

COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



RELATÓRIO FINAL
A-013/CENIPA/2017

OCORRÊNCIA:	ACIDENTE
AERONAVE:	PR-SOM
MODELO:	C90GT
DATA:	19JAN2017



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 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 acidente com a aeronave PR-SOM, modelo C90GT, ocorrido em 19JAN2017, classificado como “Perda de Controle em Voo”.

Durante a segunda tentativa de aproximação para pouso no aeródromo de Paraty, RJ, a aeronave adentrou uma região sob condições meteorológicas de visibilidade restrita, que levaram o piloto a perder contato visual com as referências do terreno, acarretando a perda de controle e o impacto da aeronave contra a água.

A aeronave ficou destruída.

O piloto e os quatro passageiros faleceram.

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



ÍNDICE

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS	5
1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....	8
1.1. Histórico do voo.....	8
1.2. Lesões às pessoas.....	8
1.3. Danos à aeronave.	8
1.4. Outros danos.....	9
1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.....	9
1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.....	9
1.5.2. Formação.....	9
1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.....	9
1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.....	9
1.5.5. Validade da inspeção de saúde.....	11
1.6. Informações acerca da aeronave.....	11
1.7. Informações meteorológicas.....	15
1.8. Auxílios à navegação.....	24
1.9. Comunicações.....	24
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	24
1.11. Gravadores de voo.....	25
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.....	26
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	32
1.13.1. Aspectos médicos.....	32
1.13.2. Informações ergonômicas.....	35
1.13.3. Aspectos Psicológicos.....	35
1.14. Informações acerca de fogo.....	38
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	38
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	38
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.....	46
1.18. Informações operacionais.....	47
1.19. Informações adicionais.....	53
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	58
2. ANÁLISE.....	58
3. CONCLUSÕES.....	65
3.1. Fatos.....	65
3.2. Fatores contribuintes.....	66
4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA	68
5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....	68

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANN	<i>Annunciator System</i> - Sistema de Alarmes
AOM	<i>Aircraft Operating Manual</i> - Manual de Operação de Aeronave
APP-SP	<i>Approach Control</i> - Controle de Aproximação de São Paulo
ATC	<i>Air Traffic Control</i> - Controle de Tráfego Aéreo
ATS	<i>Air Traffic Services</i> - Serviços de Tráfego Aéreo
ATZ	<i>Aerodrome Traffic Zone</i> - Zona de Tráfego de Aeródromo
BIMTRA	Banco de Informações do Movimento de Tráfego Aéreo
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CB	<i>Cumulonimbus</i>
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CFIT	<i>Controlled Flight Into Terrain</i> - Voo Controlado contra o Terreno
CIV	Caderneta Individual de Voo
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
CMV-CW	Centro Meteorológico de Vigilância de Curitiba
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CRM	<i>Crew Resource Management</i> - Gerenciamento de Recursos de Tripulação
CSMU	<i>Crash Survivable Memory Unit</i> - Unidade de Memória Resistente a Impacto
CVR	<i>Cockpit Voice Recorder</i> - Gravador de Voz da Cabine
DA	<i>Decision Altitude</i> - Altitude de Decisão
DE	Desorientação Espacial
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
E	Este, ou Leste
EADI	<i>Electronic Attitude Direction Indicator</i> - Indicador Eletrônico de Direção e de Atitude
EGPWS	<i>Enhanced Ground Proximity Warning System</i> - Sistema Avançado de Aviso de Proximidade com o Solo
EHSI	<i>Electronic Horizontal Situation Indicator</i> - Indicador Eletrônico de Situação Horizontal
ELT	<i>Emergency Locator Transmitter</i> - Transmissor de Localização de Emergência
EPTA	Estação Prestadora de Serviços de Telecomunicações e de Tráfego Aéreo
FAP	Ficha de Avaliação de Piloto
FIR-CW	<i>Flight Information Region</i> - Região de Informação de Voo de Curitiba
GAMET	<i>General Aviation Meteorological Information</i> - Previsão de Área (FIR) ou Subárea
GEIV	Grupo Especial de Inspeção em Voo
GND-MT	<i>Ground Control</i> - Controle de Solo do Campo de Marte
GOES	<i>Geostationary Operational Environmental Satellite</i> - Satélite Ambiental Operacional Geoestacionário

GPS	<i>Global Positioning System</i> - Sistema de Posicionamento Global
HBV	Horário Brasileiro de Verão
HSI	<i>Horizontal Situation Indicator</i> - Indicador de Situação Horizontal
IAM	Inspeção Anual de Manutenção
ICA	Instrução do Comando da Aeronáutica
ISA	<i>International Standard Atmosphere</i> - Atmosfera Padrão Internacional
FPDAM	<i>Flight Procedure Design and Airspace Management</i> - Desenho de Procedimento de Voo e Gestão do Espaço Aéreo
IFR	<i>Instrument Flight Rules</i> - Regras de Voo por Instrumentos
IFRA	Habilitação de Voo por Instrumentos - Avião
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INSPAC	Inspetor de Aviação Civil
INSPSAU	Inspeção de Saúde
INVA	Habilitação de Instrutor de Voo - Avião
LABDATA	Laboratório de Leitura e Análise de Dados de Gravadores de Voo
MDA	<i>Minimum Descent Altitude</i> - Altitude Mínima de Descida
METAR	<i>Meteorological Aerodrome Report</i> - Boletim Meteorológico de Localidade
MFD	<i>Multi Function Display</i> - Painel Multi-Função
MLTE	Habilitação de Classe Avião Multimotor Terrestre
N	Norte
NE	Nordeste
NM	<i>Nautical Miles</i> - Milhas Náuticas
NOTAM	<i>Notice to Airmen</i> - Informações aos Aeronavegantes
NTSB	<i>National Transportation Safety Board</i>
NuHFASP	Núcleo de Hospital de Força Aérea de São Paulo
PCM	Licença de Piloto Comercial - Avião
PF	<i>Pilot Flying</i> - Piloto nos Controles
PLA	Licença de Piloto de Linha Aérea - Avião
PM	<i>Pilot Monitoring</i> - Piloto de Segurança
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
QNE	Pressão Padrão ao Nível do Mar (1.013,2 hPa)
QNH	Pressão reduzida ao nível do mar pelo gradiente vertical da atmosfera padrão
RADAR	<i>Radio Detection And Ranging</i> - Detecção e Telemetria por Rádio
RBAC	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
RBHA	Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica
RMI	<i>Radio Magnetic Indicator</i> - Indicador Rádio Magnético
RNAV	<i>Area Navigation</i> - Navegação de Área

RPM	Rotações Por Minuto
S	Sul
SBKP	Designativo de localidade - Aeródromo de Viracopos / Campinas, SP
SBMT	Designativo de localidade - Aeródromo de Campo de Marte / São Paulo, SP
SBRJ	Designativo de localidade - Aeródromo Santos Dumont / Rio de Janeiro, RJ
SBSJ	Designativo de localidade - Aeródromo de São José dos Campos, SP
SDAG	Designativo de localidade - Aeródromo de Angra dos Reis, RJ
SDIH	Designativo de localidade - Aeródromo Faz. Irohy / Biritiba Mirim, SP
SDTK	Designativo de localidade - Aeródromo de Paraty, RJ
SIGMET	<i>Significant Meteorological Information</i> - Informações Meteorológicas Significativas
SIGWX	<i>Significant Weather</i> - Tempo Significativo
SN	<i>Serial Number</i> - Número de Série
TCU	<i>Towering Cumulus</i> - Cumulus encastelados
TGL	<i>Touch and Go Landing</i> - Pouso com toque e arremetida
TMA-SP	<i>Terminal Control Area</i> - Área de Controle Terminal de São Paulo
TPP	Categoria de registro de aeronave de Serviço Aéreo Privado
TS	<i>Thunderstorm</i> - Trovoada
TSB	<i>Transportation Safety Board</i>
TWR-MT	<i>Aerodrome Control Tower</i> - Torre de controle de aeródromo do Campo de Marte
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> - Tempo Universal Coordenado
VFR	<i>Visual Flight Rules</i> - Regras de Voo Visual
VSI	<i>Vertical Speed Indicator</i> - indicador de Velocidade Vertical
W	<i>West</i> - Oeste
ZCOU	Zona de Convergência de Umidade

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	Modelo: C90GT Matrícula: PR-SOM Fabricante: <i>Beechcraft - Textron Aviation</i>	Operador: Emiliano Empreendimentos e Participações Hoteleiras Sociedade Ltda.
Ocorrência	Data/hora: 19JAN2017 - 15:44 (UTC) Local: Baía de Paraty Lat. 23°12'11"S Long. 44°41'06"W Município - UF: Paraty - RJ	Tipo(s): Perda de Controle em Voo NIL

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Aeródromo Campo de Marte, SP (SBMT), com destino ao Aeródromo de Paraty, RJ (SDTK), às 13h01min (HBV) com um piloto e quatro passageiros a bordo.

Durante a aproximação para pouso em SDTK, em condições restritas de visibilidade, a aeronave impactou contra a água na Baía de Paraty.

A aeronave ficou destruída.

Todos os ocupantes sofreram lesões fatais.

1.2. Lesões às pessoas.

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	1	4	-
Graves	-	-	-
Leves	-	-	-
Ilesos	-	-	-

1.3. Danos à aeronave.

A aeronave teve a asa direita arrancada na altura da nacele do motor e o cone de cauda seccionado na altura do bordo de ataque dos estabilizadores horizontais.

A ponta da asa esquerda teve uma deformação significativa para baixo e para trás, em cerca de 2,90m.

Ambos os motores se desprenderam das asas.

A seção dianteira da fuselagem permaneceu relativamente preservada, com enrugamentos nas laterais e um amassamento significativo na parte superior da cabine de pilotagem.

Os danos de rasgamento observados na lateral esquerda da fuselagem decorreram da ação de resgate dos corpos das vítimas.



Figura 1 - Condição da aeronave no momento do içamento.

1.4. Outros danos.

Não houve.

1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.

1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.

Horas Voadas	
Discriminação	Piloto
Totais	7.464:55
Totais, nos últimos 30 dias	07:45
Totais, nas últimas 24 horas	00:00
Neste tipo de aeronave	2.924:00
Neste tipo, nos últimos 30 dias	07:45
Neste tipo, nas últimas 24 horas	00:00

Obs.: Os dados relativos às horas voadas foram obtidos por meio dos registros da Caderneta Individual de Voo (CIV) do piloto, dos registros do Banco de Informações do Movimento de Tráfego Aéreo (BIMTRA) e de consulta a familiares.

1.5.2. Formação.

O piloto realizou o curso de Piloto Privado - Avião (PPR) no Aeroclub de Bragança Paulista, SP, em 1987.

Obteve a licença de Piloto Comercial - Avião (PCM) em 1988 e passou a ministrar instrução no Aeroclub de São Paulo, SP, em 1991.

Em 1994, começou a operar aeronaves multimotoras e, a partir de 1999, passou a voar aeronaves da linha *Beechcraft* (C90).

Em 2000, obteve a licença de Piloto de Linha Aérea - Avião (PLA).

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

O piloto possuía a licença de PLA e estava com as habilitações técnicas de classe avião multimotor terrestre (MLTE) e de voo por instrumentos (IFR) válidas.

1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

O piloto tinha 55 anos de idade, era piloto há trinta anos e operava aeronaves multimotoras em voos privados (sob as regras do Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica de número 91 - RBHA-91) desde 1994, acumulando a

experiência de 2.924 horas em aeronaves das séries *Beechcraft* 90, principalmente nos modelos C90A e C90GT, desde março de 2000.

Operava a aeronave C90GT, de matrícula PR-SOM, desde 2010 e tinha o aeródromo de Paraty, RJ, como um destino frequente. Nos doze meses anteriores ao acidente, realizou 33 voos com destino a SDTK.

Realizava a revalidação de suas habilitações periodicamente e as suas últimas Fichas de Avaliação de Piloto (FAP) continham as seguintes observações, anotadas pelos respectivos Inspetores de Aviação Civil (INSPAC):

- Em 18OUT2011, realizou a revalidação de habilitação de “Tipo” para a aeronave C90GT (BE90) e de voo por instrumentos - avião (IFRA).

Realizou os exercícios e procedimentos previstos, em condições normais de voo, bem como em emergências simuladas, com proficiência.

Efetuo procedimentos IFR de precisão (ILS) e de não-precisão (VOR) e circuitos de tráfegos visuais, seguidos de toques e arremetidas em SBSJ.

Piloto apto para a habilitação de *Beech*.

Realizou o circuito de navegação em rota IFR no trecho SBMT/SBSJ.

Efetuo procedimentos de aproximação IFR de precisão (ILS) e de não-precisão (VOR), seguidos de toques e arremetidas em SBSJ.

Apresentou um bom uso dos comandos da aeronave, bem como bons cheques cruzados dos instrumentos.

Boa padronização de procedimentos operacionais.

Piloto apto para a habilitação IFR.

- Em 24AGO2012, realizou a revalidação de habilitação de “Tipo” BE90 e de IFRA.

O piloto foi avaliado para fins de revalidação de tipo BE90 e IFRA, em rota, com plano de voo “Y”, entre SBRJ e SBSJ, e depois entre SBSJ para SBMT, onde foi possível avaliar o CRM e treinadas as manobras normais e de emergências simuladas. O piloto mostrou boa técnica de pilotagem, bom planejamento do voo e bom CRM. Piloto apto.

- Em 22MAR2013, realizou a revalidação de habilitação de “Tipo” para a aeronave B300 (BE30).

O piloto foi avaliado para revalidação de tipo no voo em rota/local, onde apresentou bom desempenho, com bom planejamento, bom CRM e bons conhecimentos. Piloto apto.

- Em 02OUT2013, realizou a revalidação de habilitação de “Tipo” BE90 e de IFRA.

Voo satisfatório.

Itens “NA” não compatíveis com o tipo de avaliação realizada.

Exames orais (ICA 100-12 / BE90) satisfatórios.

Operação segura e controle seguro da aeronave em suas diversas configurações.

- Em 07OUT2014, realizou a revalidação de habilitação de “Tipo” BE90 e de IFRA.

Itens 18, 25, 26, 27, 36, 37, 38, 39, 50, 51, 54, 55, 57, 58 e 59 realizados somente em simulador.

Itens 40 e 73: aeronave operada somente “single pilot”.

Itens 45, 46 e 48: não realizado em função do tráfego aéreo e pela proficiência apresentada na realização do item 47.

Realizado 01 procedimento de saída no corredor visual para SBSJ. Em função de uma aeronave do GEIV realizando inspeção, após algumas órbitas, prosseguiu-se o voo para SBKP.

Realizado 01 procedimento RNAV em SBKP com arremetida na MDA.

Realizados 01 pouso normal e 01 pouso monomotor simulado, todos seguros e no centro da pista.

O piloto demonstrou segurança de voo e proficiência na operação da aeronave em todas as fases do voo, inclusive nas situações de emergência simulada.

- Em 30SET2015, realizou a revalidação de habilitação de “Tipo” BE90 e de IFRA.

Abordadas questões relativas à performance e emergências monomotor.

Operou como PF e PM.

Manobras e emergências simuladas executadas com perfis satisfatórios.

Aproximações estabilizadas, toques seguros.

Perfis IFR seguros.

- Em 15OUT2016, realizou a revalidação de habilitação de IFRA e, conforme novos requisitos estabelecidos pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) para a operação do C90GT, de habilitação de “Classe” MLTE.

Exame conforme requerido em RBAC 61.197 (MLTE / IFR) 61.225.

O comandante demonstrou bom conhecimento do manual e limitações da aeronave com acertos maiores que 95%. Foi orientado a utilizar o peso constante da ficha de pesagem para o preenchimento do formulário de peso e balanceamento, embora tivesse conhecimento de onde localizar cada informação no AOM.

Executou os procedimentos de acordo com o manual e fez bom uso do *checklist*.

Utilizou adequadamente os *callouts* durante a decolagem e foi orientado a utilizar durante o pouso, especialmente quanto à antecipação da altitude antes da DA.

Manobras, curvas e pousos / arremetidas seguros.

Recomenda-se maior familiarização com navegação RNAV, embora tenha corrigido / gerenciado quando a automação não se comportou como esperado.

Voo IFR satisfatório.

- Em 02DEZ2016, realizou a revalidação de habilitação de Instrutor de Voo - Avião (INVA).

Documentação, planejamento, preparo teórico e *briefing*; apresentou bom preparo.

Realizado voo local SDIH para fins de revalidação INVA, sendo executado: manobras, TGLs, emergências simuladas e demais fases previstas; o instrutor foi proficiente nas diversas etapas do voo, demonstrando bom preparo, segurança e habilidade para ministrar instrução; instrutor apto para a atividade.

1.5.5. Validade da inspeção de saúde.

O piloto possuía Certificado Médico Aeronáutico (CMA) de primeira classe, na categoria Piloto de Linha Aérea (PLA), válido até 26ABR2017.

1.6. Informações acerca da aeronave.

A aeronave de matrícula PR-SOM, número de série LJ-1809, modelo C90GT - *King Air*, foi fabricada no ano de 2006 pela *Beech Aircraft Corporation - Textron Aviation*. A aeronave estava registrada na categoria de Serviços Aéreos Privados (TPP) e era operada por Emiliano Empreendimentos e Participações Hoteleiras Sociedade Ltda., desde maio de 2010.

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) da aeronave estava válido até 12ABR2022.

De acordo com o CA, a aeronave tinha capacidade para transportar oito pessoas e foi certificada para operar *single pilot* (apenas um piloto).

Características gerais da aeronave King Air C90GT.

O modelo *King Air C90GT* era uma aeronave de estrutura metálica, com cabine pressurizada, teto operacional de 30.000ft, asa baixa, bimotor turbo-hélice com empennagem convencional e trens de pouso do tipo triciclo retráteis.

Tanto o trem de pouso de nariz quanto o trem de pouso principal eram operados hidraulicamente e possuíam um atuador em cada perna. O comando normal para extensão e retração era elétrico. Os trens de pouso poderiam, ainda, ser acionados manualmente por meio de uma alavanca localizada no piso da aeronave, à esquerda do pedestal central da cabine de pilotagem.

As superfícies de voo primárias eram constituídas de ailerons, profundores e leme, responsáveis pelos movimentos de rolagem, arfagem e guinada, respectivamente. Os comandos da cabine atuavam nas superfícies por meio de cabos, roldanas e hastes.

Os ailerons e profundores eram comandados por meio do manche. Os comandamentos de leme eram realizados por intermédio de pedais, no piso da aeronave. Todos os comandos do piloto e do copiloto eram interconectados.

A aeronave era equipada com compensador do profundor, comandado eletricamente por meio de interruptores em ambos os manches e, manualmente, por meio de uma roda localizada à esquerda do pedestal central. O comando elétrico podia ser desabilitado, posicionando o interruptor ELEV TRIM para a posição OFF. A indicação da posição do compensador do profundor era integrada ao comando manual.

Os compensadores de aileron e leme possuíam comandos manuais instalados no pedestal central. A indicação de posição de cada superfície encontrava-se integrada ao dispositivo de comandamento. A Figura 2, adaptada do *Pilot's Operation Handbook* (POH), revisão de Março de 2007, mostra a localização dos comandos e indicadores dos compensadores.

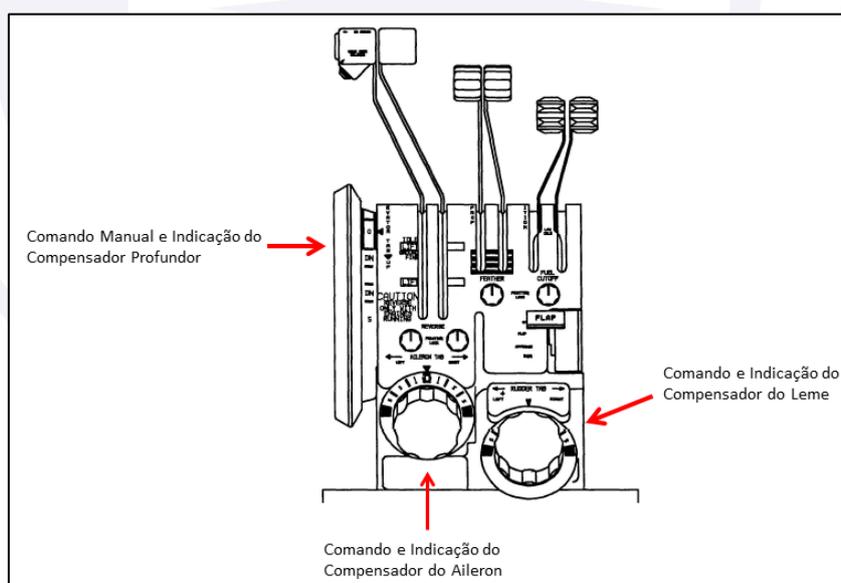


Figura 2 - Localização dos dispositivos de comando e indicação dos compensadores de profundor, aileron e leme no pedestal central (Adaptada do POH).

A aeronave contava com um sistema de auxílio ao controle direcional para os casos de falha em um dos motores ou para o caso de grande assimetria de potência entre eles. Esse sistema era denominado *Rudder Boost*. Tal sistema comparava a diferença de pressão entre o ar sangrado dos dois motores e, caso o diferencial de pressão fosse

maior que um determinado valor de referência, o sistema atuaria de modo a compensar a tendência de guinada gerada pela potência assimétrica. A atuação do *Rudder Boost* poderia ser percebida por meio da movimentação dos pedais de comando do leme.

O sistema de flapes era composto por quatro superfícies, sendo duas em cada asa. As superfícies eram comandadas eletricamente por meio de uma alavanca no pedestal central, a qual possuía três posições: UP, APPROACH e DOWN; e eram movimentadas por meio de atuadores, eixos e motor elétrico (Figura 3).

A posição dos flapes era mostrada em um indicador no painel de instrumentos, acima do pedestal de manetes.

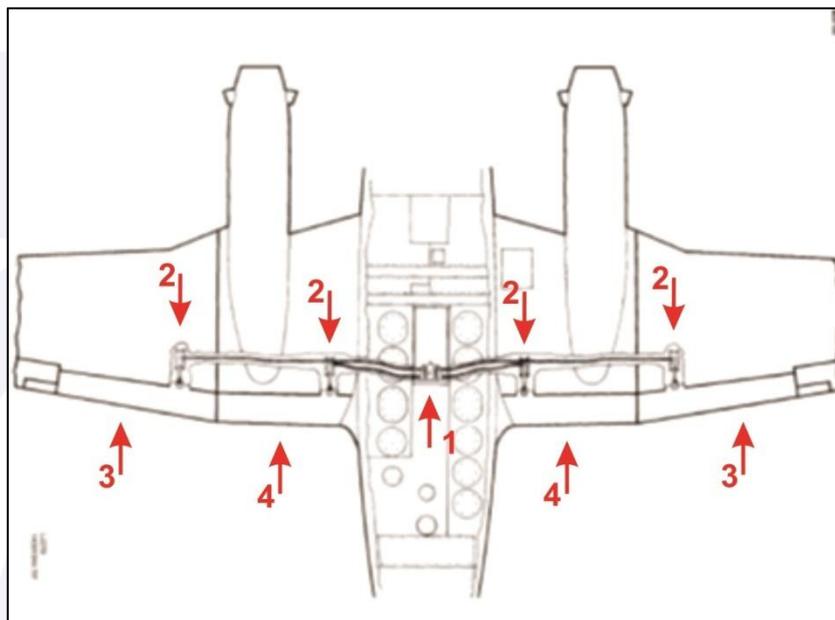


Figura 3 - Sistema de flapes. Motor elétrico (1), atuadores (2), superfícies externas (3) e superfícies internas (4).

Enhanced Ground Proximity Warning System (EGPWS).

O PR-SOM era equipado com um sistema *Enhanced Ground Proximity Warning System* (EGPWS - Sistema avançado de aviso de proximidade com o solo). Esse sistema tinha, como funções principais, fornecer alertas situacionais de presença de obstáculos e de proximidade com terreno à tripulação.

O EGPWS recebia informações do *Global Positioning System* (GPS - Sistema de Posicionamento Global), de pressão barométrica não corrigida e da temperatura do ar externo, e possuía, ainda, uma base de dados de terrenos, obstáculos e pistas.

Para a emissão de avisos, o sistema comparava a trajetória da aeronave com informações do banco de dados do terreno, dos obstáculos conhecidos e a distância para pistas conhecidas.

O EGPWS possuía um modo de proteção, relativo a elevadas taxas de razão de descida. Esse modo emitia o aviso "*Sink Rate*" baseado na altitude de voo e na razão de descida da aeronave. Caso a aeronave entrasse em uma condição mais crítica, seria emitido o aviso de "*Pull Up*".

Quando o equipamento detectava uma condição de risco em relação a terrenos ou obstáculos, em uma distância de aproximadamente um minuto à frente da aeronave, eram emitidos avisos "*Caution Terrain, Caution Terrain*" ou "*Caution Obstacle, Caution Obstacle*" e a mensagem "*Thread Area*" na cor amarela era apresentada no *Multi-Function*

Display (MFD - Painel Multi-Função), de modo a aumentar a consciência situacional do piloto com relação à presença de obstáculos que representariam riscos ao voo.

No painel da aeronave, havia algumas teclas do EGPWS, por meio das quais era possível realizar testes (TEST) em seus alarmes e, também, inibir todos os avisos visuais e auditivos do sistema (TERR INHB).

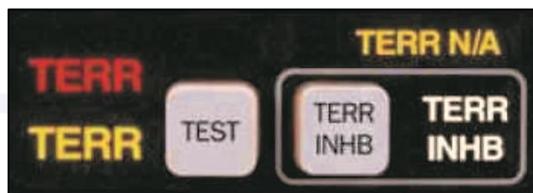


Figura 4 - Painel de alarmes do EGPWS.

O sistema permitia, ainda, a visualização dos dados de terrenos e obstáculos no MFD, o qual exibia a altura das elevações em relação à aeronave por meio de um padrão de cores onde o verde indicava elevações abaixo e o vermelho elevações acima da aeronave (Figura 5).



Figura 5 - MFD do mesmo modelo da aeronave PR-SOM, selecionado no modo de terreno, e exibindo as informações do EGPWS.

O manual do EGPWS trazia, no seu capítulo de “limitações”, a seguinte advertência:

O EGPWS é uma ferramenta de Consciência Situacional e um dispositivo de alerta e aviso. Não deve ser usado para navegação da aeronave.

Altitude Alert

A aeronave era equipada com um *Altitude Alert Part Number* (PN): 10379-11-01. Esse equipamento comparava a altitude mostrada no altímetro do piloto com a altitude selecionada no próprio equipamento.

O *Altitude Alert* possuía uma luz de alerta âmbar, localizada na parte frontal do equipamento, a qual se acendia, e permanecia acesa, quando a aeronave encontrava-se em uma faixa de altitude de 200 até 1.000ft acima ou abaixo da altitude selecionada. Toda vez que a aeronave entrava nessa faixa de defasagem de altitude, um aviso sonoro com duração de dois segundos era emitido.

Revisões e Inspeções de Manutenção.

As cadernetas de célula, motores e hélices da aeronave PR-SOM estavam com os seus registros atualizados até a data da última intervenção de manutenção realizada.

A aeronave estava com 1.157,8 horas totais de voo, de acordo com o “horímetro” (Figura 6).



Figura 6 - “Horímetro” da aeronave PR-SOM.

A aeronave era equipada com dois motores modelo PT6A-135A, fabricados pela *Pratt & Whitney Canada*. De acordo com as cadernetas de motores, tanto o motor esquerdo (SN: PCE-PZ0395) quanto o motor direito (SN: PCE-PZ0396) possuíam, na data da última ação de manutenção, o mesmo número de horas de operação da célula.

As hélices que equipavam a aeronave foram fabricadas pela *Hartzell Propeller Inc.*, modelo HC-E4N-3N. A hélice esquerda (SN: HH-2734) e a hélice direita (SN: HH-2732) possuíam o mesmo número de horas de operação dos motores.

De acordo com os registros da caderneta de hélice, em 12ABR2016, foram realizadas as inspeções Fase 3 e 4 (400 horas), conforme programa de manutenção da aeronave. Em conjunto com essas inspeções, foi realizada a Inspeção Anual de Manutenção (IAM) e a renovação do CA da aeronave. Esses serviços de manutenção foram realizados na oficina CONAL, em Sorocaba, SP.

A aeronave estava com 84 horas e 30 minutos voados entre a última intervenção de manutenção e a data da ocorrência. Nesse período, havia alguns itens que deveriam ter passado por inspeções, mas que não possuíam registros do seu cumprimento, tais como:

- ELT *Battery* (bateria do Transmissor de Localização de Emergência), vencimento em 01AGO2016;
- teste de carga, e recarga (se necessária) da *Standby Power Supply Battery* (bateria reserva), vencimento em 09OUT2016;
- recarga da *Lead Acid Battery* (bateria de emergência chumbo-ácido), vencimento em 11JUL2016; e
- *Check* da tela de proteção da entrada de óleo da *Scavenge pump* (bomba de retorno) da Caixa de Acessórios dos motores, vencimento em 09OUT2016.

1.7. Informações meteorológicas.

Na análise sinótica de superfície das 12h00min (UTC), do dia 19JAN2017, observa-se uma Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), em azul claro, sobre a região sudeste do Brasil. Este fenômeno meteorológico é caracterizado por uma banda de nebulosidade organizada e precipitações intensas.

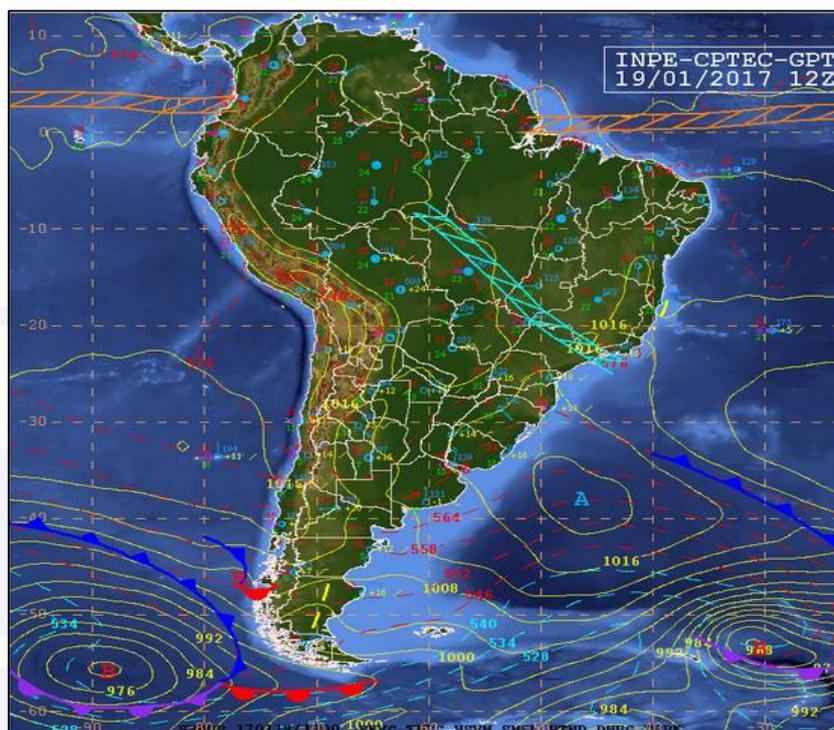


Figura 7 - Análise sinótica do dia 19JAN2017 (Fonte: CPTEC).

O prognóstico de tempo significativo (carta SIGWX) das 12h00min (UTC), do dia 19JAN2017, com projeções no período compreendido entre 09h00min e 15h00min (UTC), indicava presença de tempo nublado com nuvens a 1.200ft, constituindo teto, com possibilidade de chuva contínua, e a presença de nuvens do tipo *Towering Cumulus* (TCU - *Cumulus* encastelados), conforme a Figura 8.

O *General Aviation Meteorological Information* (GAMET - Previsão de área) elaborado pelo Centro Meteorológico de Vigilância de Curitiba (CMV-CW) continha as seguintes informações:

SBCW GAMET VALID 191200/191800 SBGL- SBCW CURITIBA FIR/SECTORS 04 AND 11 BLW FL100 SECN I SFC VIS : 15/18 4000M TSRA/RA SECTOR 4 SIGWX : 15/18 ISOL TS SECTOR 4 MT OBSC : MAR AND MANTIQUEIRA SIG CLD : ISOL EMBD CB AND TCU 2500/ABV 10000FT AGL SECTOR 04 SECN II PSYS : NIL WIND/T : S04 2000FT VRB/10KT PS24 5000FT VRB/10KT PS18 10000FT 340/10KT PS09 S11 2000FT 010/15KT PS26 5000FT 360/15KT PS19 10000FT 360/15KT PS10 CLD : SCT/BKN CUSC 1500/5000FT AGL AND SCT/BKN ACAS 8000/ABV 10000FT AGL FZLVL : ABV 10000FT AGL MNM QNH : 1008HPA VA : NIL=

O GAMET com validade entre 12h00min e 18h00min (UTC) do dia 19JAN2017 previa a formação de nuvens *Cumulonimbus* (CB), com trovoadas (TS), visibilidade restrita a 4.000 metros no setor 4 (correspondente à região de Paraty, RJ) devido a chuvas, e a previsão de montanhas obscurecidas nas serras do Mar e da Mantiqueira.

O CMV-CW emitiu o *Significant Meteorological Information* (SIGMET - Informação Meteorológica Significativa) de número nove, com validade entre 15h10min e 18h10min (UTC), no dia 19JAN2017:

SBCW SIGMET 9 VALID 191510/191810 SBCW - SBCW CURITIBA FIR SEV ICE FCST WI S2330 W04656- S2012 W04320- S2440 W04058- S2805 W04450 - S2330 W04656 FL140/220 STNR NC=

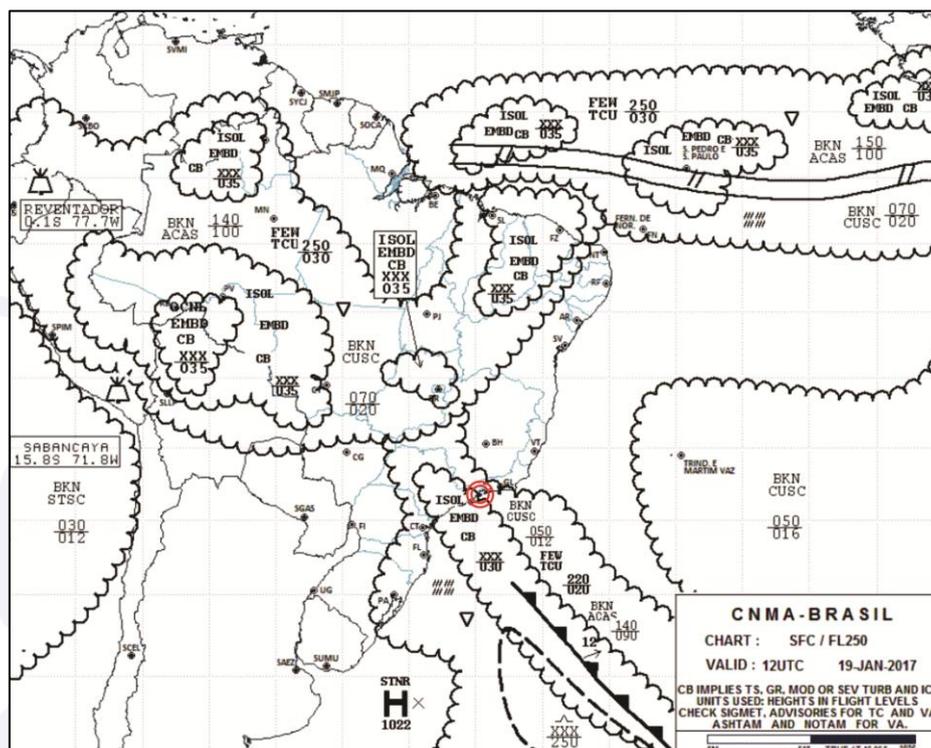


Figura 8 - Carta SIGWX do dia 19JAN2017 das 12h00min (UTC), com destaque para a região de Paraty, RJ (destacada em círculos vermelhos).

O SIGMET alertava para a previsão de uma camada de gelo severo, estacionária e sem variação, entre os níveis FL140 e FL220 sobre a área do acidente.

As imagens de satélite *Geostationary Operational Environmental Satellite* (GOES 13) realçadas mostravam uma intensificação e um deslocamento da banda de nebulosidade sobre a região de Paraty, RJ, no período de 14h00min às 16h00min (UTC).

Na imagem das 14h00min (UTC), a região da cidade de Paraty, RJ, (destacada em círculos vermelhos) aparecia sem formações intensas (Figura 9).

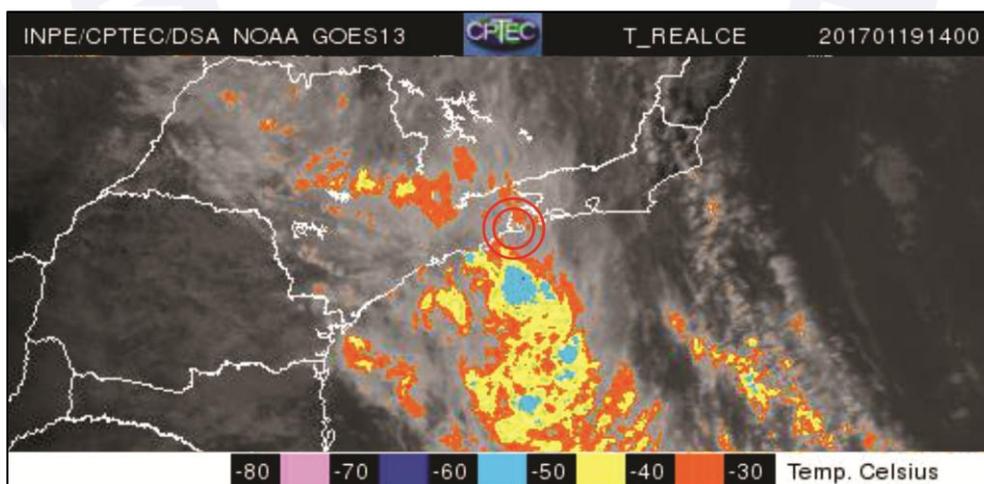


Figura 9 - Imagem GOES 13 realçada do dia 19JAN2017 às 14h00min (UTC).

Às 15h00min (UTC), a imagem mostrava formações se intensificando sobre a região de Paraty (Figura 10).

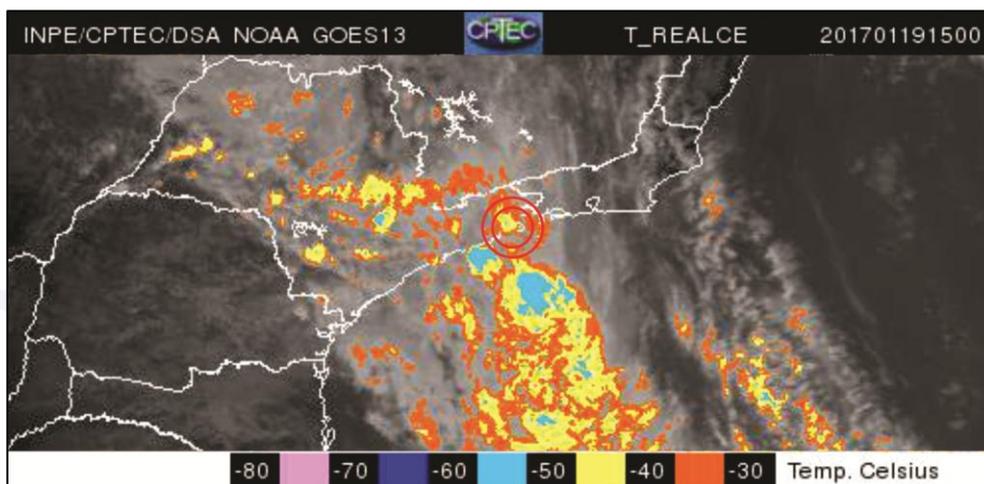


Figura 10 - Imagem GOES 13 realçada do dia 19JAN2017 às 15h00min (UTC).

Às 16h00min (UTC), as formações com características de CB e TCU se intensificaram sobre a região (Figura 11).

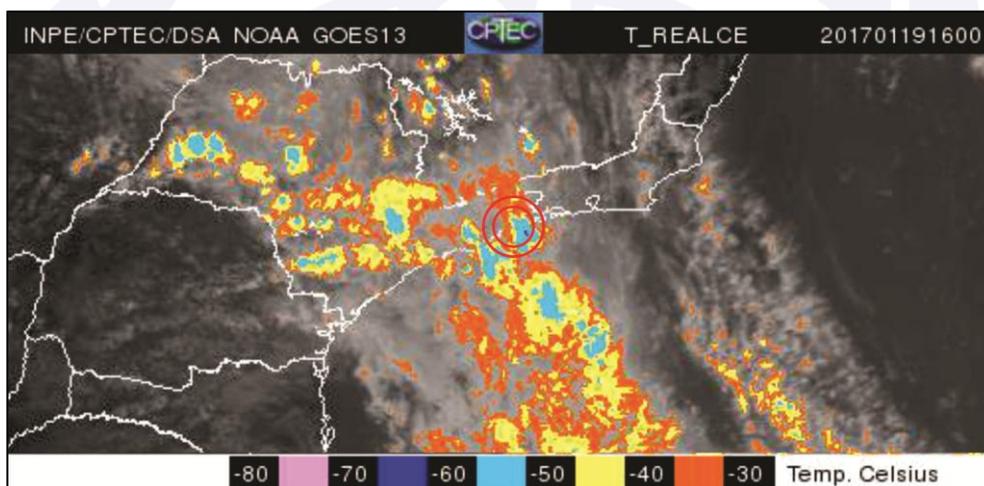


Figura 11 - Imagem GOES 13 realçada do dia 19JAN2017 às 16h00min (UTC).

O RADAR Meteorológico localizado em Petrópolis, RJ (Pico do Couto), registrava o potencial de precipitação da região de Paraty, RJ, por meio de imagens com escala de cores, as quais poderiam variar de zero a cem milímetros por hora (mm/h).

A sequência de imagens, das 15h06min às 15h56min (UTC) do dia 19JAN2017, mostra a presença de água precipitável sobre a região de Paraty, RJ, e demonstra a evolução das condições de precipitação. Os círculos vermelhos indicam a posição da cidade de Paraty, RJ (Figura 12 a Figura 17).

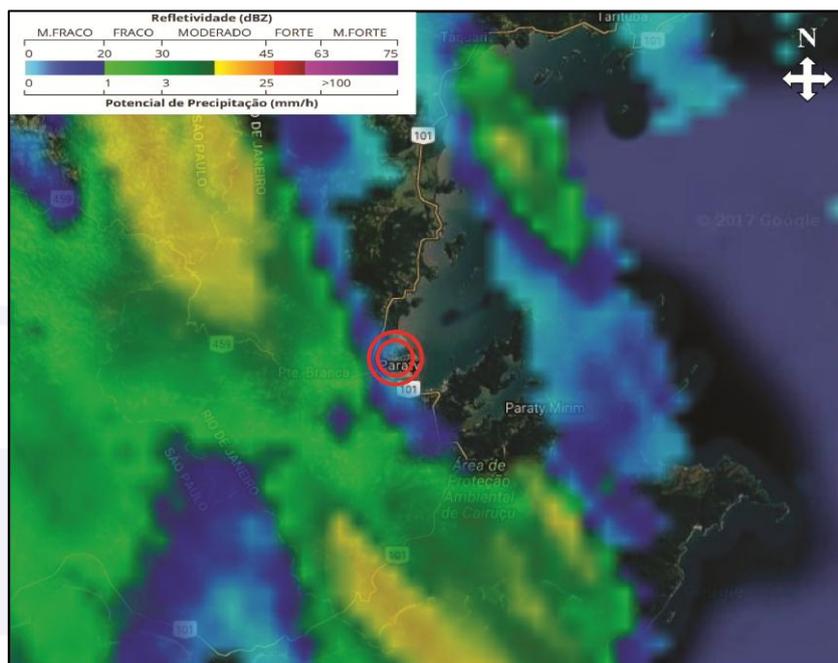


Figura 12 - Imagem do RADAR Meteorológico do Pico do Couto das 15h06min (UTC).

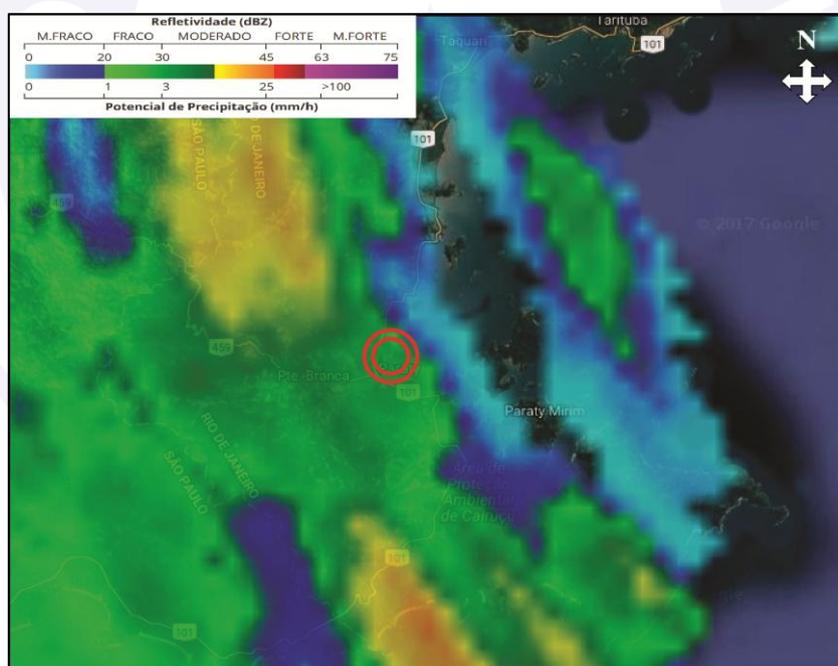


Figura 13 - Imagem do RADAR Meteorológico do Pico do Couto das 15h16min (UTC).

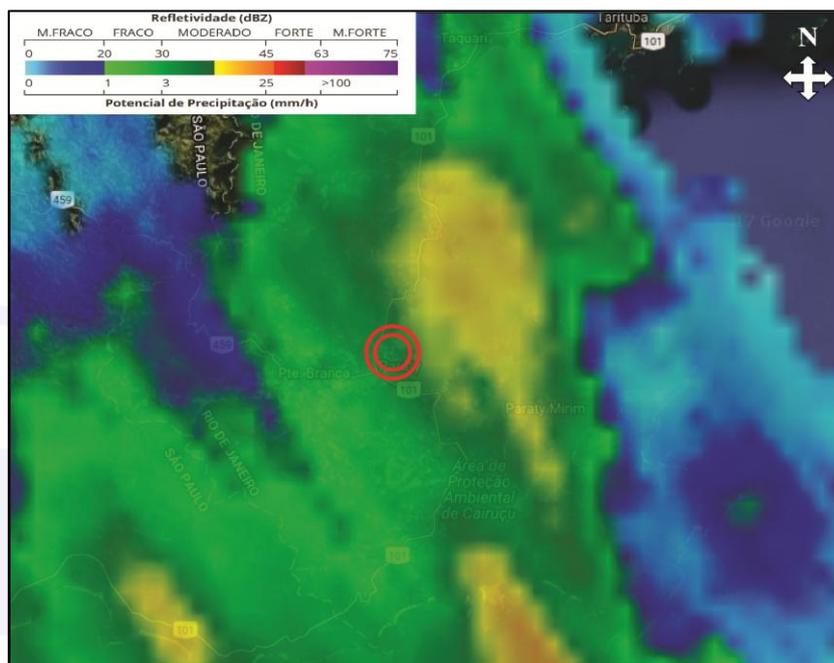


Figura 16 - Imagem do RADAR Meteorológico do Pico do Couto das 15h46min (UTC).

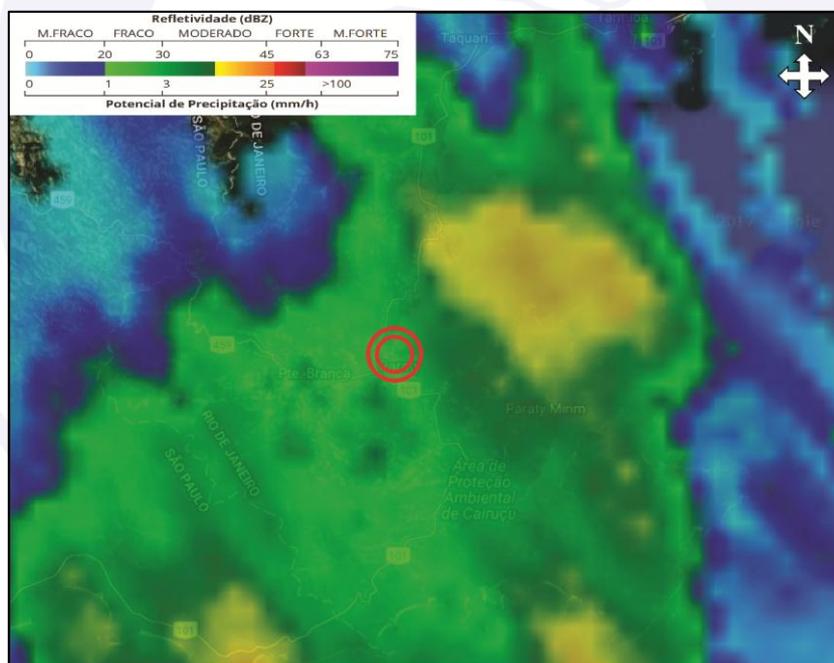


Figura 17 - Imagem do RADAR Meteorológico do Pico do Couto das 15h56min (UTC).

Verificou-se a existência de formações de nuvens bem desenvolvidas dos tipos TCU e CB sobre a região do acidente. As formações convectivas eram dinâmicas e intensificavam-se com deslocamento de sudeste.

Destaca-se a imagem gerada às 15h46min (UTC), cerca de dois minutos após o impacto da aeronave, quando se observa um potencial de precipitação da ordem de 25mm/h sobre a Baía de Paraty.

Devido à inexistência de mensagens *Meteorological Aerodrome Report* (METAR - Boletim Meteorológico de Localidade) no aeródromo de Paraty, RJ, a Comissão de Investigação buscou informações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), relativas aos dados de tempo presente entre 15h00min e 16h00min (UTC), referentes a uma estação meteorológica automática.

Ressalta-se que tais informações são resultados da leitura direta de um equipamento automático, representando dados brutos que não passaram por qualquer tratamento e que não se destinam à prestação de serviços de tráfego aéreo (Figura 18).

Consulta Dados da Estação Automática: Paraty (RJ) Fechar

Observação: Estes são dados brutos e sem consistência com o único objetivo de deixá-los disponíveis de forma imediata.

Data Inicial: 19/01/2017 Data Final: 20/01/2017 Nova Pesquisa Download de Dados

Data	Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Pto. Orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Radiação	Chuva
		UTC	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Vel.	Dir. (°)	Raj.	(kJ/m²)
19/01/2017	00	23.9	24.9	23.9	91	91	90	22.3	23.2	22.3	1012.7	1012.9	1011.4	3.2	263	5.0	-1.85	12.0
19/01/2017	01	22.6	23.8	22.5	93	93	91	21.4	22.2	21.4	1013.9	1013.9	1012.7	2.2	246	7.0	0.171	39.6
19/01/2017	02	22.8	22.8	22.5	94	94	93	21.7	21.7	21.4	1013.9	1014.1	1013.8	1.8	269	3.8	-1.71	5.8
19/01/2017	03	22.4	22.9	22.4	94	94	94	21.3	21.8	21.3	1013.5	1013.9	1013.5	2.3	249	4.2	-0.76	7.2
19/01/2017	04	22.5	22.6	22.3	94	94	94	21.5	21.6	21.3	1012.8	1013.5	1012.8	0.2	259	3.9	-2.02	3.4
19/01/2017	05	22.5	22.6	22.4	94	94	94	21.4	21.5	21.3	1012.3	1012.8	1012.3	0.9	270	1.6	-1.83	2.0
19/01/2017	06	22.5	22.5	22.4	94	94	94	21.4	21.5	21.4	1011.5	1012.3	1011.5	0.2	238	1.6	-0.61	0.2
19/01/2017	07	22.3	22.5	22.2	94	94	94	21.2	21.4	21.1	1011.2	1011.5	1011.2	0.9	260	1.5	-2.69	0.0
19/01/2017	08	22.1	22.4	22.1	94	94	94	21.1	21.3	21.1	1011.2	1011.2	1011.1	0.9	248	2.0	-2.54	0.0
19/01/2017	09	22.3	22.3	22.1	94	94	94	21.3	21.3	21.1	1011.8	1011.8	1011.2	1.0	186	2.3	20.18	0.2
19/01/2017	10	22.9	22.9	22.3	93	94	93	21.8	21.8	21.2	1012.7	1012.7	1011.8	1.1	290	2.3	133.2	0.0
19/01/2017	11	23.3	23.3	22.8	93	93	93	22.1	22.1	21.6	1013.6	1013.6	1012.7	0.3	326	2.3	210.4	0.0
19/01/2017	12	24.9	24.9	23.3	90	93	90	23.1	23.3	22.1	1014.0	1014.0	1013.6	0.3	212	1.2	827.8	0.0
19/01/2017	13	28.1	28.1	24.9	80	90	80	24.3	24.3	23.1	1013.9	1014.1	1013.9	0.3	82	2.0	1942.	0.0
19/01/2017	14	29.3	29.3	28.0	68	80	68	22.8	24.4	22.7	1013.9	1014.0	1013.9	1.5	18	3.4	2392.	0.0
19/01/2017	15	29.3	29.5	28.8	63	68	62	21.6	22.5	21.0	1013.7	1013.9	1013.7	1.1	30	2.8	1991.	0.0
19/01/2017	16	23.6	29.2	23.6	88	88	63	21.5	22.0	20.9	1014.3	1014.5	1013.7	0.5	276	5.5	339.4	10.8
19/01/2017	17	25.4	25.4	23.5	88	89	87	23.3	23.3	21.5	1013.6	1014.3	1013.6	0.5	313	2.5	830.3	1.2
19/01/2017	18	25.1	26.2	25.1	84	88	82	22.2	23.3	22.2	1013.7	1013.7	1013.5	1.7	157	4.6	984.2	0.6

Figura 18 - Dados da estação meteorológica de Paraty, RJ (Fonte: INMET).

A Estação Meteorológica Automática registrou, no intervalo compreendido entre 15h00min e 16h00min (UTC), medições de pressão atmosférica que variaram entre 1.013,7 e 1.014,5 hPa, ventos de intensidade de 0,5 a 1,1m/s com rajadas de até 5,5m/s e chuva acumulada de 10,8mm.

Visando a uma medição aproximada da visibilidade horizontal presente na região, no momento do acidente, a Comissão de Investigação utilizou as imagens registradas por uma câmera de segurança e adotou pontos no terreno, os quais foram utilizados como referência de distância para a determinação do alcance visual, conforme a Figura 19.

A figura também ilustra a posição do aeródromo de Paraty, RJ, e a posição dos destroços da aeronave.



Figura 19 - Posições relativas do aeródromo, da câmera e das referências de distância vistas nas imagens registradas.

As imagens da câmera registraram os horários sem o ajuste do horário brasileiro de verão, portanto, é necessário adicionar três horas para a determinação do horário de geração das imagens no padrão *Universal Time Coordinated* (UTC - Tempo Universal Coordenado), utilizado na aviação.

Na imagem gerada às 15h01min03s (UTC), horário da decolagem da aeronave de SBMT, verifica-se que é possível visualizar todas as elevações adotadas como referências para as distâncias de 1.510m, 2.875m e 5.320m (Figura 20).

Na imagem gerada às 15h46min27s (UTC), cerca de dois minutos após o horário estimado do acidente, verifica-se a presença de chuva com restrição de visibilidade. Neste momento, é possível observar, com alguma dificuldade, apenas a referência de 1.510m (Figura 20).



Figura 20 - Comparativo das condições de visibilidade no local da queda da aeronave em dois momentos: à esquerda - horário de decolagem, e à direita - dois minutos após o acidente.

Para fins aeronáuticos, visibilidade é definida como a maior distância em que um objeto de dimensões apropriadas pode ser visto e identificado, quando observado de encontro a um fundo brilhante.

Desse modo, constatou-se que a visibilidade horizontal estimada na região da Baía de Paraty estava restrita a 1.500m, devido à chuva.

1.8. Auxílios à navegação.

Nada a relatar.

1.9. Comunicações.

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

As comunicações do PR-SOM com o Controle de Solo e com a Torre de Controle do Campo de Marte, bem como com o Controle de Aproximação de São Paulo (*Approach Control - APP-SP*) foram realizadas de maneira coordenada e clara, sem que houvesse nada significativo a ser relatado.

Durante a descida, o APP-SP liberou a aeronave para realizar comunicações na frequência livre de coordenação. Após, o PR-SOM fez a chamada inicial na frequência de coordenação, informando que voava de SBMT para SDTK e que se encontrava no setor sul, cruzando 7.000ft.

Outra aeronave, que havia decolado do aeródromo de Angra dos Reis, RJ (SDAG), com destino a SBMT, efetuou a chamada na frequência de coordenação e informou que estava cruzando 5.300ft em subida, com proa da vertical de SDTK.

O piloto do PR-SOM respondeu que estava cruzando 5.500ft e que realizaria uma curva à esquerda para ingressar na “perna base” do circuito de tráfego de SDTK.

Após a coordenação, os pilotos trocaram algumas informações a respeito das condições meteorológicas de SBMT.

O piloto do PR-SOM reportou, ao ingressar no setor “E” de SDTK, que estava cruzando 3.800ft.

Ao atingir a vertical de SDTK, o piloto da outra aeronave reportou aquela posição a 6.500ft, informando que estaria sintonizando a frequência de coordenação dos corredores visuais.

Ao ingressar na aproximação final, o piloto do PR-SOM reportou a posição, informando que cruzava 1.500ft.

Um minuto e nove segundos após, informou que estava no setor “E” de SDTK, esperando que a chuva passasse e que a visibilidade melhorasse.

Três minutos e trinta e um segundos após, o piloto reportou que estava reingressando na final para a pista 28 de SDTK, com trem de pouso baixado e travado. Esta foi a última transmissão, até o impacto da aeronave.

1.10. Informações acerca do aeródromo.

O aeródromo era público, administrado pela Prefeitura Municipal de Paraty, RJ, e operava sob regras de voo visual (VFR) em período diurno.

A pista era de asfalto, com cabeceiras 10/28, dimensões de 700 x 23m, com elevação de 10ft.

Os setores nordeste (NE) e leste (E) do aeródromo eram compreendidos, predominantemente, pela Baía de Paraty.

No setor oeste (W) do aeródromo, estava localizada a Serra do Indaiá, com elevações que atingiam até 6.099ft. Tanto o setor norte (N) quanto o setor sul (S) apresentavam elevações que variavam de 1.000 a 2.900ft, dentro de um raio de 3NM do centro da pista.

A cabeceira da pista 28 localizava-se a 590m das margens da Baía de Paraty e determinava uma proa de aproximação final no sentido baía-continente.

O eixo de aproximação para a cabeceira 28 possuía área de terreno mais elevado de até 950ft dentro de um raio de 5NM. A 1,5NM da cabeceira, o eixo da pista 28 era livre de qualquer obstáculo natural, compreendendo, em sua maior parte, a Baía de Paraty.



Figura 21 - Vista a partir da final para a cabeceira 28 de SDTK.

1.11. Gravadores de voo.

Segundo o RBHA-91, a instalação do *Cockpit Voice Recorder* (CVR - Gravador de Voz da Cabine) era requerida para aeronaves multimotoras, com motores a turbina, que possuíssem uma configuração máxima para passageiros com seis ou mais assentos e para as quais eram requeridos dois pilotos pelos requisitos de homologação ou por uma regra operacional.

Desse modo, pelo fato de não serem requeridos dois pilotos para o modelo C90GT, tanto por requisito de homologação, quanto por regra operacional, a instalação do CVR não era obrigatória para a aeronave PR-SOM.

Apesar de não ser obrigatório, verificou-se, durante os trabalhos de ação inicial, que a aeronave estava equipada com um CVR modelo *Honeywell*, PN: 2100-1010-00 e SN: 000402988.

Assim, imediatamente após recuperar o CVR, iniciaram-se os trabalhos para a leitura dos dados de voz do equipamento.

Uma vez que a aeronave encontrava-se submersa em água salgada, a equipe de investigação preservou o CVR para que o mesmo pudesse ser entregue ao Laboratório de Leitura e Análise de Dados de Gravadores de Voo do CENIPA (LABDATA) para abertura, limpeza e secagem.

Ao separar-se a *Crash Survivable Memory Unit* (CSMU - unidade de memória resistente a impacto) do chassi, observou-se que não havia ocorrido penetração de líquido na memória e que não havia danos físicos ao gravador, tais como amassamento, torção ou submissão a grandes pressões.

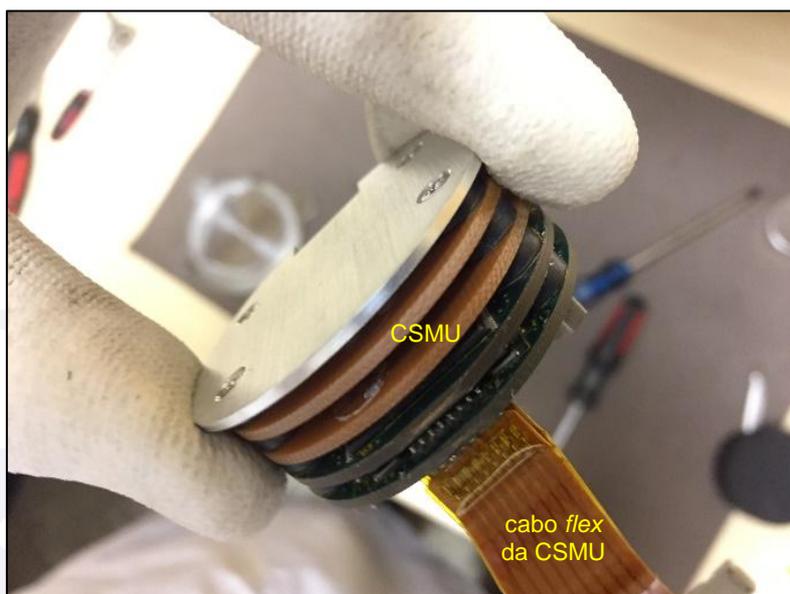


Figura 22 - Condição da CSMU ao ser removida do CVR.

Após a realização de um serviço para a substituição do cabo *flex* da CSMU, foi possível realizar a leitura, com sucesso, dos últimos trinta e um minutos e quatro segundos de áudio, conforme os requisitos do gravador.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

A fuselagem da aeronave foi retirada da água no começo da noite de 22JAN2017, após o resgate dos corpos dos ocupantes da aeronave.

A asa direita estava seccionada na altura da seção interna da nacele do motor direito e fragmentada em diversos pedaços. A asa esquerda estava fixada à aeronave e os danos foram observados, principalmente, no bordo de ataque das seções mais externas.

Grande parte dos danos por impacto se concentravam no lado direito da aeronave, enquanto que os danos observados no lado esquerdo da fuselagem se deram por consequência das ações de resgate das vítimas do acidente.

A posição da fuselagem da aeronave foi alterada por barcos, na tentativa de resgatar sobreviventes, e a sua posição inicial pôde ser definida por meio de um mapeamento com *scanner* das marcas deixadas no fundo do mar (Figura 23).

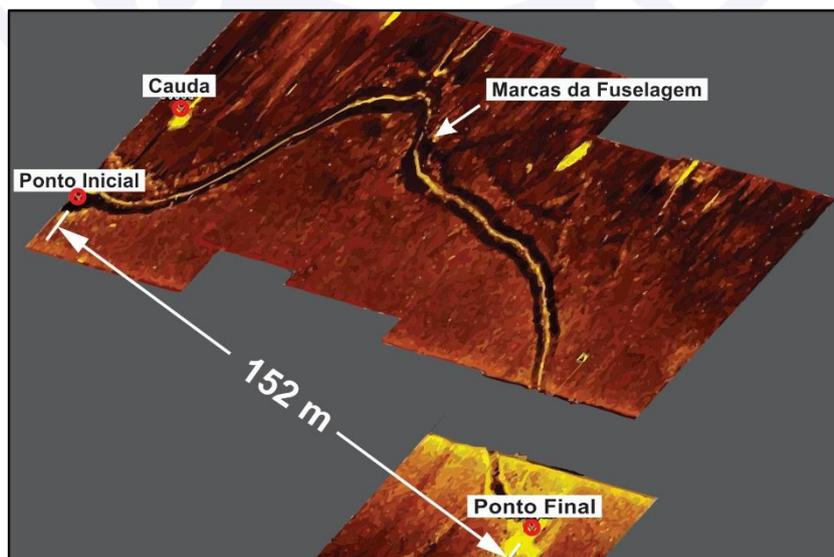


Figura 23 - Mapeamento das marcas deixadas pela fuselagem no fundo do mar.

O conjunto de empenagens separou-se da fuselagem durante a dinâmica do impacto, assim como os dois motores que foram projetados para frente devido à relação de forças inerciais e forças de impacto.

A hélice esquerda foi encontrada fixada ao respectivo motor. Todavia, a hélice direita e a sua caixa de redução separaram-se do motor direito, sendo encontradas a 145,72m deste. Nesse local, também havia fragmentos da aeronave associados à asa direita.



Figura 24 - Motor e hélice esquerdos.



Figura 25 - Motor e hélice direitos.

A força de resistência decorrente do impacto da asa direita contra a água gerou um momento no seu centro de gravidade, ocasionando o giro da aeronave e os danos observados na fuselagem (Figura 26).

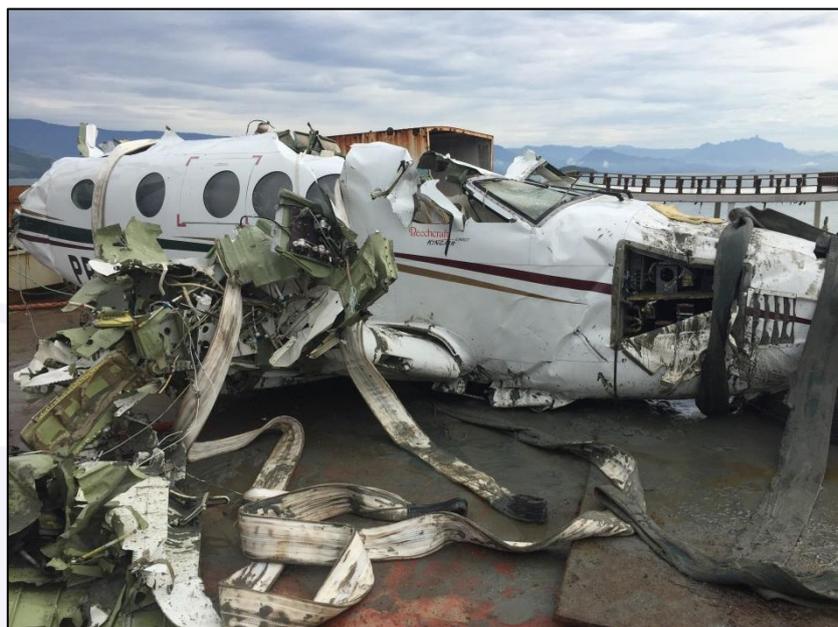


Figura 26 - Vista lateral direita da aeronave após a retirada do mar.

Os componentes com maior massa foram arremessados à frente, projetando uma proa magnética correspondente a 042° (Figura 27).

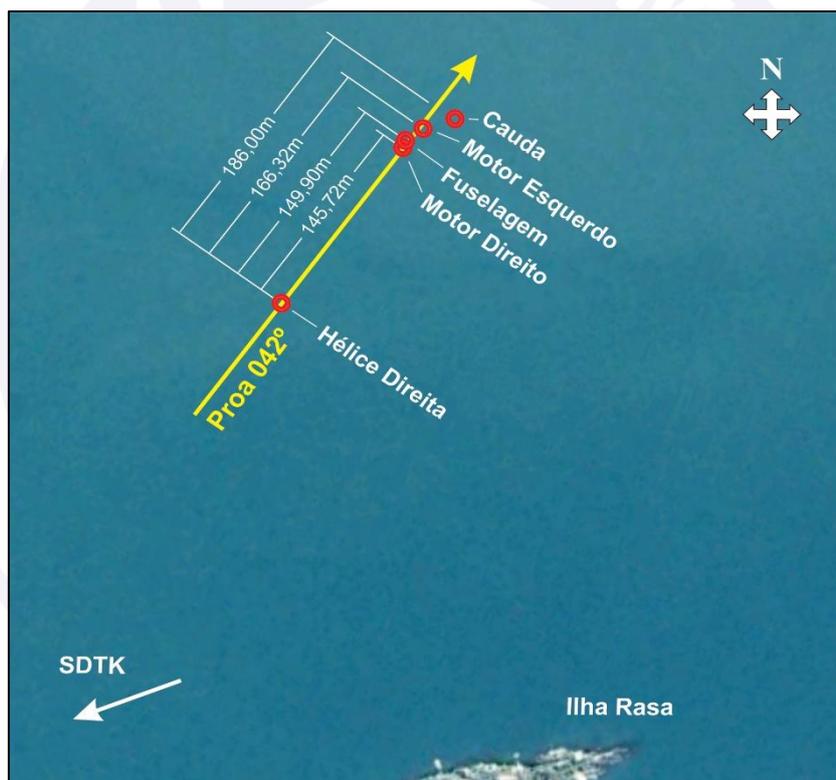


Figura 27 - Distribuição dos destroços da aeronave no fundo do mar.

A perna do trem de pouso principal esquerdo e do trem de pouso de nariz estavam na posição travada em cima, posição esta correspondente à da alavanca de comando no painel da aeronave (Figura 28).



Figura 28 - Posições da perna do trem esquerdo e da alavanca de comando (seta vermelha).

As superfícies internas e externas dos flapes da asa esquerda encontravam-se defletidas em uma posição intermediária, correspondente a 15°. A alavanca dos flapes na cabine encontrava-se comandada na posição APPROACH (Figura 29).



Figura 29 - Posições dos flapes e da alavanca de comando (seta vermelha).

Os manetes de potência, hélice e de combustível estavam avançados. O compensador de profundor estava em uma posição correspondente a UP 4,5 (“cabrar”), enquanto os compensadores de aileron e leme estavam em posição neutra.

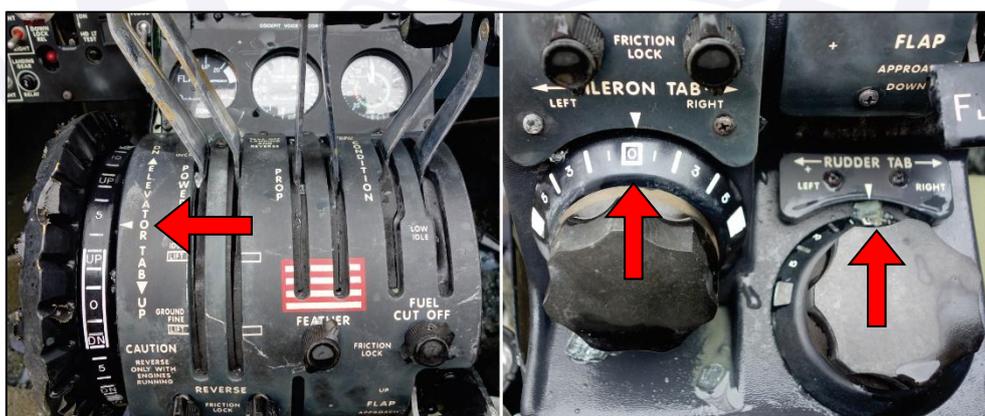


Figura 30 - Posições dos manetes e dos compensadores.

Verificou-se que o painel de instrumentos do posto da esquerda não teve danos decorrentes do impacto da aeronave (Figura 31).

O painel do EGPWS estava com a tecla *Terrain Inhibid* (TERR INHB - inibição do alerta de proximidade com o terreno) pressionada.

O velocímetro não possuía marcas visíveis que pudessem indicar a velocidade da aeronave no momento do impacto.

Com relação ao *Vertical Speed Indicator* (VSI - indicador de velocidade vertical), este sofreu a ação da água do mar e ficou travado na posição de 1.200ft/min, não apresentando uma leitura confiável.

O *Radio Magnetic Indicator* (RMI - Indicador Rádio Magnético) indicava a proa magnética correspondente a 035°.

Com relação ao altímetro eletrônico, ao *Electronic Attitude Direction Indicator* (EADI - Indicador Eletrônico de Direção e de Atitude) e ao *Electronic Horizontal Situation Indicator* (EHSI - Indicador Eletrônico de Situação Horizontal), estes não apresentavam qualquer indicação pelo fato de estarem desenergizados.

O interruptor de sincronização das hélices (PROP SYN) estava na posição OFF.

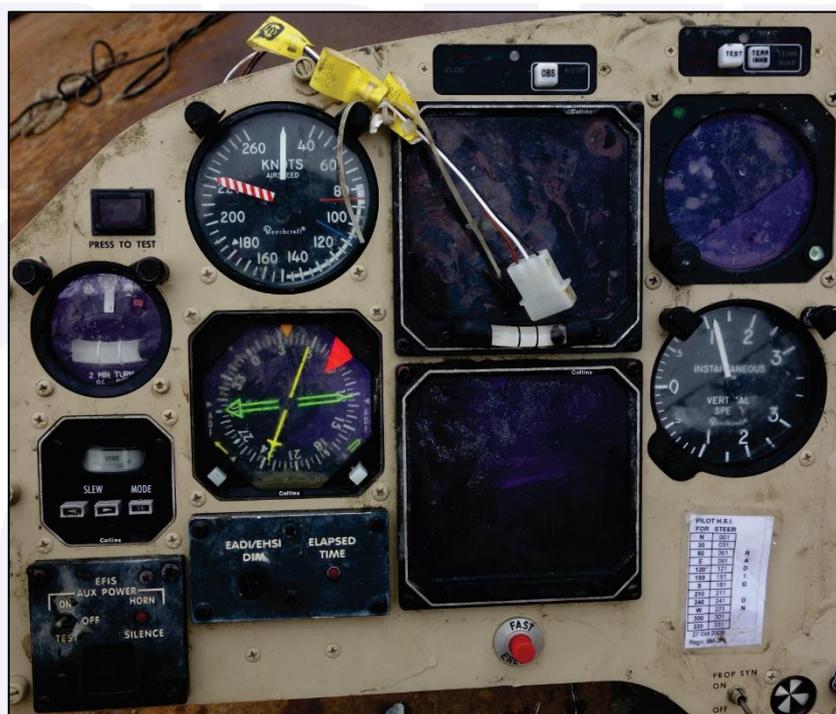


Figura 31 - Painel de instrumentos do posto da esquerda.

No painel de instrumentos do posto direito (Figura 32), verificou-se que, à semelhança do painel do posto esquerdo, o velocímetro e o VSI não apresentavam leituras que indicassem os parâmetros de voo da aeronave no momento do impacto.

O altímetro estava ajustado em 1.013 hPa (ajuste QNE) correspondente ao ajuste para o voo em rota, enquanto o horizonte artificial não possuía marcas visíveis que pudessem indicar a atitude da aeronave no momento do impacto.

O HSI indicava a proa magnética correspondente a 030°.



Figura 32 - Painel de instrumentos do posto da direita.

O painel de disjuntores direito estava quebrado no seu canto superior esquerdo e possuía uma rachadura em sua parte inferior direita. Apresentava quatro disjuntores desarmados (Figura 33).



Figura 33 - Painel de disjuntores do posto da direita. À direita, em destaque, os disjuntores desarmados (setas amarelas).

Os disjuntores desarmados forneciam alimentação elétrica aos seguintes sistemas:

- *Landing Gear (WARN)* - relacionado aos avisos de configuração para pouso quando o trem de pouso estava recolhido.
- *Annunciator System (IND)* - relacionado aos avisos dos sistemas de proteção contra gelo (*Right Engine Anti-Ice Control, Left Engine Anti-Ice Control, Pitot Anti-Ice*), aos avisos dos inversores (*Inverters*) e do controle de pressurização (*Pressurization Control*).
- *Avionic (ANN)* - relacionado à iluminação dos controles dos aviônicos.
- *Bleed Air Control (Right)* - relacionado ao sistema de pressurização e ventilação da aeronave alimentado pelo motor direito.

O painel de disjuntores esquerdo permaneceu sem danos e não apresentava qualquer disjuntor desarmado (Figura 34).



Figura 34 - Painel de disjuntores esquerdo.

O painel de controle de combustível (Figura 35) estava com o mostrador de quantidade de combustível esquerdo travado com leitura correspondente a 900lb e o mostrador direito com indicação que correspondia a uma leitura do instrumento quando desenergizado.

Possuía os interruptores nas seguintes posições:

- *Trans Pump Override Left* - Auto
- *Boost Pump Left* - On
- *Transfer Test* - Neutro
- *Fuel Quantity Total / Nacelle* - Neutro
- *Trans Pump Override Right* - Auto
- *Boost Pump Right* - On
- *Crossfeed* - Auto



Figura 35 - Painel de controle de combustível

As posições dos interruptores do painel de combustível correspondiam às posições esperadas para uma condição normal de voo.

1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.

1.13.1. Aspectos médicos.

O piloto possuía o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) de primeira classe, na categoria Piloto de Linha Aérea (PLA), válido.

De acordo com a última Inspeção de Saúde (INSPSAU), realizada no Núcleo de Hospital de Força Aérea de São Paulo (NuHFASP) em 26ABR2016, o piloto era saudável física e mentalmente, com indicação de uso de lentes corretoras.

Sempre realizou as INSPSAU regularmente, conforme previsto nos regulamentos vigentes.

Em todas as inspeções realizadas desde 14FEV1985, obteve o parecer “Apto” ou “Apto para o fim a que se destina”

Teve indicações de tratamento com “uso de lentes corretoras” para alterações visuais (H52.0, hipermetropia, H52.2, astigmatismo e H52.4, presbiopia), a partir de 1988, e perda auditiva (H90) sem repercussões significativas e sem indicação de tratamento, a partir de 2000.

Conforme informações colhidas em entrevistas pós-acidente, o piloto nunca comentou sobre qualquer problema de saúde. Ele não fumava nem bebia, não fazia uso de nenhuma medicação, não apresentava sinais de estresse ou fadiga. Não era visto como uma pessoa estressada, sendo considerado bastante centrado e profissional.

Segundo relatos de pessoas próximas, o piloto sempre dormia e acordava cedo, tendo pelo menos oito horas de sono por noite. Da mesma forma, não houve alteração da rotina cumprida nas 48 horas anteriores ao acidente.

Não havia indícios de álcool no sangue do piloto. Da mesma forma, os exames toxicológicos realizados após o acidente não constataram a presença de substâncias farmacológicas ou toxicamente ativas que pudessem ter interferido no seu desempenho em voo.

Orientação espacial

Em condições normais, o ser humano é capaz de determinar, com precisão, a sua orientação espacial. Para tanto, utiliza informações providas por três sistemas sensoriais especializados:

- o sistema visual, que fornece 80% da informação sobre orientação;
- o sistema vestibular, relacionado ao ouvido interno (canais semicirculares, responsáveis pela informação de aceleração angular; e órgãos otolíticos, responsáveis pela informação de aceleração linear e da gravidade), que contribui com 10% da informação; e
- o sistema proprioceptivo (receptores localizados na pele, músculos, tendões, ligamentos e articulações), que contribui com outros 10%.

Por meio de receptores sensoriais especializados, estes três sistemas coletam, constantemente, informações que são transmitidas para o sistema nervoso central, onde são integradas e processadas, criando um modelo de orientação espacial que, em condições normais, é altamente confiável. Este modelo determina a posição do corpo em relação a um sistema fixo de coordenadas que tem como referência a terra (horizontal) e a gravidade (vertical).

Esses sistemas, tão complexos e importantes, não foram “projetados” para operar no ambiente tridimensional do voo. Os movimentos do voo aumentam drasticamente o risco de Desorientação Espacial (DE), dadas as limitações fisiológicas dos sistemas de orientação do ser humano. Nestas circunstâncias, a orientação pode ser mantida com o auxílio de instrumentos.

Em situações onde as referências visuais são pobres ou ausentes, como em condições meteorológicas ruins ou à noite, pode-se perder até 80% da informação normal de orientação, ficando os 20% restantes a cargo dos sistemas vestibular e proprioceptivo. Nestas condições, estes dois sistemas passam a contribuir, cada um deles, com 50% das informações sobre a orientação. Entretanto, eles são menos acurados e mais propensos a ilusões e a má interpretações. Isso se torna especialmente relevante no ambiente

tridimensional do voo, e explica os diversos tipos de ilusão que um piloto pode experimentar.

Observa-se, desta forma, que a falta de boas referências visuais priva o ser humano da maior parte da informação sobre sua orientação. Por isso, a maioria dos eventos de desorientação está associada à carência de referências visuais, tais como condições meteorológicas de voo por instrumentos (IMC) e voo noturno.

Na superfície da terra, a orientação é, em geral, limitada a dois eixos de movimento (para frente ou para trás e para a direita ou esquerda). Na aviação, adiciona-se a dimensão altitude, que muda significativamente as experiências percebidas pelos sistemas visual e vestibular. Por este motivo, os movimentos complexos do ambiente de voo aumentam a probabilidade de ocorrência de desorientação espacial, ao expor as limitações fisiológicas dos sistemas normais de orientação do ser humano.

Desorientação espacial

De forma geral, Desorientação Espacial é a percepção equivocada da posição e do movimento do corpo no espaço.

No que se refere aos acidentes aeronáuticos, define-se Desorientação Espacial como: "ocorrência em que o piloto em comando entra em processo de confusão na interpretação da atitude da aeronave, entrando ou não em atitude anormal".

Mudanças da aceleração linear, da aceleração angular, bem como da gravidade, são detectadas pelos receptores dos sistemas vestibular e proprioceptivo, sendo comparadas, no cérebro, com as informações visuais. Qualquer diferença ou discrepância entre os estímulos sensoriais provenientes dos sistemas visual, vestibular e proprioceptivo pode acarretar uma incompatibilidade sensorial, podendo produzir ilusões e levar à Desorientação Espacial.

Portanto, a ilusão é uma falsa impressão da realidade, ou a percepção equivocada de algo que existe objetivamente. As ilusões são divididas em dois grandes grupos:

- ilusões vestibulares, e
- ilusões visuais.

Com relação ao acidente envolvendo a aeronave PR-SOM, verificou-se a presença de condições que favoreciam a ocorrência dos seguintes tipos de ilusão:

a) ilusão vestibular por excesso de "G".

Este tipo de ilusão é um fenômeno complexo, pois envolve múltiplos estímulos no sistema vestibular. Na prática, acontece quando o piloto realiza uma curva com fator de carga maior que 1G e olha de volta para dentro da curva. Nessa condição, o piloto experimenta a sensação de que o ângulo de inclinação está reduzindo.

Durante curvas de 2G, um piloto pode experimentar uma aparente diminuição do ângulo de inclinação de pelo menos 10 a 20 graus. Para manter o ângulo desejado, o piloto tende a aplicar mais inclinação, acarretando um aumento significativo da inclinação inicial. Isso pode resultar em perda de altitude e/ou *stall*.

Esse tipo de ilusão é potencialmente perigoso, especialmente se ocorrer em voos à baixa altura e alta velocidade, dado o limitado tempo disponível para reconhecer e recuperar da ilusão.

b) Ilusão visual de terreno homogêneo.

Este tipo de ilusão caracteriza-se pela falsa percepção de altura (acima da real) quando se sobrevoa um terreno com poucos detalhes (ou pobre em características) como a água, áreas escuras, areia ou neve.

A falsa percepção de altura resulta da sensação de “solo flutuando no espaço” devido à falta de características do terreno, como a presença de objetos de tamanho conhecido.

Quanto mais distantes estiverem os objetos, menor será o ângulo visual para percebê-los (devido ao tamanho e à distância). Desse modo, as características do terreno proveem não somente informações sobre a distância horizontal, mas, também, sobre a altura.

Neste tipo de ilusão, a incapacidade do piloto para estimar a sua altura acima do solo é proveniente da falta de sinais visuais focais e ambientais, como consequência da constância dos tamanhos e formas observadas em um terreno desprovido de objetos de tamanho conhecido.

Em função da falsa percepção de estar acima da altura desejada, o piloto tende a iniciar uma descida, podendo acarretar uma perda significativa de altitude.

Além das ilusões, situações como: sobrecarga de trabalho na cabine, estresse, condições meteorológicas adversas, alternância entre voo visual e por instrumentos, bem como a falta de treinamento adequado, também podem contribuir para o processo de desorientação espacial.

1.13.2. Informações ergonômicas.

Nada a relatar.

1.13.3. Aspectos Psicológicos.

Informações individuais e psicossociais relativas ao piloto.

Segundo relatos de pessoas de seu convívio, o piloto era considerado solícito e atencioso, porém muito reservado.

Amigos, familiares e colegas de trabalho relataram que o piloto não costumava compartilhar seus problemas ou queixar-se das situações adversas. Mesmo no ambiente familiar, mantinha-se calmo e reservado.

De acordo com as informações obtidas, o piloto se auto avaliava como uma pessoa tímida, ansiosa e que não gostava de cometer erros. Prezava pela pontualidade e desagradava-se com situações de atraso.

Possuía bom relacionamento com as pessoas de seu convívio pessoal e profissional. Apesar de reservado, era conhecido por muitos dos pilotos que operavam a partir de SBMT. De acordo com os relatos obtidos, sempre tratava aos demais com cortesia e simpatia.

Desde 2002, atuava como piloto para o Grupo Emiliano, em regime de dedicação exclusiva. Na maioria das vezes, os voos tinham por finalidade o transporte do operador do PR-SOM em viagens de caráter pessoal.

Segundo os relatos de pessoas do convívio do operador, ele era visto como uma pessoa de postura impositiva. Frequentemente, expressava-se de modo firme e, por vezes, portava-se de forma considerada ríspida. Apesar dessa postura, não houve relatos de qualquer problema na relação profissional entre o piloto e o operador.

Em dias de voo, o piloto costumava chegar ao hangar com antecedência, de modo a transmitir o plano de voo, abastecer a aeronave e realizar o pré-voo.

No dia anterior à ocorrência, o piloto foi acionado pessoalmente pelo operador. Normalmente, os agendamentos dos voos eram realizados pela secretária.

O voo foi marcado para o período da manhã, às 13h30min (UTC), contudo, houve a demora na chegada de um dos passageiros, acarretando atraso de uma hora e trinta minutos na decolagem.

Segundo informações, o atraso de um dos passageiros incomodou o operador. Não houve relatos sobre a reação do piloto ao atraso. No entanto, sabe-se que o piloto estava familiarizado com essa situação, visto que, eventualmente, o operador também se atrasava para os voos.

Houve ocasiões em que o piloto aguardou no hangar, por horas, sem manifestar descontentamento pelo atraso. Conforme as informações obtidas junto a pessoas próximas ao piloto, a espera era vista como parte de seu trabalho, pois considerava os atrasos como uma característica da aviação executiva.

Considerações acerca das operações em SDTK conduzidas pelo piloto do PR-SOM.

Os tráfegos para pouso em SDTK ocorriam segundo regras VFR, porém, havia uma carta de procedimento não oficial para a operação IFR na região. Segundo relatos, essa carta era utilizada como um recurso auxiliar por alguns pilotos a fim de balizar os procedimentos de descida.

Conforme relatos de pessoas que operaram com o piloto do PR-SOM, apesar da existência desse procedimento não oficial, ele não fazia uso de tal recurso.

Verificou-se que o piloto costumava consultar apenas informações básicas, como o METAR de localidades próximas. Ele também fazia consultas a pessoas conhecidas que estivessem em SDTK para saber a opinião a respeito das condições de camadas de nuvens e de visibilidade.

Devido à frequência de voos para SDTK, o piloto já estava habituado com diferentes condições de operação naquele aeródromo. Outros pilotos entrevistados, os quais também operavam na região, consideraram possível que ele já houvesse realizado algumas operações em condições meteorológicas adversas. Contudo, segundo a percepção desses entrevistados, o piloto evitaria condições adversas muito críticas, que pudessem comprometer a segurança do voo.

Conforme os dados obtidos, durante os anos em que atuou para o operador, não houve situações em que o piloto houvesse deixado de realizar o voo conforme a programação realizada.

O operador, embora descrito como uma pessoa impositiva e exigente, não realizava intervenções na condução do voo. De acordo com os relatos obtidos, geralmente se mantinha envolvido com conversas ou leituras durante todo o voo.

Entretanto, durante a descida para o tráfego de SDTK, era comum o piloto realizar um sobrevoo ao lado de uma propriedade do operador, com um pequeno desvio da trajetória. Segundo pessoas que já voaram com o piloto, esse sobrevoo ocorria rotineiramente nos voos para aquela localidade, pois era uma solicitação do próprio operador.

Durante o processo de investigação, houve relatos de que o piloto já havia arremetido em SDTK. Além disso, ele orientava outros pilotos com relação ao procedimento a ser adotado em caso de arremetida naquele aeródromo.

De acordo com os entrevistados, o piloto expressava que o melhor perfil a ser seguido seria o de “manter a aeronave nivelada em curva à direita, mantendo-se sobre a

Baía de Paraty, de modo a evitar uma possível entrada inadvertida em condições de voo por instrumentos e, assim, evitar a colisão contra elevações”.

Considerações acerca do grupo de pilotos que operava em SDTK.

Era comum a muitos pilotos que operavam a partir de SBMT realizar voos para SDTK, o que levou à formação de um grupo informal de pilotos que operavam naquela região.

A experiência acumulada pelo piloto do PR-SOM, ao longo dos anos, lhe conferia reconhecimento profissional, tanto por parte do operador, quanto pelos demais pilotos que voavam na região. Por essas razões, ele era considerado uma referência naquele meio.

Após um acidente ocorrido em SDTK, no ano de 2016, esse grupo de pilotos teve a iniciativa de realizar uma reunião. O objetivo consistia em discutir questões relativas à segurança das operações na localidade. Nessa ocasião, devido à experiência, o piloto do PR-SOM foi convidado a compartilhar seus conhecimentos com os demais.

O evento não incluiu a participação de membros externos ao grupo e não contou com a apresentação de palestras ou discussões focadas em segurança de voo, mas caracterizou-se como uma oportunidade de troca de experiências, com foco exclusivo na operação em SDTK.

Em geral, a preocupação dos pilotos com a operação na localidade centrava-se nas condições meteorológicas, visto que Paraty, RJ, localizava-se em uma região sujeita a alterações dessa natureza. De acordo com os entrevistados, formações de nuvens e chuvas temporárias eram familiares aos moradores, visitantes e pilotos, sendo uma característica da região.

Naquela oportunidade, foram discutidas algumas possibilidades de melhorias, como a instalação de câmeras no aeródromo para visualização das condições meteorológicas, via internet.

Não houve relatos de que o procedimento não oficial para a operação IFR em SDTK tenha sido discutido durante a reunião. Contudo, como forma de tentar ampliar a segurança das operações naquele aeródromo, foi proposta a adoção de limites mínimos de teto e visibilidade não oficiais de operação, com o objetivo de desestimular a realização de voos em condições desfavoráveis.

Para lidar com as questões relativas às condições meteorológicas, os pilotos consultavam as informações disponíveis nos *sites* de meteorologia aeronáutica, e também pessoas que trabalhavam no aeródromo de Paraty ou outros pilotos que, eventualmente, já tivessem pousado na localidade.

Em alguns casos, mesmo tendo conhecimento prévio de condições meteorológicas menos favoráveis ao pouso em SDTK, alguns pilotos decidiam decolar, avaliar as condições durante o voo e, após, decidir por prosseguir ou retornar para SBMT. Embora alguns entrevistados tenham relatado não agir de tal forma, essa prática era considerada uma alternativa segura por esse grupo de pilotos.

Antes de realizar suas primeiras operações na localidade, geralmente, o piloto iniciante realizava o voo acompanhado de um piloto mais experiente, a fim de se ambientar com a região. Alguns parâmetros e pontos de referência eram ensinados, mas cada um desenvolvia um padrão próprio de operação.

Considerações acerca da aviação executiva, segundo a percepção dos pilotos que operavam na região de Paraty.

O voo na condição *single pilot*, comum na aviação executiva, era muito frequente entre os pilotos que operavam em SDTK. De acordo com os entrevistados, nessas condições, o piloto não dispunha de alguém para compartilhar a tomada de decisão relativa à decolagem nem para o julgamento das condições em rota.

Ainda, de acordo com essa percepção, ressaltaram que, embora a pressão para realização de voos variasse conforme o perfil do empregador, dificilmente a decisão do piloto seria questionada quando se tratasse de questões afetas à segurança do voo.

Os relatos indicaram, no entanto, uma percepção coletiva de que, em algumas ocasiões, o próprio piloto poderia sentir-se pressionado a realizar um voo. Nesse caso, reportaram situações pessoais ou de outros colegas que postergaram a decisão de cancelar o voo; realizaram tentativas frustradas de pouso, mesmo após verificação das condições desfavoráveis na aproximação para o pouso; e, em algumas situações, concluíram a operação apesar das condições críticas.

1.14. Informações acerca de fogo.

Não havia evidência de fogo em voo, ou após o impacto.

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

A primeira tentativa de resgate das vítimas foi realizada por pessoas que estavam em embarcações nas proximidades do local da queda da aeronave.

A aeronave encontrava-se quase totalmente submersa, restando a parte traseira da lateral esquerda e a ponta da asa esquerda fora da água. A porta principal estava deformada e parcialmente submersa, impossibilitando a sua abertura. A saída de emergência, na lateral direita, ficou totalmente submersa.

Segundo relatos, havia uma sobrevivente na parte traseira da aeronave que pedia ajuda. Houve uma tentativa de abrir um furo na fuselagem para que fosse inserida uma mangueira de oxigênio, com o objetivo de auxiliar a respiração da sobrevivente, todavia, não houve resposta após a inserção da mangueira.

A fuselagem necessitou ser cortada pela equipe de resgate, e a retirada dos corpos somente foi possível doze horas após o acidente.

Os cintos e suspensórios permaneceram íntegros após o impacto. Os suspensórios do piloto foram cortados pela equipe de resgate. Não foi possível confirmar se os passageiros estavam utilizando os cintos no momento do acidente.

Os exames anátomo patológicos atestaram que todos os ocupantes da aeronave tiveram morte causada por politraumatismo devido à ação contundente, decorrente do impacto da aeronave contra a água.

1.16. Exames, testes e pesquisas.

Análise espectral de som dos dados do CVR.

Com o objetivo de buscar extrair o máximo de informações do áudio gravado no CVR, foi realizada uma análise no *National Transportation Safety Board* (NTSB), com o acompanhamento de técnicos do LABDATA, que visava obter dados a partir da leitura espectral do som.

Tal análise foi realizada por meio da comparação de informações gráficas de frequências sonoras padrão, normalmente emitidas pela aeronave, em relação àquelas gravadas por meio do CVR, permitindo a medição dos parâmetros apresentados pela aeronave no decorrer do voo que culminou no acidente.

Para a definição das frequências sonoras padrão, foram utilizados dados fornecidos pelo fabricante da aeronave, pelo fabricante dos motores, e gravações realizadas em voo

com uma aeronave C90GT, a qual possuía a mesma configuração da aeronave acidentada.

A análise apontou que, às 15h37min12s (UTC), houve um tom audível com duração de 0,384 segundo. Ao ser comparado com os dados do fabricante da aeronave, constatou-se que o tom possuía característica espectral semelhante ao alarme de estol. Todavia, a aeronave encontrava-se em descida, cruzando 5.100ft, e com *ground speed* (velocidade em relação ao solo) registrada no RADAR de controle de tráfego aéreo correspondente a 197kt.

As assinaturas do forte som das hélices foram ouvidas e observadas por meio do espectro, as quais coincidiam com aproximadamente 1.900 RPM ao longo do período gravado. Tanto por meio de observação auditiva quanto na análise espectral, pôde-se observar que as frequências de rotação de ambas as hélices coincidiam ao longo do voo, observando-se uma pequena variação ao final do período da gravação.

Às 15h42min41s (UTC) observou-se o início de um pequeno diferencial de velocidade entre as hélices. Ao final da gravação, uma das hélices encontrava-se a 1.875 RPM e a outra a 1.950 RPM. A análise espectral, no entanto, não permitiu definir a qual motor cada rotação estava associada (Figura 36).

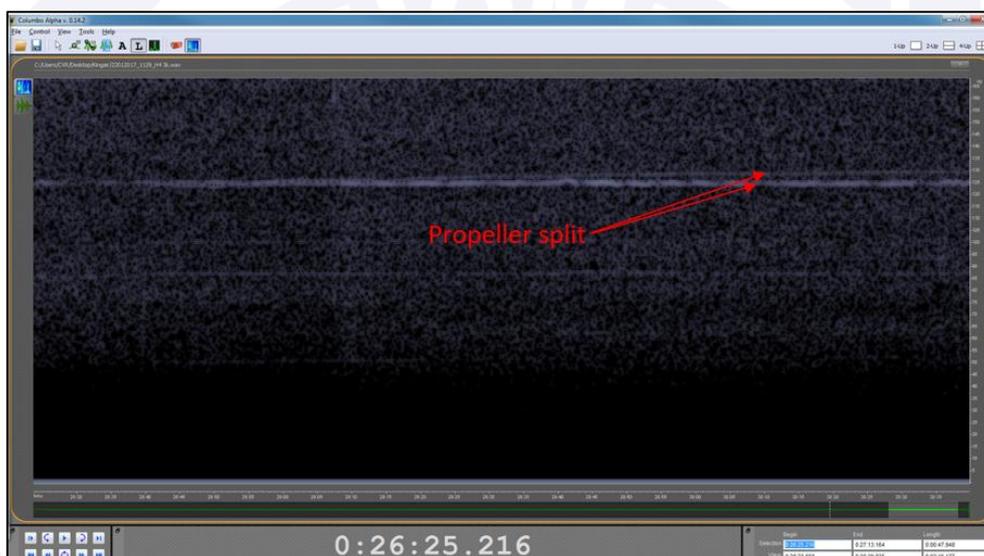


Figura 36 - Pequeno descolamento das frequências de rotação das hélices indicadas no espectro.

Ao se comparar as informações gráficas da gravação de outra aeronave C90GT, em relação às informações do voo do acidente, obteve-se os parâmetros da Figura 37. A comparação dos dados revelou linhas que caracterizavam o movimento do trem de pouso da aeronave PR-SOM.

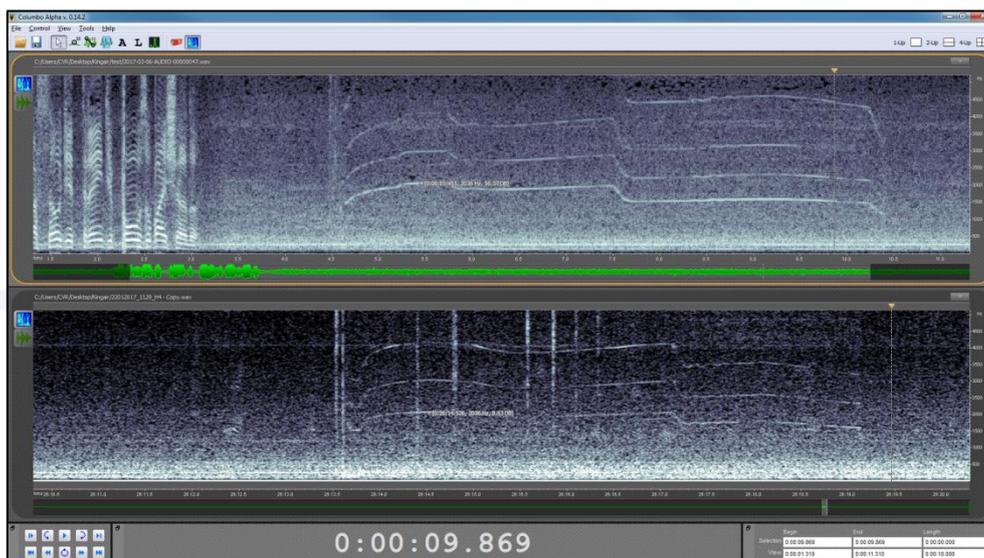


Figura 37 - Comparação entre os espectros do voo com outra aeronave C90GT (imagem superior) e o voo do acidente (imagem inferior).

Assim, foi possível identificar o trem de pouso em recolhimento às 15h40min23s (UTC) e às 15h44min12s (UTC);

Análises subsequentes permitiram identificar os seguintes parâmetros durante o voo:

- *Sink Rate callout* do EGPWS às 15h39min49s (UTC);
- som similar ao *altitude alert* às 15h43min03s (UTC); e
- forte som de impacto às 15h44min27s (UTC).

Os sons de extensão e de retração dos flapes não estavam audíveis ou observáveis na análise espectral do CVR. Tal fato pode ter ocorrido, principalmente, pela prevalência de ruídos extras provenientes da aeronave em voo.

As assinaturas espectrais dos estágios de compressão do motor estavam presentes, mas não permitiram uma análise com um nível adequado de confiabilidade.

Não foi possível confirmar a presença ou ausência de ruídos de precipitação.

Análise dos parâmetros de voz, fala e linguagem.

Os dados do voo registrados em CVR foram submetidos à identificação biométrica, realizada a partir da análise de voz, fala e linguagem do piloto. O exame foi conduzido por especialista em análise de nexos causais entre alterações nos parâmetros vocais e atividade ocupacional.

Para o estabelecimento do padrão de voz e condução das análises comparativas, foram utilizados arquivos de áudios que registraram a fala espontânea do piloto em relação ao áudio do CVR do PR-SOM.

Tal análise se embasou na concepção de que o estado emocional influencia o falante, causando variações decorrentes de respostas fisiológicas eliciadas no indivíduo pelas emoções. Essas alterações, por sua vez, ocasionam variações na respiração, fonação e articulação, processos diretamente relacionados à fala.

Ressalta-se que as emoções são produzidas a partir de uma avaliação cognitiva automática do indivíduo sobre eventos externos e internos considerados relevantes para seus interesses e necessidades. Também são caracterizadas por um alto grau de sincronização de quase todos os subsistemas do organismo (cognitivo, motivacional, fisiológico e motor).

De acordo com os dados obtidos, não foi observada interação entre o piloto e os demais passageiros nos últimos trinta minutos de voo.

Por meio da imagem espectrográfica, verificaram-se trechos em que o piloto apresentou taxa de elocução normal para levemente aumentada (6 a 6,8 síl./seg.) e F_0 (frequência fundamental) alta.

Além desses parâmetros acústicos citados, constatou-se *pitch* agudo para o padrão masculino e também, em comparação ao próprio padrão do piloto, incoordenação pneumofonoarticulatória (alteração na coordenação entre a respiração e articulação). Da mesma forma, constatou-se qualidade vocal tensa durante todo o percurso do voo, acentuando-se no trecho demonstrado, sendo que nesse trecho, a voz apresentava-se levemente trêmula.

É importante ressaltar que o piloto se apresentou ofegante durante todo o voo, sendo que houve um momento de acentuação também no trecho da Figura 38.

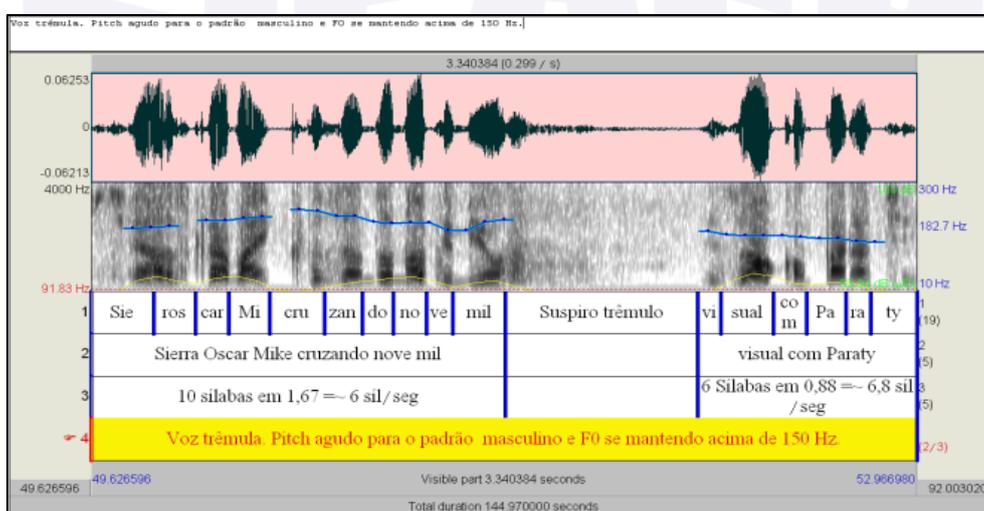


Figura 38 - Trecho do diálogo do piloto com o APP-SP às 15h32min18s (UTC).

Na penúltima verbalização registrada antes do impacto, foi informado na fonia que o piloto iria aguardar a chuva passar, mantendo 1.300ft (Figura 39).

Nesse momento, o piloto apresentou taxa de elocução normal, taxa de articulação normal para levemente aumentada, F_0 alta, *pitch* agudo, incoordenação pneumofonoarticulatória, qualidade vocal tensa, fala ofegante e a voz apresentava-se trêmula. Neste trecho essas características foram mais acentuadas do que no anteriormente demonstrado.

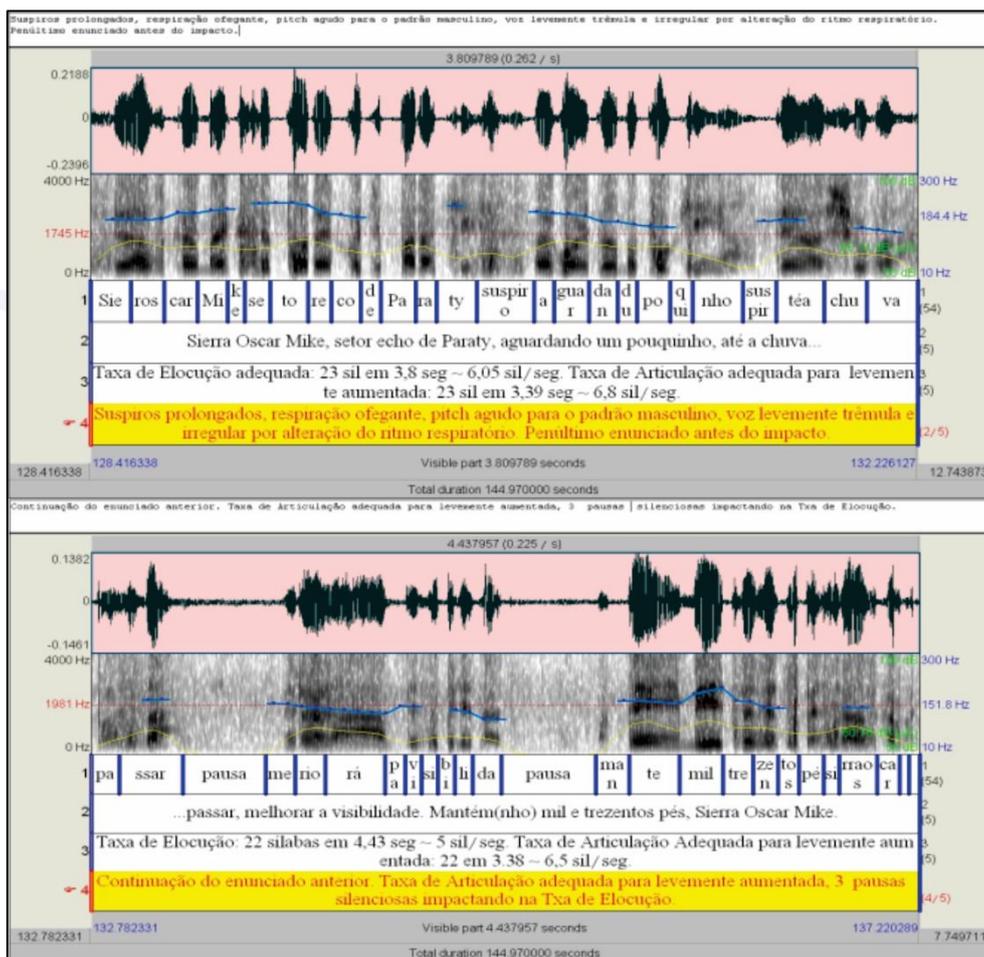


Figura 39 - Trecho da comunicação do piloto na frequência de coordenação às 15h40min37s (UTC).

Desse modo, considerando-se os estudos científicos sobre metodologia dos parâmetros acústicos e clínicos para avaliação da expressão de emoções, pôde-se inferir que o piloto apresentava traços de apreensão/preocupação e ansiedade, variando até o temor, sobretudo, no instante imediatamente anterior ao impacto.

Não foram encontrados indícios de fadiga nem sonolência por meio da análise de voz, fala e linguagem do piloto nos arquivos de áudio do dia do acidente, nem alterações compatíveis com o uso de substâncias entorpecentes do sistema nervoso central.

Do mesmo modo, não foram constatados gritos ou quaisquer emissões indicativas de situação de pânico do piloto nem dos passageiros antes do impacto.

Extração de dados do EGPWS.

A aeronave estava equipada com um EGPWS modelo *Honeywell* PN: 066-01175-2102, SN: 1337.

Apesar de o EGPWS não atender a requisitos de certificação para gravação de dados, nem para sobrevivência a impactos, vislumbrou-se a possibilidade de realizar uma tentativa de extração de possíveis informações registradas nos momentos anteriores ao acidente do PR-SOM.

Uma característica de projeto deste EGPWS diz respeito à sua capacidade de gravação de dados baseados em GPS, referentes às condições identificadas pelo equipamento no momento em que eram emitidos alertas de proximidade com o terreno.

Assim, o EGPWS criava um histórico de voo que continha os dados referentes a vinte segundos antes e dez segundos após cada alerta/aviso emitido pelo equipamento (Figura 40).

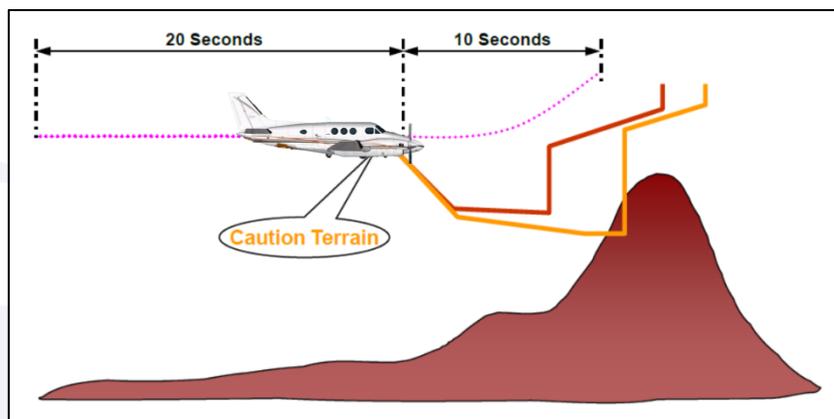


Figura 40 - Ilustração da lógica de gravação de dados do EGPWS.

Desse modo, o EGPWS foi preservado pela Comissão de Investigação e os componentes que poderiam ter informações registradas do voo do acidente foram segregados para a realização da extração dos dados nas dependências do fabricante.

A extração dos dados foi realizada com sucesso e verificou-se que o equipamento havia gravado informações provenientes de quatro alertas emitidos, os quais correspondiam ao voo do acidente, sendo eles:

- *Sink Rate* às 15h39min49s (UTC);
- *Terrain Caution / Terrain Warning* às 15h42min53s (UTC);
- *Terrain Warning* às 15h43min23s (UTC); e
- *Runway Field Clearance Floor* às 15h43min39s (UTC).

Às 15h39min51s (UTC), a tecla *TERR INHB* foi pressionada, inibindo os avisos visuais e sonoros subsequentes para o piloto. Tais alertas, no entanto, permaneceram registrados na memória do EGPWS.

Os alertas de *Terrain Caution*, *Terrain Warning* e *Runway Field Clearance Floor* tiveram seus intervalos de gravação parcialmente sobrepostos. Assim, verificou-se, após a degravação, que havia o correspondente a um minuto e quarenta e seis segundos de dados gravados referentes ao voo do acidente.

Exame dos comandos de voo, flapes e trem de pouso.

Os comandos de voo primários da aeronave C90GT eram atuados mecanicamente por meio de cabos, hastes e guinóis, e as suas características de projeto não permitiram determinar as posições no momento do impacto. Desse modo, os exames realizados objetivaram verificar as condições de continuidade dos componentes dos comandos de voo.

Observou-se que os cabos de comando apresentavam sinais de oxidação devido ao contato com água salgada e exposição ao ambiente da atmosfera.



Figura 41 - Vista geral do quadrante central no assoalho da aeronave com sinais de oxidação nos cabos de comandos das superfícies primárias e dos compensadores.

A continuidade do comando de aileron foi verificada a partir da movimentação de qualquer um dos manches localizados na cabine dos pilotos. O comando foi reproduzido, passando pelo quadrante central no assoalho da aeronave até cada um dos pontos de ruptura nas asas.

Os cabos de comando do aileron direito apresentavam, no ponto de ruptura, característica de falha por sobrecarga, condizente com forças de impacto.

Com relação aos cabos de comando do aileron esquerdo, estes apresentavam ruptura no local onde as equipes de resgate realizaram a separação da asa esquerda para transporte dos destroços.

A partir dos pontos de rupturas mencionados, verificou-se que os cabos de comando estavam íntegros até as superfícies aerodinâmicas das asas e que não havia sinal de qualquer condição que pudesse interferir em suas atuações.

Com relação à compensação no eixo de rolamento, o C90GT possuía uma única superfície para compensação, localizada na asa esquerda. O compensador de aileron possuía um atuador que permitiu a medição da sua extensão para a determinação da posição.

Os exames mostraram que as deflexões do atuador do compensador do aileron correspondiam às indicações da cabine as quais, após o içamento da aeronave, apresentavam uma posição de comando em neutro.

Em relação aos comandos de profundor e leme, observou-se que os comandos aplicados no manche e no pedal eram reproduzidos até o ponto de ruptura da cauda.

Próximo ao ponto de ruptura, foram observadas roldanas e estruturas de fixação fraturadas, tanto na seção da fuselagem quanto na área da cauda. Os danos observados possuíam características de sobrecarga devido às forças de impacto. Não foram observadas quaisquer condições que pudessem interferir na autoridade dos comandos de profundor e de leme da aeronave.



Figura 42 - Cabos de comando do profundor.

O indicador de posição do compensador na cabine, após o içamento da aeronave, apresentava uma posição equivalente a 4,5° UP. A medição dos atuadores esquerdo e direito do compensador do profundor, no entanto, correspondiam a uma posição entre 0° e 5° DOWN e não se mostraram confiáveis devido à possibilidade de movimentação decorrente do impacto.

O indicador de posição do compensador do leme apresentava uma posição equivalente à neutra, enquanto que a medição do atuador correspondeu à posição totalmente defletida para a esquerda. As medições das posições dos atuadores foram consideradas não confiáveis devido aos danos decorrentes do impacto e da movimentação dos destroços.

Com relação aos cilindros atuadores do *Rudder Boost*, não foi possível determinar se esse sistema estava atuado na superfície do leme no momento do impacto.

O sistema de flapes da aeronave era composto por quatro atuadores, dois em cada asa. A medição desses atuadores correspondeu a uma deflexão de 15°.

Em relação ao trem de pouso, observou-se que todas as pernas e a seletora estavam com seus atuadores em posições que correspondiam a trem recolhido.

Exame técnico dos motores.

O motor esquerdo, modelo PT6A-135A SN: PCE-PZ0395, apresentava marcas de roçamento entre as palhetas da turbina do compressor e o anel segmentado e, de forma mais acentuada, marcas de roçamento entre a turbina de potência e o diafragma do motor. As marcas de roçamento decorreram do contato entre as partes rotativas do motor e as partes que sofreram deformações, como consequência das forças de impacto. Tais marcas são indicativas de que o motor apresentava funcionamento normal no momento do impacto.

Foram analisados os detectores de limalha da caixa de redução e da caixa de acessórios, os filtros dos sistemas de combustível e de lubrificação do motor. Não foram encontradas limalhas ou contaminantes que pudessem afetar o funcionamento do motor.

O duto de escapamento do motor esquerdo continha depósito de sal. Tal depósito representa um indicativo de que o motor estava funcionando no momento do impacto, uma vez que o escapamento aquecido, em contato com a água do mar, fez com que a água evaporasse, deixando, apenas, o sal depositado.

O motor direito, modelo PT6A-135A SN: PCE-PZ0396, apresentava características semelhantes ao motor esquerdo. Entre as diferenças observadas, destaca-se o rompimento da hélice, juntamente com o segundo estágio de redução. As marcas de roçamento na região da turbina do compressor foram mais leves do que as observadas no motor esquerdo, porém, as marcas de roçamento na turbina de potência estavam bem caracterizadas.

Do mesmo modo, não foram encontradas limalhas ou contaminantes nos detectores de limalha da caixa de redução e da caixa de acessórios, assim como nos filtros dos sistemas de combustível e de lubrificação do motor, que pudessem indicar uma falha no seu funcionamento.

Foi observado depósito de sal no duto de escapamento do motor direito, semelhante ao observado no motor esquerdo.

Assim, o resultado dos exames concluiu que ambos os motores estavam em operação no momento do impacto. No entanto, as características dos danos verificados não permitiram determinar o nível de potência desenvolvida pelos motores.

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

A aeronave de matrícula PR-SOM tinha, como operador, o Grupo Emiliano Empreendimentos e Participações Hoteleiras Ltda. Essa organização não dispunha de outras aeronaves e não executava atividades diretamente relacionadas à aviação.

A aeronave era utilizada de forma privada (conforme sua categoria) para o transporte do operador. Desde a sua aquisição, a aeronave foi operada pelo mesmo piloto.

Os voos realizados pelo piloto ocorriam, em sua grande maioria, na condição de *single pilot*, ou seja, com a aeronave sendo tripulada apenas por um piloto. Em algumas ocasiões, houve voos acompanhados por copiloto, o qual era indicado pelo próprio piloto. Não havia, contudo, um critério definido sobre os voos que poderiam demandar a presença de um copiloto.

De acordo com as informações obtidas, por se tratar de uma aeronave cujos requisitos de operação estabeleciam a tripulação mínima de um piloto, não houve interesse do operador em contratar um copiloto.

As atividades de gerenciamento foram delegadas ao piloto, inclusive questões relativas à manutenção da aeronave. Os serviços eram realizados após a aprovação do operador.

Verificou-se que não havia uma rotina de trabalho previamente estabelecida. A frequência dos voos consistia, em sua maior parte, de voos de curta duração aos finais de semana, no deslocamento de SBMT a SDTK, e vice-versa.

Essa rotina era comum à maioria dos pilotos que operavam na rota SBMT-SDTK, visto que havia muitos operadores que possuíam residências e/ou participavam de atividades de lazer em Paraty, RJ, aos finais de semana. Devido a essa realidade, os operadores tendiam a valorizar os pilotos que cumpriam os voos, mesmo em condições meteorológicas desfavoráveis.

De acordo com os dados obtidos, o piloto do PR-SOM demonstrava interesse em realizar treinamento em simuladores de voo para manutenção de sua proficiência técnica. Nos anos de 2014 e 2015, foram realizadas consultas a um centro de treinamento em simuladores de voo, contudo, não houve confirmação da realização desse tipo de treinamento. Do mesmo modo, não houve registros de treinamentos em simulador de voo na ANAC.

Tais treinamentos não eram requeridos para a categoria de operação da aeronave.

1.18. Informações operacionais.

Preparação para o voo.

O plano de voo foi apresentado às 10h35min (UTC) por meio de ligação telefônica ao Centro de Informações Aeronáuticas de São Paulo.

O plano seguia o perfil adotado habitualmente, planejando decolar de SBMT, às 13h30min (UTC), e cumpria uma rota onde, inicialmente, realizaria o voo sob regras de voo VFR durante a subida, via corredores visuais, e faria a transição para regras de voo IFR.

Planejava voar no FL150 até o fixo DORLU, onde realizaria a descida e faria nova mudança de regras para VFR, prosseguindo com proa do aeródromo de destino. Estimava um tempo em rota de 35 minutos, com autonomia de voo declarada de quatro horas e trinta minutos.

No plano de voo, estava declarada a presença de quatro pessoas a bordo, porém, tal informação não correspondia à quantidade real de cinco pessoas (Figura 43). Tal informação não foi retificada durante as comunicações com os órgãos de controle.

A aeronave foi abastecida no dia 19JAN2017, às 11h57min (UTC), com 500 litros (865 lb) de querosene de aviação JET A-1.

Devido à ausência de combustível em SDTK, verificou-se que o piloto planejava, rotineiramente, o cumprimento das etapas de SBMT-SDTK e SDTK-SBMT sem abastecer em SDTK, completando os tanques das asas antes da decolagem de SBMT.

Com relação às informações aeronáuticas, verificou-se que o *Notice to Airmen* (NOTAM - Informações aos Aeronavegantes) para a localidade de SDTK não reportava qualquer informação relativa à condição ou modificação de instalação aeronáutica, serviço ou procedimento.

Desenvolvimento do voo.

O piloto solicitou a autorização do plano de voo ao controle de solo às 14h49min (UTC). A decolagem se deu às 15h01min (UTC).

De acordo com as coordenações do PR-SOM com os órgãos de Controle de Tráfego Aéreo (*Air Traffic Control - ATC*), e pela observação das visualizações do RADAR da Área de Controle Terminal de São Paulo (*Terminal Control Area - TMA-SP*), observou-se que a decolagem de SBMT e a subida para o FL150 transcorreu sem anormalidades.

3 TIPO DE MENSAGEM Message type FPL		7 IDENTIFICAÇÃO DA AERONAVE Aircraft identification PR-SOM		8 REGRAS DE VOO Flight rules Z		TIPO DE VOO Type of flight G	
9 NÚMERO Number ---		TIPO DE AERONAVE Type of aircraft BE9L		CAT. DA ESTEIRA DE TURBULENCIA Wake turbulence Cat L		10 EQUIPAMENTO Equipment SDGR/C	
13 AERÓDROMO DE PARTIDA Departure Aerodrome SBMT		HORA Time 13 30					
15 VELOCIDADE DE CRUZEIRO Cruising speed N0180		NÍVEL Level VFR		ROTA Route REAR 2339S04549W/N0180F150 IFR DCT			
DORLU/N0250F075 VFR DCT							
EET TOTAL Total EET 00 35							
16 AERÓDROMO DE DESTINO Destination aerodrome SDTK		AERÓDROMO ALTN Altitude aerodrome SBSJ		2º AERÓDROMO ALTN 2nd Altitude aerodrome			
18 OUTROS DADOS Other information PBN/B2C2D2S1 NAV/SBAS DOF/170119 OPR/EMILIANO EMPREENDIMENTOS LTDA ORGN/SBSPYOXX PER/B RALT/F120							
DCT SBSJ RMK/REA QUEBEC ALT MAX REA FROM SDTK							
19 AUTONOMIA Endurance E 04 30							
PESSOAS A BORDO Persons on board P 4				EQUIPAMENTO RÁDIO DE EMERGÊNCIA Emergency radio UHF <input checked="" type="checkbox"/> VHF <input checked="" type="checkbox"/> ELT <input type="checkbox"/>			

Figura 43 - Campos de dados da aeronave e da rota planejada.

Às 15h25min26s (UTC), o PR-SOM solicitou a descida e um desvio à esquerda da rota ao Controle de Aproximação de São Paulo (*Approach Control - APP-SP*). O APP-SP autorizou descer até o FL110, a efetuar os desvios e solicitou que a aeronave reportasse para a modificação das regras de voo IFR para VFR.

Às 15h28min36s (UTC), o PR-SOM reportou o cruzamento do FL130 e solicitou a mudança de regras de voo para VFR.

A partir desse momento, o APP-SP confirmou a modificação das regras, deixando a descida abaixo do FL110 a critério do piloto, informou o ajuste pressão de referência (QNH) do aeródromo de São José dos Campos, SP (SBSJ), de 1.018 hPa, e solicitou que reportasse ao cruzar 9.000ft.

Às 15h32min18s (UTC), a aeronave reportou ao APP-SP que estava cruzando 9.000ft e que estava visual com Paraty, RJ. Na sequência, o APP-SP autorizou o PR-SOM a prosseguir realizando as coordenações de tráfego aéreo na "frequência livre".

Após ser liberado pelo APP-SP, verificou-se que a aeronave prosseguiu em descida com proa nordeste, conforme visualização do RADAR do APP-SP (Figura 44).

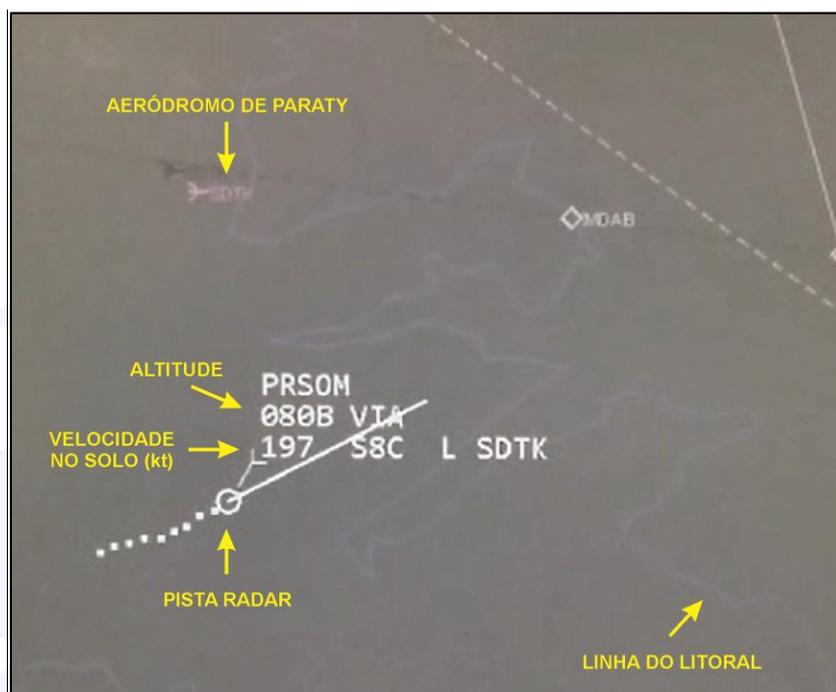


Figura 44 - Imagem RADAR do APP-SP registrada às 15h34min45s (UTC).

Durante a descida, conforme áudio do CVR, o PR-SOM realizou uma coordenação de tráfego com outra aeronave que havia decolado do aeródromo de Angra dos Reis, RJ (SDAG), e voava com destino a SBMT (Figura 45).



Figura 45 - Imagem RADAR do APP-SP registrada às 15h36min18s (UTC).

Conforme relatos de pessoas do convívio do piloto, verificou-se que, normalmente, este realizava uma trajetória de voo que tangenciava uma área de propriedade do operador da aeronave, durante a descida para ingresso na aproximação final e pouso em SDTK.

No dia do acidente, observou-se por meio das imagens RADAR do APP-SP que a descida foi realizada, em relação à propriedade, conforme a trajetória constante na Figura 46.



Figura 46 - Trajetória da descida do PR-SOM em relação à propriedade do operador da aeronave (imagem ilustrativa).

O PR-SOM prosseguiu em descida com a proa da Baía de Paraty e reportou que estava no setor "E" do aeródromo, cruzando 3.800ft.

Ao atingir 3.200ft, realizou uma curva à esquerda, ainda em descida, atingindo 2.300ft (Figura 47).



Figura 47 - Imagem RADAR do APP-SP registrada às 15h38min44s (UTC).

A aeronave, então, prosseguiu em descida com proa Sul e, ao aproximar-se da linha do litoral, realizou uma curva à direita, até aproar o aeródromo de SDTK, reportando que estava ingressando na aproximação para a pista 28, cruzando 1.500ft (Figura 48).



Figura 48 - Imagem RADAR do APP-SP registrada as 15h39min52s (UTC).

Ao sincronizar os dados fornecidos pelo RADAR do APP-SP com as informações do terreno da região do aeródromo de Paraty, constatou-se que a aeronave seguiu um perfil de descida conforme a reconstituição demonstrada na Figura 49.



Figura 49 - Reconstituição do perfil da descida da aeronave, conforme os dados do RADAR de controle de tráfego aéreo.

De acordo com os dados extraídos do EGPWS da aeronave, sincronizados com o áudio do CVR, verificou-se que, no momento em que o piloto reportou a aproximação para a pista 28, a aeronave passava sobre a ponta da Baía de Paraty, a qual possuía elevação de, aproximadamente, 500ft.

O trem de pouso foi baixado quando a aeronave estava a 1.570ft de altitude. Em seguida, houve o aumento significativo da razão de descida (2.000ft/min), ocasionando um alerta de *Sink Rate* (alta razão de “afundamento”) o qual foi inibido pelo piloto no equipamento EGPWS.

Às 15h39min54s (UTC), ao final da primeira trajetória registrada pelo EGPWS, a aeronave encontrava-se a 890ft de altitude, com 161kt de *ground speed* e proa 234°.

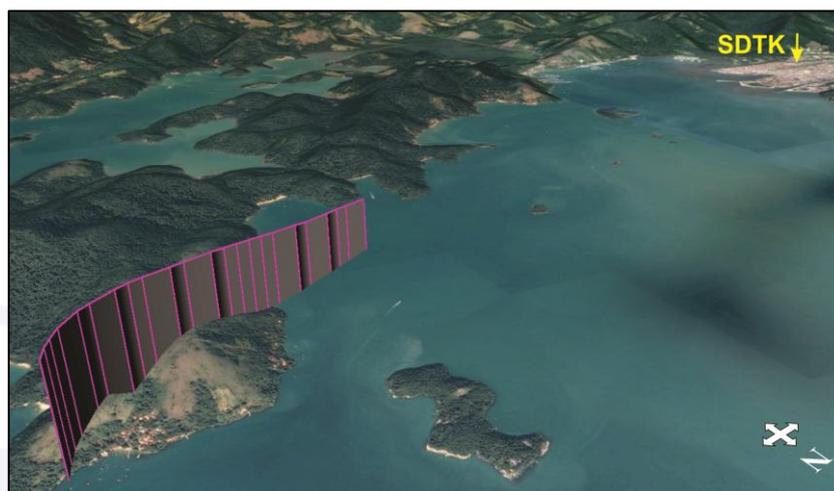


Figura 50 - Perfil da trajetória da aeronave durante a primeira tentativa de aproximação, conforme os dados do EGPWS da aeronave.

Após 35 segundos do alerta de *Sink Rate*, o trem de pouso foi recolhido e o piloto reportou: “*Sierra Oscar Mike* setor *echo* de Paraty, aguardando um pouquinho, até a chuva passar, melhorar a visibilidade. Mantém mil e trezentos pés, *Sierra Oscar Mike*” (sic).

Cerca de dois minutos e dez segundos após o recolhimento do trem de pouso na primeira tentativa de aproximação, o trem foi baixado novamente e o EGPWS registrou a aeronave, contornando a ponta da Baía de Paraty em uma descida suave a partir de 740ft.

O piloto reportou que estava “reingressando” na final de Paraty, com trem de pouso baixado e travado.

Às 15h43min56s (UTC), ao final da segunda trajetória registrada pelo EGPWS, a aeronave encontrava-se a 270ft de altura, com 121kt de *ground speed* e proa 236°.



Figura 51 - Perfil da trajetória da aeronave durante a segunda tentativa de aproximação, conforme os dados do EGPWS da aeronave.

Ao combinar os dados da última posição registrada pelo EGPWS, com a proa da aeronave no momento do impacto, com o áudio registrado no CVR e com os relatos de

observadores, a Comissão de Investigação elaborou um modelo matemático que descreve uma trajetória estimada, na qual é possível inferir parâmetros de voo e a sequência de eventos até o impacto (Figura 52).

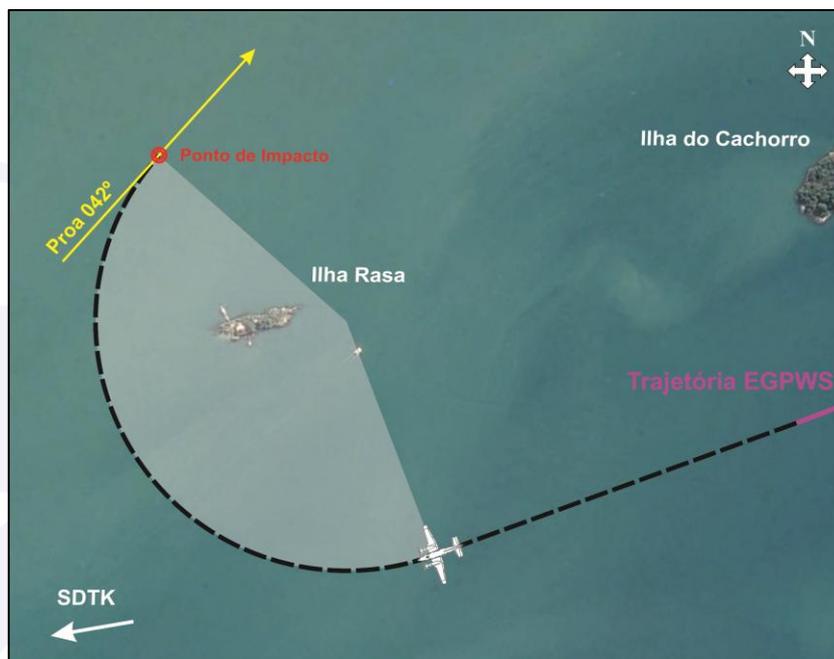


Figura 52 - Trajetória estimada da aeronave entre a última posição registrada no EGPWS e o ponto de impacto.

O modelo matemático adotado pressupõe uma curva constante no momento do impacto, e o tempo de voo de 31s a partir do último ponto registrado no EGPWS. Desse modo, estima-se que a aeronave tenha iniciado a curva, aproximadamente, às 15h44min06s (UTC).

O trem de pouso foi recolhido às 15h44min12s (UTC), segundo análise do áudio do CVR.

Durante a curva, calculou-se que a velocidade média tenha sido de 120kt e que a inclinação tenha variado em torno de 38°, resultando em um fator de carga médio de 1,27G.

Conforme relato de observadores, a aeronave apresentava uma grande inclinação de asas à direita no momento do impacto.

1.19. Informações adicionais.

Regras de tráfego aéreo requeridas para a operação em SDTK.

O aeródromo de Paraty possuía uma *Aerodrome Traffic Zone* (ATZ - Zona de Tráfego de Aeródromo) que compreendia as partes do espaço aéreo em torno de SDTK, dentro das quais se aplicavam os requisitos especiais para proteção do tráfego aéreo.

Essa ATZ estava localizada dentro da *Flight Information Region* de Curitiba (FIR-CW - Região de Informação de Voo de Curitiba) em espaço aéreo de classe “G” e se estendia do nível do solo até 1.500ft de altitude.

Nos voos em espaço aéreo de classe “G”, as separações de tráfego eram realizadas pelos pilotos, por meio de comunicações bilaterais contínuas, não sendo sujeitos a autorizações ATC. Nesse tipo de espaço aéreo, o serviço de informação de voo somente era prestado quando factível.

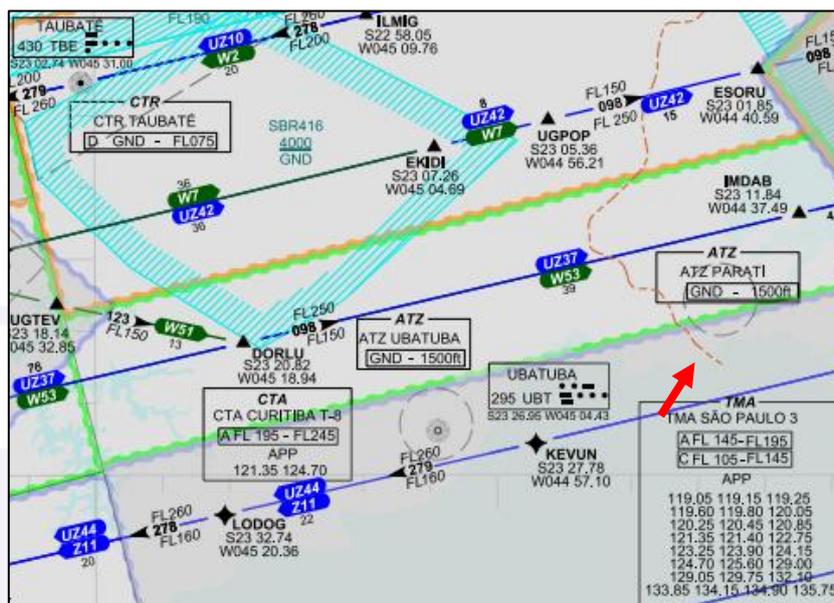


Figura 53 - Detalhe da localização da ATZ Paraty na FIR-SBCW, indicada pela seta vermelha, vista em uma carta de rota.

Uma vez que a operação no aeródromo de SDK se restringia às regras VFR em período diurno e que este não possuía órgão de *Air Traffic Services* (ATS - Serviços de tráfego aéreo) para a prestação do serviço de informação de voo, os pilotos deveriam observar as regras de tráfego aéreo requeridas para esse tipo de operação, descritas na Instrução do Comando da Aeronáutica de número 100-12 “Regras do Ar” (ICA 100-12).

Conforme a ICA 100-12, de 17 de outubro de 2016, as regras de voo visual eram descritas da seguinte forma:

5 REGRAS DE VOO VISUAL

5.1 CRITÉRIOS GERAIS

...

5.1.3 Exceto quando autorizado pelo órgão ATC para atender a voo VFR especial, voos VFR não poderão pousar, decolar, entrar na ATZ ou no circuito de tráfego de tal aeródromo se:

- a) o teto for inferior a 450 m (1500 pés); ou
- b) a visibilidade no solo for inferior a 5 km.

...

5.2 RESPONSABILIDADE DO PILOTO

Caberá ao piloto em comando de uma aeronave em voo VFR providenciar sua própria separação em relação a obstáculos e demais aeronaves por meio do uso da visão, exceto no espaço aéreo Classe “B”, em que a separação entre as aeronaves é de responsabilidade do ATC, devendo, no entanto, ser observado o disposto em 4.2.1.

5.3 CONDIÇÕES PARA REALIZAÇÃO DE VOO VFR

...

5.3.1 PERÍODO DIURNO

5.3.1.1 Os aeródromos de partida, de destino e de alternativa deverão estar registrados ou homologados para operação VFR diurna.

5.3.1.2 As condições meteorológicas predominantes nos aeródromos de partida, de destino e de alternativa, durante as operações de decolagem ou pouso, deverão ser iguais ou superiores aos mínimos estabelecidos para o voo VFR.

Procedimento de aproximação por instrumentos não oficial.

No decorrer da investigação, verificou-se que havia um procedimento não oficial de aproximação por instrumentos, denominado “Paraty 1 ARR”, o qual era utilizado por pilotos para a realização de descidas em condições de visibilidade reduzida no aeródromo de SDTK (Figura 54).

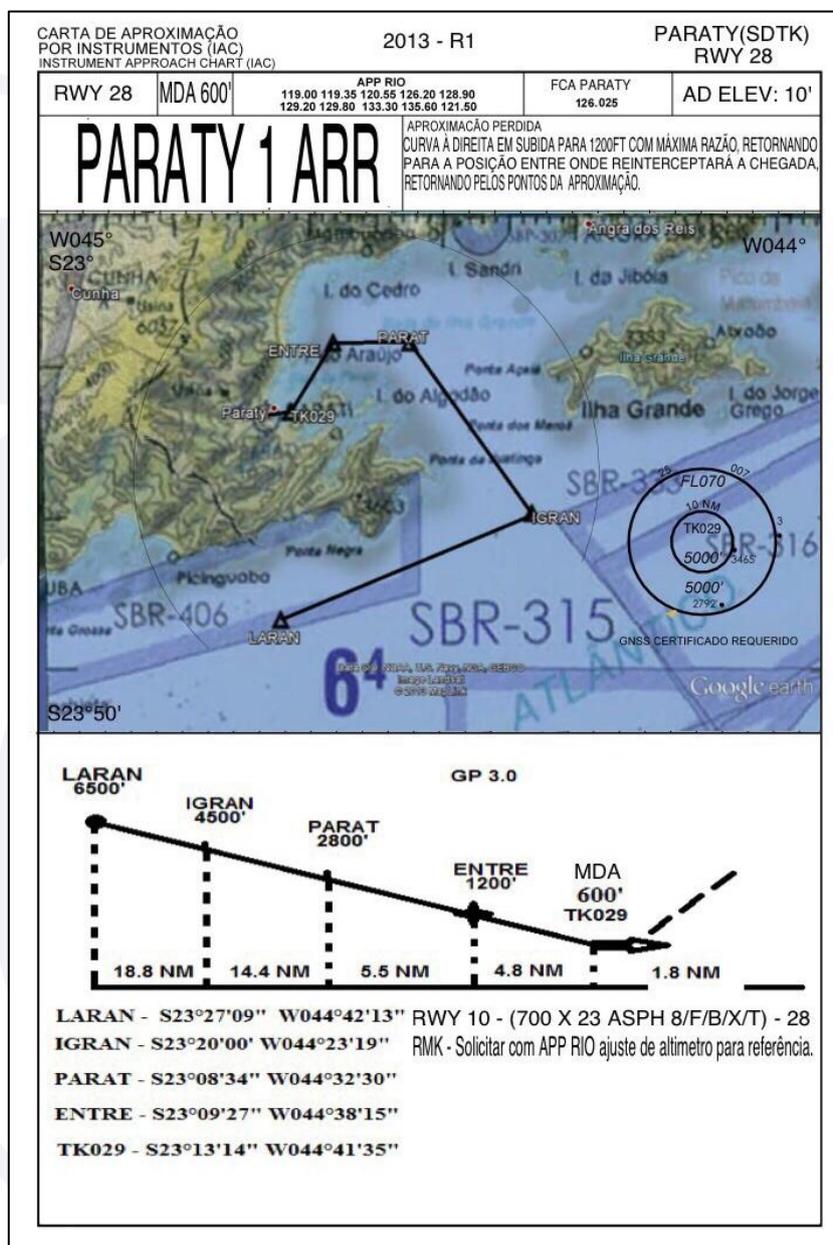


Figura 54 - Procedimento não oficial “Paraty 1 ARR”.

Apesar da constatação de que o piloto não realizou o procedimento “Paraty 1 ARR”, cabe salientar que esse tipo de procedimento deve ser elaborado por técnicos especializados e de acordo com normas internacionais de segurança.

Um procedimento de aproximação por instrumentos consiste de uma série de manobras predeterminadas, com proteção específica contra obstáculos, até uma posição na qual se apliquem os critérios de circuito de espera ou de margem livre de obstáculos em rota.

Com o objetivo de verificar as deficiências do procedimento não oficial em relação às normas internacionais, foi realizada uma avaliação utilizando-se a ferramenta *Flight*

Procedure Design and Airspace Management (FPDAM - Desenho de Procedimento de Voo e Gestão do Espaço Aéreo) conforme demonstrado na Figura 55.

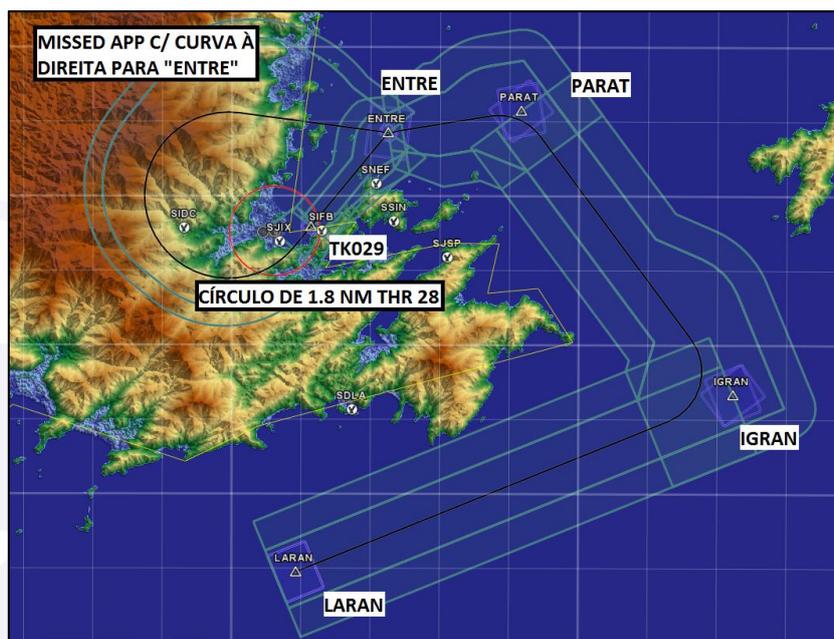


Figura 55 - Análise do procedimento não oficial "Paraty 1 ARR" com a utilização da ferramenta FPDAM.

A avaliação apontou que o procedimento "Paraty 1 ARR" possuía várias deficiências, destacando-se os parâmetros mais críticos, a seguir:

- a mudança de direção entre duas trajetórias de aproximação inicial era superior ao limite de 90° (encontrado 105°);
- o segmento de aproximação intermediária interceptava o segmento de aproximação final, por meio de curva *fly-by*, em ângulo superior ao limite de 30° (encontrado 41,43°);
- o ângulo formado entre o segmento de aproximação final e o alinhamento da pista excedia os limites, para aproximação direta, em 15° para as categorias de aeronaves A e B, e em 30° para categorias C, D e E (encontrado 45,83°);
- o gradiente de subida na aproximação perdida, a partir dos valores de altitudes existentes na carta e da inexistência de indicação de valor mínimo a ser empregado pelas tripulações, era inferior ao mínimo de 2,0 % (encontrado valor de 0,65%);
- o valor da *Minimum Descent Altitude* (MDA - Altitude Mínima de Descida) de 600ft exibido na carta era inferior ao valor encontrado por meio da análise de obstáculos no segmento de aproximação final (1.010ft);
- a avaliação do segmento de aproximação perdida resultou em diversas violações de terreno, sugerindo MDA de 5.920ft, em descompasso com a MDA indicada na carta (600ft); e
- a avaliação da *Minimum Sector Altitude* (MSA - Altitude mínima de setor) resultou em altitudes mínimas de 7.900ft e 7.100ft, acima da MSA existente na carta (FL070 e 5.000ft).

Desse modo, ao constatar que o procedimento não oficial "Paraty 1 ARR" não atendia a uma série de limites mínimos de segurança, concluiu-se que sua utilização representava riscos intoleráveis para as operações aéreas.

Outros acidentes ocorridos na região de Paraty, RJ e Angra dos Reis, RJ.

No período de dez anos anteriores ao acidente que envolveu a aeronave PR-SOM, foram registrados treze acidentes na região de Paraty, RJ e Angra dos Reis, RJ.

Desse total, observa-se que seis acidentes apresentaram relação com as condições meteorológicas, sendo três ocorrências classificadas como *Controlled Flight Into Terrain* (CFIT - Voo Controlado contra o Terreno), duas como “Causado por Fenômeno Meteorológico em Voo” e uma como “Desorientação Espacial”, conforme a Tabela 1.

MATRÍCULA	DATA	LOCAL	CLASSIFICAÇÃO
PT-YGB	15/01/2008	Angra dos Reis	Outros
PR-IPO	30/04/2008	Angra dos Reis	Desorientação espacial
PR-MES	12/06/2009	Angra dos Reis	Incursão em pista
PP-AFM	12/10/2009	Angra dos Reis	Saída de pista
PT-OPR	30/01/2011	Paraty	Causado por fenômeno meteorológico em voo
PT-MAB	12/07/2012	Angra dos Reis	CFIT
PP-LOS	31/08/2012	Angra dos Reis	Outros
PP-PFC	27/12/2012	Angra dos Reis	Pouso brusco
PR-EAG	10/11/2013	Paraty	CFIT
PU-WFA	22/08/2014	Angra dos Reis	Causado por fenômeno meteorológico em voo
PU-TOF	18/09/2015	Angra dos Reis	Falha do motor em voo
PP-LMM	03/01/2016	Paraty	CFIT
PT-MMP	10/09/2016	Angra dos Reis	Saída de pista

Tabela 1 - Acidentes na região de Paraty, RJ e Angra dos Reis, RJ, nos dez anos anteriores ao acidente com a aeronave PR-SOM.

O estudo dessas ocorrências classificadas como “CFIT” e “Desorientação Espacial” revela pontos em comum, onde se destaca a operação em condições meteorológicas de teto e/ou visibilidade abaixo daquelas requeridas para o voo sob VFR, levando os pilotos ao rebaixamento da consciência situacional ou à perda de controle da aeronave.

Mudança de classificação da aeronave C90GT de “Tipo” para “Classe” multimotor terrestre (MLTE)

Aeronaves classificadas como “Tipo” são aquelas que possuem características de certificação mais complexas e que requerem um treinamento específico para a sua operação, enquanto as aeronaves classificadas como “Classe” compõem um grupo geral de aeronaves menos complexas, que possuem características similares de propulsão, voo ou pouso.

Em 23ABR2016, a ANAC promoveu uma revisão na definição de aeronaves consideradas “Tipo”, quando a aeronave C90GT teve sua classificação alterada de “Tipo” para “Classe” MLTE.

A mudança na classificação da aeronave, no entanto, não implicou alteração nos requisitos de treinamentos para sua operação, permanecendo a possibilidade de estes serem cumpridos por meio da instrução com instrutores habilitados, e não sendo exigida a realização da instrução em escolas ou centros de treinamento.

No caso do piloto do PR-SOM, ele obteve a sua habilitação de “Tipo” de acordo com o estabelecido antes da mudança, e realizou a sua última revalidação na própria aeronave acidentada, em 10OUT2016, conforme a nova regra para aeronaves “Classe”.

Apesar dessa transição, também verificou-se que não houve mudança nos requisitos exigidos para a revalidação de habilitação, as quais foram cumpridas pelo piloto.

Considerações acerca do ajuste de altímetro para operação VFR em aeródromo desprovido de órgão ATS

Ao transferir uma aeronave em mudança de regras de IFR para VFR, para pouso em localidades desprovidas de órgão ATS, era informado o ajuste de altímetro referente ao último setor em que a aeronave efetuava contato com APP-SP. Durante a descida do PR-SOM, o ajuste de referência do setor era o de SBSJ, o qual indicava a pressão de 1.018 hPa.

De acordo com informações coletadas de uma estação meteorológica automática do INMET (Figura 18), localizada em Paraty, RJ, a pressão atmosférica variou entre 1.013,7 e 1.014,5 hPa no intervalo das 15h00min às 16h00min (UTC). Tal estação, no entanto, não se destinava a fornecer informações para uso aeronáutico.

A fim de converter-se os valores de pressão (em hPa) para valores de altitude (em pés), considerou-se o modelo *International Standard Atmosphere* (ISA - atmosfera padrão internacional).

Desse modo, verificou-se que a diferença entre o ajuste de altímetro para o aeródromo de SBSJ em relação ao ajuste registrado na estação meteorológica de Paraty, RJ, resultaria em uma indicação de altitude de, aproximadamente, 100 a 120ft acima da prevista para o aeródromo de SDTK.

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

A aeronave *King Air C90GT* (PR-SOM) estava registrada na categoria de Serviços Aéreos Privados (TPP) e era operada por Emiliano Empreendimentos e Participações Hoteleiras Sociedade Ltda., desde maio de 2010.

Todas as tarefas referentes ao gerenciamento da manutenção da aeronave eram realizadas pelo piloto, após aprovação do operador (proprietário da aeronave).

De acordo com os registros de manutenção, as cadernetas de célula, motores e hélices estavam com as escriturações atualizadas. A última inspeção da aeronave, do tipo Inspeção Anual de Manutenção (IAM), foi concluída em 12ABR2016, estando com 84 horas e 30 minutos voados após a inspeção e com validade até 12ABR2017. O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido até 12ABR2022.

Apesar da constatação de que todas as manutenções programadas da aeronave estavam em dia, verificou-se que havia alguns itens sem registros de inspeção tais como: bateria do Transmissor de Localização de Emergência (TLE), bateria reserva, bateria de emergência chumbo-ácido e *Check* da tela de proteção da entrada de óleo da bomba de retorno da Caixa de Acessórios.

A despeito da ausência desses registros, não foram identificadas quaisquer discrepâncias associadas a tais itens que tivessem resultado no mau funcionamento de algum sistema da aeronave.

Na análise dos destroços, verificou-se a existência de quatro disjuntores desarmados, sendo eles: *Landing Gear* (WARN), *Annunciator System* (IND), *Avionic* (ANN) e *Bleed Air Control (Right)*, no entanto, as características de danos e de deformação do painel de disjuntores sugere que os mesmos se desarmaram por consequência do impacto. Destaca-se que tais disjuntores não estavam associados a sistemas que pudessem afetar o desempenho da aeronave.

A análise espectral de som dos dados do CVR apontou que, às 15h42min41s (UTC), houve o início de um pequeno diferencial de velocidade entre as hélices, quando uma delas passou a ter rotação equivalente a 1.875 RPM e a outra 1.950 RPM.

Esse diferencial de rotação, da ordem de 75 RPM, não se mostrou significativo no que diz respeito a uma mudança de desempenho da aeronave e, da mesma forma, não se configurou como uma evidência de mau funcionamento dos motores. A hipótese mais provável para esse diferencial é a de que tenha ocorrido uma mudança involuntária da posição de um dos manetes de hélice durante a realização da segunda arremetida.

No que se refere à integridade dos comandos de voo primários e secundários, não se observou qualquer falha de continuidade dos cabos que pudesse interferir na autoridade dos comandos.

Com relação aos motores, as análises dos seus componentes e das características dos danos indicaram que estes operavam normalmente no momento do impacto.

Desse modo, não se evidenciaram quaisquer condições de falha ou mau funcionamento de sistemas e/ou de componentes da aeronave que pudessem ter afetado o seu desempenho ou o seu controle em voo.

O piloto voava há trinta anos e possuía licença de Piloto de Linha Aérea (PLA), tendo acumulado 7.464 horas e 55 minutos totais de voo, das quais 2.924 horas em aeronaves da série *Beechcraft* 90, principalmente nos modelos C90A e C90GT.

As Fichas de Avaliação de Piloto (FAP), referentes às suas revalidações de habilitação dos últimos seis anos, não apresentavam qualquer comentário que indicasse uma deficiência operacional. Nesse período, não constavam registros de que o piloto tivesse realizado treinamento em simulador, o qual não era requerido para a categoria de registro e regras de operação da aeronave.

O piloto operava com frequência no aeródromo de Paraty, RJ (SDTK), tendo realizado 33 voos para aquela localidade nos doze meses anteriores ao acidente. Todos esses voos foram realizados na aeronave PR-SOM.

Essa experiência acumulada pelo piloto lhe conferia reconhecimento profissional, de modo que ele era considerado uma referência entre o grupo de pilotos que operava na região de Paraty, RJ.

A familiarização com a região, bem como o reconhecimento recebido do operador e dos demais pilotos, podem ter conferido ao piloto uma autoconfiança mais elevada para voar naquela localidade, a despeito da possibilidade de mudanças nas condições meteorológicas na região.

Conforme o histórico de capacitação prática e teórica, verificado por ocasião das revalidações das habilitações, assim como a sua experiência, tanto na aeronave quanto em SDTK, não se verificaram questões de qualificação que indicassem deficiências nas operações conduzidas pelo piloto.

Em todas as inspeções de saúde realizadas desde 14FEV1985, o piloto obteve o parecer "Apto" ou "Apto para o fim a que se destina". Apesar da indicação de uso de lentes corretoras, a partir de 1988, e de perda auditiva (sem repercussões significativas),

a partir de 2000, ele não apresentava qualquer limitação fisiológica ou patológica que restringisse o seu desempenho na atividade aérea.

Segundo relatos, o piloto não fazia uso de qualquer medicamento e não teve alteração na sua rotina nas 48 horas anteriores ao acidente.

A análise técnica dos parâmetros de voz, fala e linguagem, realizada a partir dos dados do *Cockpit Voice Recorder* (CVR - Gravador de Voz da Cabine), não identificou indícios de fadiga, sonolência ou alterações compatíveis com o uso de substâncias entorpecentes do sistema nervoso central. Os exames toxicológicos realizados após o acidente também não constataram a presença de substâncias farmacológicas ou toxicamente ativas, bem como de álcool no sangue do piloto que pudessem ter interferido no seu desempenho em voo.

Desse modo, não se evidenciaram alterações, do ponto de vista médico, que pudessem resultar no comprometimento do desempenho do piloto em voo.

No dia 19JAN2017, o piloto apresentou o plano de voo às 10h35min (UTC) com previsão de decolagem para as 13h30min (UTC).

Com relação à preparação para o voo, verificou-se que não havia reporte de qualquer condição de infraestrutura do aeródromo que pudesse restringir a operação na localidade, registrada em *Notice to Airmen* (NOTAM - Informações aos Aeronavegantes), para a localidade de SDTK.

As informações meteorológicas para a região de Paraty, RJ, indicavam condições favoráveis ao voo visual, havendo a possibilidade de degradação por chuva contínua e a presença de nuvens do tipo *Towering Cumulus* (TCU - *Cumulus* encastelados).

O abastecimento foi realizado às 11h57min (UTC), com combustível suficiente para cumprir as etapas de SBMT-SDTK e SDTK-SBMT, sem reabastecer em SDTK.

A rota planejada para o voo era a mesma que o piloto adotava rotineiramente, a qual previa uma saída sob regras de voo visual (VFR) durante a subida, via corredores visuais, e a transição, em rota, para regras de voo por instrumentos (IFR). Durante a descida, previa nova mudança de regras para VFR, prosseguindo com proa do aeródromo de destino.

Devido à demora na chegada de um dos passageiros, houve um atraso de uma hora e trinta minutos na decolagem. Este fato incomodou o operador, pois, embora eventualmente se atrasasse, não costumava ficar aguardando para a decolagem. Contudo, não se sabe como o piloto reagiu a essa situação de incômodo do operador.

A decolagem ocorreu às 15h01min (UTC) e não se observaram anormalidades durante a subida até o FL150.

Às 15h25min (UTC), o PR-SOM solicitou a descida e um desvio à esquerda da rota ao Controle de Aproximação de São Paulo (*Approach Control* - APP-SP). Houve a coordenação para a modificação das regras IFR para VFR, e foi informado o ajuste pressão de referência (QNH) do aeródromo de São José dos Campos, SP (SBSJ), de 1.018 hPa. Após, o APP-SP transferiu a aeronave para frequência livre de coordenação para pouso em SDTK.

De acordo com as imagens RADAR, verificou-se que o perfil de descida realizado pelo PR-SOM coincidia com os relatos de outros pilotos, os quais informaram que o piloto executava uma trajetória que tangenciava uma área de propriedade do operador da aeronave.

Ao sincronizar os dados do RADAR de controle de tráfego aéreo com as imagens do RADAR Meteorológico do Pico do Couto, verificou-se que, às 15h36min (UTC), a

aeronave encontrava-se em descida, cruzando 6.600ft (Figura 56), e realizava uma trajetória condizente com desvios de uma área de chuva localizada sobre a Baía de Paraty.

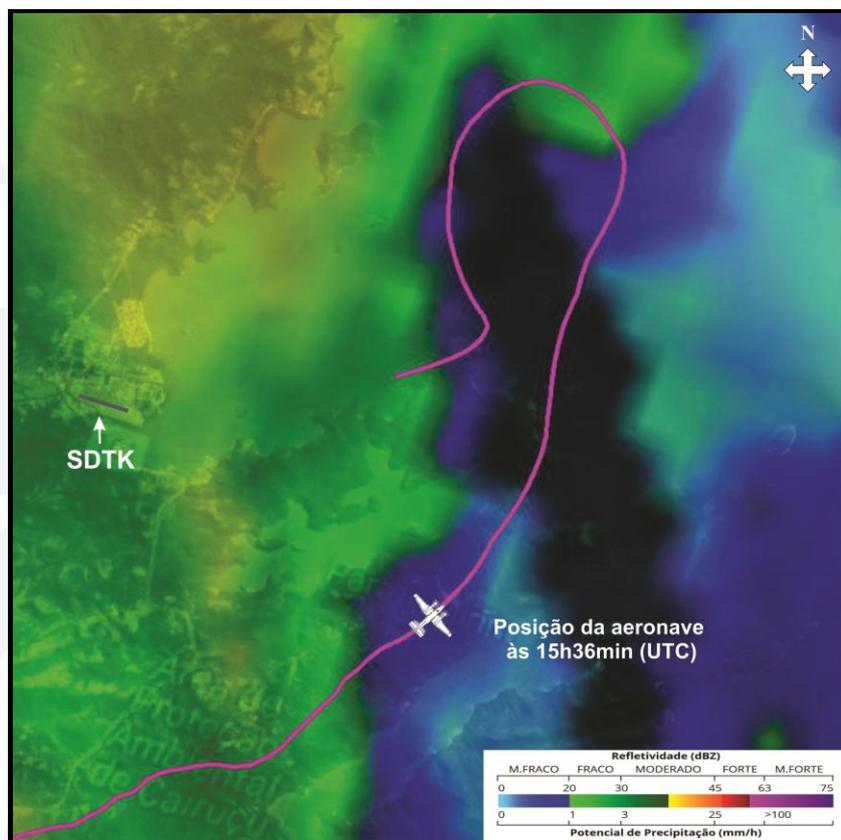


Figura 56 - Trajetória da descida do PR-SOM em relação às formações meteorológicas registradas às 15h36min (UTC) pelo RADAR Meteorológico.

Nesse momento, o piloto do PR-SOM realizava coordenações de tráfego com outra aeronave que havia decolado do aeródromo de Angra dos Reis, RJ (SDAG), com destino a SBMT. As comunicações entre as aeronaves não deixaram transparecer qualquer anormalidade ou conflito de tráfego aéreo que pudesse ter interferido no perfil de voo realizado.

Após realizar uma curva à esquerda em descida sobre a água, a aeronave prosseguiu, ainda em descida, com proa Sul e, ao aproximar-se da linha do litoral, realizou uma curva à direita, até aproar o aeródromo de SDTK. Nesse momento, o piloto reportou que estava ingressando na aproximação para a pista 28, cruzando 1.500ft.

Em seguida, o trem de pouso foi baixado e houve um aumento significativo da razão de descida (2.000ft/min) seguido de um alerta de *Sink Rate* (alta razão de “afundamento”). Após este alerta, o piloto pressionou o botão TERR INHB no painel do EGPWS, fazendo com que todos os avisos visuais e sonoros do sistema fossem inibidos.

Na sequência, o piloto cancelou a aproximação, recolhendo o trem de pouso e reportou na frequência de coordenação: “*Sierra Oscar Mike* setor *echo* de Paraty, aguardando um pouquinho, até a chuva passar, melhorar a visibilidade. Mantém mil e trezentos pés, *Sierra Oscar Mike*” (sic).

O perfil de voo realizado pela aeronave, após a primeira tentativa de pouso, não foi detectado pelo RADAR e, também, não houve registros de dados gravados no EGPWS.

Cerca de dois minutos e dez segundos após o recolhimento do trem de pouso na primeira tentativa de aproximação, o trem foi baixado novamente e o EGPWS registrou o

deslocamento da aeronave, contornando a ponta da Baía de Paraty em uma descida suave a partir de 740ft. Nesse momento, o piloto reportou que estava “reingressando” na final de SDTK, com trem de pouso baixado e travado.

O curto intervalo de tempo transcorrido entre a verbalização do piloto (de que iria aguardar a passagem da chuva) e o início da segunda tentativa de aproximação, denotou que ele desistiu de aguardar a melhoria das condições meteorológicas.

Ao analisar as possíveis motivações que teriam levado o piloto a realizar uma nova tentativa de aproximação, em condições meteorológicas adversas para operação sob VFR, faz-se necessário avaliar o perfil do piloto e o seu relacionamento com o operador.

Verificou-se que o operador não realizava qualquer interferência na condução dos voos, apesar de, por vezes, portar-se de forma impositiva e ríspida. Também, não foi registrada qualquer comunicação entre o piloto e o operador, na gravação do CVR, que indicasse o contrário.

No que diz respeito ao piloto, observou-se que ele sempre primava pelo fiel cumprimento de suas atividades. De acordo com os relatos, não houve ocasiões em que tivesse reportado impedimentos para concluir algum voo conforme seu planejamento inicial.

Considerando as características da aviação executiva e o perfil do piloto, é possível que, ao longo de sua trajetória profissional, ele tenha desenvolvido uma pressão autoimposta voltada ao cumprimento dos voos planejados, levando-o a aceitar condições abaixo dos limites mínimos requeridos para o tipo de operação.

A arremetida realizada após a primeira tentativa de aproximação e a verbalização de que iria aguardar a melhoria das condições meteorológicas indicaram que, inicialmente, o piloto havia identificado as condições que inviabilizavam a aproximação para o pouso.

A análise dos parâmetros de voz, fala e linguagem do piloto evidenciou que ele estava tenso naquele momento do voo. As variações observadas em seu estado emocional indicaram que, mesmo após sair da condição adversa gerada pela chuva e dirigir-se ao setor “E”, o piloto ainda se encontrava ansioso, tendo apresentado traços emocionais que variaram da apreensão até o temor.

As circunstâncias daquele voo, que havia atrasado e irritado o operador, bem como o perfil do piloto que evitava conflitos, podem ter elevado o seu nível de ansiedade. Tal cenário pode ter levado o piloto a buscar alternativas para concluir o voo, de modo a atender aos anseios do operador.

Assim, o estado emocional em que o piloto se encontrava pode ter influenciado a sua decisão de realizar uma nova aproximação e tentar outro perfil, diferente do primeiro, apesar de não ter havido melhoria das condições meteorológicas.

De acordo com a trajetória registrada pelo EGPWS, ao final da segunda tentativa de aproximação, às 15h43min55s, a aeronave encontrava-se a 270ft de altura, com 120kt de *ground speed* (velocidade em relação ao solo) e proa 235°.

Às 15h44min26s (UTC), o CVR registrou um forte som de impacto e interrompeu a gravação.

Ao sincronizar os dados do EGPWS com as imagens do RADAR Meteorológico do Pico do Couto, das 15h46min (UTC), registradas cerca de um minuto e trinta e quatro segundos após o horário do impacto, verificou-se que havia chuva com potencial de precipitação da ordem de 25 mm/h, abrangendo a região da trajetória registrada no EGPWS e o local do impacto da aeronave (Figura 57).

A análise realizada nas imagens de uma câmera de segurança, posicionada na região onde ocorreu o impacto da aeronave, estimou que a visibilidade horizontal, registrada às 15h46min (UTC), era de 1.500m.

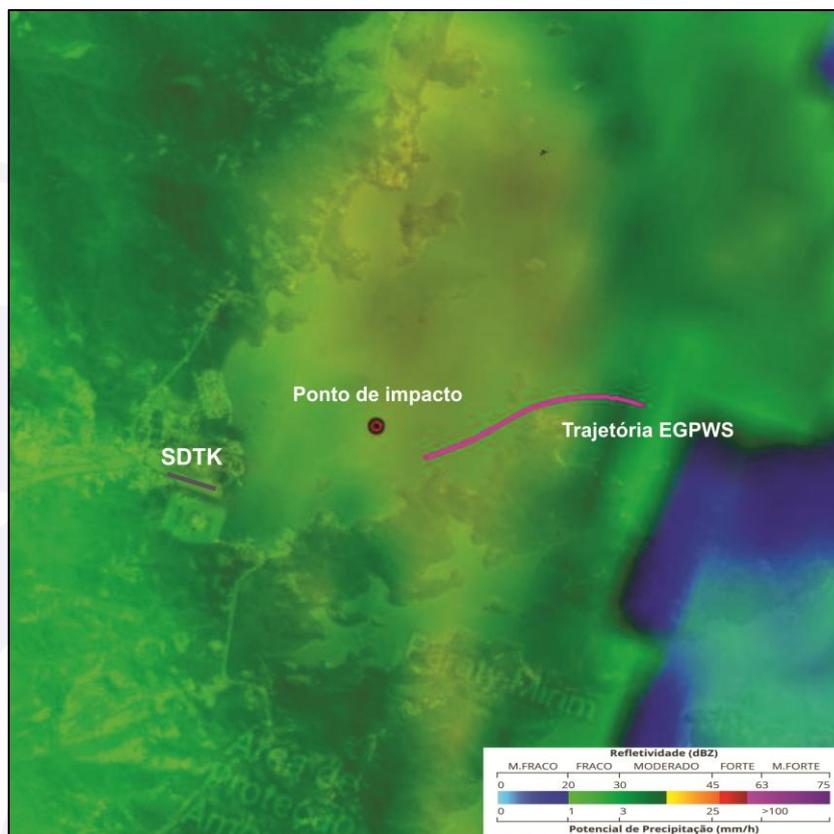


Figura 57 - Trajetória da segunda tentativa de pouso da aeronave, em relação às formações meteorológicas registradas às 15h46min (UTC) pelo RADAR Meteorológico.

O aeródromo de SSDK permitia, unicamente, operações sob regras de voo VFR, não sendo possível a operação de pouso e decolagem em condições de voo por instrumentos.

Conforme a Instrução do Comando da Aeronáutica de número 100-12 (ICA 100-12) "Regras do Ar", era requerida uma visibilidade no solo mínima de 5.000m e teto de 1.500ft para a operação sob VFR. Desse modo, verificou-se que, naquele momento, não havia as condições mínimas de visibilidade requeridas para as operações de pouso e decolagem.

Como não havia estação aeronáutica com informação de ajuste de altímetro para SSDK, foi informado o ajuste de altímetro referente ao último setor em que o PR-SOM efetuou contato com APP-SP, ou seja, o ajuste do aeródromo de São José dos Campos, SP (SBSJ), o qual correspondia a 1.018 hPa.

Verificou-se que a pressão medida na estação meteorológica automática (não aeronáutica) de Paraty, RJ, variou entre 1.013,7 e 1.014,5 hPa no intervalo compreendido entre 15h00min e 16h00min (UTC). Desse modo, caso o piloto estivesse utilizando o ajuste de SBSJ, o instrumento teria uma imprecisão de cerca de 100 a 120ft acima da altitude real.

Ao considerar que não havia informação aeronáutica de ajuste em SSDK, o altímetro não poderia ser usado como referência para o voo em baixa altitude, uma vez que o voo sob VFR requeria que este fosse conduzido com referências visuais.

Apesar dessas considerações, o fato de o altímetro do painel de instrumentos do posto direito estar ajustado em 1.013 hPa sugere que o piloto pode não ter utilizado o ajuste de 1.018 hPa.

Ao associar as informações de visibilidade da região, à trajetória da segunda tentativa de aproximação da aeronave, verificou-se que o campo visual do piloto estava restrito e com poucas referências visuais do solo que pudessem permitir a sua orientação.

Tal condição agravou-se, ainda mais, na parte final da trajetória registrada pelo EGPWS, quando o alcance visual do piloto não permitia identificar referências à frente e ele decidiu realizar uma curva à direita (Figura 58).

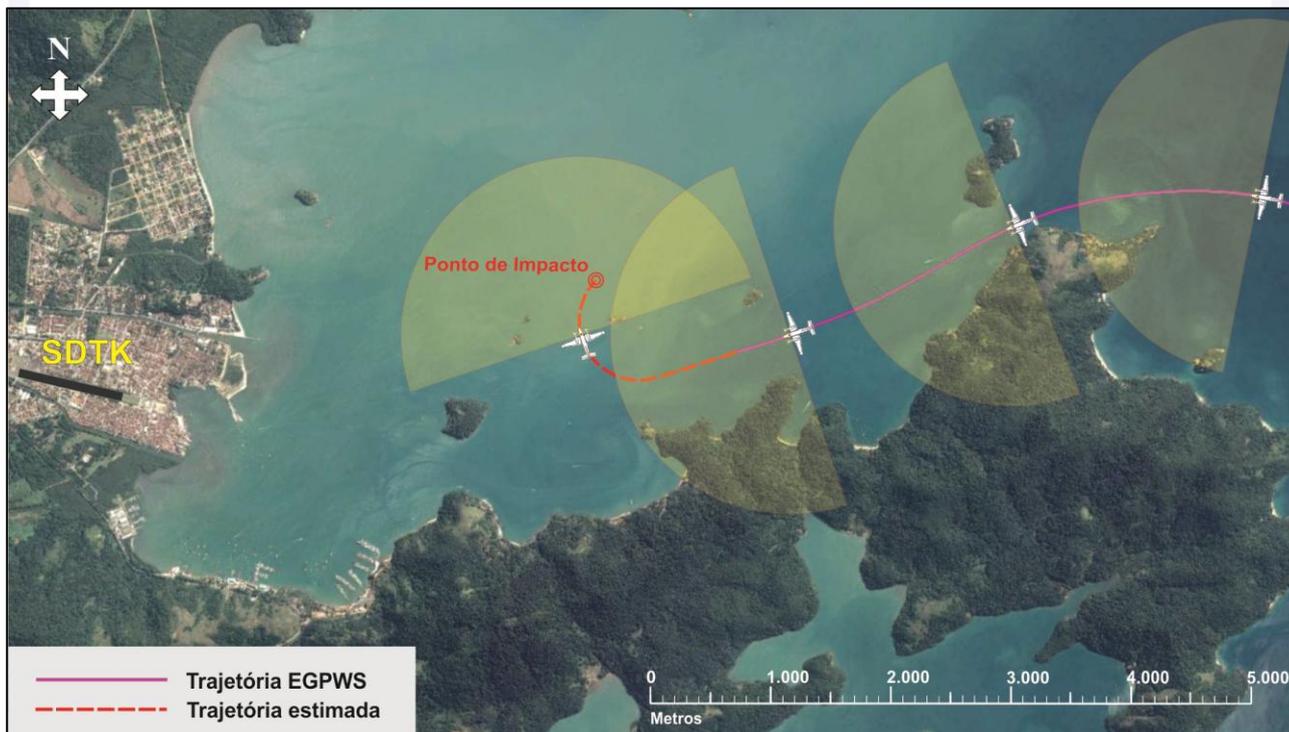


Figura 58 - Ilustração do alcance visual do piloto (estimado em 1.500m), em relação à trajetória da aeronave (aeronave fora de escala).

Segundo os cálculos da Comissão de Investigação, a curva foi iniciada, aproximadamente, às 15h44min06s (UTC), e o trem de pouso foi recolhido às 15h44min12s (UTC), sugerindo que os procedimentos de arremetida tenham sido realizados simultaneamente à execução da curva.

Ao realizar a curva com fator de carga média de 1,27G (valor suficiente para estimular os canais semicirculares de orientação), ao mesmo tempo em que o piloto realizava movimentos com a cabeça, por necessidade de observar sua trajetória, de buscar referências visuais ou, ainda, de acionar algum interruptor na nacele (como a alavanca do trem de pouso, por exemplo), ele pode ter experimentado uma sensação de que o ângulo de inclinação estava reduzindo.

Considerando-se que as variações de inclinação e de “puxada” podem facilmente ter implicado fatores de carga que tenham alcançado 2G, essa sensação de diminuição do ângulo de inclinação pode ter atingido até 20 graus.

Com essa ilusão vestibular por excesso de “G”, para manter o ângulo desejado, o piloto pode ter aplicado mais inclinação, acarretando um aumento excessivo do ângulo inicial. Essa condição de grande inclinação da aeronave é condizente com o relato de observadores que presenciaram o impacto da aeronave contra a água.

Ao iniciar a curva à direita, a aeronave passou a sobrevoar uma região sobre terreno homogêneo (água), onde não havia a presença do relevo que pudesse fornecer sinais visuais focais e ambientais, e que permitisse ao piloto estimar a sua altura em relação à água.

Desse modo, constatou-se que o fato de a aeronave estar voando à baixa altura sobre a água (cerca de 270ft) pode ter favorecido o fenômeno da ilusão visual de terreno homogêneo, acarretando uma falsa percepção de altura, acima da real. Essa ilusão pode ter induzido o piloto a permitir que ocorresse uma descida da aeronave.

Verificou-se que, durante as tentativas de pouso, o piloto apresentava traços de apreensão, ansiedade e temor, indicando um estado emocional compatível com indícios de estresse. Estudos demonstram que o estresse pode interferir na percepção do piloto e contribuir para a desorientação espacial.

Assim, as condições de baixa visibilidade, de curva à baixa altura sobre a água, somadas ao estresse do piloto e, ainda, às condições dos destroços, os quais não evidenciaram qualquer falha que pudesse ter comprometido o desempenho e/ou a controlabilidade da aeronave, levam à conclusão de que o piloto muito provavelmente teve uma desorientação espacial que acarretou a perda de controle da aeronave.

No que diz respeito à cultura do grupo dos pilotos que operava na região de Paraty, RJ, observou-se que, embora manifestassem preocupação voltada para as questões de segurança de voo, a cultura de trabalho fomentada entre eles favorecia a informalidade, em detrimento dos requisitos estabelecidos para a operação VFR.

Tal fato pôde ser constatado pela existência de uma carta não oficial para operação em SDTK. Esse procedimento não atendia a uma série de requisitos mínimos de segurança e, portanto, sua utilização implicava riscos para a operação naquela localidade.

Ressalta-se que as características da aviação executiva demandavam a necessidade de os pilotos adaptarem-se à rotina e aos interesses dos operadores, o que, por vezes, levava ao desenvolvimento de pressões externas ou autoimpostas, capazes de implicar a redução da margem de segurança dos voos.

Além disso, era comum aos operadores, possivelmente por desconhecimento dos requisitos mínimos de operação em SDTK, valorizarem os pilotos que efetuavam o pouso mesmo em condições meteorológicas adversas.

Assim, verificou-se que os valores compartilhados tanto pelos operadores quanto pelo grupo de pilotos, interferiam na percepção e na adequada análise dos riscos envolvidos nas operações.

A recorrência de acidentes naquela região, com características comuns ao acidente em tela, demonstra que tal cultura existia há vários anos, sem que houvesse uma conscientização por parte de pilotos e operadores.

Com relação ao acidente do PR-SOM, pode-se concluir que essa cultura influenciou a tomada de decisão do piloto, o qual, a despeito de encontrar condições adversas e do seu estado emocional frente à situação vivenciada, optou por insistir na tentativa de pouso.

3. CONCLUSÕES.

3.1. Fatos.

- a) o piloto estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido;
- b) o piloto estava com as habilitações técnicas de classe avião multimotor terrestre (MLTE) e de voo por instrumentos (IFR) válidas;

- c) o piloto estava qualificado e possuía experiência no tipo de voo;
- d) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido;
- e) a escrituração das cadernetas de célula, motores e hélices estava atualizada;
- f) não se evidenciou qualquer condição de falha ou mau funcionamento de sistemas e/ou de componentes da aeronave que pudesse ter afetado o desempenho ou o controle em voo;
- g) não se evidenciaram alterações de ordem médica, no período anterior ao acidente, que pudessem ter afetado o desempenho do piloto em voo;
- h) a cultura presente, à época, valorizava os pilotos que efetuavam o pouso mesmo em condições meteorológicas adversas;
- i) houve um atraso de uma hora e trinta minutos na decolagem devido à demora na chegada de um dos passageiros, fato este que incomodou o operador;
- j) as informações meteorológicas, observadas antes do horário de decolagem, indicavam condições favoráveis ao voo visual, com possibilidade de degradação por chuva contínua e a presença de TCU na região de Paraty, RJ;
- k) não houve anormalidades durante a decolagem, subida, voo em rota e descida da aeronave;
- l) o aeródromo de SDTK permitia, exclusivamente, operações sob regras de voo VFR;
- m) na primeira tentativa de aproximação, o trem de pouso foi baixado e houve um aumento significativo da razão de descida, seguido de um alerta de *Sink Rate*;
- n) a primeira tentativa de aproximação foi cancelada e o piloto informou que iria aguardar a passagem da chuva e a melhoria da visibilidade;
- o) havia chuva com potencial de precipitação da ordem de 25 mm/h, abrangendo a região da Baía de Paraty;
- p) a visibilidade horizontal, registrada por uma câmera de segurança, localizada em um heliponto da Baía de Paraty, equivalia a 1.500m;
- q) havia indicações de que o piloto estava tenso durante as tentativas de aproximação;
- r) cerca de dois minutos e dez segundos após o recolhimento do trem de pouso, na primeira tentativa de aproximação, a aeronave iniciou nova tentativa;
- s) o campo visual do piloto estava restrito e com poucas referências visuais do solo que pudessem permitir a sua correta orientação;
- t) as condições de voo encontradas pelo piloto favoreciam à ocorrência de ilusão vestibular por excesso de "G" e de ilusão visual de terreno homogêneo;
- u) houve a perda de controle e a aeronave impactou contra a água, com grande ângulo de inclinação das asas;
- v) a aeronave ficou destruída; e
- w) todos os ocupantes sofreram lesões fatais.

3.2. Fatores contribuintes.

- **Características da tarefa - indeterminado.**

As operações em Paraty, RJ, demandavam que os pilotos se adaptassem à rotina dos operadores, o que era característico da aviação executiva. Além disso, entre os operadores, possivelmente por desconhecimento dos requisitos mínimos de operação em SDTK, perdurava o reconhecimento e a valorização dos pilotos que efetuavam o pouso mesmo em condições meteorológicas adversas.

Embora não houvesse indícios de pressão externa por parte do operador, essas características presentes na operação em Paraty, RJ, podem ter favorecido a pressão autoimposta por parte do piloto, levando-o a operar com margens reduzidas de segurança.

- **Condições meteorológicas adversas - contribuiu.**

No momento do impacto da aeronave, havia chuva com potencial de precipitação da ordem de 25 mm/h, abrangendo a região da Baía de Paraty, e a visibilidade horizontal era de 1.500m. Tal visibilidade horizontal estava abaixo da mínima requerida para operações de pouso e decolagem sob VFR.

Uma vez que o aeródromo de SDTK permitia, unicamente, operações sob regras de voo VFR, as condições meteorológicas se mostraram impeditivas para a operação dentro dos limites mínimos de segurança requeridos.

- **Cultura do grupo de trabalho - contribuiu.**

Entre os membros do grupo de pilotos que realizava voos rotineiros para a região de Paraty, RJ, havia uma cultura de reconhecimento e valorização daqueles que operavam sob condições adversas, em detrimento dos requisitos estabelecidos para a operação VFR. Esses valores compartilhados promoveram a adesão a práticas informais e interferiram na percepção e na adequada análise dos riscos presentes na operação em SDTK.

- **Desorientação - indeterminado.**

As condições de baixa visibilidade, de curva à baixa altura sobre a água, somadas ao estresse do piloto e, ainda, às condições dos destroços, os quais não evidenciaram qualquer falha que pudesse ter comprometido o desempenho e/ou a controlabilidade da aeronave, indicam que o piloto muito provavelmente teve uma desorientação espacial que acarretou a perda de controle da aeronave.

- **Estado emocional - indeterminado.**

Por meio da análise dos parâmetros de voz, fala e linguagem, foram identificadas variações no estado emocional do piloto que evidenciaram indícios de estresse nos momentos finais do voo. O elevado nível de ansiedade do piloto pode ter influenciado a sua decisão de realizar nova tentativa de aproximação para o pouso, sob condições meteorológicas adversas, e ter contribuído para a sua desorientação.

- **Ilusões - indeterminado.**

As condições de voo enfrentadas pelo piloto favoreceram a ocorrência da ilusão vestibular por excesso de "G" e da ilusão visual de terreno homogêneo. Tais ilusões provavelmente tiveram, como consequência, a sensação do piloto de que o ângulo de inclinação estava se reduzindo e de que ele se encontrava em uma altura acima da real. Essas sensações podem ter levado o piloto a tentar corrigir, equivocadamente, as condições as quais estava experimentando.

Assim, a grande inclinação de asas e o movimento em descida, observados no momento do impacto da aeronave, provavelmente são consequência dos fenômenos das ilusões.

- **Processo decisório - contribuiu.**

As condições meteorológicas presentes em SSDK resultaram em restrições de visibilidade que eram impeditivas ao voo sob regras VFR. Nesse contexto, a realização de duas tentativas de aproximação para o pouso denotou uma inadequada avaliação sobre as condições mínimas requeridas para a operação no aeródromo.

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. Além das recomendações de segurança decorrentes de investigações de ocorrências aeronáuticas, recomendações de segurança podem resultar de diversas fontes, incluindo atividades de prevenção.

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:

A-013/CENIPA/2017 - 01

Emitida em: 16/01/2018

Divulgar os ensinamentos advindos da investigação do acidente aeronáutico com a aeronave PR-SOM, no que diz respeito à necessidade do fomento a uma cultura da aviação executiva, em que a observância dos requisitos mínimos de operação sejam valorizados.

A-013/CENIPA/2017 - 02

Emitida em: 16/01/2018

Revisar os requisitos existentes a fim de enfatizar, durante a formação do piloto civil, as características e os riscos decorrentes das ilusões e da desorientação espacial para a atividade aérea.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.

Não houve.

Em, 16 de janeiro de 2018.