uma frente fria, próxima ao litoral do estado da Bahia, que deixou o céu nublado, com nebulosidades baixas e médias, além de chuvas isoladas. O vento na superfície era proveniente de sul/sudeste, com intensidade entre 7 e 16 kt. Havia previsão de ventos mais fortes com direção de sudeste para 2.000 ft, mas não havia dados observados para confirmação.

Para a região do incidente grave, não havia a presença da nebulosidade convectiva *Cumulunimbus* (CB), nem a presença de nuvens do tipo *Tower Cumulus* (TCU).

O sentido de pouso em SIRI era oeste/leste (pista 11), e o vento predominante era de sul/sudeste para norte/nordeste (través direito), com uma intensidade significativa.

1.8. Auxílios à navegação.

Nada a relatar.

1.9. Comunicações.

De acordo com as transcrições das gravações, verificou-se que os pilotos mantiveram contato rádio com os órgãos de controle de tráfego aéreo e que não houve qualquer anormalidade técnica dos equipamentos de comunicação durante o voo.

As comunicações entre o PR-DLM e os órgãos de controle de tráfego aéreo foram realizadas de maneira coordenada e clara, sem que houvesse nada significativo a ser relatado.

Durante a descida, o PR-DLM iniciou a comunicação com o Controle de Aproximação de Ilhéus (APP-IL), informando que havia cruzado o FL150 para o FL110.

Em seguida, o APP-IL autorizou a descida para o FL080, aguardando solicitação para modificação das Regras de Voo por Instrumentos (IFR) para Regras de Voo Visual (VFR).

O APP-IL informou, como referência, que Ilhéus operava em condições visuais, com vento 210° (direção) e 10 kt (intensidade) e visibilidade superior a 10 km, autorizando o PR-DLM a descer até o FL050.

Ao cruzar o FL075, o PR-DLM solicitou o cancelamento do plano IFR, sendo autorizado pelo APP-IL a prosseguir em condições visuais para o circuito de tráfego de SIRI.

Utilizando a frequência livre 123.450 MHz, o PR-DLM estabeleceu coordenação com as aeronaves que se encontravam no circuito de tráfego de SIRI, prosseguindo na descida para 2.500 ft, acompanhando o litoral, até interceptar a reta final para a cabeceira 11, pelo setor sul daquele aeródromo.

Posteriormente, o PR-DLM informou que havia arremetido e permanecia no circuito de tráfego para pouso.

Ainda na frequência livre, o PR-DLM informou o ingresso na perna do vento pela esquerda, para pouso na cabeceira 11.

1.10. Informações acerca do aeródromo.

O Aeródromo de Barra Grande (SIRI) era privado e operava sob as Regras de Voo Visual (VFR).

Segundo as informações constantes do Manual Auxiliar de Rotas Aéreas (ROTAER), a pista era de concreto, com cabeceiras 11/29, dimensões de 1.400 x 30 m com elevação de 33 ft.

A cabeceira 11 era normalmente a mais utilizada para pousos. O indicador de direção do vento encontrava-se em local visível, próximo à cabeceira 11. O aeródromo não era equipado com sistema visual indicador de rampa de aproximação.

No momento do incidente grave, o aeródromo se encontrava aberto para a circulação aérea e a pista estava desobstruída, úmida e com algumas poças d'água. Havia um aspecto de desnivelamento em alguns trechos da pista de pouso.

A figura abaixo mostra o aspecto de parte da pista de pouso, aproximadamente, uma hora após a ocorrência (Figura 12).



Figura 12 - Aspectos do pavimento da pista de pouso, aproximadamente, uma hora após a ocorrência.

Por se tratar de aeródromo privado, ele não era sujeito ao cumprimento de regulamentação específica, para efeito do monitoramento das condições da pista de pouso e decolagem, diferentemente dos aeródromos públicos, cujos procedimentos e requisitos eram estabelecidos pelo Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 154 - "Projeto de Aeródromos".

1.11. Gravadores de voo.

A aeronave estava equipada com um gravador de voz e dados (*Cockpit Voice and Data Recorder - CVDR*), modelo FA2100, Número de Série (SN) 000603247.

Com base nas informações extraídas do CVDR da aeronave, verificou-se que após a arremetida no solo, a aeronave ingressou no circuito de tráfego mantendo 1.000 ft AGL até o enquadramento da aproximação final.

Na perna do vento, a 1.000 ft AGL, a indicação dos aviônicos mostrava que o vento era de 30 kt, com componente de través esquerdo.

O PIC encurtou a perna do vento para enquadramento da perna base.

Manteve na perna base em torno dos 1.000 ft AGL, iniciando, então, a descida no enquadramento da reta final.

A reta final foi definida quando a aeronave cruzava aproximadamente 300 ft AGL e velocidade de 110 kt, com uma razão de descida em torno de 950 ft/min.

A aeronave atingiu 50 ft de altura, aproximadamente, 100 m antes da cabeceira 11, cruzando-a, instantes após, com 15 ft e 107 kt.

Durante a corrida do pouso, as indicações de WOW, bem como de *wheel speed* e *brake pedal position* ocorreram nos seguintes momentos (M):

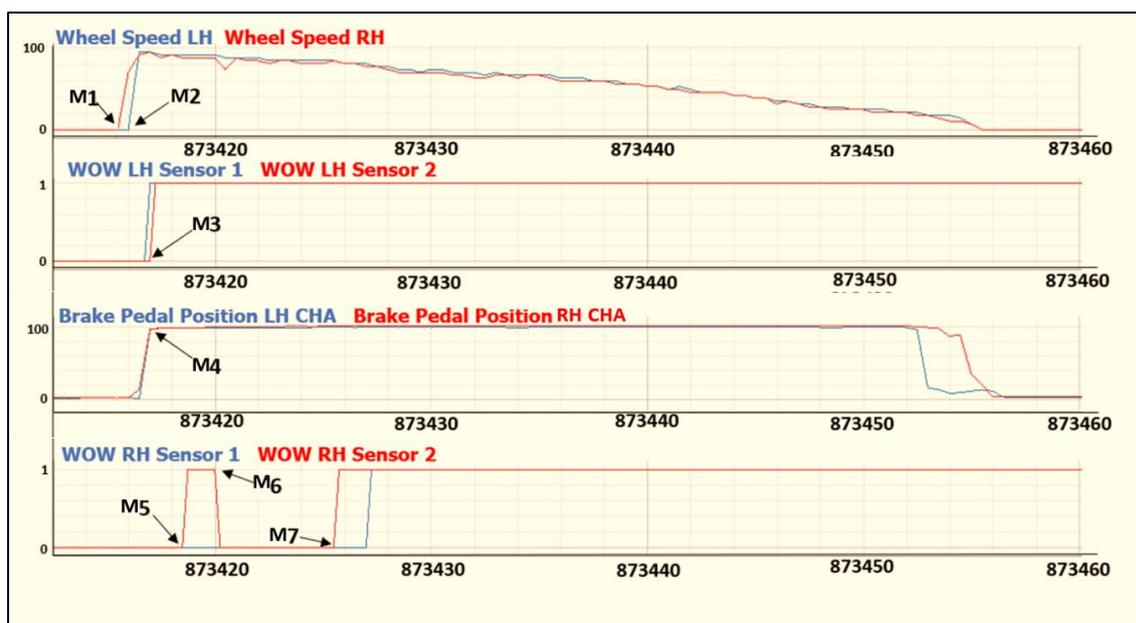


Figura 13 - Dinâmica do pouso.

- M1 - Roda direita iniciou o giro no solo.
- M2 - Roda esquerda iniciou o giro no solo.
- M3 - Sinal indicando peso sobre a roda esquerda (WOW LH).
- M4 - Aplicação máxima dos freios (pedais).
- M5 - Primeiro sinal indicando peso sobre a roda direita (WOW RH).
- M6 - Perda de sinal do peso sobre a roda direita (perda WOW RH).
- M7 - Segundo sinal indicando peso sobre a roda direita (WOW RH).

A Figura 14, a seguir, mostra a dinâmica da corrida de pouso da aeronave até a excursão de pista. Com base nela, pôde-se observar quando a aeronave passou a ter indicação de peso sobre as duas rodas (WOW LH e WOW RH) após ter percorrido 651 m, a partir da cabeceira 11.

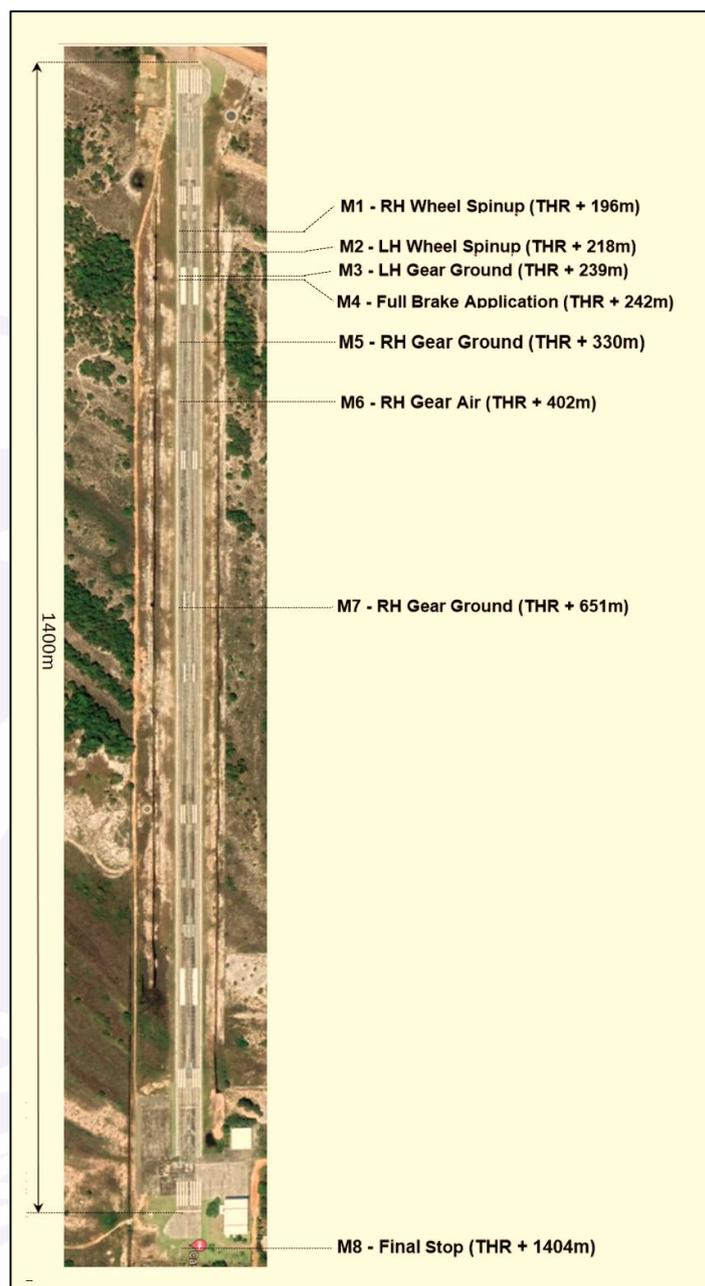


Figura 14 - Dinâmica do pouso até a saída de pista.

- M1 - Roda direita iniciou o giro no solo (TRH + 196 m).
- M2 - Roda esquerda iniciou o giro no solo (TRH + 218 m).
- M3 - Sinal indicando peso sobre a roda esquerda (WOW LH - TRH + 239 m).
- M4 - Aplicação máxima dos freios (TRH + 242 m).
- M5 - Primeiro sinal indicando peso sobre a roda direita (WOW RH - TRH + 330 m).
- M6 - Perda de sinal de peso sobre a roda direita (LOST WOW RH - TRH + 402 m).
- M7 - Segundo sinal indicando peso sobre a roda direita (WOW RH - TRH + 651 m).
- M8 - Parada total da aeronave fora da pista (TRH + 1.404 m).

A Figura 15 mostra a atuação simultânea dos pedais (*Brake Pedal Position LH/RH CHA*), com amplitudes semelhantes, coincidindo com o momento em que houve a indicação do peso sobre a roda esquerda (WOW LH), os momentos em que houve a indicação da perda e da nova indicação do peso sobre a roda direita (WOW RH), a indicação de pressão

hidráulica (*Brake Pressure LH/RH*) e a corrente elétrica demandada para as BCV, decorrente da atuação do piloto sobre os dois pedais:

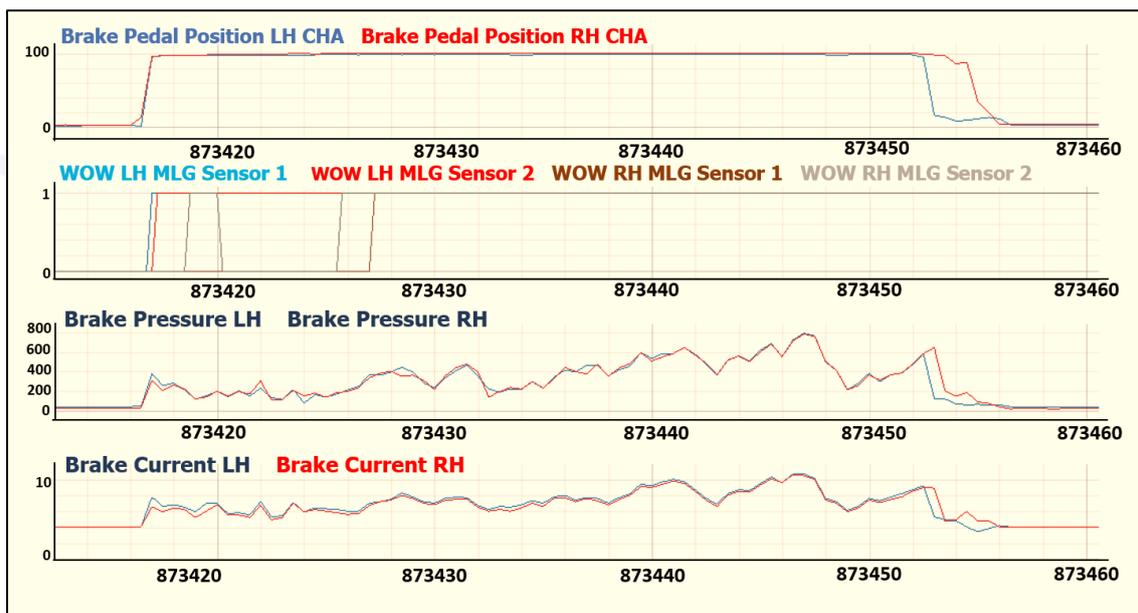


Figura 15 - Indicações de *Brake Pedal Position LH/RH*, da *Brake Pressure LH/RH* e da corrente elétrica demandada para as *Brake Control Valve*.

As informações apresentadas na Figura 16, relativas à pressão hidráulica aplicada nas duas rodas (*Brake Pressure LH/RH*) estão em consonância com as indicações mostradas na Figura 15, no que diz respeito à pressão com *Brake Current*. Tais informações indicaram que houve oscilação da pressão hidráulica aplicada nos dois conjuntos de freio (*Brake Pressure LH/RH*), apesar da aplicação máxima e constante dos freios pelo PIC.

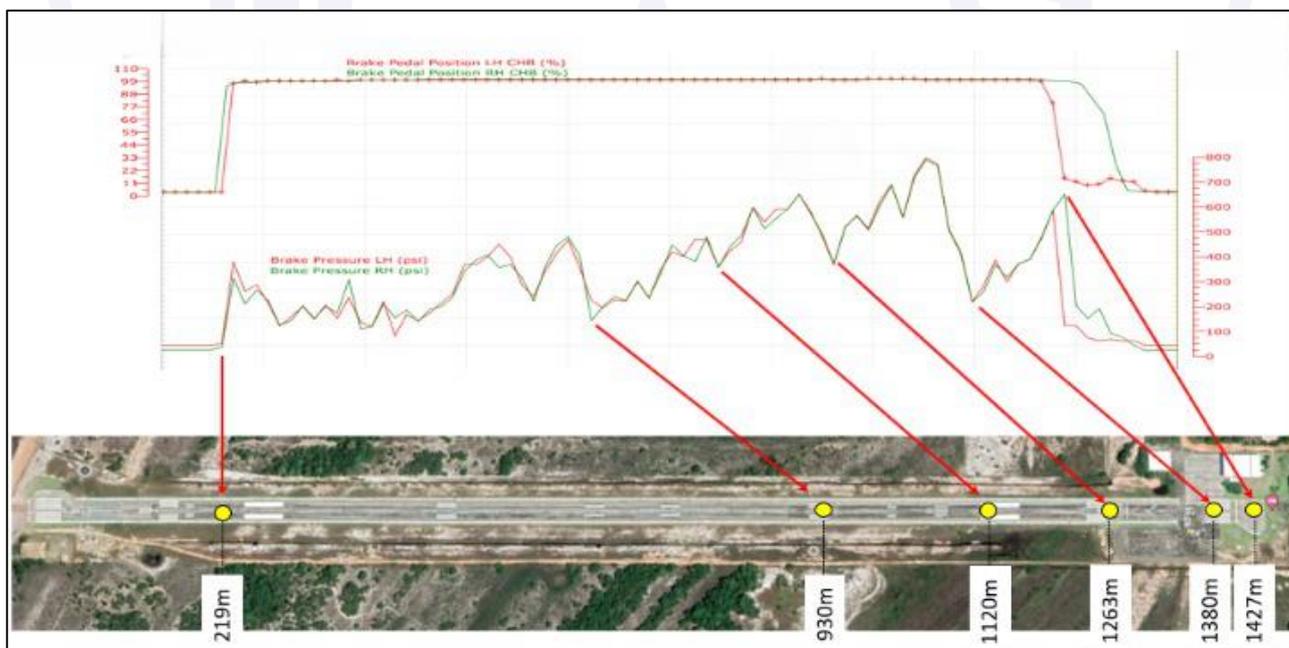


Figura 16 - Oscilação da pressão hidráulica durante a aplicação máxima dos freios.

A Figura 17 estabelece um comparativo entre a velocidade da aeronave e a velocidade de giro das rodas durante o segundo pouso da aeronave. O fato de a velocidade das rodas serem inferiores a da aeronave indicou que ela estava desacelerando ao longo da corrida de frenagem e as variações nas velocidades das rodas mostraram a atuação do *antiskid* visando evitar o travamento das rodas.

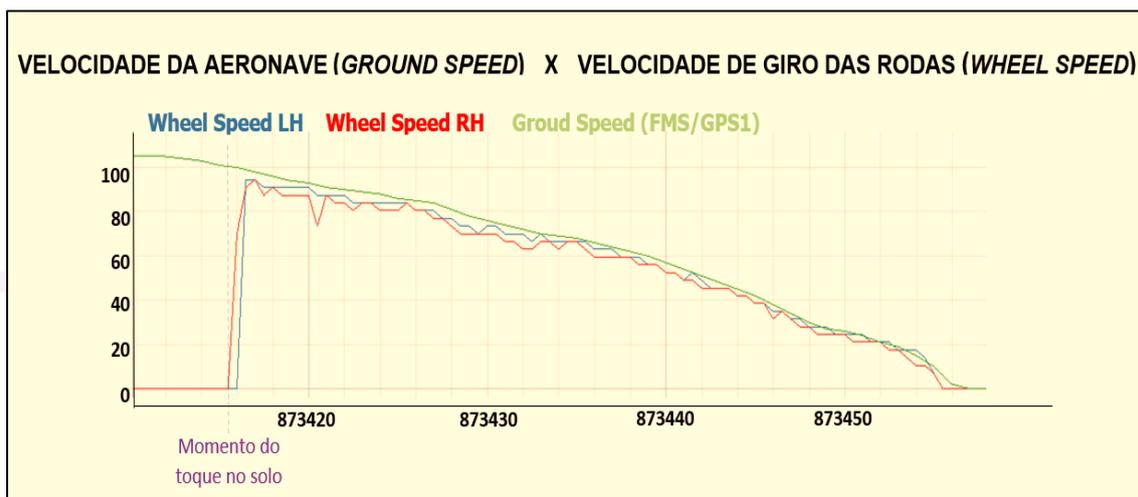


Figura 17 - Comparação da velocidade da aeronave com a velocidade de giro das rodas.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

Nada a relatar.

1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.

1.13.1. Aspectos médicos.

Nada a relatar.

1.13.2. Informações ergonômicas.

Nada a relatar.

1.13.3. Aspectos Psicológicos.

O PIC atuava na aviação há 45 anos, mantinha vínculo empregatício com o operador da aeronave desde 2008 e operava exclusivamente o avião envolvido nesta ocorrência.

O SIC concluiu sua formação de piloto privado em 2007. Estava na sua primeira experiência formal e mantinha vínculo empregatício com o operador desde 2012, mesmo período em que começou a operar a aeronave PR-DLM.

Ambos os pilotos operavam pela segunda vez em SIRI, sendo a primeira operação realizada no dia anterior ao voo da ocorrência.

No relato do PIC, identificou-se a ênfase nas questões meteorológicas: “o vento muda de direção constantemente”. Nesse contexto, o tripulante acrescentou que havia se deparado com uma camada de nuvem, por isso fez um tráfego visual abaixo da altura prevista (1.500 ft) e que, na aproximação final, a turbulência era de moderada a severa.

Ainda no tocante aos relatos dos pilotos, levantou-se que no momento da ocorrência foram detectados outros tráfegos de aviões, o que contribuiu para a decisão de realizar uma aproximação direta no primeiro pouso. Outro ponto a ser destacado seria sobre as características da pista, marcada por desnivelamentos.

No primeiro pouso, o SIC avaliou que a aeronave não pararia dentro dos limites da pista e, conforme previsto, avisou o PIC, que realizou a arremetida. Durante o segundo pouso, o SIC novamente avaliou que a aeronave ultrapassaria os limites da pista, porém o PIC acreditou, de início, que isso não ocorreria.

Desde a sua aquisição, a aeronave foi operada pelos mesmos pilotos envolvidos neste incidente grave e, no voo em questão, o passageiro era um dos seus proprietários, que mesmo ciente das condições meteorológicas, persistiu para que seguissem ao destino programado.

1.14. Informações acerca de fogo.

Não houve fogo.

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

Nada a relatar.

1.16. Exames, testes e pesquisas.

De acordo com os documentos apresentados pelo operador da aeronave, o PR-DLM foi submetido à inspeção de manutenção prevista para os casos de *runway excursion*, sendo substituídos os conjuntos de freio LH/RH e os conjuntos de rodas do *main landing gear* (LH/RH) e do *nose landing gear*.

Os testes dos componentes substituídos não apontaram discrepâncias.

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

O avião era de propriedade do Grupo Águia Branca, sendo operado pela Líder Táxi Aéreo S.A. Air Brasil. Realizava uma média de 15 a 20 horas de voo por mês somente com o Grupo.

Fundada em 1958, a Líder Táxi Aéreo S.A. Air Brasil tinha sedes administrativa e operacional em Belo Horizonte, MG. Era detentora do certificado de homologação de empresa de transporte aéreo público de passageiros não regular - Empresa de Transporte Aéreo (ETA) nº 1998-06-0CAP-02-04.

Sua última autorização operacional foi renovada por cinco anos, por meio da Decisão Operacional nº 08, de 23JAN2019, da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), para as atividades de táxi-aéreo, aerofotografia e aeroinspeção.

Segundo a sua Especificação Operativa (EO), Revisão 81, de 29JUL2021, suas bases principais de operação e de manutenção situavam-se em Macaé, RJ, contando, ainda, com sete bases auxiliares de operação e outras sete bases auxiliares de manutenção, situadas em distintas localidades do país.

Existia, na estrutura organizacional da empresa, uma Gerência de Segurança Operacional (GSO).

O Manual Geral de Operações (MGO) era parte integrante do Manual Geral de Empresa (MGE) e estabelecia a estrutura administrativa e operacional da unidade de fretamento e gerenciamento de aeronaves, definindo os procedimentos, atribuições e responsabilidades para todo o pessoal do setor, envolvido ou não no voo, objetivando a manutenção da segurança operacional em todas as atividades.

A empresa contava com uma frota diversificada de aeronaves de asa fixa e de asas rotativas.

1.18. Informações operacionais.

Os pilotos haviam operado no mesmo aeródromo (SIRI) no dia anterior.

A decolagem de SBSP e o voo em rota transcorreram sem anormalidades.

Durante a descida e o ingresso no tráfego de SIRI, a aeronave PR-DLM realizou o perfil ilustrado na Figura 18. Durante a primeira tentativa de pouso, os tripulantes julgaram que aquela aproximação não permitiria parar a aeronave na distância de pouso disponível.

Desse modo, foram realizados uma arremetida e o ingresso para um novo circuito de tráfego.



Figura 18 - Perfis da primeira (magenta) e da segunda (verde) aproximações.
Fonte: CVDR da aeronave.

Na ocasião, a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento especificados pelo fabricante. O peso estimado da aeronave para o pouso era de 4.050 kg.

Com base na tabela de distância para pouso (Figura 19) e considerando que a pista se encontrava seca, os pilotos calcularam que a Velocidade de Referência (V_{REF}) era de 97 kt e que a distância de pouso não fatorada era de 775 m.

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_{FS} (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	899	1379
	3700	92	98	115	1200	1380	720	900	1380
	3800	93	99	117	1224	1408	735	921	1408
	3900	94	100	118	1246	1433	748	941	1433
	4000	95	101	120	1269	1459	761	962	1459
	4100	97	102	121	1291	1485	775	982	1485
	4200	98	103	122	1314	1511	789	1002	1511
	4300	99	104	124	1337	1538	803	1023	1538
	4400	100	105	125	1364	1568	819	1047	1568
4500	101	107	126	1388	1596	833	1068	1596	

Figura 19 - Tabela de distância para pouso.
Fonte: Quick Reference Handbook - Phenom 100.

Na chegada da aeronave ao aeródromo de destino, o teto era de 1.800 ft, com céu encoberto. O vento indicado nos aviônicos era de 20 kt (média), com componente de través, vindo da direita, induzindo a um *Wind Correction Angle* (WCA - ângulo de correção de vento) em excesso de 20°.

O *Aircraft Flight Manual* da aeronave Phenom 100 (EMB-500) - 3-04 Revision 18 code 01, Page 7, descrevia o seguinte:

DEMONSTRATED CROSSWIND - The maximum demonstrated crosswind component for takeoff and landing is 17 kt.

This value is not considered to be limiting.

No primeiro tráfego, a tripulação realizou uma aproximação direta. Na curta final, houve uma redução significativa da *airspeed* para 90 kt a, aproximadamente, 100 ft de altura, levando à ativação do aviso sonoro “*Stall*”.

O piloto imediatamente avançou os manetes de potência dos motores e prosseguiu para o pouso.

A aeronave cruzou a cabeceira da pista com 103 kt (6 kt acima da V_{REF}).

O SIC julgou que a aeronave não iria parar dentro dos limites da pista e comandou o *callout* “go-around”.

O PIC reagiu e iniciou a arremetida. Durante o procedimento, a tripulação constatou as condições para o pouso, entre elas o vento de través direito e as poças de água na pista.

Na segunda aproximação, para efeito do cálculo da distância de pouso, o PIC utilizou os mesmos parâmetros de performance da aeronave empregados na primeira. Os dados extraídos do CVDR e a condição observada da pista (molhada) indicaram que o peso a ser considerado deveria ser de 4.000 kg, o que implicaria em uma V_{REF} de 95 kt e em uma distância de pouso de 962 m para pista molhada, conforme a tabela da Figura 19.

No segundo pouso, as observações do PIC deram conta de que a aeronave cruzou a cabeceira 11, e após o toque na pista, a asa direita (RH) permaneceu “mais alta que a esquerda”, mesmo com o comandamento total do aileron RH. O freio atuou, porém, houve “descompassos” do *antiskid* com baixa desaceleração.

Pouco antes de atingir a marca de 1.000 ft da cabeceira oposta, o SIC alertou que a aeronave ultrapassaria o limite (longitudinal) da pista.

Acreditando que a aeronave pararia dentro dos limites da pista, o PIC manteve os pedais do freio, na amplitude máxima, sem acionar o *Emergency Parking Brake*.

Quando percebeu que a aeronave ultrapassaria os limites da pista, o PIC comandou curva à direita por meio dos pedais.

O PIC reportou que não optou pelo acionamento do *Emergency Parking Brake* (EPB - freio de estacionamento de emergência) tendo em vista as orientações recebidas pelos instrutores de voo, os quais enfatizavam o uso correto do EPB durante os treinos recorrentes. Acrescentou que quando percebeu que a desaceleração estava aumentando, a aeronave passou por poças d'água e a desaceleração diminuiu novamente.

Acrescentou que não estava chovendo no momento, porém havia chovido no início do dia. A pista se encontrava úmida e sua aparência vista do ar, na reta final, era semelhante a uma pista seca.

Ele reportou também que não houve indicação de falha relacionada ao sistema de freio no CAS.

1.19. Informações adicionais.

Aproximação de baixo ângulo.

Com relação à definição de aproximação de baixo ângulo, em artigo dedicado à cultura de segurança de voo - “Vale a Pena Aproximar com Rampa de Baixo Ângulo?” - David Branco Filho, Piloto de Linha Aérea - Avião, abordou aspectos intervenientes nesse tipo de procedimento que poderiam concorrer para a excursão de pista, dentre os quais destacam-se¹:

[...]

O segundo contexto comum para aproximações de baixo ângulo ocorre quando se vai operar em pista curta e o piloto conscientemente decide por uma aproximação baixa com a intenção de aproveitar o máximo do tamanho de pista. O piloto toma esta decisão por entender que a rampa mais baixa vai resultar em menores

¹ Disponível em: <http://culturadesegurancaDEVoo.blogspot.com/2019/01/vale-pena-aproximar-com-baixo-angulo.html>, acesso 05JAN2022.

distâncias de pouso, mas não considera outros fatores que afetam mais gravemente a segurança.

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;

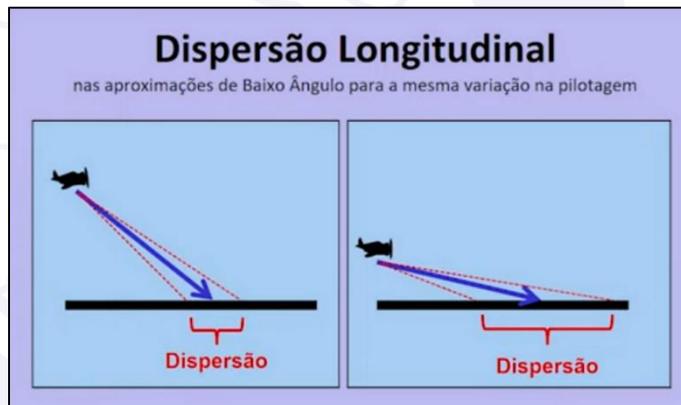
para manter a velocidade de referência (V_{REF}) em uma aproximação de baixo ângulo, uma tração maior é requerida dos motores; por estar operando em rotação mais alta, o tempo de desaceleração (*spool-down*) dos motores, considerando a reação a partir do momento da redução para *idle*, é mais longo, 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

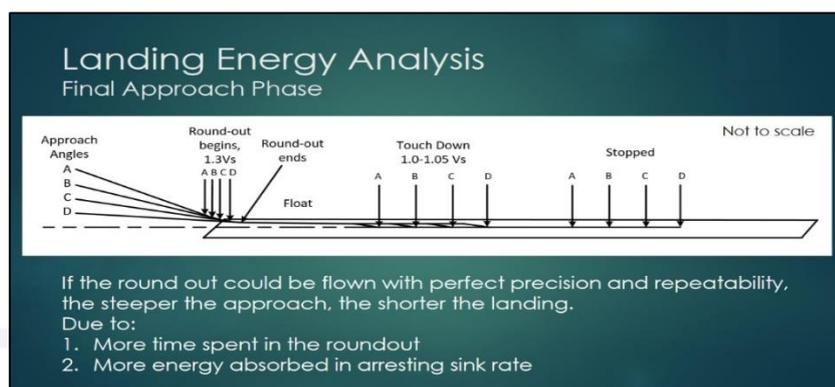
[...]



[...]

Quanto mais baixo o ângulo de aproximação, maior a possibilidade de dispersão longitudinal do ponto de toque, ocasionando tanto um pouso antes da cabeceira, quanto excursão de pista na cabeceira oposta.

A desaceleração do avião no pouso consiste em um processo de dissipação da energia total da aeronave. Normalmente, o piloto pensa apenas na parte realizada no solo, pelos freios, mas não considera que também existe uma componente no ar, geralmente pouco compreendida. O arredondamento é uma parte importante da equação de desempenho de pouso, pois consome ainda no ar parte da energia total da aeronave. Quando se aproxima com rampa de baixo ângulo, a manobra de arredondamento tem curta duração, pouca energia é consumida e existe maior tendência de flutuação; quando se aproxima com maior ângulo, o arredondamento começa mais cedo, dura um tempo maior e mais energia é consumida. Assim sendo, mantendo iguais os demais fatores, uma rampa de aproximação mais íngreme resultará em menor distância total de pouso, pois a manobra de arredondamento será mais longa e mais energia será consumida no processo de deter a razão de descida da aeronave (figura abaixo).

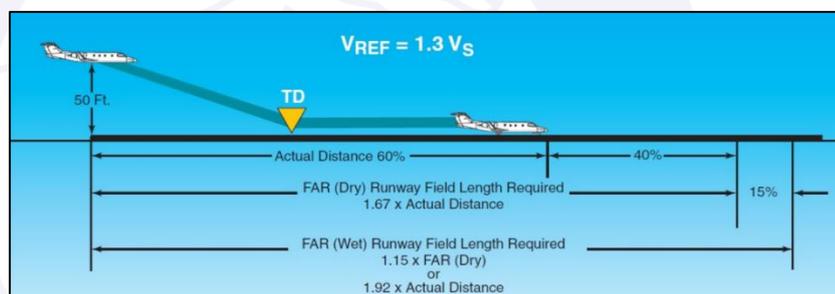


[...]

Se o arredondamento for voado com precisão e repetibilidade, quanto mais íngreme a aproximação, menor a distância de pouso, devido a maior duração do arredondamento e consequente maior absorção de energia para deter a razão de descida.

(Fonte: n91cz.net).

De uma forma geral, os eventos intencionais de aproximação com rampa baixa iniciam-se devido a uma preocupação do tripulante em relação à distância de pouso e sua decisão de tocar logo no início da pista. Quando há essa preocupação, nada melhor do que consultar as tabelas de desempenho de pouso da sua aeronave e entender o que elas representam. As distâncias de pouso apresentadas nos manuais consideram que a aeronave passou sobre a cabeceira da pista a 15 m (50 ft) de altura na velocidade de referência (V_{REF}), com uma rampa de 3° , percorreu certa distância no ar até tocar o solo e mais uma distância no solo até a parada total, normalmente assumindo que os reversores do motor não são utilizados.



A distância de pouso do seu manual inclui a distância percorrida no ar, cruzando a cabeceira a 50 ft de altura.

Circuito de Tráfego Padrão.

A Instrução do Comando da Aeronáutica 100-37 (ICA 100-37) - “Serviços de Tráfego Aéreo” estabelecia no seu item 6.24 “Circuito de Tráfego Padrão”:

6.24.1 Os elementos básicos do circuito de tráfego são:

- a) perna contra o vento - trajetória de voo paralela à pista em uso, no sentido do pouso;
- b) perna de través - trajetória de voo perpendicular à pista em uso, compreendida entre a perna contra o vento e perna do vento;
- c) perna do vento - trajetória de voo paralela à pista em uso, no sentido contrário ao do pouso;
- d) perna base - trajetória de voo perpendicular à pista em uso, compreendida entre a perna do vento e a reta final; e
- e) reta final - trajetória de voo no sentido do pouso e no prolongamento do eixo da pista compreendida entre a perna base e a cabeceira da pista em uso.



Circuito de tráfego padrão.

6.24.3 O circuito de tráfego padrão será efetuado a uma altura de 1.000 ft para aeronaves à hélice e a uma altura de 1.500 ft para todas as aeronaves a jato e turboélices com categoria de esteira de turbulência Média ou Pesada, sobre a elevação do aeródromo, sendo todas as curvas realizadas pela esquerda (grifo nosso).

Aproximação Estabilizada.

Ao ser comentada a expressão aproximação estabilizada, levou-se em consideração as definições da ANAC, em seu sítio eletrônico, que trazia o seguinte:

Definição

Procedimento e técnica de voo que visam assegurar que a aproximação e a descida final para pouso sejam efetuadas em conformidade com a trajetória de voo pretendida e sem a necessidade de manobras excessivas, tais como curvas bruscas ou mudanças repentinas na razão de descida já nas proximidades da pista de pouso. Nestes casos, ocorrendo a "desestabilização", uma arremetida deverá ser executada. (Fonte: BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. CNS/ATM).

Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/biblioteca/IS/2014/IS91-003A.pdf>. (Acesso em: 05JAN2022).

Ainda com relação à aproximação estabilizada, a publicação elaborada pela Força Tarefa para a Redução de Acidentes em Aproximação e Pouso (ALAR) da *Flight Safety Foundation*, traduzida pela ANAC, apontava as seguintes recomendações:

Todos os voos devem estar estabilizados por volta de 1.000 ft acima da elevação do aeroporto em condições meteorológicas de voo por instrumentos (IMC) e 500 ft acima da elevação do aeroporto em condições meteorológicas de voo visual (VMC). Uma aproximação está estabilizada quando todos os seguintes parâmetros forem atendidos:

1. A aeronave está na trajetória de voo correta;
2. Apenas pequenas alterações na proa/arfagem são requeridas para manter a trajetória de voo correta;
3. A velocidade da aeronave não é maior do que a V_{REF} (velocidade de referência para pouso) +20 nós de velocidade indicada e não inferior a V_{REF} ;
4. A aeronave está na configuração de pouso correta;
5. A razão de descida não é maior do que 1.000 ft por minuto; se a aproximação exigir uma taxa de descida superior a 1.000 ft por minuto, um briefing específico deverá ser realizado;
6. A potência está adequadamente ajustada para a configuração da aeronave e não é inferior à potência mínima para aproximação conforme definido pelo manual de operação da aeronave;
7. Todos os *briefings* e *checklist* foram concluídos;
8. Pouso por instrumentos (ILS) deverão ser conduzidas dentro de um DOT da rampa de planeio-localizador; uma aproximação ILS Categoria II ou III deverá ser realizada dentro da banda expandida do localizador...; e

9. Procedimentos de aproximação diferenciada ou em condições anormais, que exigirem um desvio dos elementos de uma aproximação que se torna instável abaixo de 1.000 ft acima da elevação do aeroporto em IMC, ou abaixo de 500 ft acima da elevação do aeroporto em VMC, requer imediata arremetida.

O *Standard Operational Procedures* (SOP - procedimentos operacionais padrão) da Líder Táxi Aéreo S.A Air Brasil, pág. 32, estabelecia:

4.5. APROXIMAÇÃO NÃO ESTABILIZADA

Uma aproximação não deverá ser continuada se a aeronave não estiver estabilizada abaixo das seguintes altitudes:

VMC - 500 ft AGL

IMC - 1.000 ft AGL

As condições que definem uma aproximação estabilizada são:

- a) Trajetória de voo correta;
- b) Pequenas mudanças no ângulo para manter a trajetória;
- c) Velocidade não maior que $V_{REF} + 10$ e não menor que V_{REF} ;
- d) Configuração de pouso correta;
- e) Razão de descida menor que 1.000 ft/min;
- f) Variação de potência menor que 15% de N1;
- g) Todos os “briefings” e cheques executados.

4.6. LIMITES DE VENTO PARA OPERAÇÕES DE POUSO E DECOLAGEM

O limite máximo de vento lateral do Phenom é de 30 kt (demonstrado) e de componente de cauda 10 kt.

Fatoração da pista

O RBAC nº 135 - “Operações de Transporte Aéreo Público com Aviões com Configuração Máxima Certificada de Assentos para Passageiros de até 19 Assentos e Capacidade Máxima de até 3.400 kg (7.500 lb)” em sua Subparte I - “Limitações Operacionais de Desempenho dos Aviões” não estabelecia requisitos para fatoração de pista nos aeródromos de destino e alternativa, para efeito da operação de aeronaves modelo Phenom 100.

Pouso.

Sobre definição de pouso, o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil 23 (RBAC 23) - “Requisitos de Aeronavegabilidade: Aviões Categoria Normal”, definia:

23.2130 Pouso.

O requerente deve determinar o seguinte, em temperaturas padrões nas combinações críticas de peso e altitude dentro dos limites operacionais:

- (a) A distância, a partir de uma altura de 50 ft (15 m) acima da superfície de pouso, necessária para pousar e parar.
- (b) As velocidades de aproximação e pouso, configurações e procedimentos que permitam a um piloto de habilidade mediana pousar de forma consistente dentro da distância de pouso publicada e sem causar danos ou lesões e que permita uma transição segura para as condições de arremetida deste regulamento levando em conta:

- (1) Margem de segurança da velocidade de estol; e
- (2) Velocidades mínimas de controle.

Excursão de pista (*runway excursion*).

O Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 3-6, Manual de Investigação do SIPAER definia excursão de pista como:

Saída pela lateral (*veer off*) ou ultrapassagem pela extremidade longitudinal (*overrun off*) da pista.

Em 17JUL2014, a *Federal Aviation Administration (FAA)*, emitiu uma *Advisory Circular (AC)* número 91-79A que tratava do seguinte assunto: “Mitigando os Riscos de Extrapolação da Pista durante o Pouso”, em tradução livre. A referida AC continha o seguinte objetivo:

Esta *Advisory Circular (AC)* fornece maneiras para que pilotos e operadores de aeronaves identifiquem, entendam e mitiguem os riscos associados a extrapolações de pista durante a fase de pouso. Ela também fornece aos operadores informações detalhadas que podem ser usadas para desenvolver procedimentos operacionais padrão (SOP) da empresa para mitigar esses riscos.

Na seção 6, relacionada aos perigos associados com a extrapolação de pistas, havia o tópico (c) referente a efeitos de excesso de velocidade na aproximação. Em suma, a AC-91-79A informava que um aumento de 10% na velocidade de aproximação resultaria em um aumento de 20% na distância de pouso.

Condições da pista de pouso e decolagem.

A Subparte A, da Seção 153.1(a) (1), do RBAC 153 - “Aeródromos - Operação, Manutenção e Resposta à Emergência”, apesar de não aplicável aos aeródromos privados, definia os seguintes termos:

(1) Aderência da pista de pouso e decolagem significa a propriedade física caracterizada pela força de contato entre os pneus da aeronave e a superfície da camada de rolamento do pavimento da pista, que assegura à aeronave resistência à derrapagem e controle direcional. As condições de aderência da pista de pouso e decolagem são fornecidas, principalmente, pelo atrito e pela textura superficial (microtextura e macrotextura).

[...]

(20) Defeitos no pavimento significa danos ou deteriorações na superfície do pavimento que podem ser classificados segundo uma metodologia normatizada e identificados a olho nu, tais como fissuras, trincas, afundamentos, ondulações ou corrugações, desníveis, deformações, escorregamentos, exsudações, desgastes, panelas ou buracos, desnivelamentos de placas, escalonamentos ou degraus nas juntas, bombeamentos, avarias no material selante entre juntas, esborcinamentos, entre outros.

[...]

Aeródromo SIRI.

Por estar localizado em região turística, o aeródromo privado SIRI era utilizado por diversas aeronaves e teve as seguintes ocorrências registradas desde o ano de 2016:

DATA	AERONAVE	MODELO	CLASSIFICAÇÃO	TIPO
17/09/2016	PR-JVF	C525A	Acidente	Pouso antes da pista
27/12/2016	PT-RFK	EMB-810C	Acidente	Excursão de pista
14/11/2019	PT-LTJ	C550	Acidente	Pouso antes da pista
31/07/2021	PR-DLM	EMB-500	Incidente Grave	Excursão de pista
17/04/2022	PP-LGD	EMB-505	Acidente	Excursão de pista

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

A aeronave decolou de SBSP com destino a SIRI, com dois pilotos e um passageiro a bordo.

Ao chegar em SIRI, houve uma primeira aproximação para pouso na cabeceira 11, com arremetida no solo. Após novo tráfego, ocorreu o pouso da aeronave, que percorreu toda a extensão da pista, vindo a sair pela cabeceira oposta.

Com base nos dados obtidos, incluindo os levantados a partir do CVDR e da análise da dinâmica dos fatos, foi considerada a influência dos seguintes aspectos que contribuíram ou possivelmente contribuíram para o incidente grave em questão.

No primeiro tráfego, a tripulação realizou uma aproximação direta. Na curta final, houve uma redução significativa da *airspeed* levando à ativação do aviso sonoro "Stall".

O piloto imediatamente corrigiu e prosseguiu para o pouso, sendo que a aeronave cruzou a cabeceira da pista com 6 kt acima da V_{REF} . O SIC, ao perceber que a aeronave não iria parar na pista, comandou uma arremetida, que foi realizada pelo PIC. Durante o procedimento, a tripulação constatou quais eram as condições existentes para o pouso, entre elas o vento de través direito e as poças de água na pista.

Após a arremetida no solo, a aeronave ingressou no circuito de tráfego, mantendo 1.000 ft AGL. Na perna do vento, a indicação dos aviônicos mostrava que o vento era de 30 kt, com componente de través direito em relação à cabeceira 11.

Mesmo diante da manutenção das condições que levaram à arremetida no solo, incluindo as relacionadas com o vento de través direito (199°/18 kt) e a presença de poças na pista, o PIC decidiu pela realização do segundo pouso.

O SOP da Líder Táxi Aéreo S.A. Air Brasil dizia que o limite máximo de vento lateral do Phenom era de 30 kt (demonstrado), porém o vento demonstrado era de 17 kt e não representava uma limitação da aeronave imposta pelo fabricante. O limite lateral determinado pelo operador pode ter sido permissivo e levado ao prosseguimento do pouso.

Embora os tripulantes tenham utilizado os mesmos parâmetros da primeira aproximação (peso de pouso de 4.050 kg e pista seca), na prática, para efeito do cálculo da V_{REF} e distância de pouso, os dados extraídos do CVDR e a condição observada da pista (molhada) indicaram que o peso a ser considerado deveria ser de 4.000 kg, o que implicaria em uma V_{REF} de 95 kt e em uma distância de pouso de 962 m para pista molhada.

O segundo tráfego foi realizado a 1.000 ft AGL (500 ft abaixo do previsto), segundo os tripulantes, em razão de limitação do teto presente.

O PIC encurtou a perna do vento, mantendo-se em torno de 1.000 ft AGL na perna base, iniciando a descida no enquadramento da reta final, que foi definida quando a aeronave cruzava, aproximadamente, 300 ft AGL, caracterizando uma aproximação não estabilizada.

A aeronave atingiu 50 ft de altura, aproximadamente, 100 m antes da cabeceira 11, cruzando-a, instantes após, com 15 ft e 107 kt, indicando que havia assumido um perfil de aproximação de baixo ângulo.

Os parâmetros acima descritos, associados à realização de aproximação não estabilizada, estiveram em desacordo com o SOP da empresa, o qual estabelecia que em tais circunstâncias uma aproximação não deveria ser continuada.

O cruzamento da cabeceira 11 ocorreu com 12 kt acima da V_{REF} prevista, ou seja, a velocidade de cruzamento da cabeceira estava cerca de 13% acima da V_{REF} . Essa condição implicaria um aumento de 26% da distância de pouso, de acordo com informações contidas na AC91-79A. Portanto, considerando a distância planejada de pouso de 962 m, a correção

devido à velocidade final de aproximação acima da V_{REF} resultaria em uma distância total de pouso de aproximadamente 1.212 m.

Contudo, esse fato ainda permitiria a operação segura da aeronave, uma vez que a pista de pouso tinha o comprimento de 1.400 m.

A aproximação de baixo ângulo também concorreu para uma flutuação da aeronave sobre a pista, após o toque da roda esquerda (WOW LH), retardando a indicação de peso sobre a roda direita (WOW RH). Tal fato pode ter ocasionado uma baixa eficiência de frenagem.

Aliado a isso, o vento com componente de través direito, também contribuiu para que a asa direita da aeronave permanecesse mais alta que a esquerda, retardando a indicação do peso sobre a roda direita (WOW RH) e comprometendo a frenagem da aeronave.

Com base na Figura 14, pôde-se observar que a aeronave passou a ter indicação de peso sobre as duas rodas (WOW LH e WOW RH) após ter percorrido 651 m, a partir da cabeceira 11. Naquele instante, havia 749 m de pista restante.

A distância de 412 m percorrida pela aeronave na pista, compreendida entre os momentos M3 (WOW LH) e M7 (WOW RH), Figura 13, coincidiu com as observações do PIC dando conta de que, após o toque da aeronave na pista, a asa direita permaneceu mais alta que a esquerda, mesmo com o comandamento do aileron direito.

Não foi possível avaliar, adequadamente, a eficácia das técnicas de correção de vento empregadas pelo piloto após o toque da aeronave na pista, uma vez que o gravador de dados de voo da aeronave não registrava as posições de aileron e manche.

As informações apresentadas na Figura 16, relativas à pressão hidráulica aplicada nas duas rodas (*Brake Pressure LH/RH*) estavam em consonância com as indicações mostradas na Figura 15, relacionadas à pressão com *Brake Current*. Tais informações indicaram que houve oscilação da pressão hidráulica aplicada nos dois conjuntos de freio (*Brake Pressure LH/RH*), apesar da aplicação máxima e constante dos freios pelo PIC.

A oscilação da pressão dos freios ocorreu em razão da funcionalidade do *antiskid*, com o objetivo de prevenir a derrapagem das rodas principais e o consequente estouro dos pneus.

De fato, a Figura 17 mostrou a pouca diferença entre as velocidades da aeronave e os giros das rodas durante a corrida após o pouso, evidenciando que não houve derrapamento das rodas principais e que a aeronave estava desacelerando ao longo da corrida de frenagem.

Baseado nas informações dos tripulantes e nos registros apresentados pelo operador da aeronave, em relação à inspeção realizada após a *runway excursion*, bem como pela ausência de mensagem de falha no CAS, inferiu-se que nenhuma falha ou mau funcionamento dos equipamentos da aeronave, assim como dos seus diversos sistemas, notadamente, o de freio, contribuiu para este incidente grave.

Os pilotos mantinham vínculo empregatício com o operador da aeronave e voavam somente o Phenom 100. Era a segunda vez que os pilotos operavam em SIRI.

Embora o voo transcorresse sob as regras do RBAC 135, a aeronave fazia o transporte de um dos seus proprietários, que persistia em chegar ao destino programado. Tal fato pode ter influenciado a decisão dos tripulantes de prosseguirem para o pouso na localidade, apesar das condições apresentadas, e realizar nova tentativa de pouso mesmo após arremetida.

Observou-se que nos momentos críticos do voo, sobretudo na arremetida no solo e na corrida após o pouso, o SIC procurou assessorar adequadamente o PIC.

Com base nas informações obtidas, foi possível inferir que a realização do tráfego visual abaixo das alturas preconizadas, resultando em uma aproximação não estabilizada e de baixo ângulo, bem como as condições de vento, concorreram para degradar a performance da aeronave na corrida após o pouso.

Em adição, percebeu-se que as condições de aderência da pista de pouso de SIRI também podem ter contribuído para a excursão de pista, tendo em vista que ela estava úmida e com algumas poças d'água, além de apresentar um aspecto de desnivelamento em alguns trechos.

Por se tratar de aeródromo privado, a pista de pouso de SIRI não era sujeita ao cumprimento de legislação específica, para efeito do monitoramento das condições da pista de pouso e decolagem, diferentemente dos aeródromos públicos, cujos procedimentos e requisitos eram estabelecidos pelo RBAC 154.

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/D (que incluía o modelo EMB-500), Avião Multimotor Terrestre (MLTE) 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 Aeronavegabilidade (CA) válido;
- e) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- f) as escriturações das cadernetas de célula e motores estavam atualizadas;
- g) a aeronave decolou de SBSP com destino a SIRI, com dois pilotos e um passageiro a bordo;
- h) o voo transcorreu sob as regras do RBAC 135;
- i) estimou-se que as condições meteorológicas no aeródromo de destino favoreciam a realização do voo VFR;
- j) em SIRI, houve uma primeira aproximação para pouso na cabeceira 11, com arremetida no solo;
- k) após a arremetida no solo, a aeronave ingressou no circuito de tráfego mantendo 1.000 ft AGL;
- l) durante a segunda aproximação, na perna do vento, a indicação dos aviônicos mostrava que o vento era de 30 kt, com componente de través direito em relação à cabeceira 11;
- m) a reta final foi definida quando a aeronave cruzava, aproximadamente, 300 ft AGL;
- n) a aeronave atingiu 50 ft de altura cerca de 100 m antes da cabeceira 11, cruzando-a com 15 ft e 12 kt acima da VREF prevista;
- o) após o toque, a aeronave percorreu toda a extensão da pista, vindo a ultrapassar a cabeceira oposta;
- p) não foram identificadas falhas relacionadas ao sistema de freios;
- q) a aeronave não teve danos; e
- r) todos os ocupantes saíram ilesos.

3.2. Fatores contribuintes.

- Aplicação dos comandos - contribuiu.

Uma inadequada aplicação dos comandos permitiu a realização de uma rampa abaixo da prevista e do cruzamento da cabeceira com velocidade acima da V_{REF} , o que aumentou a distância percorrida pela aeronave durante o pouso e atrasou o início da sua frenagem.

- Atitude - contribuiu.

Diante do intento do passageiro de pousar na localidade programada, não houve uma ação ativa e assertiva por parte dos tripulantes de dissuadi-lo do propósito com base nas informações sobre as condições de realização do voo.

- Infraestrutura aeroportuária - indeterminado.

Embora não tenha sido possível determinar as condições de aderência da pista, estabelecidas pelo atrito e pela textura superficial (microtextura e macrotextura), é possível que os aspectos observados em relação ao pavimento da pista de pouso de SIRI tenham contribuído para a excursão.

- Julgamento de pilotagem - contribuiu.

Houve uma avaliação inadequada de parâmetros relacionados à operação da aeronave, levando a uma aproximação não estabilizada, de baixo ângulo e com a V_{REF} acima da prevista.

- Percepção - indeterminado.

É possível que tenha ocorrido um rebaixamento da consciência situacional da tripulação durante a realização do segundo tráfego, uma vez que não consideraram as condições já conhecidas que poderiam impactar na realização segura do pouso.

- Processo Decisório - contribuiu.

O fato de ter sido tomada a decisão de prosseguir no pouso durante a segunda tentativa, mesmo que tenha sido realizada uma aproximação não estabilizada, demonstrou dificuldades para perceber, analisar, escolher alternativas e agir adequadamente, as quais comprometeram a qualidade do processo decisório da tripulação.

- Sistemas de apoio - indeterminado.

O SOP da Líder Táxi Aéreo S.A. Air Brasil, mencionava que o limite máximo de vento lateral do Phenom era de 30 kt (demonstrado). Esse valor pode ter sido permissivo e levado ao prosseguimento do pouso em uma situação inadequada.

4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

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

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

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

IG-091/CENIPA/2021 - 01

Emitida em: 17/04/2023

Divulgar os ensinamentos colhidos nesta investigação à empresa Líder Táxi Aéreo S.A. Air Brasil, a fim de que os mesmos possam ser utilizados na promoção da segurança operacional no âmbito do SGSO daquela empresa.

IG-091/CENIPA/2021 - 02**Emitida em: 17/04/2023**

Divulgar os ensinamentos colhidos nesta investigação ao operador do Aeródromo de Barra Grande (SIRI), no intuito de que o operador se conscientize da importância da adequabilidade das características físicas daquele aeródromo, notadamente, das condições de aderência da pista e quanto à correção dos defeitos do pavimento.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.

Nada a relatar.

Em, 17 de abril de 2023.

