

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



**RELATÓRIO FINAL**  
**A-121/CENIPA/2021**

<b>OCORRÊNCIA:</b>	<b>ACIDENTE</b>
<b>AERONAVE:</b>	<b>PT-ONJ</b>
<b>MODELO:</b>	<b>C90A</b>
<b>DATA:</b>	<b>05NOV2021</b>



## ADVERTÊNCIA

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

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

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

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

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

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

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

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

## SINOPSE

O presente Relatório Final refere-se ao acidente com a aeronave PT-ONJ, modelo C90A, ocorrido em 05NOV2021, classificado como “[CFIT] Voo Controlado contra o Terreno”.

Durante a fase de aproximação, sob *Visual Meteorological Conditions* (VMC - Condições Meteorológicas Visuais), a aeronave colidiu contra um cabo para-raios de uma linha de transmissão de energia na aproximação final para a cabeceira 02 do aeródromo de Caratinga (SNCT), Ubaporanga, MG, acarretando a perda de controle e o impacto da aeronave contra o solo.

A aeronave teve danos substanciais.

Os dois pilotos e os três passageiros faleceram.

Houve a designação de Representante Acreditado do *Transportation Safety Board* (TSB) - Canadá, Estado de fabricação do motor da aeronave.



## ÍNDICE

<b>GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....</b>	<b>9</b>
1.1. Histórico do voo.....	9
1.2. Lesões às pessoas.....	9
1.3. Danos à aeronave. ....	9
1.4. Outros danos.....	10
1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.....	10
1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.....	10
1.5.2. Formação.....	10
1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.....	10
1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.....	11
1.5.5. Validade da inspeção de saúde.....	11
1.6. Informações acerca da aeronave.....	12
1.7. Informações meteorológicas.....	14
1.8. Auxílios à navegação.....	16
1.9. Comunicações.....	21
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	21
1.11. Gravadores de voo.....	24
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.....	25
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	27
1.13.1. Aspectos médicos.....	27
1.13.2. Informações ergonômicas.....	28
1.13.3. Aspectos Psicológicos.....	29
1.14. Informações acerca de fogo.....	31
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	31
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	31
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.....	43
1.18. Informações operacionais.....	47
1.19. Informações adicionais.....	52
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	54
<b>2. ANÁLISE.....</b>	<b>54</b>
<b>3. CONCLUSÕES.....</b>	<b>61</b>
3.1. Fatos.....	61
3.2. Fatores contribuintes.....	61
<b>4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA .....</b>	<b>62</b>
<b>5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....</b>	<b>63</b>

**GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS**

ACAS	<i>Airborne Collision Avoidance System</i> - sistema anticolisão de bordo
ACC-BS	<i>Area Control Center</i> - centro de controle de área de Brasília
AFIS	<i>Aerodrome Flight Information Service</i> - serviço de informação de voo em aeródromo
AGA	<i>Aerodromes, Air Routes And Ground Aids</i> - aeródromos, rotas aéreas e auxílios terrestres
AGL	<i>Above Ground Level</i> - acima do nível do solo
AISWEB	Serviço de Informação Aeronáutica na WEB
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APAPI	<i>Abbreviated Indicator of Precision Approach Track</i> - indicador abreviado de trajetória de aproximação de precisão
ATC	<i>Air Traffic Control</i> - controle de tráfego aéreo
ATS	<i>Air Traffic Services</i> - serviços de tráfego aéreo
AUTO	Automático
BKN	<i>Broken (5-7 Oktas)</i> - nublado (5 a 7 Oitavos)
CAP	Carta Aeronáutica de Pilotagem
CAVOK	<i>Ceiling And Visibility OK</i> - ausência de nuvens abaixo de 5.000 ft ou abaixo da altura mínima do setor mais elevado (qualquer que seja o maior) e visibilidade horizontal acima de 10 km; ausência de CB ou de condição de tempo significativo para a aviação.
CB	Nuvem <i>Cumulonimbus</i>
CBMMG	Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais S.A.
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CFIT	<i>Controlled Flight Into Terrain</i> - voo controlado contra o terreno
CIAC	Centros de Instrução de Aviação Civil
CIAP	Carta Imagem Aeronáutica de Pilotagem
CINDACTA	Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
COM	Certificado de Organização de Manutenção
COMAER	Comando da Aeronáutica
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CSN	<i>Cycles Since New</i> - ciclos desde novo
CSO	<i>Cycles Since Overhaul</i> - ciclos desde revisão geral
CSO	Comissão de Segurança Operacional
CVA	Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade
CVR	<i>Cockpit Voice Recorder</i> - gravador de voz da cabine
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo

EGPWS	<i>Enhanced Ground Proximity Warning System</i> - sistema avançado de aviso de proximidade com o solo
EO	Especificações Operativas
FAB	Força Aérea Brasileira
FAP	Fichas de Avaliação de Piloto
FCA	Frequência para Coordenação entre Aeronaves
FDR	<i>Flight Data Recorder</i> - gravador de dados de voo
FEW	<i>Few (1 and 2 Oktas)</i> - pouco (1 e 2 oitavos)
GOES	<i>Geostationary Operational Environmental Satellite</i> - satélite ambiental operacional geoestacionário
GPS	<i>Global Positioning System</i> - sistema de posicionamento global
GPWS	<i>Ground Proximity Warning System</i> - sistema de alarme de proximidade com o solo
HSI	<i>Hot Section Inspection</i> - inspeção da seção quente
ICA	Instrução do Comando da Aeronáutica
IFR	<i>Instrument Flight Rules</i> - regras de voo por instrumentos
IFRA	Habilitação de Voo por Instrumentos - Avião
INFOTEMP	Informações temporárias de Aeródromos e Helipontos publicados exclusivamente no ROTAER
INSPSAU	Inspeção de Saúde
IS	Instrução Suplementar
MANINV	Manual Brasileiro de Inspeção em Voo
METAR	<i>Meteorological Aerodrome Report</i> - reporte meteorológico de aeródromo
MGO	Manual Geral de Operações
MGSO	Manual de Gerenciamento de Segurança Operacional
MLTE	Habilitação de Classe Avião Multimotor Terrestre
NM	<i>Nautical Miles</i> - milhas náuticas
NOTAM	<i>Notice to Airmen</i> - informações aos aeronavegantes
NSCA	Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica
NW	<i>Northwest</i> - Noroeste
OACI	Organização de Aviação Civil Internacional
OPEA	Objetos Projetados no Espaço Aéreo
PAPI	<i>Precision Approach Path Indicator</i> - indicador de trajetória de aproximação de precisão
PBZPA	Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo
PBZPH	Plano Básico de Zona de Proteção de Heliponto
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PCM	Licença de Piloto Comercial - Avião
PEZPA	Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromo
PF	<i>Pilot Flying</i> - piloto que opera



PIC	<i>Pilot in Command</i> - piloto em comando
PLA	Licença de Piloto de Linha Aérea - Avião
PM	<i>Pilot Monitoring</i> - piloto que monitora
PMMG	Polícia Militar do Estado de Minas Gerais
PN	<i>Part Number</i> - número da peça
PPR	Licença de Piloto Privado - Avião
PROB	<i>Probability</i> - probabilidade
PSAC	Provedor de Serviço da Aviação Civil
PSO-BR	Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil
PSOE	Programa de Segurança Operacional Específico
PTO	Programa de Treinamento Operacional
PZPANA	Plano de Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea
PZPREA/H	Plano de Zona de Proteção de Rotas Especiais de Aviões e Helicópteros
RADAR	<i>Radio Detection And Ranging</i> - detecção e telemetria por rádio
RBAC	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
REDEMET	Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica
RMK	<i>Remark</i> - observação
ROTAER	Manual Auxiliar de Rotas Aéreas
SBBH	Designativo de localidade - Aeródromo Pampulha, Carlos Drummond de Andrade, Belo Horizonte, MG
SBGO	Designativo de localidade - Aeródromo Santa Genoveva, Goiânia, GO
SBGV	Designativo de localidade - Aeródromo Coronel Altino Machado, Governador Valadares, MG
SBIP	Designativo de localidade - Aeródromo Usiminas, Ipatinga, MG
SCT	<i>Scattered (3 and 4 Oktas)</i> - dispersas (3 e 4 oitavos)
SGSO	Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional / <i>Safety Management System (SMS)</i>
SIC	<i>Second in Command</i> - piloto segundo em Comando
SIGWX	<i>Significant Weather Chart</i> - carta de tempo significativo
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SN	<i>Serial Number</i> - número de série
SNCT	Designativo de localidade - Aeródromo de Caratinga, Ubaporanga, MG
SNXG	Antigo designativo de localidade do Aeródromo de Caratinga
SOP	<i>Standart Operational Procedures</i> - procedimentos operacionais padrão
SPVV	Superfície de Proteção ao Voo Visual
SW	<i>Southwest</i> - sudoeste
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
TAF	<i>Terminal Aerodrome Forecast</i> - previsão meteorológica de aeródromo

TCU	<i>Towering Cumulus - Cumulus encastelados</i>
TN	<i>Minimum Temperature (followed in TAF) - temperatura mínima (indicada no TAF)</i>
TPX	Categoria de registro de aeronave de Transporte Aéreo Público não Regular
TSB	<i>Transportation Safety Board</i>
TSN	<i>Time Since New - tempo desde novo</i>
TSO	<i>Time Since Overhaul - tempo desde revisão</i>
TSRA	<i>Thunderstorm Rain - trovoada seguida de chuva</i>
TX	<i>Maximum temperature (followed in TAF) - temperatura máxima (indicada no TAF)</i>
UTC	<i>Universal Time Coordinated - tempo universal coordenado</i>
VAC	<i>Visual Approach Chart - carta de aproximação visual</i>
VASIS	<i>Visual Approach Slope Indicator System - sistema indicador da rampa de aproximação visual</i>
VFR	<i>Visual Flight Rules - regras de voo visual</i>
VMC	<i>Visual Meteorological Conditions - condições meteorológicas visuais</i>
VOR	<i>VHF Omnidirectional Radio Range - auxílio à navegação baseado em VHF</i>
VRB	<i>Variable - variável</i>
WAC	<i>World Aeronautical Chart ICAO 1: 1,000,000 - carta aeronáutica mundial OACI 1:1.000.000</i>
ZPA	Zona de Proteção de Aeródromo



## 1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

<b>Aeronave</b>	<b>Modelo:</b> C90A <b>Matrícula:</b> PT-ONJ <b>Fabricante:</b> Beech Aircraft	<b>Operador:</b> PEC Táxi Aéreo Ltda
<b>Ocorrência</b>	<b>Data/hora:</b> 05NOV2021 - 18:15 (UTC) <b>Local:</b> Piedade de Caratinga <b>Lat.</b> 19°45'57"S <b>Long.</b> 042°06'32"W <b>Município - UF:</b> Piedade de Caratinga - MG	<b>Tipo(s):</b> [CFIT] Voo Controlado contra o Terreno <b>Subtipo(s):</b> NIL

### 1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do aeródromo Santa Genoveva (SBGO), Goiânia, GO, com destino ao aeródromo de Caratinga (SNCT), Ubaporanga, MG, às 16h05min (UTC), a fim de realizar um voo de transporte aéreo público de passageiros não regular, com dois pilotos e três passageiros a bordo.

Durante a fase de aproximação, a aeronave colidiu contra o cabo para-raios de uma linha de transmissão de energia.

A aeronave teve danos substanciais.

Os dois tripulantes e os três passageiros sofreram lesões fatais.

### 1.2. Lesões às pessoas.

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	2	3	-
Graves	-	-	-
Leves	-	-	-
Ilesos	-	-	-

### 1.3. Danos à aeronave.

A aeronave teve danos substanciais em toda a sua extensão.

Ambos os motores se desprenderam, houve a flexão da fuselagem e das asas para baixo, e o seccionamento do cone de cauda (Figura 1).



Figura 1 - Extensão dos danos na aeronave.

#### 1.4. Outros danos.

Houve o rompimento do cabo para-raios do vão entre as torres 8 e 9 da linha de transmissão, operada em 69 kV, da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) “Pipoca”, conforme a Figura 2.



Figura 2 - Posição do cabo para-raios à direita da Torre 8.

#### 1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.

##### 1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.

Horas Voadas		
Discriminação	PIC	SIC
Totais	16.352:30	2.768:24
Totais, nos últimos 30 dias	38:06	40:12
Totais, nas últimas 24 horas	02:42	00:00
Neste tipo de aeronave	Desconhecido	Desconhecido
Neste tipo, nos últimos 30 dias	04:24	09:30
Neste tipo, nas últimas 24 horas	00:00	00:00

**Obs.:** Os dados relativos às horas voadas foram obtidos por meio dos registros do operador da aeronave.

Verificou-se que ambos os pilotos tinham experiência anterior no C90A, porém não foi possível precisar a quantidade total de horas neste modelo.

O total de horas registradas em aeronaves C90 e C90A do operador foi de 312 horas e 40 minutos pelo Piloto em Comando (PIC); e de 169 horas e 55 minutos pelo piloto Segundo em Comando (SIC).

##### 1.5.2. Formação.

O PIC realizou o curso de Piloto Privado - Avião (PPR) no Aeroclube de Juiz de Fora, MG, no ano de 1988.

O SIC realizou o curso de PPR no Aeroclube de Brasília, DF, no ano de 2008.

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

O PIC possuía licença de Piloto de Linha Aérea - Avião (PLA) e estava com as habilitações de Avião Multimotor Terrestre (MLTE) e Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas.

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

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

O PIC era piloto há 33 anos e acumulava 16.352 horas e 30 minutos de voo em aeronaves dos modelos C90, C90A, C208B, C535, C550, MU2B, PA31, PA34 e A319/320.

Ele atuava para o operador na função de comandante desde julho de 2020 e, nos últimos 12 meses, havia realizado cerca de 299 horas e 6 minutos nas aeronaves C90 e C90A. Seu primeiro voo em aeronaves desse modelo, para o operador, ocorreu em 05JUL2020.

Nos 90 dias anteriores ao acidente, realizou um total de 155 horas e 30 minutos em voos para diversos destinos, cumprindo o requisito de experiência recente.

Suas últimas Fichas de Avaliação de Piloto (FAP) continham registros de desempenho satisfatório.

O SIC era piloto há 13 anos e acumulava 2.768 horas e 24 minutos de voo em aeronaves dos modelos C208, C208B, C90 e C90A.

Ele atuava para o operador na função de copiloto desde abril de 2021 e, nos últimos 12 meses, havia realizado cerca de 167 horas e 36 minutos nas aeronaves C90 e C90A.

Nos 90 dias anteriores ao acidente, realizou um total de 158 horas e 30 minutos em voos para diversos destinos, cumprindo o requisito de experiência recente.

Suas últimas FAP continham registros de desempenho satisfatório.

Ambos haviam realizado os treinamentos conforme o Programa de Treinamento Operacional (PTO) do operador.

Nenhum dos pilotos era familiarizado com a operação em SNCT, sendo a primeira vez que ambos operariam naquele aeródromo.

O Manual Geral de Operações (MGO) do operador, em sua Seção 3, Item 3.3.2 - "designação de tripulantes", versava o seguinte:

[...]

b) Antes de escalar um tripulante para o voo deverá ser garantido que o mesmo está com a qualificação e treinamentos válidos até o final da programação da viagem. Este procedimento será garantido através da consulta ao quadro de Controle de Tripulantes disponível no setor de operações da empresa.

c) O responsável pela designação da tripulação deverá consultar o último voo do tripulante para garantir que está com a experiência recente (90 dias) válida no equipamento envolvido na operação. A consulta dos voos realizados pelo tripulante poderá ser realizada através do Registro Individual Horas Voo cruzando as informações com as cópias das páginas dos diários de bordo arquivados na Empresa.

Naquilo que diz respeito aos requisitos constantes do MGO, constatou-se que os tripulantes designados para o voo estavam dentro dos critérios estabelecidos pelo operador.

A Comissão de Investigação considerou, assim, que ambos estavam qualificados e que possuíam experiência no tipo de voo.

#### 1.5.5. Validade da inspeção de saúde.

O PIC possuía Certificado Médico Aeronáutico (CMA), de primeira classe, válido até 16DEZ2021.

O SIC possuía CMA, de primeira classe, válido até 16OUT2022.



## 1.6. Informações acerca da aeronave.

A aeronave, modelo C-90A, de número de série LJ-1078, foi fabricada pela *Beech Aircraft*, em 1984, e estava inscrita na Categoria de registro de aeronave de Transporte Aéreo Público não Regular (TPX).

O Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade (CVA) estava válido até 01JUL2022.

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

No diário de bordo que se encontrava na aeronave não foram identificadas quaisquer discrepâncias que tivessem resultado no mau funcionamento de algum sistema da aeronave.

A última inspeção da aeronave, do tipo “200 horas”, foi concluída em 13SET2021 pela organização de manutenção PEC Táxi Aéreo, Certificado de Organização de Manutenção (COM) 1212-61, em Goiânia, GO, estando com 170 horas e 9 minutos voados após a inspeção.

A última inspeção mais abrangente da aeronave, do tipo “Fase 4” (*Phase IV*), realizada a cada 800 horas, também foi concluída em 13SET2021 pela organização de manutenção PEC Táxi Aéreo, estando com 170 horas e 9 minutos voados após a inspeção.

### Características gerais da aeronave *King Air C90A*.

O modelo *King Air C90A* era uma aeronave de estrutura metálica, com cabine pressurizada, teto operacional de 30.000 ft, asa baixa, bimotor turboélice com empenagem convencional e trens de pouso do tipo triciclo retráteis (Figura 3).

Tanto o trem de pouso auxiliar 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.

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.

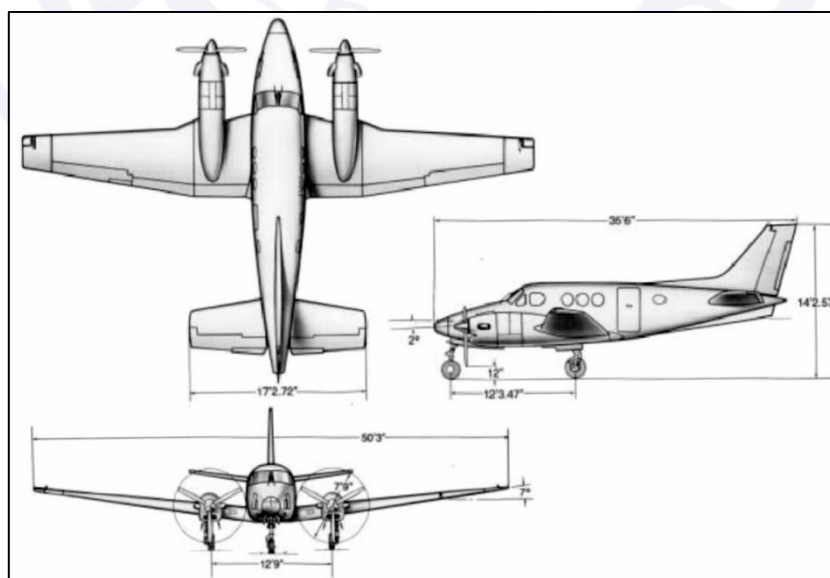


Figura 3 - Dimensões em três vistas da aeronave C90A.  
Fonte: adaptado *Pilot Training Manual*.

### Enhanced Ground Proximity Warning System (EGPWS).

A aeronave PT-ONJ era equipada com um sistema *Enhanced Ground Proximity Warning System* (EGPWS - sistema avançado de aviso de proximidade com o solo), modelo GNS 530W, *Part Number* (PN) 011-0106500, fabricado pela *Garmin*.

Uma das principais funções desse sistema era 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 da 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 "*Too Low - Terrain, Too Low - Terrain*" de modo a aumentar a consciência situacional do piloto com relação à presença de obstáculos que representariam riscos ao voo.

De acordo com o *Pilot's Guide*, PN 190-00357-00 Rev K, o equipamento emitia alertas quando determinadas condições de voo atingiam parâmetros previamente estabelecidos.

Dentre os alertas emitidos pelo EGPWS, havia o alerta de descida prematura que era acionado quando o sistema detectava que a aeronave se encontrava significativamente abaixo de uma trajetória normal de aproximação para pouso (Figura 4).

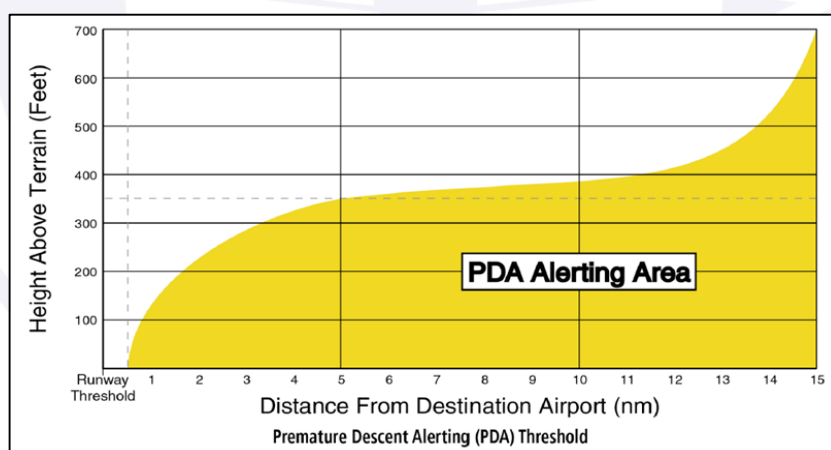


Figura 4 - Parâmetros de acionamento do alerta de descida prematura.

Ainda de acordo com o referido *Pilot's Guide*, o sistema contava com um modo de inibição de alertas que poderia ser ativado quando considerado necessário pelo piloto. O manual ressaltava que, durante voos sob *Visual Flight Rules* (VFR - regras de voo visual) o sistema poderia emitir alertas incômodos.

Havia uma interface com um botão de acionamento, no painel da aeronave, que permitia aos pilotos inibirem os alertas sonoros emitidos pelo sistema EGPWS a qualquer momento do voo. Dada a extensão dos danos no painel da aeronave PT-ONJ, no entanto, não foi possível determinar a posição do botão no momento do impacto.





A imagem de satélite das 18h10min (UTC), do dia 05NOV2021, canal 16, mostrava céu nublado com nuvens médias e altas, temperaturas entre  $-40^{\circ}\text{C}$  e  $-50^{\circ}\text{C}$ , indicando topos de nuvens entre 30.000 e 35.000 ft (Figura 6).

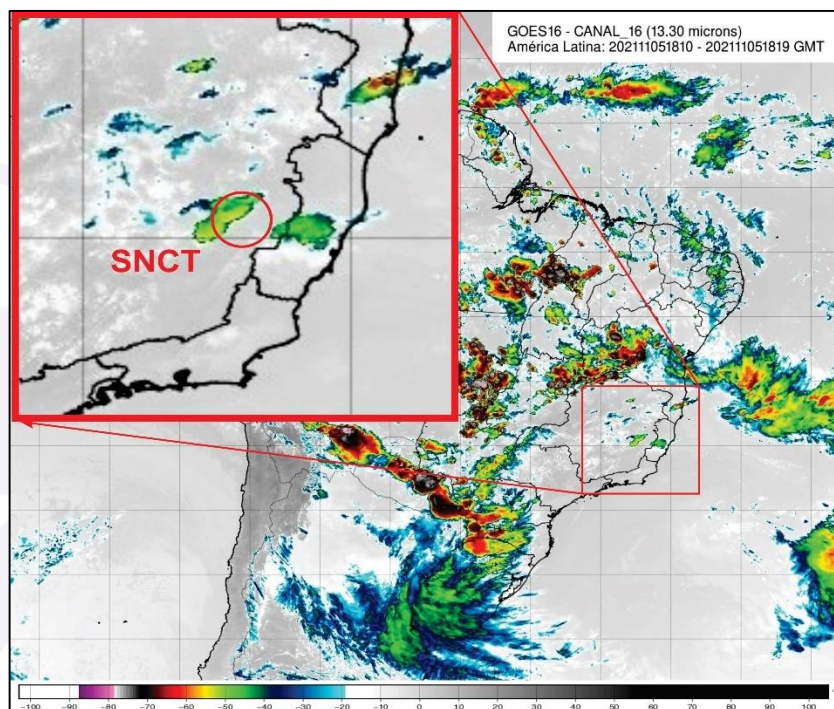


Figura 6 - Imagem de satélite GOES 16 canal 16, de 05NOV2021 às 18h10min (UTC).  
Fonte: Adaptado do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

Na imagem de satélite das 18h10min (UTC), do dia 05NOV2021, canal 1, se observava céu nublado com nuvens baixas a oeste de SNCT (Figura 7).

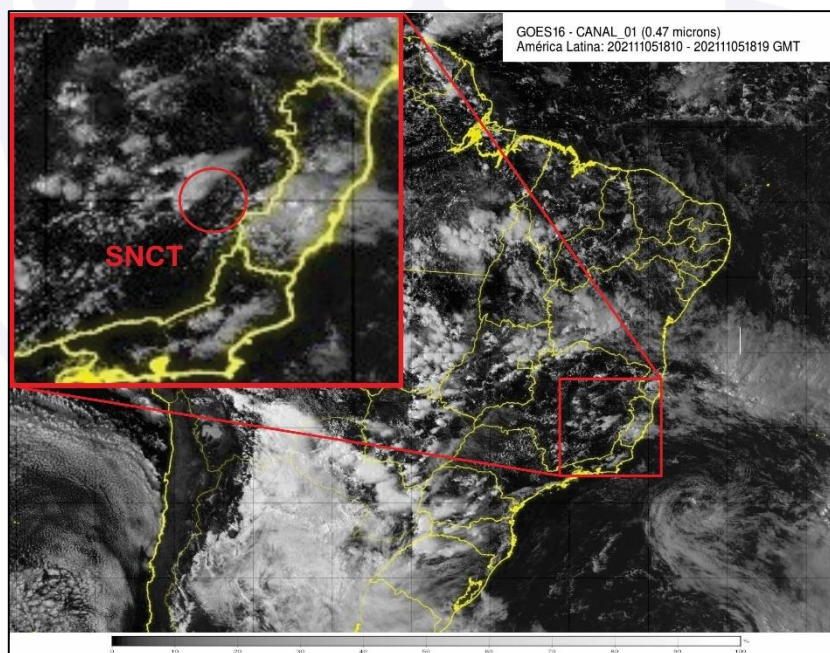


Figura 7 - Imagem de satélite GOES 16 canal 1, de 05NOV2021 às 18h10min (UTC).  
Fonte: Adaptado CPTEC.

As imagens dos radares Meteorológicos localizados em Petrópolis, RJ (Pico do Couto); de Almenara, MG; e de Três Marias, MG, das 18h15min (UTC) registraram precipitação a oeste de SNCT em distâncias superiores a 21 NM. Os radares não registraram precipitação na região de SNCT, no horário do acidente (Figura 8).

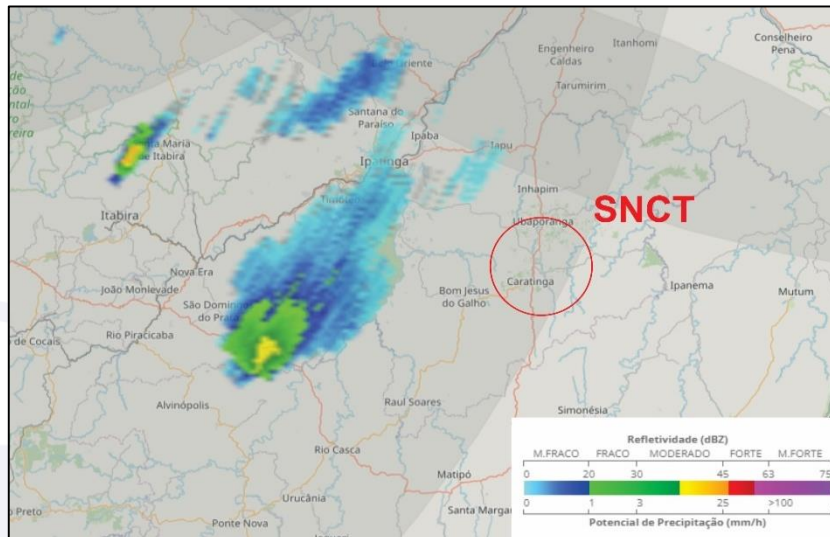


Figura 8 - Síntese dos radares Meteorológicos do Pico do Couto, RJ; de Almenara, MG; e de Três Marias, MG das 18h15min (UTC). Fonte: adaptado REDEMET.

Os ventos de superfície no dia 05NOV2021, às 18h10min (UTC), na região de Caratinga, MG, sopravam do quadrante Sul e Sudeste com velocidade média de 3 kt. Também, não foram observadas variações significativas de intensidade e direção do vento em alturas até 2.500 ft.

Com base em todas as informações levantadas, constatou-se que as condições meteorológicas eram favoráveis ao voo visual na região de SNCT.

### 1.8. Auxílios à navegação.

Precision Approach Path Indicator (PAPI - indicador de trajetória de aproximação de precisão).

O Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) n° 154 - "Projeto de Aeródromos", Emenda 07, de 01JUL2021, trazia as seguintes previsões no requisito 154.305(j):

154.305 - Luzes

[...]

(j) Sistemas visuais indicadores de rampa de aproximação

(1) Aplicação

(i) Um sistema visual indicador de rampa de aproximação deve ser destinado a auxiliar na aproximação de uma pista de pouso e decolagem, conte ou não a pista com outros auxílios visuais ou por instrumentos, quando uma ou mais das seguintes condições estiverem presentes:

(A) a pista é utilizada por turbo-jatos ou outras aeronaves com requisitos semelhantes de orientação de aproximação;

(B) o piloto de qualquer tipo de aeronave possa ter dificuldades ao julgar a aproximação devido a:

(1) orientação visual inadequada, como durante aproximações sobre superfície aquática ou terrenos sem referências visuais durante o dia, ou na ausência de luzes externas suficientes na área de aproximação à noite; ou

(2) informações equivocadas, como as produzidas por terrenos vizinhos com características ilusórias ou declividades da pista de pouso;

(C) a presença de objetos na área de aproximação que possam oferecer sérios riscos se uma aeronave descer abaixo da trajetória normal de aproximação, especialmente se não houver auxílios visuais ou por instrumentos para alertar sobre esses objetos;

[...]

(iv) Sistemas PAPI ou APAPI devem ser disponibilizados quando o número de código for 1 ou 2, quando houver a presença de uma ou mais das condições especificadas no parágrafo 154.305(j)(1)(i).

No caso do aeródromo de SNCT, a aplicação dos requisitos do RBAC 154 estava sujeita às “Disposições Transitórias” em seu item 154.601 que previam o seguinte:

#### 154.601 Disposições Transitórias

(a) Observado o disposto no parágrafo 154.5(d), as instalações aeroportuárias existentes antes de 12 de maio de 2009 devem ser adequadas ao disposto neste Regulamento e as instalações aeroportuárias implantadas a partir de 12 de maio de 2009 devem ser adequadas aos requisitos inseridos ou modificados por Emenda a este Regulamento nas seguintes situações:

- (1) quando forem substituídas ou melhoradas após essa data para acomodar operações mais exigentes ou operações de nova aeronave crítica;
- (2) quando a ANAC estabelecer prazo para adequação em processo de certificação operacional de aeroporto;
- (3) quando a ANAC estabelecer prazo para adequação em contratos de concessão de aeroportos;
- (4) quando a ANAC estabelecer prazo para adequação em programas específicos de adequação de infraestruturas; ou
- (5) quando a ANAC estabelecer prazo para adequação em hipóteses comprovadamente excepcionais, diante de elevado risco operacional identificado.

(b) Enquanto não se enquadrarem nas hipóteses dos parágrafos 154.601(a)(1) a 154.601(a)(5) ou em disposição transitória específica estabelecida na seção 154.601, as instalações aeroportuárias existentes podem ser mantidas: (grifo nosso)

- (1) nas condições do respectivo cadastro; ou
- (2) nas condições de sua implantação e em conformidade com os requisitos vigentes à data de sua operacionalização, para as instalações não sujeitas a processo de inscrição ou alteração cadastral. (grifo nosso)

Uma vez que o aeródromo de SNCT teve sua homologação em 25JUN1992 e não foi submetido às situações dos parágrafos 154.601(a)(1) a 154.601(a)(5) desde a sua abertura ao tráfego aéreo, o requisito 154.305(j) não era mandatário na data do acidente.

A título de ilustração, o Manual Brasileiro de Inspeção em Voo (MANINV-Brasil), no item 13.1.1, descrevia os Sistemas Indicadores de Rampa (VASIS/PAPI) como dispositivos de solo que utilizavam luzes brancas e vermelhas para definir uma rampa visual durante a aproximação visual, conforme ilustrado na Figura 9.

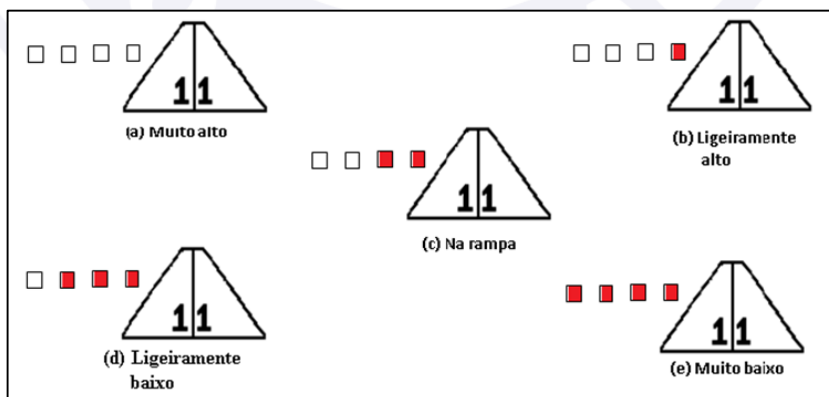


Figura 9 - Indicações do sistema PAPI em uma aproximação final.  
Fonte: MANINV- Brasil.

Sob condições padrão, a área de aproximação final desses sistemas tinha uma faixa de 10º para cada lado da linha central da pista, medida a partir da barra ou caixa de luz



mais próxima da cabeceira da pista, estendendo-se a partir desta até um ponto na aproximação final, a uma distância mínima de 4 NM. Entretanto, as particularidades do local poderiam indicar parâmetros diferentes do padrão estabelecido.

O item 13.9.5 do MANINV orientava que a rampa normal de aproximação do sistema deveria propiciar *clearance* acima de todos os obstáculos dentro da área de cobertura homologada.

O item 13.10 do MANINV, que versava sobre tolerâncias de VASIS/PAPI, orientava que, normalmente, deveria ser estabelecido um ângulo de 3° a ser utilizado como uma rampa normal de aproximação.

Caso fosse necessário estabelecer um ângulo maior para fins de evitar obstáculos ou um ângulo menor para atender requisitos especiais (aeródromos militares ou privados), deveria ser solicitada a emissão de *Notice to Airmen* (NOTAM - informações aos aeronavegantes).

A Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 63-18 de 2020 - "Critérios de Implantação de Órgãos Operacionais, Auxílios à Navegação Aérea e Sistemas de Apoio aos Órgãos ATS", em vigor à época do acidente, em seu item 6.7.1, definia os seguintes critérios para implantação de PAPI:

6.7.1 Os seguintes critérios devem ser atendidos:

- a) aeródromo com operação de linhas aéreas regulares internacionais com aeronaves de médio e grande porte, na cabeceira cujo número anual de pousos seja igual ou superior a 5.000;
- b) aeródromo com operação de linhas aéreas regulares regionais, na cabeceira cujo número anual de pousos seja igual ou superior a 5.000;
- c) aeródromo com operação de aeronaves da aviação geral ou militar, na cabeceira cujo número anual de pousos seja igual ou superior a 5.000; ou
- d) aeródromo de interesse estratégico definido pelo DECEA.

Assim, uma vez que o aeródromo de SNCT possuía um volume de pousos inferior a 5.000 por ano e não havia interesse estratégico definido pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), ele também não atendia aos critérios da ICA 63-18 para implantação de PAPI.

#### Informações aeronáuticas publicadas.

As informações aeronáuticas oficiais de SNCT estavam disponíveis no Portal do Serviço de Informação Aeronáutica na WEB (AISWEB) e objetivavam auxiliar os aeronavegantes no planejamento e realização dos voos no espaço aéreo brasileiro.

No referido Portal, o Manual Auxiliar de Rotas Aéreas (ROTAER) estabelecia, como regulamento para tráfego local, que o circuito de tráfego deveria ser realizado pelo setor oeste (W) do aeródromo.

Além disso, as informações do Portal davam conta, por meio de Informações Temporárias de Aeródromos e Helipontos publicados exclusivamente no ROTAER (INFOTEMP), de que havia obstáculos (torre e antena) não iluminados, que estavam violando o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA), nas coordenadas 19°45'25.28"S /042°07'45.19"W e 19°45'25.81"S/042°07'45.48"W, ambos com elevação de 729 m (2.392 ft), conforme Figura 10.

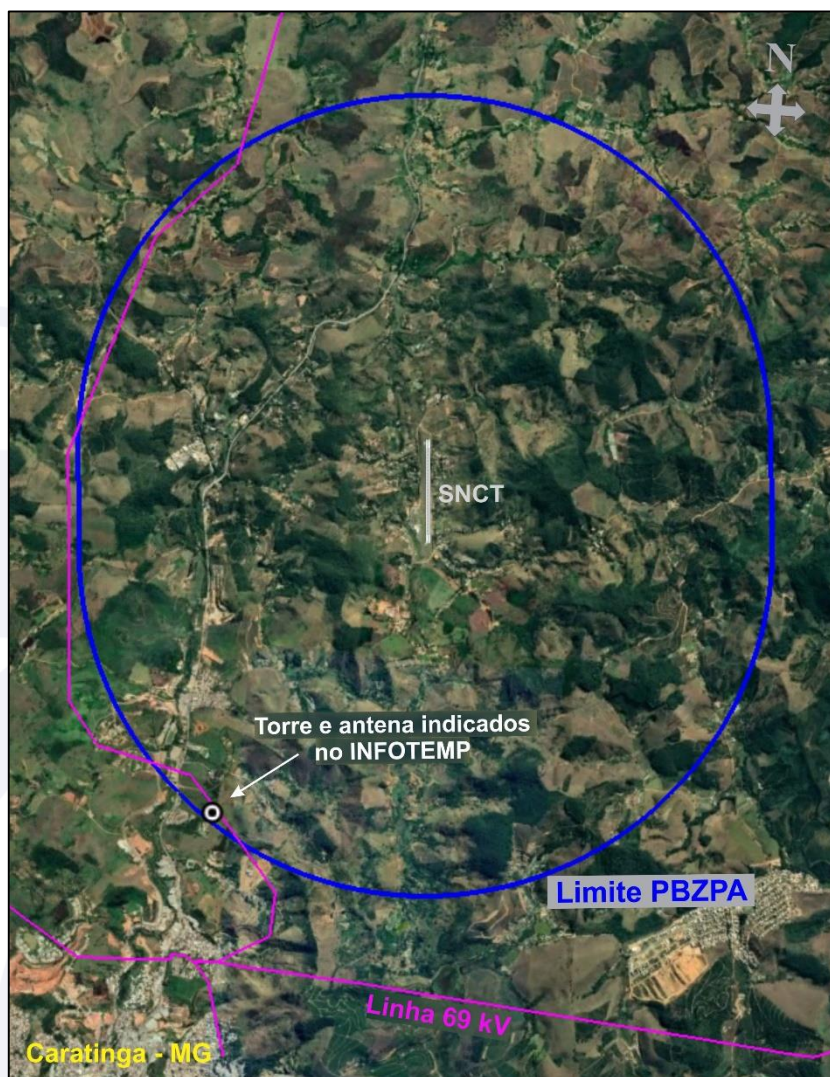


Figura 10 - Localização da torre indicada no INFOTEMP.

A ICA 53-4 - “Solicitação de Divulgação de Informação Aeronáutica”, de 12MAR2019, em seu item 1.3.27 definia “obstáculo” da seguinte forma:

Todo objeto de natureza permanente ou temporária, fixo ou móvel, ou parte dele, que esteja localizado em uma área destinada à movimentação de aeronaves no solo, ou que se estenda acima das superfícies destinadas à proteção das aeronaves em voo, ou ainda que esteja fora ou abaixo dessas superfícies definidas e cause efeito adverso à segurança ou regularidade das operações aéreas. (grifo nosso)

De acordo com a Tabela 3-1 da ICA 63-19 - “Critérios de Análise Técnica da Área de Aeródromos (AGA)”, de 04JAN2021, o efeito adverso de Objetos Projetados no Espaço Aéreo (OPEA) era caracterizado por determinadas condições em cada um dos seguintes aspectos:

- serviço de controle de aeródromo;
- características físicas de aeródromo;
- auxílios à navegação aérea;
- operações aéreas; e
- segurança de voo.

Como o aeródromo não possuía serviço de controle de aeródromo, zona desimpedida nem auxílios à navegação aérea, não eram aplicáveis os aspectos “serviço de controle de aeródromo”, “características físicas de aeródromo” e “auxílios à navegação aérea”,



restando aplicáveis os aspectos de “operações aéreas” e “segurança de voo”, os quais estavam diretamente relacionados aos limites do PBZPA.

Uma vez que a linha de 69 kV encontrava-se fora dos limites de Zona de Proteção de Aeródromo (ZPA) estabelecidos pelo PBZPA, ela não se caracterizava como um obstáculo que pudesse causar efeito adverso à segurança ou regularidade das operações aéreas, não sendo elegível para publicação de informações concernentes ao aeródromo de SNCT.

Apesar de não figurar dentre as informações específicas do aeródromo de SNCT, a linha de transmissão 69 kV em que a aeronave PT-ONJ colidiu era apresentada na *World Aeronautical Chart* (WAC - carta aeronáutica mundial) 3189 e na Carta Aeronáutica de Pilotagem (CAP) 9453 (Figura 11 e Figura 12).



Figura 11 - Linha de transmissão de 69 kV indicada na WAC 3189.



Figura 12 - Linha de transmissão de 69 kV indicada na CAP 9453.

Os itens 14.1.1 e 17.1.1, da ICA 96-1 - “Cartas Aeronáuticas”, de 08JUL2020, descrevem as seguintes finalidades para as Cartas WAC e CAP:

14 CARTA AERONÁUTICA MUNDIAL - WAC 1:1.000.000

14.1 FINALIDADE E DISPONIBILIDADE

14.1.1 Esta carta proporciona informações que satisfazem às necessidades da navegação aérea apoiada por referência visual. Além disso, a WAC dispõe de informações que podem ser utilizadas para fins de planejamento prévio de voo e ainda como base para a confecção de outras cartas que se destinam à navegação aérea. (grifo nosso)



[...]

17 CARTA AERONÁUTICA DE PILOTAGEM (CAP) E CARTA IMAGEM AERONÁUTICA DE PILOTAGEM (CIAP)

#### 17.1 FINALIDADE E DISPONIBILIDADE

17.1.1 Estas cartas se destinam a atender às necessidades do voo visual para operações aéreas a baixas altitudes e a curtas distâncias, no âmbito da Força Aérea Brasileira (FAB), que exijam peculiaridades da representação de referências visuais em escala. Atende, também, a outras atividades da aviação civil de pequeno porte. (grifo nosso).

### 1.9. Comunicações.

De acordo com as gravações, verificou-se que a aeronave 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 PT-ONJ com o *Area Control Center* Brasília (ACC-BS - centro de controle de área de Brasília) foram realizadas de maneira coordenada e clara.

O contato inicial com o ACC-BS se deu no momento da transferência de setor às 17h49min25s (UTC). Na sequência, o ACC-BS orientou o PT-ONJ a manter o FL210 e a chamar quando pronto para descida.

Às 17h49min57s (UTC), o PT-ONJ cotejou ao ACC-BS, reportando pronto para a descida. O ACC-BS autorizou a descida até o FL150 e, abaixo deste nível de voo, a critério da tripulação, solicitando, ainda, que fosse reportado quando em *Visual Meteorological Conditions* (VMC - condições meteorológicas visuais) para mudança de regras do plano de voo.

Às 17h56min59seg (UTC), o ACC-BS interrogou o PT-ONJ, informando que o serviço RADAR estava encerrado na radial 093°, afastado 60 NM do VOR Confins (CNF), e solicitou que reportasse VMC para modificação do plano. Em seguida, o PT-ONJ reportou que iria cruzar o FL150; que estava em condições visuais; e propôs o cancelamento do plano de voo sob *Instrument Flight Rules* (IFR - regras de voo por instrumentos).

No último contato realizado com o ACC-BS, este órgão de controle confirmou o cancelamento do plano de voo IFR às 17h57min (UTC) e informou desconhecer tráfego que interferisse na descida da aeronave PT-ONJ, liberando-a da frequência daquele Centro.

### 1.10. Informações acerca do aeródromo.

O aeródromo de Caratinga (SNCT), Ubaporanga, MG, era público, administrado pela Prefeitura Municipal de Ubaporanga, MG, e operava sob VFR em período diurno.

Não foi possível identificar, com precisão, quando o aeródromo foi aberto às operações aéreas, contudo, a Comissão de Investigação identificou uma Portaria de homologação n° 326/SOP, datada de 29JUL1987, quando o seu indicativo ainda era SNXG.

Posteriormente, essa portaria foi revogada pela Portaria de Homologação do Aeródromo n° 229/SOP, datada de 25JUN1992.

Segundo o que constava no ROTAER, a pista situava-se a uma elevação de 599 m (1.965 ft), era de asfalto, com cabeceiras 02/20 e possuía 1.080 x 23 m.

O indicador de direção do vento (biruta) encontrava-se em local visível, situado no terço médio da pista.

O aeródromo estava situado em uma região montanhosa, com diversas elevações nas proximidades da pista de pouso (Figura 13).



Figura 13 - Relevo no entorno do aeródromo de Caratinga observado a partir do setor de aproximação para a cabeceira 02.

Segundo relato de operadores locais, tendo em vista as particularidades topográficas do aeródromo e região, era comum a predominância de ventos calmos e alinhados com a pista de pouso.

#### Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA) de SNCT.

Os Planos de Zona de Proteção eram um conjunto de planos utilizados para disciplinar a ocupação do solo tais como:

- Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA);
- Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromo (PEZPA);
- Plano Básico de Zona de Proteção de Heliponto (PBZPH);
- Plano de Zona de Proteção de Rotas Especiais de Aviões e Helicópteros (PZPREA/H); e
- Plano de Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea (PZPANA).

Um dos elementos que compunham o PBZPA era a Superfície de Proteção ao Voo Visual (SPVV), cuja finalidade era proteger as aeronaves que executavam o circuito de tráfego do aeródromo para aproximações visuais.

Para o estabelecimento da SPVV do aeródromo de SNCT, foi considerada, como parâmetro de aeronave de performance crítica, a de “Categoria B”, conforme disposto na Tabela 4-2 - “Categoria de Performance de Aeronaves” constante da ICA 11-408 - “Restrições aos Objetos Projetados no Espaço Aéreo que Possam Afetar Adversamente a Segurança ou a Regularidade das Operações Aéreas” (Figura 14).

**TABELA 4-2 – Categoria de Performance de Aeronaves**

Categoria	Velocidade de Cruzamento da Cabeceira ( $V_{at}$ ) <sup>(1)</sup>
A	$V_{at} < 169 \text{ Km/h (91 Kt)}$
B	$169 \text{ Km/h (91 Kt)} < V_{at} < 224 \text{ Km/h (121 Kt)}$
C	$224 \text{ Km/h (121 Kt)} < V_{at} < 261 \text{ Km/h (141 Kt)}$
D	$261 \text{ Km/h (141 Kt)} < V_{at} < 307 \text{ Km/h (166 Kt)}$
E	$307 \text{ Km/h (166 Kt)} < V_{at} < 391 \text{ Km/h (211 Kt)}$
H	Não aplicável

(1) Velocidade de cruzamento da cabeceira baseada em 1,3 vezes a velocidade de estol ou 1,23 vezes a velocidade de pouso na configuração e peso máximo certificado.

Figura 14 - Tabela 4-2 constante da ICA 11-408.

Para efeito de definição de aeronave crítica, a ICA 11-408 adotava a seguinte conceituação:

### 2.1.7 AERONAVE CRÍTICA

Aeronave em operação ou com previsão de operar em determinado aeródromo, que demande os maiores requisitos em termos de configuração e dimensionamento da infraestrutura aeroportuária, em função de suas características físicas e operacionais.

Assim, de acordo com a tabela 4-4 da ICA 11-408, as dimensões da SPVV foram determinadas com base em valores estabelecidos na tabela apresentada na Figura 15.

<b>TABELA 4-4 – Dimensões da Superfície de Proteção do Voo Visual – PBZPA</b>					
ÁREAS <sup>(1)</sup>	TODOS OS TIPOS DE OPERAÇÃO				
	Categoria de Performance de Aeronave <sup>(2)</sup>				
ÁREA <sup>(3)</sup>	H	A	B	C	D e E
Altura mínima do circuito de tráfego (m)	H <sup>(4)</sup>	H <sup>(4)</sup>	H <sup>(4)</sup>	H <sup>(4)</sup>	457
Largura (m)	2350	2350	2780	4170	7410
Buffer* (m)	470	470	470	930	930
Comprimento (m)	2350	2350	2780	4170	5560
<b>Seção de Través</b>					
Altura (m)	H - 76	H - 152	H - 152	H - 152	305
<b>Seção de Aproximação e Decolagem</b>					
Altura (m)	H - 99	H - 198	H - 198	H - 198	259

(1) A não ser que exista proibição de operações de helicópteros, todos os aeródromos deverão possuir uma superfície de operação VFR para a categoria da aeronave de asa fixa de projeto e outra superfície de operação VFR para a categoria H. A nomenclatura das áreas será a mesma da categoria de performance aplicada (Área H, Área A, Área B, Área C e Área D).

(2) Para os aeródromos cuja a categoria da aeronave de projeto seja D ou E, serão aplicados os valores de altura das seções de través e de aproximação e decolagem somente a partir do limite da superfície de operação VFR para categoria C.

(3) O valor da altura mínima do circuito de tráfego pode ser 152 ou 183 metros.

(4) O valor da altura mínima do circuito de tráfego pode ser 305, 335, 366, 396, 427 ou 457 metros.

\* o termo "buffer" é utilizado na elaboração de procedimentos à navegação aérea e está relacionado com uma margem adicional de segurança.

Figura 15 - Dimensões da Superfície de Proteção ao Voo Visual para aeronave crítica, de "Categoria de Performance B".

Os elementos que compunham a ZPA, dentre eles a SPVV, estavam relacionados a aspectos de planejamento aeroportuário e não de operação corrente de aeronaves. Assim, a SPVV de SNCT previa uma altura para circuito de tráfego de 396 m (1.299 ft).

A Figura 16 ilustra os limites da ZPA de SNCT na cor azul; juntamente com as SPVV 1 e 2 representadas pelas áreas internas aos retângulos na cor laranja; e as superfícies de aproximação para as cabeceiras 02 e 20 na cor ciano.



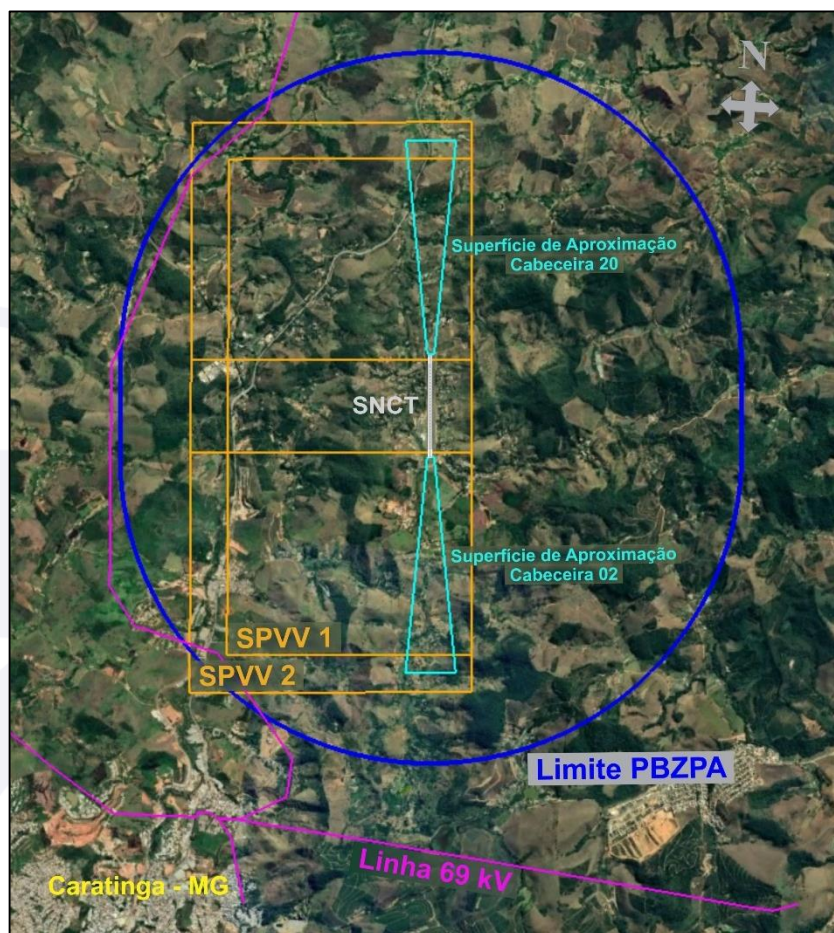


Figura 16 - Representação do PBZPA do aeródromo de Caratinga.

Com relação ao afastamento da SPVV 2 e da superfície de aproximação para a pista 02, verificou-se que as distâncias correspondiam a 1,5 e 1,4 NM, respectivamente.

### 1.11. Gravadores de voo.

O RBAC nº 135 - “Operações de Transporte Aéreo Público com Aviões com Configuração Máxima Certificada de Assentos para Passageiros de até 19 Assentos e Capacidade Máxima de até 3.400 kg (7.500 lb)” estabelecia o seguinte requisito para instalação de *Cockpit Voice Recorder* (CVR - gravador de voz da cabine) em aeronaves:

135.151 Gravador de voz na cabine

(a) Somente é permitido operar uma aeronave multimotora com motores a turbina, tendo uma configuração para passageiros de seis ou mais assentos e para o qual são requeridos dois pilotos pelas regras de certificação ou de operação, se ela for equipada com um gravador de voz aprovado na cabine dos pilotos que: (grifo nosso)

[...]

A operação conduzida pelo operador requeria dois pilotos e, de acordo com o projeto da aeronave PT-ONJ, a configuração máxima para passageiros seria de seis assentos, no entanto, a aeronave estava configurada com cinco assentos destinados aos passageiros.

No que diz respeito à instalação de *Flight Data Recorder* (FDR - gravador de dados de voo), estes eram requeridos para aeronaves com uma configuração para passageiros de 10 a 19 assentos e que tivessem sido fabricadas após 11OUT1991, segundo a seção 135.152 (a) do RBAC 135.

Sendo assim, em face da configuração de cinco assentos para passageiros, incorporada à aeronave, constatou-se que a instalação de gravadores de voo no PT-ONJ não era requerida, de modo que estes não estavam instalados.

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

O primeiro impacto da aeronave ocorreu contra um cabo para-raios localizado no vão entre as torres 8 e 9 da linha de transmissão 69 kV Caratinga - PCH "Pipoca".

Segundo relatos de observadores, após o impacto contra o cabo, a aeronave teria entrado em atitude anormal, com grandes variações angulares de atitude e inclinação.

A aeronave colidiu contra o terreno rochoso com alta energia, às margens de uma cachoeira, cerca de 730 m à frente do cabo para-raios.

Não foram identificados pontos de contato entre a aeronave e o solo no trecho compreendido entre o ponto de impacto contra o cabo para-raios e o local de parada da aeronave.

Não houve relatos de explosões ou chamas no local, porém foi reportado forte odor de combustível nas imediações do local de parada dos destroços.

O motor esquerdo se desprendeu da asa, ainda em voo, como consequência das forças inerciais e de impacto, vindo a parar cerca de 85 m à frente da aeronave (Figura 17).

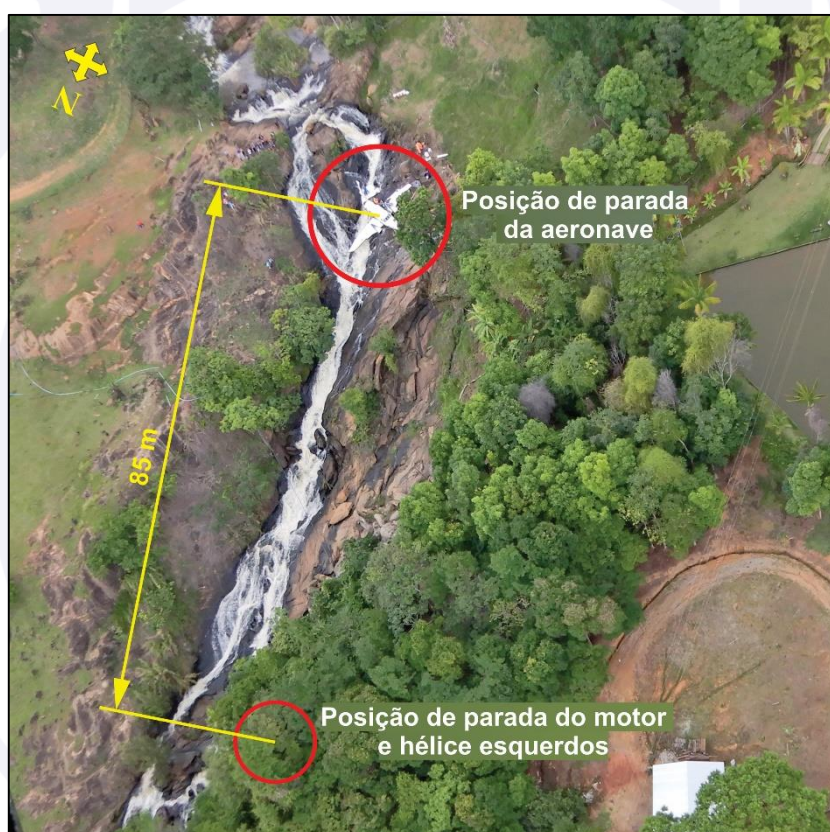


Figura 17 - Identificação do local da queda e de parada do motor/hélice esquerdos.

O motor direito se desprendeu da asa no momento do impacto contra o solo, parou cerca de 9 m à frente do seu ponto de fixação na aeronave e ficou parcialmente submerso na cachoeira (Figura 18).





Figura 18 - Identificação do local de parada do motor/hélice direitos.

O trem de pouso auxiliar, juntamente com alguns fragmentos da seção dianteira, também se desprendeu e parou cerca de 30 m à frente.

Com exceção dos motores, do trem de pouso auxiliar e de pequenas partes da fuselagem, a maior parte dos destroços ficou concentrada no local de parada da aeronave. A estrutura tinha diversas deformações, dobras, amassamentos e fraturas, principalmente em decorrência do impacto contra o solo (Figura 19).



Figura 19 - Local da parada final e danos na estrutura da aeronave.

O ângulo dos flapes identificado nos destroços era compatível com a posição APPROACH (Figura 20).





Figura 20 - Posição dos flapes da asa esquerda após o impacto contra o solo.

Os estudos realizados não apontaram uma estimativa precisa do comportamento e das variações angulares da aeronave na trajetória compreendida entre o ponto de impacto contra o cabo para-raios e o seu local de parada.

No entanto, considerando a extensão dos danos, o padrão de deformação da fuselagem e das asas, assim como a reduzida distância percorrida em voo após o impacto contra o cabo para-raios, concluiu-se que a aeronave teve uma forte desaceleração da sua velocidade horizontal, ainda em voo, e impactou o solo com elevada razão de afundamento, com grande inclinação lateral para a esquerda e atitude próxima à nivelada.

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

#### **1.13.1. Aspectos médicos.**

O PIC possuía o CMA de primeira classe válido. Ele tinha 56 anos e havia realizado a sua última Inspeção de Saúde (INSPSAU), em 20NOV2020, em clínica credenciada pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

De acordo com o resultado da INSPSAU, ele estava saudável física e mentalmente, considerado apto para o exercício de atividade aérea, com a indicação de fazer uso de lentes corretoras (H52.2 - Astigmatismo). Não foi possível confirmar se ele fazia uso de lentes corretoras no momento do acidente.

O SIC, por sua vez, possuía o CMA de primeira classe válido. Tinha 37 anos e havia realizado a sua última INSPSAU, em 24SET2021, em clínica credenciada pela ANAC.

De acordo com o resultado da INSPSAU, ele estava saudável física e mentalmente, considerado apto para o exercício da atividade aérea.

Conforme informações coletadas em entrevistas pós-acidente, nenhum dos pilotos havia comentado sobre qualquer problema de saúde.

Nenhum deles fumava nem fazia uso de bebida alcoólica, não utilizavam qualquer medicação de uso contínuo e nem apresentavam sinais de estresse ou fadiga. Também, eles não eram tidos como pessoas estressadas, sendo considerados bastante centrados e profissionais.

Conforme escala de voo, o PIC estava de folga nos dias 1º e 2 de novembro, estando escalado para voar entre os dias 4 e 6 do mesmo mês.

No dia anterior ao acidente, o PIC realizou um voo de Brasília, DF, para Uberlândia, MG, na aeronave C208, tendo cumprido o período de descanso regulamentar previsto no

RBAC nº 117 - "Requisitos para Gerenciamento de Risco de Fadiga Humana", Emenda nº 00, de 13MAR2019.

O SIC estava de folga nos mesmos dias que o PIC e de sobreaviso no dia 04NOV2021, mas não foi acionado.

Segundo relatos de pessoas próximas, os pilotos tinham uma rotina regular de sono, com duração adequada por noite. Da mesma forma, não houve alteração da rotina cumprida nas 48 horas anteriores ao acidente.

Após o acidente, foram realizados exames toxicológicos (fármacos e/ou metabólitos, drogas de abuso e praguicidas) e de dosagem de etanol. Não foi detectada a presença das substâncias pesquisadas nas amostras coletadas.

O exame pericial concluiu que a causa da morte dos pilotos foi politraumatismo contuso. Com base nos laudos de necropsia, avaliadas a gravidade e a multiplicidade das lesões apresentadas, concluiu-se que as lesões foram fatais, com morte imediata e resultantes das forças de impacto.

#### Fisiologia da visão e acuidade visual.

Em face da colisão da aeronave contra o cabo para-raios, faz-se necessário explanar alguns aspectos relacionados à fisiologia da visão, acuidade visual e a distância que o olho humano é capaz de identificar e perceber um objeto.

O sistema visual, estimulado pela luz, deve primariamente realizar três funções básicas: deve ser capaz de perceber um objeto pela detecção de luz emitida ou refletida a partir dele (discriminação da luz); deve ser capaz de perceber os detalhes de um objeto (acuidade visual); e deve permitir que se julgue distâncias de objetos e perceber o movimento no campo visual (percepção de profundidade). A acuidade visual e a percepção de profundidade, combinadas, são denominadas como discriminação espacial.

A acuidade visual é influenciada pelo estado de refração do olho. Os erros refracionais mais comuns que podem comprometer a acuidade visual e percepção de profundidade incluem a miopia, hipermetropia, o astigmatismo e a presbiopia.

No que diz respeito à percepção de profundidade, deve-se considerar que esta pode ser distorcida por ilusões de ótica. Fios mais altos, por exemplo, parecem estar mais distantes quando vistos em combinação com os fios mais baixos e tal efeito só se reduz a distâncias inferiores a 100 m, restando, assim, pouco tempo para um piloto reagir.

Em suma, deve-se considerar que a visão é um dos requisitos mais relevantes para a operação de aeronaves. Ela é essencial em todas as fases do voo, sendo responsável pela identificação de objetos distantes e pela percepção de detalhes de forma e de cor. O sentido visual também permite o julgamento de distâncias e a percepção de movimentos no campo visual, sendo essa uma característica fundamental para a correta determinação da trajetória da aeronave pelos pilotos.

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

Um aspecto a ser considerado para a visibilidade de um objeto diz respeito ao seu tamanho e contraste com o fundo. A percepção de objetos é reduzida à medida que o seu contraste diminui em relação ao seu fundo e, nesse caso, um objeto com menor contraste deve ter um tamanho relevante ou estar mais próximo para que possa ser mais facilmente percebido.

No cenário em que ocorreu o acidente com o PT-ONJ, verificou-se que a linha de transmissão possuía baixo contraste em relação à vegetação ao fundo. Por sua vez, a torre que sustentava a linha estava sobre uma área elevada e apresentava um contraste mais favorável à sua identificação (Figura 21).



Figura 21 - Demonstração do contraste dos cabos e da torre, em relação ao terreno. As setas indicam as posições dos cabos entre duas torres.

Desta feita, a forma de se compensar uma condição de baixo contraste deve ser considerada por meio de uma sinalização que permita a identificação de objetos em maiores distâncias.

### 1.13.3. Aspectos Psicológicos.

O PIC era considerado por familiares e pessoas próximas como uma pessoa tranquila, carismática, comprometida e que, nos momentos livres, se dedicava à família e à religião.

Em 20JUN2020 foi contratado pelo operador, indicado por funcionário da empresa e, após participar do processo seletivo, foi contratado sem restrições. Ele foi designado para a função de comandante de aeronave C208, a partir de 30JUN2020, e de C90/C90A, a partir de 19SET2020.

Conforme relatos colhidos, o PIC estava satisfeito, pois se identificava com o ambiente de trabalho. Estava conseguindo se dedicar à família devido ao fato de a carga horária ser menor, bem como a base do operador ser próxima de sua residência.

No ambiente de trabalho, ele era visto por colegas e pela chefia como um profissional padrão, pois demonstrava rigor técnico e preocupava-se em seguir, à risca, todos os procedimentos previstos pelo operador. Ele também não tinha histórico de problemas interpessoais com colegas de trabalho.

No que diz respeito ao seu histórico operacional, a Comissão de Investigação verificou que o PIC havia trabalhado, no período de 19MAR2007 a 01SET2017, em empresa regida pelo RBAC 121 como copiloto de A-319/320.

De acordo com os dados coletados, em determinado momento, ele teve baixo desempenho em treinamentos realizados em simuladores de voo na função de *Pilot Flying* (PF - piloto que opera). As dificuldades apresentadas estavam relacionadas com sua habilidade para o voo manual, consciência situacional e julgamento de pilotagem, principalmente quando ocorria um aumento na carga de trabalho durante as sessões.

Nos referidos treinamentos, as orientações dos instrutores eram direcionadas para que ele buscasse uma evolução no refinamento de sua pilotagem, aprimoramento do gerenciamento de cabine e da consciência situacional em situações anormais.

Sendo orientado, o PIC apresentava uma evolução satisfatória após os *feedbacks*, mas carecia de reforço quando apresentava queda em seu desempenho.



Em contrapartida, seu histórico revelou um bom desempenho como *Pilot Monitoring* (PM - piloto que monitora), com bom monitoramento, assertividade e trabalho em equipe.

Em 2019, o PIC foi submetido à avaliação psicológica para revalidação do CMA e, na ocasião, foram aplicados os testes de Personalidade, Atenção, Memória e Raciocínio, que tiveram resultado “Favorável”.

No que diz respeito ao cumprimento do Programa de Treinamento do operador de Táxi-Aéreo, suas avaliações práticas dos treinamentos realizados revelaram resultados satisfatórios e sem observações relevantes.

Com relação ao SIC, ele era considerado, por pessoas de seu convívio, um profissional esforçado, autodidata nos assuntos relacionados à aviação e que buscava novos conhecimentos para se manter atualizado. Em seus momentos livres, costumava se dedicar à família e ao estudo.

Em 10ABR2021, o SIC foi contratado pelo operador, também indicado por funcionário da empresa e, após participar do processo seletivo, foi contratado sem restrições. Na ocasião da contratação, havia a expectativa de sua promoção para a função de comandante no médio prazo e, desse modo, ele aceitou a proposta para a função de copiloto.

No ambiente do operador, ele era considerado, por seus pares e chefia, como um profissional que se destacava por seu comprometimento profissional e pela capacidade técnica.

No que diz respeito ao seu histórico operacional, a Comissão de Investigação verificou que ele tinha experiência anterior como piloto de aeronave monomotora em outro operador de Táxi-Aéreo, tendo operado de 03NOV2011 a 10AGO2015.

Entre 2015 e 2021, o SIC assumiu a função de instrutor em simuladores de um Centro de Instrução de Aviação Civil (CIAC).

Em 2019, ele foi submetido à avaliação psicológica para revalidação do CMA e, na ocasião, foram aplicados os testes de Personalidade, Atenção, Memória e Raciocínio, que tiveram resultado “Favorável”.

De acordo com as informações levantadas, nenhum dos pilotos apresentava problemas familiares, pessoais, financeiros ou de ordem psicológica que pudessem interferir no desempenho em voo.

No que diz respeito às interações entre o PIC e o SIC, de acordo com informações obtidas, os pilotos mantinham uma relação de amizade e, em algumas vezes, deslocavam-se para o trabalho juntos, pois residiam em Brasília, DF. Ambos foram elogiados pelos colegas de trabalho pela postura ética e por se comportarem de maneira que privilegiava a sensatez e o bem-estar coletivo.

No período de agosto a novembro de 2021, eles atuaram como tripulação em nove voos e, no dia anterior ao acidente em tela, foram acionados pelo operador, sendo informados de que haveria uma artista renomada como passageira.

No dia do acidente, o PIC saiu de sua residência por volta das 10h00min (UTC), deslocou-se para a residência do SIC, de onde seguiram de carro para Goiânia, GO, a fim de estar na sede do operador por volta das 13h00min (UTC).

Durante o voo do acidente, um piloto de outra aeronave que se aproximava para pouso em SNCT relatou ter ouvido as comunicações do PT-ONJ e, conforme relatado, não percebeu diferença ou alteração nas transmissões, sugerindo que, até aquele momento, tudo corria dentro da normalidade.

#### 1.14. Informações acerca de fogo.

Não houve evidências de fogo em voo, ou após o impacto.

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

As primeiras informações recebidas pela equipe de resgate indicavam que haviam sido avistadas vítimas no interior da aeronave, através do para-brisas dianteiro.

O acesso ao local foi feito por meio de uma trilha em declive de, aproximadamente, 30 m dentre a vegetação que antecedia a parte rochosa da cachoeira.

O trabalho inicial de resgate foi conduzido pelos militares da Polícia Militar de Minas Gerais (PMMG) e do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG).

Em seguida, um perito médico teve acesso ao interior da aeronave e constatou o óbito de todos os ocupantes.

Houve um extenso desprendimento do revestimento interno da aeronave, do painel de instrumentos, do piso e de todos os assentos (Figura 22).



Figura 22 - Extensão dos danos no interior da aeronave.

Não foi possível determinar se os passageiros usavam os cintos de segurança. A força do impacto se mostrou muito superior à capacidade de resistência e de absorção, tanto da fuselagem, quanto dos assentos.

Em face da deformação da fuselagem, houve bastante dificuldade para abrir a porta principal, por onde foram resgatadas as vítimas.

#### 1.16. Exames, testes e pesquisas.

##### Exames de componentes da aeronave.

Foram realizados exames visuais e por estereoscopia nos cabos de comando, nos suportes dos motores, filamentos de lâmpadas de indicação e filamentos das lâmpadas do farol do trem de pouso do PT-ONJ.

A partir dos exames realizados nos cabos de comando de voo primários, observaram-se: espalhamento dos arames que compunham os cabos, alturas diferentes de rompimento dos arames, e estrição; indicativos de sobrecarga decorrente do impacto da aeronave (Figura 23).



Figura 23 - Cabos de comando da aeronave com indicativo de sobrecarga.

No exame visual realizado na alavanca de comando dos trens de pouso, observou-se que ela estava na posição de “trem embaixo” e com a trava de segurança acionada (Figura 24).

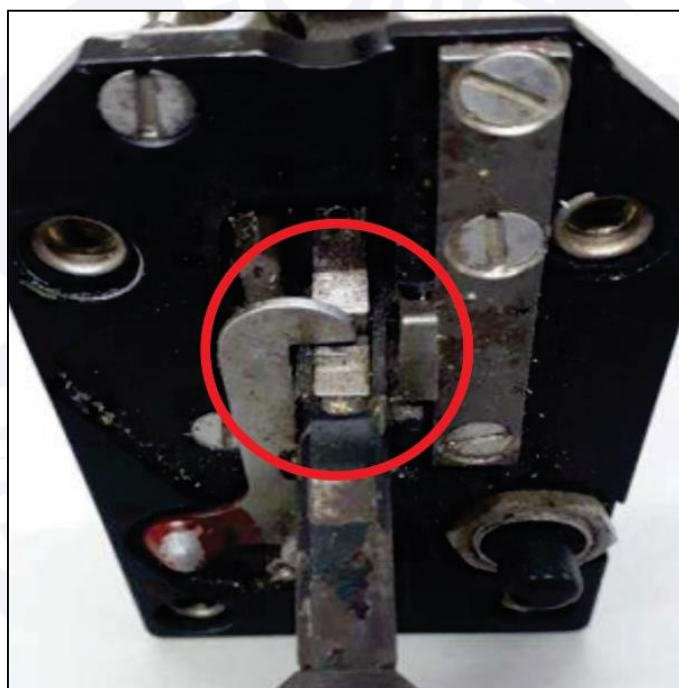


Figura 24 - Alavanca de acionamento do trem de pouso com trava de proteção ativada.

Os componentes do trem de pouso revelaram fraturas indicativas de sobrecarga devido ao impacto. Uma marca observada na banda de rodagem de um dos pneus indicava que os trens estavam baixados no momento do impacto.

A porta do compartimento do trem de pouso apresentou poucos danos, indicando que ela não sofreu impacto direto contra o cabo para-raios da linha de transmissão.

Os exames realizados nas lâmpadas revelaram que os filamentos das luzes de indicação de travamento e do farol do trem de pouso sofreram deformação plástica a quente, indicando que elas estariam acesas no momento do impacto da aeronave (Figura 25).



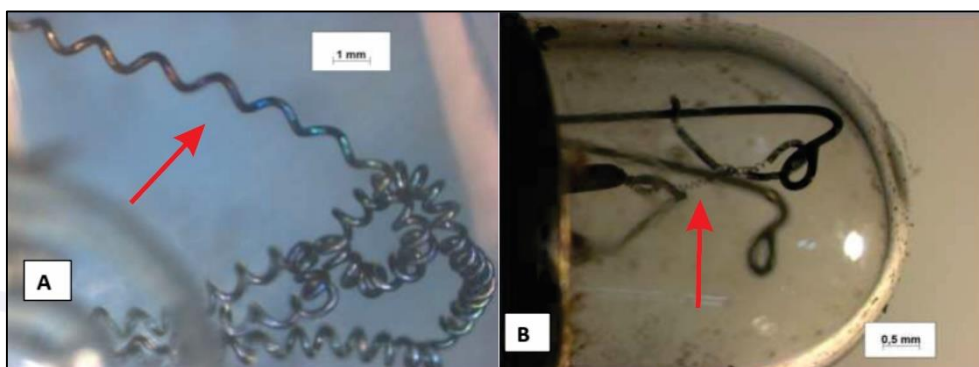


Figura 25 - Fotoestereoscopia dos filamentos das lâmpadas, do farol do trem de pouso (A), e de indicação de travamento (B).

As demais lâmpadas dos outros sistemas apresentaram aspectos de fraturas frágeis, envelhecimento natural pelo uso, sendo que nenhuma apresentou deformação plástica característica de estar acesa durante o impacto.

#### Análises de óleo e combustível.

O resultado das análises indicou que o ponto de fulgor do óleo lubrificante do motor direito estava abaixo do ponto de fulgor especificado. Tal discrepância poderia ser entendida como uma possível contaminação da amostra, considerando que o material coletado ficou em contato com água e combustível no local do acidente.

No entanto, pelo fato de a água não ser miscível no óleo, essa possibilidade foi descartada. O que pôde ser admitido é que o combustível da aeronave contaminou o óleo lubrificante.

Admitindo a possibilidade de o combustível ter contaminado o óleo, o ponto de fulgor do óleo seria reduzido, pois o ponto de fulgor do querosene de aviação se inicia a aproximadamente 35°C. O contato com o óleo na sua temperatura normal de trabalho, 80°C, pode ter provocado a evaporação das frações com temperatura de ebulição mais baixas, presentes no combustível.

Com isso, é possível que tenham permanecido somente as frações do combustível com maior ponto de fulgor. Sendo assim, ao ser ensaiada a amostra de óleo, as frações restantes do combustível, misturados ao óleo, podem ter entrado em combustão, fazendo com que o ponto de fulgor do óleo lubrificante ficasse abaixo do mínimo especificado por norma durante o ensaio realizado.

Os demais resultados obtidos nos ensaios físico-químicos das amostras de combustível e de óleo lubrificante estavam de acordo com suas respectivas especificações e não apresentaram indícios de contaminação.

#### Exames dos motores.

A aeronave estava equipada com os motores *Pratt & Whitney*, modelo PT6A-21, *Serial Number* (SN - número de série) PCE 25594, lado esquerdo, e SN PCE 025595, lado direito.

O **motor esquerdo** (PCE 25594) tinha *Time Since New* (TSN - tempo desde novo) de 7.162 horas, *Cycles Since New* (CSN - ciclos desde novo) de 6.473, *Time Since Overhaul* (TSO - tempo desde revisão) de 3.188 horas e 35 minutos, *Cycles Since Overhaul* (CSO - ciclos desde revisão) de 2.741 e tempo desde *Hot Section Inspection* (HSI - inspeção da seção quente) de 1.339 horas e 40 minutos.

De acordo com o *logbook* do motor, o último registro se referia a um reparo devido à incidência de raio, feito em 05FEV2020. O TSN, na ocasião, era de 6.488 horas e 20 minutos e o CSN de 6.091 ciclos.

Os exames do motor esquerdo revelaram a parte externa coberta de sujeira e detritos orgânicos e que havia um pedaço de cabo de aço enrolado no cubo da hélice. A parte frontal foi deformada e torcida para cima, alterando o eixo do motor (Figura 26).

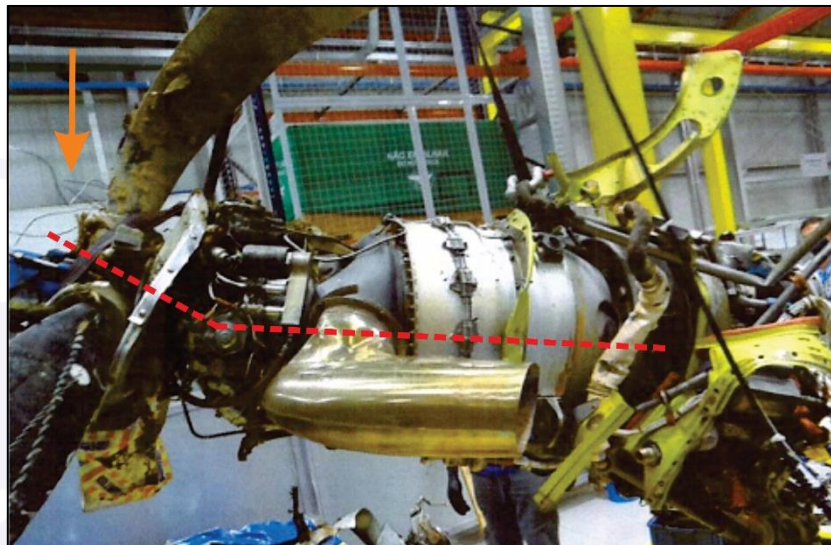


Figura 26 - Vista da lateral esquerda do motor esquerdo sem carenagem. A linha tracejada projeta a deformação no eixo longitudinal do motor e a seta indica o detalhe do cabo enrolado no cubo da hélice.

A análise do conjunto rotativo do compressor do motor esquerdo revelou marcas de roçamento na carcaça da região do primeiro estágio do compressor, compatíveis com o desenvolvimento de potência no momento do impacto contra o cabo para-raios (Figura 27).



Figura 27 - Vista do rotor do primeiro estágio do compressor do motor esquerdo com marcas de roçamento observadas na carcaça.

A seção quente foi examinada de modo detalhado. Por se tratar de um motor que trabalha com turbinas independentes, foram encontradas marcas de roçamento intenso deixadas pelo rotor da turbina do compressor sobre o diafragma (Figura 28).



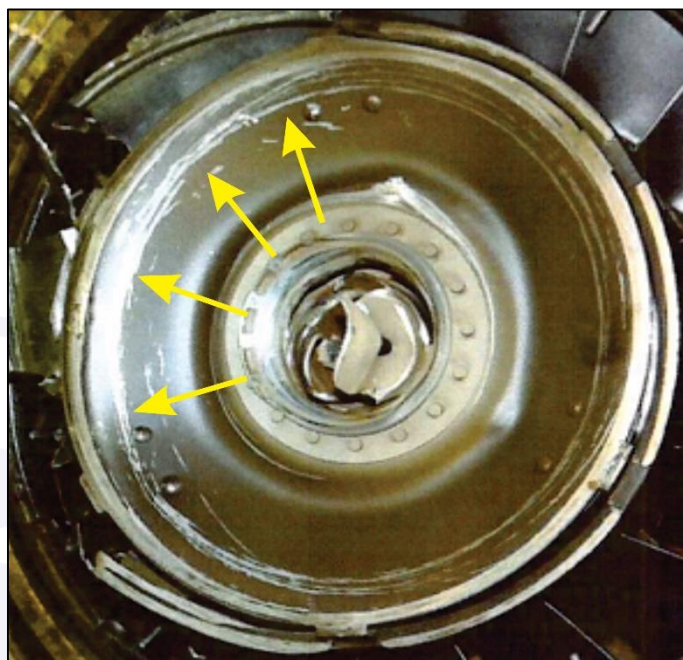


Figura 28 - Vista anterior do diafragma do motor esquerdo com marcas de roçamento intenso.

Do outro lado do mesmo diafragma, na face voltada para a turbina de potência, verificaram-se marcas de impacto deixadas pelo rotor dessa turbina. As marcas indicaram que o rotor estava parado no instante em que o motor sofreu a compressão e o conseqüente desalinhamento (Figura 29).



Figura 29 - Vista posterior do diafragma do motor esquerdo com marcas suaves de roçamento e de impacto com o rotor da turbina de potência parado.

A ruptura de palhetas do rotor da turbina de potência, na metade do comprimento, corrobora com a ausência de rotação naquela seção do motor no instante da colisão contra o solo. Isto se explica pelo fato de a hélice esquerda ter colidido contra o cabo para-raios e ter a sua rotação interrompida abruptamente (Figura 30).

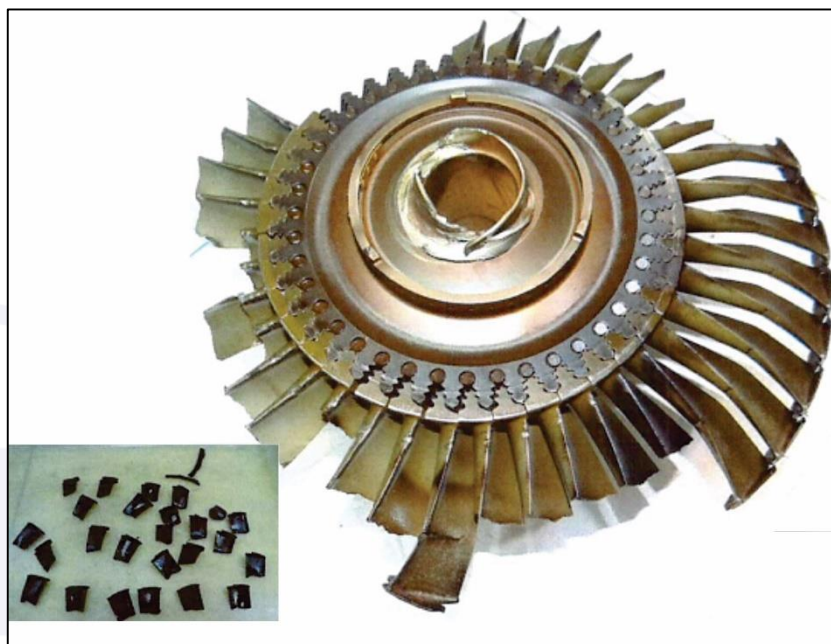


Figura 30 - Vista anterior do rotor da turbina de potência do motor esquerdo e de parte das palhetas que foram recuperadas.

À semelhança do rotor, o estator da turbina de potência também exibiu marcas de impacto parado e com dano nas aletas (Figura 31).



Figura 31 - Vista posterior do estator da turbina de potência do motor esquerdo com marcas de impacto parado e com dano nas aletas.

As marcas de impacto com o rotor da turbina de potência parado surgiram devido ao travamento provocado pelo cabo para-raios sobre a hélice. Esta condição de travamento passou pela caixa de redução e chegou até a turbina de potência do motor.

No sistema de lubrificação do motor esquerdo, não foi detectada qualquer anormalidade que pudesse comprometer o seu funcionamento. Durante a desmontagem, constatou-se que os componentes internos, que necessitam de lubrificação, apresentavam evidências de que funcionaram lubrificados todo o tempo (Figura 32).





Figura 32 - Filtro de óleo do motor esquerdo sem anormalidades.

Internamente, este motor apresentava evidências de que estava com funcionamento normal e que desenvolvia potência no instante em que a aeronave colidiu contra o cabo para-raios.

A análise da hélice do motor esquerdo mostrou que, inicialmente, o cabo para-raios atingiu o *spinner* e o seccionou. Em seguida, o *spinner* foi arrancado do seu ponto de fixação ao prato da hélice. O cabo para-raios, ao enrolar na hélice, bloqueou o pistão servo e as pás de hélice na posição em que se encontravam naquele instante do voo (Figura 33).



Figura 33 - Marcas de impacto no *spinner* do motor esquerdo.

Foi observado que o cilindro da hélice apresentava deformação de cerca de 25 mm a partir da sua base (Figura 34).



Figura 34 - Deformação observada na base do cilindro da hélice do motor esquerdo.

Essa deformação indica que o pistão servo estava deslocado da sua posição de repouso e que ocorreu calço hidráulico no instante da colisão. As marcas observadas indicam que o pistão servo e as pás da hélice se encontravam fora da posição de repouso (bandeira), portanto, em passo de voo.

Com relação às análises realizadas no **motor direito** (PCE 025595), verificou-se que ele tinha TSN de 7.015 horas, CSN de 6.312 horas, TSO de 3.043 horas e 35 minutos, CSO de 2.580 horas, e tempo desde HSI de 1.341 horas e 30 minutos.

De acordo com o *logbook* do motor direito, o último registro se referia a uma inspeção realizada em 01OUT2020. O TSN, na ocasião, era de 6.342 horas e o CSN de 6.142 ciclos.

Com base nos resultados decorrentes dos trabalhos de investigação realizados no motor esquerdo, a análise realizada pôde ser estendida para o motor direito da aeronave, uma vez que as assinaturas internas em ambos os motores eram similares.

A carcaça da caixa de redução do motor direito foi fraturada por sobrecarga de tração. O duto de escapamento apresentava deformação compressiva na parte inferior e lateral esquerda. As superfícies restantes apresentavam-se encurvadas com amassados de dentro para fora, próximo à saída esquerda. Os dutos de exaustão foram severamente danificados (Figura 35).



Figura 35 - Detalhe das deformações da parte inferior do duto de escape do motor direito.

Ao ser examinado internamente, o motor direito não revelou indícios de mau funcionamento dos componentes lubrificados. Todos os rolamentos apresentavam aspecto



de funcionamento normal, evidenciando que não havia problemas no sistema de lubrificação e que não havia problemas com o óleo lubrificante.

Na hélice do motor direito, foi observado que houve a colisão do cabo para-raios contra o *spinner*, provocando uma deformação abaixo do contrapeso dinâmico. Em consequência, a perfuração do *spinner* pelo contrapeso dinâmico fez com que ele permanecesse na posição em que se encontrava no momento do impacto (Figura 36).

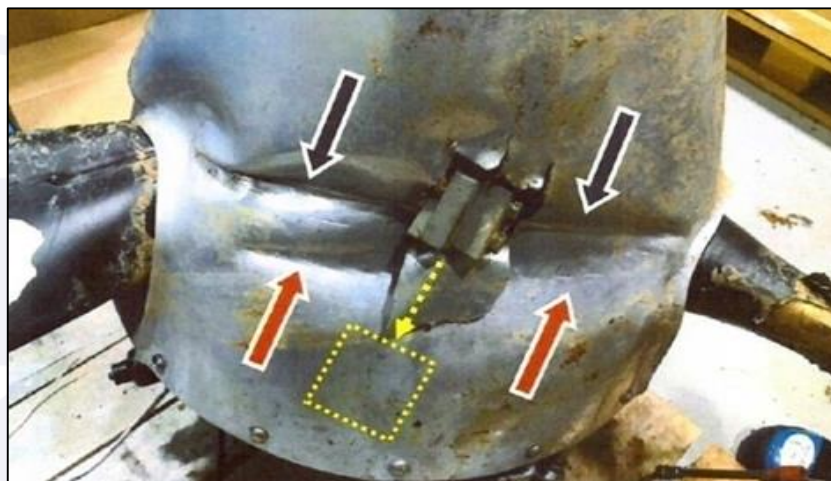


Figura 36 - Marca do cabo para-raios deixada sobre o *spinner* do motor direito.

A deformação observada na parte superior do contrapeso dinâmico, indicada pelas setas pretas, foi entendida como resultante da compressão sofrida pelo *spinner* por ocasião do impacto. O quadrado tracejado mostra a provável posição que ele deveria se encontrar, caso a hélice estivesse na posição “bandeira”.

Por fim, as análises de ambos os motores *Pratt & Whitney*, modelo PT6A-21, SN PCE 25594 e SN PCE 025595, que equipavam a aeronave *Beechcraft King Air C-90A*, matrícula PT-ONJ, apontaram que as assinaturas internas encontradas indicaram que ambos estavam operacionais. Indicaram, também, que ambos desenvolviam potência no instante em que houve a colisão contra o cabo para-raios.

#### Análise do impacto dos motores contra os cabos da linha de transmissão.

O motor esquerdo, o qual foi localizado cerca de 85 m à frente da aeronave, tinha parte do cabo para-raios da linha de transmissão de energia enrolado entre a bandeja do *spinner* e as abraçadeiras das pás de hélice (Figura 37).

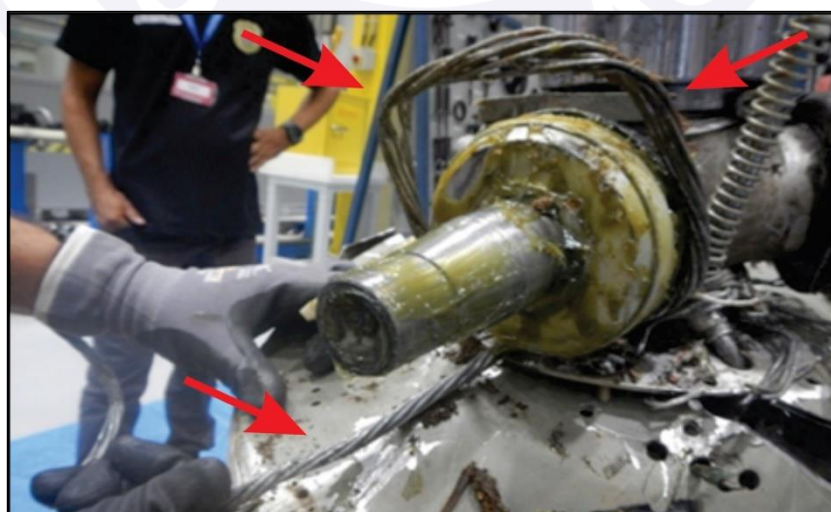


Figura 37 - Cabo para-raios enrolado no eixo da hélice do motor esquerdo (indicado pelas setas vermelhas).



Uma seção de aproximadamente 8,0 mm de diâmetro com aproximadamente 4,20 m de comprimento do cabo para-raios da linha de transmissão de energia foi removida do eixo da hélice do motor esquerdo.

Os investigadores coletaram duas seções de, aproximadamente, 4,0 m, do mesmo cabo para-raios da linha de transmissão de energia, para realizar ensaios e comparar as características das fraturas e a resistência máxima de ruptura do cabo de aço.

As fraturas dos arames do cabo de aço submetido ao ensaio de tração foram comparadas com as fraturas do cabo removido do eixo do motor da aeronave. Os resultados foram semelhantes. Em ambos os casos, os arames que compõem o cabo de aço sofreram esforço na direção axial e deformaram plasticamente com redução da área transversal, indicando sobrecarga (Figura 38).



Figura 38 - Fotoestereoscopias do cabo removido do eixo do motor (A) e cabo submetido ao ensaio de tração (B).

Portanto, restou constatado que o cabo removido do eixo do motor esquerdo da aeronave acidentada sofreu esforço de tração, em ambas as extremidades, acima do seu limite de resistência.

Considerando-se as marcas deixadas pelo cabo nos *spinners* e na fuselagem, constatou-se que a aeronave atingiu o cabo com a parte superior do nariz, em uma posição ligeiramente à frente da projeção da porta do compartimento de equipamentos eletrônicos. Tal ponto estava situado abaixo da linha de visada dos pilotos (Figura 39).

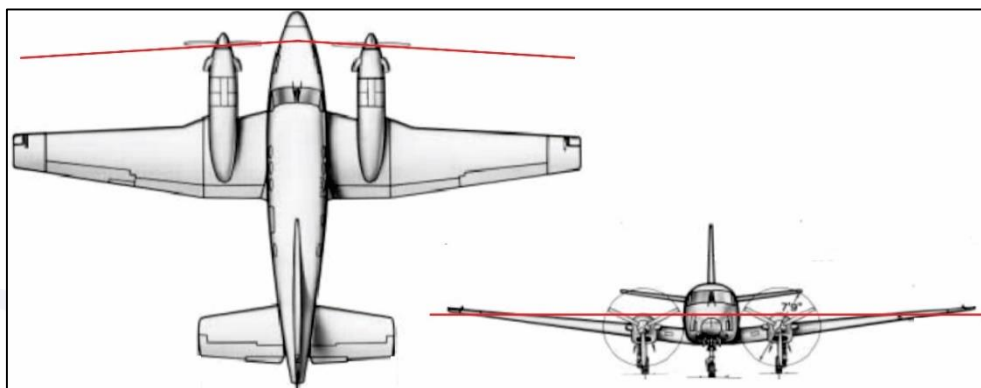


Figura 39 - Ilustração dos pontos de contato do cabo na aeronave (a linha vermelha representa o cabo para-raios).

Conforme ilustrado na Figura 39 e com base nos danos aos *spinners*, concluiu-se que a aeronave estava com inclinação correspondente a de asas niveladas no momento do impacto.

Com o rompimento do cabo, este rotacionou preso às hélices e atingiu as laterais da fuselagem, perfurando o seu revestimento (Figura 40).



Figura 40 - Marcas de contato do cabo contra o nariz da aeronave. As setas vermelhas apontam marcas de atrito e a seta amarela mostra um dos pontos de perfuração do revestimento.

Ademais, a existência de marcas na pá de hélice, em ângulos diferentes, indicou que a tração exercida pelo cabo preso no eixo da hélice moveu o conjunto motopropulsor esquerdo em seu eixo vertical, resultando na marca que se revela ao longo de todo o comprimento da pá (Figura 41).

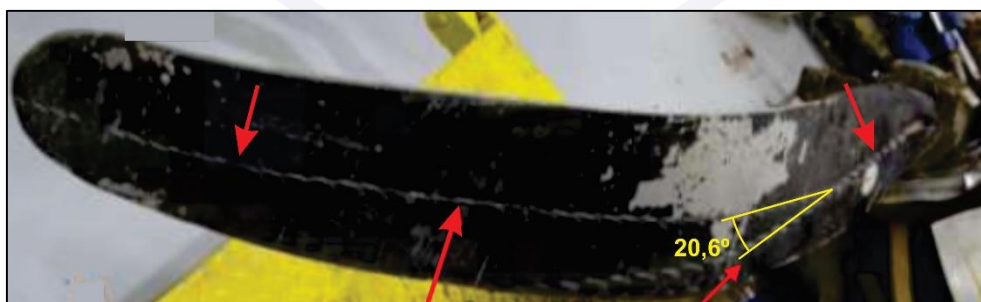


Figura 41 - Detalhes das marcas de impacto do cabo contra a pá de hélice do motor esquerdo.

Os exames realizados nos rebites de fixação dos suportes dos motores à estrutura da aeronave evidenciaram fraturas pelo mecanismo de cisalhamento, indicativos da aplicação de força perpendicular ao eixo longitudinal dos rebites, caracterizando uma força cortante (Figura 42).

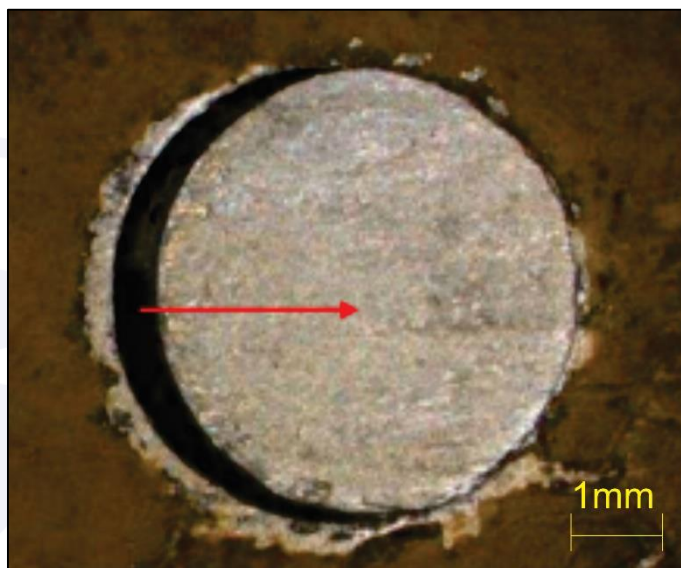


Figura 42 - Detalhe das marcas de cisalhamento do rebite do suporte do motor esquerdo. A seta indica a direção do cisalhamento.

Os rebites de dois suportes pertencentes ao motor esquerdo sofreram forças cisalhantes em uma direção e outros dois em sentidos opostos. Todos os rebites dos quatro suportes do motor direito sofreram fraturas pelo mecanismo de cisalhamento na mesma direção (Figura 43).



Figura 43 - Suportes de fixação dos motores esquerdo (acima) e direito (abaixo).

Da análise das marcas na aeronave e das características de ruptura do cabo para-raios depreende-se que houve esforços de tração que arrancaram o motor esquerdo de sua fixação, ainda em voo, e ocasionaram a perda de controle da aeronave.



## 1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

### Estrutura e Gestão do Operador da Aeronave.

O operador, cuja sede estava localizada no Aeródromo Santa Genoveva, Goiânia, GO, tinha mais de dezesseis anos de atuação e possuía outras duas bases de operação, sendo uma em Brasília, DF, e a outra em Porto Velho, RO.

De acordo com as Especificações Operativas (EO), que se encontravam na revisão nº 41, de 06JUN2021, o operador não possuía qualquer tipo de isenção de requisitos regulamentares.

Três aeronaves integravam a frota do operador, sendo um *Cessna 208B*, um *Beech Aircraft C90A* e um *Beech Aircraft C90*.

O operador da aeronave apresentava uma cultura familiar, centrada na manutenção dos seus valores. Era composta por um quadro de funcionários enxuto que buscava a qualidade e controle dos processos organizacionais.

Os funcionários do operador recebiam todos os treinamentos requeridos para as funções que exerciam.

O processo seletivo se iniciava com a divulgação das vagas e o recebimento de currículos. Os candidatos passavam por algumas etapas, tais como: entrevistas; avaliação psicológica para os pilotos; testes comportamentais realizados por serviço de psicologia terceirizada; entrevistas técnicas; e treinamento teórico e prático aplicados pelo Diretor de Operações.

Por ocasião da oferta de vagas, o operador dava prioridade a pessoas que fossem indicadas por funcionários, desde que passassem por todo o processo de seleção.

De acordo com informações coletadas, o operador possuía um ambiente e clima de trabalho amistoso e favorável, cumpria com os compromissos de acordo com a Lei do Aeronauta e não existiam sinais de competitividade, pressão ou desrespeito. Os funcionários se sentiam valorizados e consideravam o trabalho estável.

O operador dispunha de todos os manuais requeridos pela ANAC para aquele tipo de operação, os quais formalizavam os procedimentos empregados pelos tripulantes nas operações aéreas executadas.

Conforme relatado, quando havia demanda de voos para destinos ainda não operados anteriormente, buscavam-se informações complementares pelos meios oficiais disponíveis e por meio do contato com operadores do local de destino.

Com relação ao acidente em tela, o contato do contratante com o operador iniciou no dia 30OUT2021 e o voo foi programado para o dia 05NOV2021, com previsão de decolagem às 16h00min (UTC).

Era a primeira vez que o operador transportava aqueles passageiros e realizava voo para aquele destino.

Considerando o caráter excepcional daquele voo, por conta do embarque de uma artista renomada, os tripulantes foram escolhidos pelo operador por possuírem um perfil reservado e técnico.

### Supervisão do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO) pela Autoridade de Aviação Civil.

Em outubro de 2009, a ANAC aprovou o RBAC 119 - "Certificação: Operadores de Transporte Aéreo Público" com novos requisitos para a certificação de operadores regulares e não regulares, que estabelecia a necessidade de implementar um SGSO ao processo de certificação, além de definir os requisitos e as fases para essa implementação.

O RBAC 119 estabelecia que os operadores de táxi aéreo, deveriam entregar, até 31AGO2011, o Manual de Gerenciamento de Segurança Operacional (MGSO) contendo sua proposta de implantação do SGSO no operador.

Segundo a Instrução Suplementar 119-002 - "Guia para a Elaboração de SGSO de Empresa Aérea Certificada de Acordo com o RBAC 119", Revisão D, vigente à época do acidente, as empresas deveriam estar com o SGSO aceitos pela ANAC, implantados e operando até dezembro de 2014.

Em 2019, a ANAC aprovou as "Diretrizes para Avaliação do SGSO", as quais tinham como objetivo: "detalhar as orientações aos servidores para harmonizar a avaliação do SGSO nas atividades de certificação e vigilância continuada dos Provedores de Serviço da Aviação Civil (PSAC)".

No que se refere à vigilância continuada, efetuada pela ANAC no operador da aeronave PT-ONJ, a Comissão de Investigação consultou os registros que pudessem elucidar a sua atuação e a eficácia dos mecanismos de fiscalização.

O primeiro Relatório de Vigilância da Segurança Operacional, cujo conteúdo continha informações sobre o SGSO do operador, foi elaborado em 27SET2017, durante uma inspeção realizada de forma presencial na base principal, na qual foram verificados o setor de operações e o gerenciamento de risco do operador aéreo.

Nesta inspeção, foram constatadas não-conformidades em oito dos treze elementos ou processos que compunham o SGSO, dentre eles: os "processos de identificação de perigos" e os "processos de avaliação e mitigação de riscos"; os quais foram considerados não satisfatórios.

A recomendação feita pela ANAC ao operador foi dirigida aos processos avaliados como "não conforme", os quais deveriam ser implementados em um prazo de trinta dias.

Em 10JAN2018, por meio de formulário padronizado pela ANAC, o operador informou as ações tomadas com relação às não-conformidades apontadas na inspeção de 27SET2017. Nesse formulário, o operador esclareceu que: "em referência aos processos mencionados, são executados os processos de identificação de perigo e as saídas desses processos são devidamente registradas"; e que "são executados processos de avaliação e mitigação de riscos e as saídas desses processos são devidamente registradas".

A ANAC, por sua vez, encerrou o processo de inspeção de vigilância de Base Principal e SGSO, considerando satisfatórias as ações corretivas que foram informadas pelo operador e, para isso, emitiu um parecer favorável que aceitava o Plano de Ações Corretivas apresentado.

#### Gerenciamento da Segurança Operacional do Operador da Aeronave.

O operador da aeronave teve a primeira versão do seu MGSO aceita pela ANAC em julho de 2011, obedecendo o prazo estabelecido pelo RBAC 119. Neste documento, o operador assegurava: "manter os mais altos padrões de qualidade de seus equipamentos e de atuar com persistência para que se mantivesse a conscientização, a disciplina e a correta atitude de todos os envolvidos no seu âmbito".

O histórico de revisões do MGSO revelou que a última revisão foi realizada em setembro de 2020 e afetou todos os capítulos do manual.

A definição de perigo, encontrada no MGSO do operador, delimitava este conceito como: "uma condição, objeto ou atividade que potencialmente poderia causar lesões às pessoas, danos a bens (equipamentos ou estruturas), perda de pessoal ou redução da habilidade para desempenhar uma função determinada".

Da mesma forma, o conceito de risco era definido como: “uma avaliação das consequências, expressa em termos de probabilidade e severidade, tomando como referência a pior condição possível”.

Adicionalmente, o gerenciamento dos riscos à Segurança Operacional estava definido naquele manual como: “a identificação, análise e eliminação e/ou mitigação dos riscos que ameaçam as capacidades de uma organização da aviação civil a um nível aceitável”.

Esses conceitos estavam alinhados com a Instrução Suplementar (IS) 119-002. Em 2018 houve uma publicação de emenda ao RBAC 135, revogando vários apêndices que eram citados na IS 119-002 e alterava conceitos que ainda permaneciam no MGSO do operador. Cabe ressaltar que os conceitos, apesar de diferentes, não eram contraditórios.

A política e os objetivos de segurança do operador tinham, como uma de suas diretrizes, o estabelecimento de um sistema de identificação de perigos que permitisse o gerenciamento de risco reativo, proativo e preditivo.

O Diretor de Segurança Operacional, por sua vez, tinha a função de gerenciar e supervisionar o sistema de identificação de perigos.

O operador dispunha de um controle de Segurança Operacional, onde eram registrados e tratados os perigos identificados.

O MGSO do operador previa a instituição de uma Comissão de Segurança Operacional (CSO), cuja finalidade era prover apoio ao Diretor de Segurança Operacional e assegurar que o SGSO funcionasse adequadamente.

O CSO era um comitê de alto nível, presidido pelo Gestor Responsável e composto pelos demais membros da equipe de gestão, incluindo os gerentes dos departamentos que eram diretamente responsáveis pelo desempenho das atividades operacionais e demais áreas administrativas relevantes.

Dentre as atribuições da Comissão supracitada, destacam-se: a formulação de recomendações para ações e mitigação dos riscos identificados à Segurança Operacional; e a ajuda na identificação de perigos e defesas.

Não foi possível identificar, nas atas da CSO apresentadas, discussões a respeito dos indicadores de desempenho de Segurança Operacional e avaliações de risco. Nas referidas atas foram encontrados, majoritariamente, temas de cunho operacional.

A identificação dos perigos era tratada no MGSO do operador em seu capítulo 18, com destaque para o que se segue:

[...]

Os processos de identificação de perigos incluem os seguintes passos:

- Identificação de perigos, eventos ou fatos relacionados à Segurança Operacional;
- Coleta e armazenamento de dados de Segurança Operacional;
- Análise dos dados de Segurança Operacional; e
- Distribuição de informações de Segurança Operacional, obtidas a partir dos dados coletados e analisados.

As fontes de identificação de perigos para a Segurança Operacional incluíam, principalmente, os Relatos de Aviação Civil e as Vistorias de Segurança Operacional.

Os *Standard Operating Procedures* (SOP - procedimentos operacionais padrão) da aeronave *King Air 90 Series* do operador estabelecia procedimentos para minimizar os riscos da operação nos aeródromos sem voos de rotina e sem prestação de *Air Traffic Services* (ATS - serviços de tráfego aéreo).



No referido SOP, os seguintes procedimentos deveriam ser executados pela Coordenação de Voo do operador e pelos tripulantes:

- a. Sempre que possível, vistoriar a pista antes da ocorrência do voo;
- b. Caso não seja possível, verificar com pessoas do local a situação da pista e sua infraestrutura;
- c. Verificar a credibilidade das informações fornecidas e da pessoa que as encaminhou;
- d. Informações que deveriam ser levantadas:
  1. comprimento e largura da pista;
  2. estado de conservação da pista;
  3. pesquisar a existência de buracos, depressões ou outras deficiências que possam comprometer a segurança da operação;
  4. situação e dimensões do pátio;
  5. obstáculos como morros e antenas nas proximidades;
  6. existência de algum tipo de segurança para a aeronave, como hangar, guarda campo, reabastecimento, vigia e etc.;
  7. questionar sobre a incidência de incursões de pessoas e animais nas áreas do aeródromo.

Havia, ainda, a determinação para que, caso os tripulantes não tivessem as informações acima, as seguintes ações fossem efetuadas:

- a. A tripulação deverá fazer uma passagem baixa sobre a pista, no mínimo, a 1.000 ft (AGL) em condições VFR, a fim de observar seu estado de conservação, a existência de obstáculos ou animais, e a direção e intensidade do vento;
- b. Caberá ao Comandante da aeronave a decisão de pousar ou arremeter;
- c. Nos aeródromos em que não existam procedimentos de descida por instrumentos publicados, só deverão ser operados quando as condições meteorológicas estiverem iguais ou acima dos mínimos previstos.

De acordo com relatos de observadores, no dia do acidente não foi realizada uma passagem sobre a pista de SNCT.

Conforme entrevistas realizadas, o operador realizou contato com o aeródromo de SNCT para colher as informações sobre sua operacionalidade. Das informações tratadas, não foram identificadas quaisquer anormalidades ou perigos.

#### Gerenciamento da Segurança Operacional do Operador Aeroportuário.

O aeródromo de SNCT estava em operação há mais de cinquenta anos e era uma entidade pública da Prefeitura de Ubaporanga, MG, administrado por um gestor legalmente nomeado e sem históricos de acidentes relacionados à sua infraestrutura.

O aeródromo possuía uma estrutura enxuta, com doze funcionários e apresentava pouca demanda de voos, com uma média de três decolagens por dia no ano anterior ao acidente com a aeronave PT-ONJ.

Segundo informações levantadas com funcionários do aeródromo, eventualmente, pilotos de outras regiões entravam em contato por telefone para obterem informações básicas acerca das condições da pista, meteorologia e apoio de solo disponível.

Quando ocorriam tais contatos, geralmente era informado que o comprimento da pista estava homologado com 1.090 m, mas que a pista possuía 1.230 m. Era costume, também, indicar a cabeceira 02 para o pouso, por conta do vento predominante e de melhores condições para uma eventual arremetida.

Em relação ao SGSO, o aeródromo de SNCT tinha como requisito obrigatório apenas uma declaração de comprometimento com a garantia da Segurança Operacional, nos termos do requisito 153.51 (d) do RBAC 153 - "Aeródromos - Operação, Manutenção e Resposta à Emergência", emenda nº 06.

Quando consultada pela Comissão de Investigação, a ANAC informou que a declaração havia sido recebida.

De acordo com o previsto na Portaria 957/GC3, de 09JUL2015, do COMAER, que versava sobre "Restrições aos Objetos Projetados no Espaço Aéreo que Possam Afetar Adversamente a Segurança ou a Regularidade das Operações Aéreas", os aeródromos inscritos no cadastro de aeródromos da ANAC, no momento do início da vigência daquela Portaria, deveriam se adequar aos novos dispositivos por meio do processo de alteração no cadastro de aeródromos do DECEA, ainda que não tivessem ocorrido modificações nas características físicas ou operacionais do aeródromo.

Em 04MAIO2016, a Prefeitura Municipal de Ubaporanga assinou um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), junto ao DECEA, e em 30AGO2016 o PBZPA do aeródromo de Caratinga foi submetido ao Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA III).

A necessidade de adequação do aeródromo de Caratinga aos novos dispositivos contidos na Portaria 957/GC3 também ensejou a atualização no cadastrado junto à ANAC. Dessa forma, por meio da Portaria nº 3721/SIA, de 15DEZ2016, da ANAC, foram corrigidas as informações de altitude e largura da pista. Segundo os requisitos estabelecidos na Resolução nº 158, de 13JUL2010, esta atualização não significava uma alteração cadastral, portanto, não implicaria a aplicabilidade de outros requisitos.

Em 04JAN2021, as restrições estabelecidas na Portaria 957/GC3 foram substituídas pela ICA 11-408, de 14DEZ2020, não havendo alteração nos parâmetros de desenho do PBZPA.

A situação do aeródromo, à época do acidente, era regular, tanto com relação à inscrição no cadastro de aeródromos da ANAC, quanto com relação à aprovação do PBZPA junto ao DECEA.

#### **1.18. Informações operacionais.**

Tratava-se de um voo com objetivo de realizar o transporte de passageiros mediante contrato firmado de prestação de serviço de táxi aéreo, operando segundo os requisitos estabelecidos no RBAC 135, a partir de SBGO com destino a SNCT.

De acordo com relatos, o PIC realizaria o trecho SBGO - SNCT na função de PF e o SIC atuaria como PM.

Conforme informações relatadas acerca do planejamento e preparo para o voo, no dia do acidente, os pilotos chegaram à sede do operador com antecedência e realizaram um *briefing*, juntamente com o Diretor de Operações.

Na oportunidade, foram realizados os preparativos para o voo, consultas às informações meteorológicas disponíveis, informações aeronáuticas oficiais e, em complemento, o Diretor de Operações repassou informações coletadas junto a um funcionário do aeródromo de SNCT, obtidas no dia anterior.

A aeronave foi abastecida em SBGO no dia do acidente, às 14h16min (UTC), com 1.054 l (278,4 gal) de JET A1, ficando com os tanques completamente cheios.

Segundo o manifesto de carga encontrado a bordo e analisado pela Comissão de Investigação, a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento especificados pelo fabricante.

O plano de voo tinha previsão de partida de SBGO, às 15h00min (UTC), sob IFR, até a posição 1933S/04232W, onde faria a transição de IFR para VFR e prosseguiria para o destino SNCT. O aeródromo de alternativa planejado era Pampulha - Carlos Drummond de Andrade (SBBH), Belo Horizonte, MG.

A aeronave decolou às 16h05min (UTC) do dia 05NOV2021. A decolagem e a subida até o FL210 transcorreram sem anormalidades e às 17h51min (UTC) a aeronave iniciou a descida.

De acordo com a revisualização RADAR, sincronizada com os dados dos radares meteorológicos das 18h07min (UTC), observou-se que a aeronave efetuou desvios de até 6 NM para evitar áreas com fraca precipitação (Figura 44).

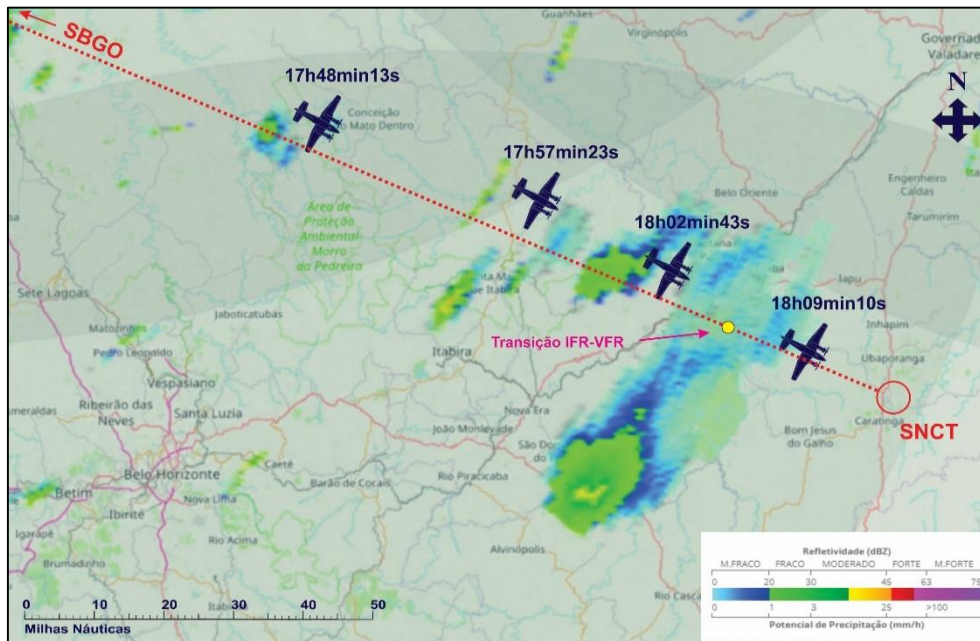


Figura 44 - Desvio de rota em relação às áreas com precipitação registradas às 18h07min (UTC). O ponto indica as coordenadas registradas no plano de voo para mudança de regras de IFR para VFR (aeronave fora de escala).

O último contato RADAR se deu às 18h09min10s (UTC) quando a aeronave se encontrava a 5.400 ft, no setor noroeste (NW), distante 13,9 NM de SNCT.

Uma vez que a operação no aeródromo de SNCT se dava em espaço aéreo “Classe G” e se restringia às regras VFR em período diurno, aplicavam-se os requisitos de tráfego aéreo estabelecidos na ICA 100-12 - “Regras do Ar”, de 2018, a qual previa o seguinte:

## 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.

[...]

## 4.2 PREVENÇÃO DE COLISÕES

4.2.1 As regras descritas a seguir não eximem o piloto em comando da responsabilidade de tomar a melhor ação para evitar uma colisão, incluindo as manobras baseadas nos avisos de resolução providas pelo equipamento ACAS.

NOTA 1: Com o objetivo de prevenir possíveis colisões, é importante que a vigilância seja exercida a bordo das aeronaves, sejam quais forem as regras de voo ou a classe do espaço aéreo na qual a aeronave está operando e, ainda, quando operando na área de movimento de um aeródromo.



Adicionalmente, de acordo com o 'Anexo C' da ICA 100-37 - "Serviços de Tráfego Aéreo", o ingresso e a operação no circuito de tráfego de aeródromo deveriam transcorrer da seguinte forma:

1.1.1 Antes de ingressar em um circuito de tráfego de aeródromo, todos os pilotos devem transmitir sua posição e intenção ao órgão AFIS ou, na inexistência de tal órgão, por meio da FCA.

[...]

1.1.4 Preferencialmente, a aproximação para o circuito de tráfego de aeródromo deverá ocorrer pelo setor da perna contra o vento (conforme indicado nas Figuras 1 e 2). Ao entrar pelo setor da perna contra o vento, o piloto deve planejar a descida para cruzar a pista em voo nivelado a 1.000 pés (ou 1.500 pés, conforme item 1.1.7) sobre a elevação do aeródromo ou altura do circuito publicada. Essa altura deve ser mantida até a descida para o pouso.

Uma vez que o aeródromo de SNCT não dispunha de *Aerodrome Flight Information Service* (AFIS - serviço de informação de voo em aeródromo), o ingresso no circuito de tráfego poderia ocorrer conforme o item 3.1 do "Anexo C" da ICA 100-37 (Figura 45).

3.1 Alternativamente ao especificado em 1.1.4, uma vez que o piloto tenha se assegurado de que não haverá conflito com outro tráfego que entre ou evolua no circuito, a aeronave poderá ingressar no circuito alinhada com o início da perna do vento, conforme indicado na Figura 2.

NOTA: Nesse caso, para o ingresso, a aeronave deverá estar em voo nivelado na altura do circuito, sendo que esta altura deverá ser mantida até a descida para o pouso.

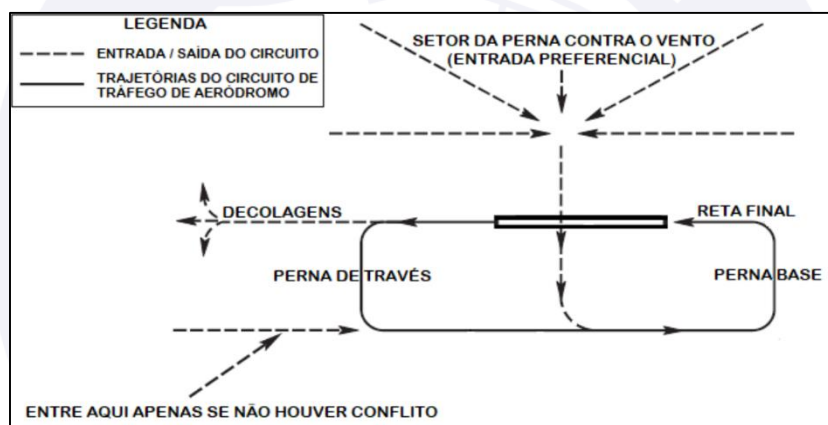


Figura 45 - Ilustração constante da Figura 2 do "Anexo C" da ICA 100-37.

De acordo com o relato de um piloto que estava a bordo de outra aeronave com destino à SNCT, momentos antes do acidente, a tripulação do PT-ONJ realizou três reportes na frequência livre de coordenação 123,45 MHz.

No primeiro reporte, a tripulação da aeronave PT-ONJ informou sua posição afastada 44 NM. No segundo reporte, informou que estava na perna do vento da pista 02 do setor W. No último reporte, cerca de 30s após o segundo, informou novamente que estava na perna do vento da pista 02 do setor W. Após isso, não houve mais contatos.

O SOP - *King Air 90 Series* do operador, no item 12.1.1 "Operação em Aeródromos sem Procedimentos Publicados para a Fase de Pouso", trazia o seguinte:

[...]

h. Concentrar a maior parte do tempo a atenção voltada para fora da aeronave, a fim de evitar colisões com outras aeronaves, obstáculos, planadores, paraquedistas, asa delta, pássaros, etc.;

i. Ao avistar o aeródromo efetuar o procedimento de tráfego visual padrão ou conforme carta VAC (carta de entrada e saída em circuito visual de aeródromo).

Adicionalmente, o MGO do operador previa, para avisos do EGPWS, o não questionamento ou análise dos avisos e a execução da manobra evasiva no item 11.4, conforme transcrito abaixo:

#### 11.4 Manobra de escape

a) Alarme de proximidade do solo (GPWS): Os procedimentos a seguir contribuem para a redução do risco de acidente do tipo *Controlled Flight Into Terrain* (CFIT):

- Familiarização com a rota do destino;
- Alerta quanto às altitudes;
- Conhecimento dos NOTAM local;
- Cumprir o perfil de aproximação estabilizada;
- Evitar mudanças de último momento nas aproximações já preparadas;
- Não questionar ou analisar o aviso do EGPWS, executando a manobra evasiva como previsto;
- Manter o nível adequado de treinamento;
- Ter em mente que a recuperação somente estará concluída quando cessarem as indicações de RA (+/2500 pés), significando que o avião está, realmente, livre dos obstáculos na altitude de aceleração.

Naquilo que diz respeito ao EGPWS, no entanto, deve-se considerar que o fabricante do equipamento facultava ao piloto a possibilidade de inibir os alertas quando voando sob VFR, uma vez que o sistema poderia emitir alertas incômodos. Tal possibilidade se dava pelo fato de que, sob VFR, a separação em relação ao terreno deveria se dar por meio de referências visuais.

Segundo o PTO do operador (Figura 46), em seu Anexo C - "Manobras de Voo (BE9L/C90), Parâmetros para Aproximação Visual e Pouso", tal aproximação era dividida em fases, com procedimentos de voo a serem executados em cada uma delas.

Os parâmetros estabelecidos eram:

- a) na perna do vento.
  - baixar flaps para *approach*; e
  - manter a velocidade indicada de 120 kt.
- b) no través da pista em uso.
  - baixar o trem de pouso; e
  - manter a reta por 30 segundos antes de realizar a curva para a perna base.
- c) na perna base.
  - manter a velocidade de 120 kt (ou  $V_{YSE} + 10$  kt em caso de voo monomotor).
- d) na final.
  - manter a velocidade  $V_{YSE} + 10$  kt; e
  - com o pouso garantido, baixar *flaps* para *down*, desligar o *yaw damper* e completar o *checklist* de pouso.

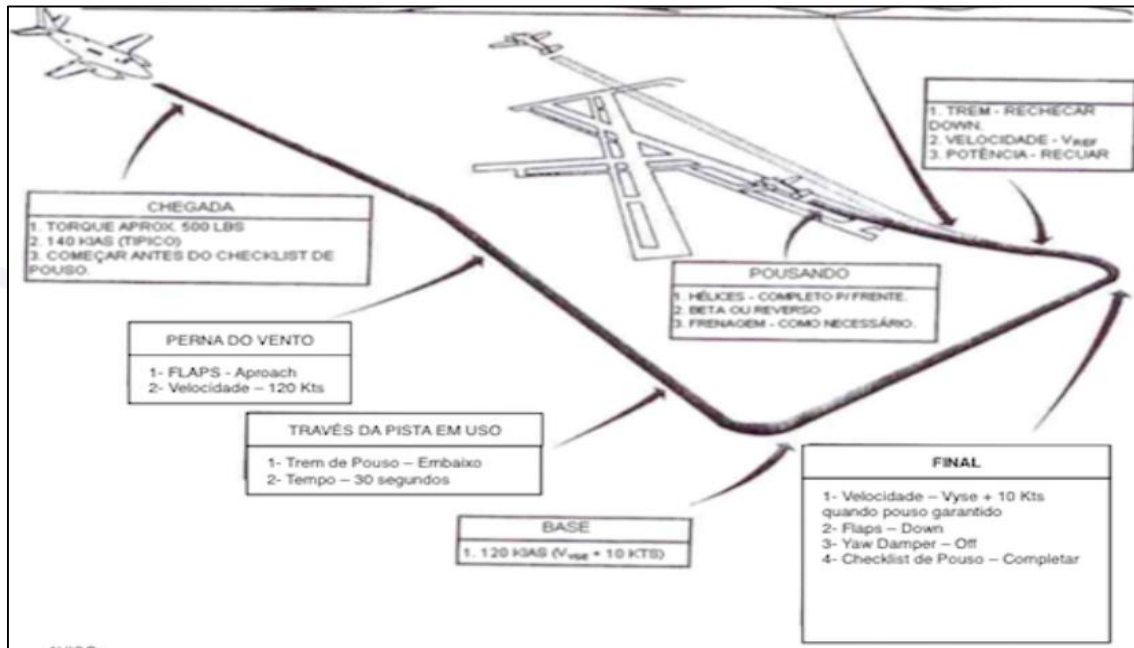


Figura 46 - Procedimentos de pouso previstos no PTO do operador e similares ao conteúdo do *checklist* operacional a bordo da aeronave PT-ONJ.

Um observador que aguardava o pouso do PT-ONJ em SNCT visualizou a aeronave ingressando na perna do vento da pista 02. Em seguida, ele a perdeu de vista por algum tempo. No momento em que o observador conseguiu visualizar a aeronave novamente, ela estava bem próxima das elevações, alinhada na final da pista 02 de SNCT, com os faróis acesos. Na sequência, ele ouviu um barulho e avistou a aeronave “girando” em direção ao solo.

Desse modo, tendo por base as informações correspondentes: ao último contato RADAR; ao setor de aproximação em relação à SNCT; aos relatos de tripulantes que contataram a aeronave em voo; de observadores em solo que viram o PT-ONJ no circuito de tráfego; e ao ponto de impacto da aeronave, a Comissão de Investigação considerou que o PT-ONJ seguiu uma trajetória conforme estimada na Figura 47.

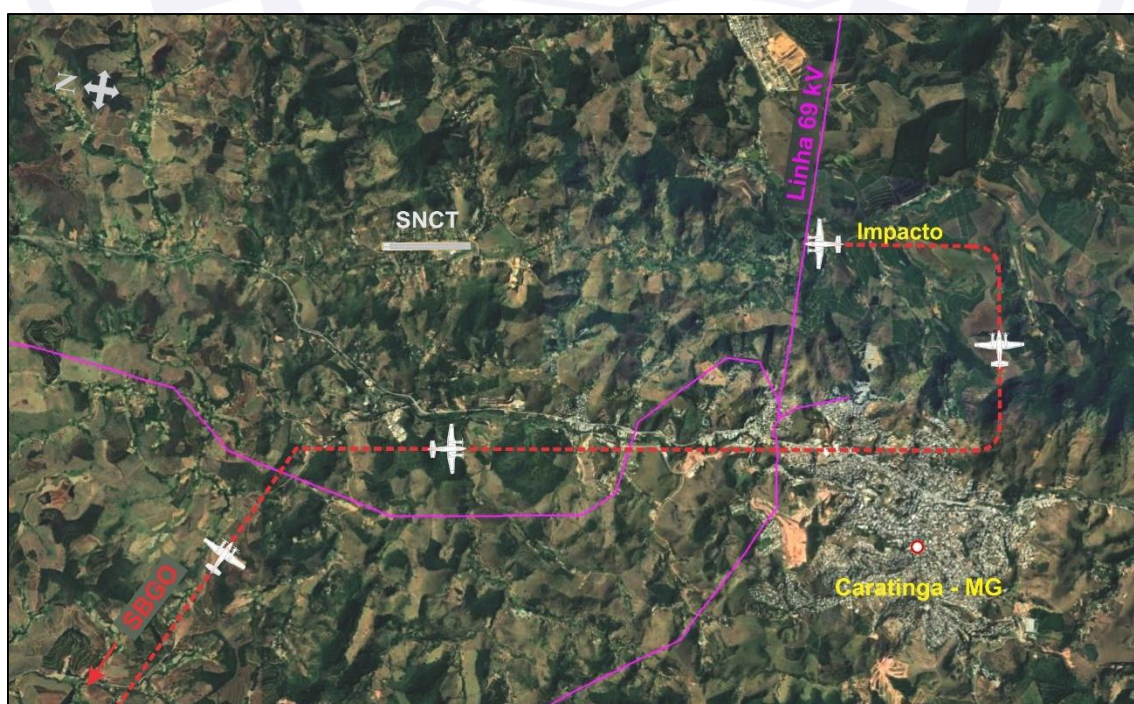


Figura 47 - Trajetória estimada até o impacto (aeronave fora de escala).



A colisão contra o cabo para-raios da linha de transmissão ocorreu em uma posição alinhada com o prolongamento da pista de SNCT, a 2,5 NM da cabeceira 02 e a uma altura de 922 ft em relação à pista. Naquele ponto, a aeronave estava a cerca de 115 ft de altura em relação ao terreno onde estava localizada a torre 8 e com rampa de  $3,46^\circ$  em relação à cabeceira 02 (Figura 48).

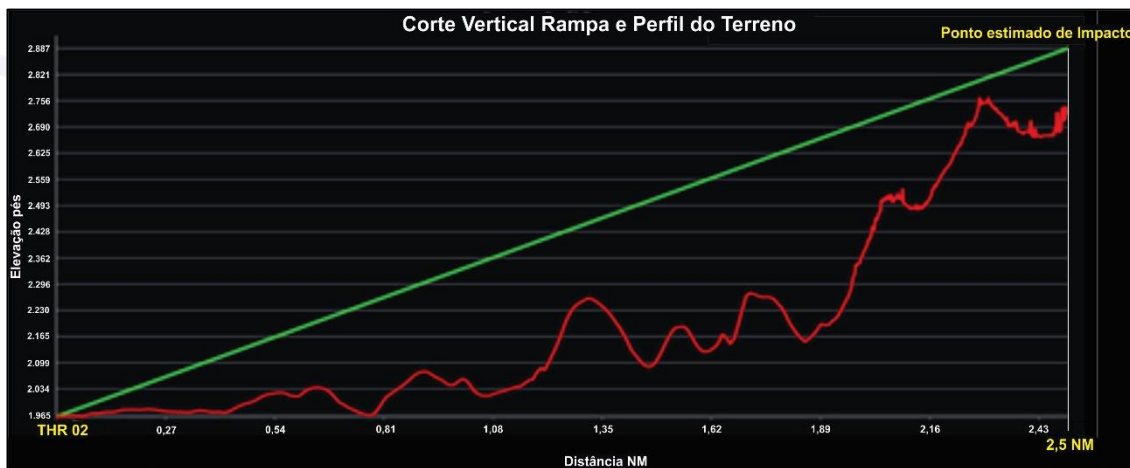


Figura 48 - Corte vertical do terreno e da rampa presumida projetada, compreendida entre o ponto estimado de impacto e a cabeceira 02 (THR02).

Considerando-se o tráfego padrão previsto no PTO do operador, para uma perna do vento realizada com velocidade de 120 kt, o afastamento até o início do enquadramento da perna base corresponderia a 1 NM. Uma vez que o impacto contra os cabos se deu a 2,5 NM da cabeceira, constatou-se que houve o afastamento na perna do vento em uma distância que excedeu 1,5 NM daquela prevista no programa do operador.

### 1.19. Informações adicionais.

#### Características da linha de transmissão 69 kV.

De acordo com informações coletadas pela Comissão de Investigação, em 1965 foi construída a linha de transmissão Caratinga - Ipanema, 69 kV circuito simples e, posteriormente, em 2009, com a entrada no sistema das PCH's geradoras "Areia Branca" e "Pipoca", o sistema passou a ter uma configuração diferente.

O trecho entre as atuais torres 8 e 9 foi construído lateralmente ao traçado das torres que existiam no projeto inicial de 1965. O deslocamento lateral foi o necessário para substituir as torres de madeira por torres metálicas, sendo o deslocamento entre eixos da linha antiga e o trecho da linha nova da ordem de 50 m.

A atualização do novo trecho que resultou na linha de transmissão Caratinga - PCH "Pipoca" - 69 kV foi projetada em 2009 e teve a construção finalizada em 2010. A energização ocorreu em outubro de 2010, com a entrada de operação da PCH "Pipoca".

Foi levantado, também, que as características da linha de transmissão no trecho entre as torres 8 e 9, onde ocorreu a colisão da aeronave PT-ONJ, eram as seguintes:

- o vão possuía 856,56 m e o comprimento do cabo para-raios lançado era de aproximadamente 864 m;
- a torre 8 era uma estrutura de altura útil<sup>1</sup> de 29,5 m e altura total de 38,5 m; e
- a torre 9 era uma estrutura de altura útil de 26,5 m e altura total de 35,5 m.

<sup>1</sup> A altura do cabo condutor mais baixo junto à estrutura indica a altura útil para essa torre e o cabo para-raios está localizado no topo da estrutura.

Na data da última modificação do projeto da linha de transmissão, estava em vigor a Portaria nº 1.141/GM5, de 08DEZ1987, do COMAER, que dispunha sobre “Zonas de Proteção” e aprovava “o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos, o Plano Básico de Zoneamento de Ruído, o Plano Básico de Zona de Proteção de Helipontos e o Plano de Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea”.

De acordo com o Art. 3º dessa Portaria, a definição de obstáculo era:

todo acidente físico ou objeto de natureza temporária ou permanente, fixo ou móvel, situado em Zona de Proteção e que tenha altura superior ao gabarito fixado pelos diversos Planos definidos nesta Portaria.

De acordo com o Capítulo V da Portaria nº 1.141/GM5, os critérios de sinalização eram previstos para obstáculos, ou seja, para acidentes físicos ou objetos que estivessem situados em Zona de Proteção e que tivessem altura superior ao gabarito.

Para os obstáculos localizados fora da Zona de Proteção, o Capítulo V, no seu Art. 34, estipulava a instalação de luzes de obstáculo de alta intensidade para indicar a presença de obstáculo cuja altura fosse igual ou superior a 150 m, assim como de torres que suportassem linhas elétricas elevadas, cabos aéreos, ou outros obstáculos que pudessem proporcionar riscos semelhantes à navegação aérea.

Na data do acidente, estava em vigor a ICA 11-408 - “Restrições aos Objetos Projetados no Espaço Aéreo que Possam Afetar Adversamente a Segurança ou a Regularidade das Operações Aéreas”, de 14DEZ2020, a qual substituiu as Portarias nº 1.141/GM5, de 08DEZ1987; nº 256/GC5 de 13MAIO2011; e nº 957/GC3 de 09JUL2015, de mesmo teor.

Ao analisar a ICA 11-408, observou-se que esta apresentava a seguinte definição para obstáculo:

Todo objeto de natureza permanente ou temporária, fixo ou móvel, ou parte dele, que esteja localizado em uma área destinada à movimentação de aeronaves no solo, ou que se estenda acima das superfícies destinadas à proteção das aeronaves em voo, ou ainda que esteja fora ou abaixo dessas superfícies definidas e cause efeito adverso à segurança ou regularidade das operações aéreas. (grifo nosso)

Naquilo que diz respeito a sinalização e iluminação de objetos, a ICA 11-408 previa o seguinte:

#### 9.1 GENERALIDADES

9.1.1 Um novo objeto ou objeto existente deve ser sinalizado e iluminado, de acordo com o previsto nesse capítulo, nos seguintes casos:

- a) quando se tratar de torres, mastros, postes, linhas elétricas elevadas, cabos suspensos ou outros objetos cuja configuração seja pouco visível a distância que estejam localizados dentro dos limites laterais da superfície de transição ou dentro dos 3.000 metros da borda interna das superfícies de aproximação ou decolagem, ainda que não ultrapassem os limites verticais dessas superfícies;
- b) quando se tratar de linhas elétricas elevadas, cabos suspensos ou outros objetos de configuração semelhante, que atravessem rios, hidrovias, vales ou estradas;
- c) quando se tratar de objetos que se elevem a 150 metros ou mais de altura;
- d) quando se tratar de um obstáculo; ou
- e) quando for solicitado, a critério do Órgão Regional do DECEA.

Desse modo, considerando-se que a linha de 69 kV encontrava-se fora dos limites da Zona de Proteção do Aeródromo de SNCT; que possuía altura inferior a 150 m (38,5 m); que estava fora das superfícies de aproximação ou decolagem; e que, apesar de cruzar o Ribeirão do Laje, não representava um efeito adverso à segurança ou regularidade das

operações aéreas; ela não se enquadrava nos requisitos que a caracterizassem como um obstáculo ou objeto passível de ser sinalizado.

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

Não houve.

## 2. ANÁLISE.

A aeronave King Air C90A (PT-ONJ) estava registrada na categoria TPX e era operada pela PEC Táxi Aéreo Ltda.

A manutenção da aeronave PT-ONJ era realizada na sede do próprio operador ou por empresa terceirizada, de acordo com os requisitos aplicáveis. O operador utilizava o programa de manutenção recomendado pelos fabricantes da aeronave, dos motores, hélices e componentes.

De acordo com os registros de manutenção, as cadernetas de célula, motores e hélices estavam com as escriturações atualizadas. As últimas inspeções da aeronave, do tipo “200 horas” e “Fase 4”, foram concluídas em 13SET2021, estando com 170 horas e 9 minutos voados após. O Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade (CVA) estava válido até 01JUL2022.

No diário de bordo que se encontrava na aeronave, não foram identificadas quaisquer discrepâncias que tivessem resultado em mau funcionamento de algum sistema.

A análise dos destroços do grupo motopropulsor **esquerdo** não detectou qualquer anormalidade que pudesse ter comprometido o seu funcionamento. Durante a desmontagem do motor, verificou-se que os componentes internos, que necessitavam de lubrificação, apresentavam evidências de que funcionaram lubrificados todo o tempo.

Internamente, este motor apresentava evidências de que estava com funcionamento normal e que desenvolvia potência no instante em que a aeronave colidiu contra o cabo para-raios.

Da mesma forma, o grupo motopropulsor **direito** não revelou indícios de mau funcionamento dos componentes lubrificados. Todos os rolamentos apresentavam aspecto de funcionamento normal, evidenciando que não havia problemas no sistema de lubrificação e que não havia problemas com o óleo lubrificante.

Desse modo, as análises de ambos os motores *Pratt & Whitney*, modelo PT6A-21, SN PCE 25594 e SN PCE 025595 revelaram que as assinaturas internas encontradas indicaram que ambos estavam operacionais. Indicaram, também, que ambos desenvolviam potência no instante em que houve a colisão contra o cabo para-raios.

Os exames realizados nos cabos de comando de voo primários, revelaram espalhamento dos arames que compunham os cabos, alturas diferentes de rompimento dos arames e estrição; indicativos de que o rompimento se deu pela sobrecarga decorrente do impacto da aeronave.

Os exames realizados nas lâmpadas revelaram que os filamentos das luzes de indicação de travamento e do farol do trem de pouso sofreram deformação plástica a quente, condizente com uma condição de luzes acesas no momento do impacto da aeronave.

As demais lâmpadas dos outros sistemas apresentaram aspectos de fraturas frágeis, envelhecimento natural pelo uso, sendo que nenhuma apresentou deformação plástica característica de estar acesa durante o impacto.



Assim, as condições dos filamentos das lâmpadas analisadas apontaram para o funcionamento normal do trem de pouso e para a inexistência de luzes de advertência acesas no painel de alarmes da aeronave no momento do impacto.

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

O aeródromo de SNCT era público, administrado pela Prefeitura Municipal de Ubaporanga, MG, operava sob VFR em período diurno e estava situado em uma região montanhosa, com diversas elevações nas proximidades da pista de pouso.

A operação do aeródromo havia se iniciado há mais de cinquenta anos e não foram encontrados registros de acidentes relacionados à sua infraestrutura. No ano anterior ao acidente em tela, o aeródromo teve média de três decolagens por dia.

À época do acidente, a situação do aeródromo era regular, tanto com relação à inscrição no cadastro de aeródromos da ANAC, quanto com relação à aprovação do PBZPA junto ao DECEA.

No tocante ao PBZPA, dadas as características físicas e operacionais do aeródromo, foi estabelecida a SPVV para aeronaves críticas de “Categoria B”. As aeronaves dessa categoria tinham, como característica de performance, uma velocidade de cruzamento de cabeceira entre 91 e 121 kt, na qual a aeronave *Beech Aircraft C90A* se enquadrava.

Uma vez que a SPVV estava relacionada a aspectos de planejamento aeroportuário e não de operação corrente de aeronaves, esta previa uma altura para circuito de tráfego de 1.299 ft, assim como previa limites de superfície de aproximação até 1,4 NM da cabeceira.

No tocante aos auxílios à navegação de SNCT, verificou-se que: em face da sua data de homologação, do seu tipo de operação e da estimativa de pousos anuais; o aeródromo não se enquadrava nos critérios para implantação de PAPI, tanto nos requisitos estabelecidos pela ANAC, quanto naqueles estabelecidos pelo DECEA.

Ainda com relação aos requisitos de instalação de auxílios, a Comissão de Investigação identificou diferenças entre os critérios estabelecidos, os quais poderiam gerar dúvidas aos operadores de aeródromo sobre a sua aplicabilidade, devido à existência de dois normativos que tratavam sobre o mesmo tema (RBAC 154 e ICA 63-18).

Verificou-se que, enquanto o regulamento da ANAC (RBAC 154) abordava os requisitos sob a óptica das características de operação do aeródromo, a instrução do DECEA (ICA 63-18) os abordava com base na regularidade e quantidade anual de pousos em uma determinada cabeceira.

Embora o aeródromo de SNCT não fosse alcançado pelos requisitos de ambos os normativos, seja pelo critério de transição previsto no RBAC 154, seja pelo volume de pousos previsto na ICA 63-18, a Comissão de Investigação identificou uma oportunidade de melhoria nesses critérios, os quais poderiam afetar outros aeródromos brasileiros.

As informações aeronáuticas publicadas para operação em SNCT estavam disponíveis no ROTAER, o qual estabelecia que o circuito de tráfego deveria ser realizado pelo setor W do aeródromo. Adicionalmente, havia um INFOTEMP que alertava para obstáculos (torre e antena) não iluminados, que estavam violando o PBZPA, localizados a cerca de 2 NM a sudoeste (SW) de SNCT.

No que diz respeito à linha de 69 kV, contra a qual o PT-ONJ colidiu, constatou-se que esta se encontrava fora dos limites de ZPA estabelecidos pelo PBZPA e, por sua vez, não

se caracterizava como um “obstáculo de efeito adverso à segurança ou regularidade das operações aéreas do aeródromo”.

Apesar de não figurar dentre as informações aeronáuticas específicas do aeródromo de SNCT, a linha de transmissão de 69 kV era apresentada na WAC 3189 e na CAP 9453, destinadas ao planejamento prévio de voo e às navegações aéreas por referências visuais.

Naquilo que se refere à sinalização física da linha de 69 kV, verificou-se que, de acordo com o Capítulo V da Portaria nº 1.141/GM5, os critérios de sinalização eram previstos para obstáculos, ou seja, para acidentes físicos ou objetos que estivessem situados em ZPA e que tivessem altura superior ao gabarito definido pelo PBZPA.

Para os obstáculos localizados fora da ZPA, a referida portaria estipulava a instalação de luzes de obstáculo de alta intensidade para indicar a presença de obstáculo cuja altura fosse igual ou superior a 150 m, assim como de torres que suportassem linhas elétricas elevadas, cabos aéreos, ou outros obstáculos que pudessem proporcionar riscos semelhantes à navegação aérea.

Na data do acidente, estava em vigor a ICA 11-408, a qual substituiu a Portaria nº 1.141/GM5, de mesmo teor.

A referida ICA acrescentava algumas condições em que um objeto deveria ser sinalizado, além daquelas já previstas na citada portaria. Tais condições, no entanto, diziam respeito a objetos caracterizados como “obstáculo” dentro dos 3.000 m da borda interna das superfícies de aproximação ou decolagem; assim como linhas elétricas elevadas, cabos suspensos ou outros objetos de configuração semelhante, que atravessassem rios, hidrovias, vales ou estradas.

Assim, considerando que a linha de 69 kV encontrava-se fora dos limites da ZPA de SNCT; que possuía altura inferior a 150 m (38,5 m); que estava fora das superfícies de aproximação ou decolagem; e que, apesar de cruzar um ribeirão, não representava um efeito adverso à segurança ou regularidade das operações aéreas; ela não se enquadrava nos requisitos que a caracterizassem como um obstáculo ou objeto passível de ser sinalizado.

Naquilo que diz respeito à organização e ao gerenciamento do operador da aeronave, verificou-se que a empresa possuía um ambiente e clima de trabalho amistoso e favorável, cumpria com os compromissos de acordo com a Lei do Aeronauta e que não existiam sinais de competitividade, pressão ou desrespeito entre seus colaboradores. Os funcionários se sentiam valorizados e consideravam o trabalho estável.

O operador se enquadrava aos requisitos de gestão da segurança, estando sujeito à vigilância continuada da ANAC. Em 27SET2017, foi submetido a uma inspeção presencial em sua base principal, na qual foram verificados o setor de operações e o gerenciamento de risco.

Na ocasião, a ANAC constatou não-conformidades em oito elementos ou processos que compunham o SGSO, dentre eles: os “processos de identificação de perigos” e os “processos de avaliação e mitigação de riscos”; os quais foram considerados não satisfatórios.

Tais não-conformidades não requeriam a paralização das operações, no entanto, a ANAC estipulou um prazo de trinta dias para que as não-conformidades fossem corrigidas. Em 10JAN2018 o operador informou as ações tomadas com relação às não-conformidades apontadas e a ANAC, por sua vez, encerrou o processo de inspeção, aceitando como satisfatórias as ações corretivas que foram informadas pelo operador.

Tomando-se por base a referida inspeção, considerou-se que, na data do acidente, o operador atendia aos requisitos mínimos referentes aos “processos de identificação de perigos” e aos “processos de avaliação e mitigação de riscos” previstos em seu SGSO.

O PIC tinha 56 anos de idade, era piloto há 33 anos e acumulava 16.352 horas de voo em aeronaves dos modelos C90, C90A, C208B, C535, C550, MU2B, PA31, PA34 e A319/320, sendo considerado bastante experiente. Ele foi contratado pelo operador para a função de comandante em julho de 2020 e havia acumulado 299 horas e 6 minutos nas aeronaves C90 e C90A da empresa.

Em 2019, ele foi submetido à avaliação psicológica para revalidação do CMA e, na ocasião, foram aplicados os testes de Personalidade, Atenção, Memória e Raciocínio, que tiveram resultado “Favorável”.

De acordo com o resultado da INSPSAU, ele estava saudável física e mentalmente, considerado apto para o exercício de atividade aérea, com a indicação de fazer uso de lentes corretoras (H52.2 - Astigmatismo).

No dia anterior ao acidente, ele realizou um voo de Brasília, DF, para Uberlândia, MG, na aeronave C208, tendo cumprido o período de descanso regulamentar previsto no RBAC nº 117.

O PIC era considerado por familiares e pessoas próximas como uma pessoa tranquila, carismática, comprometida e que, nos momentos livres, se dedicava à família e à religião. Conforme relatos colhidos, ele estava satisfeito, pois se identificava com o ambiente de trabalho e estava conseguindo se dedicar mais à família.

Ele era visto por colegas e pela chefia como um profissional padrão, pois demonstrava rigor técnico e preocupava-se em seguir, à risca, todos os procedimentos previstos pelo operador. Ele também não tinha histórico de problemas interpessoais com colegas de trabalho.

O SIC tinha 37 anos de idade, era piloto há 13 anos e acumulava 2.768 horas e 24 minutos de voo em aeronaves dos modelos C208; C208B, C90 e C90A. Ele foi contratado pelo operador para a função de copiloto em abril de 2021 e havia acumulado cerca de 167 horas e 36 minutos nas aeronaves C90 e C90A da empresa.

Em 2019, ele foi submetido à avaliação psicológica para revalidação do CMA e, na ocasião, foram aplicados os testes de Personalidade, Atenção, Memória e Raciocínio, que tiveram resultado “Favorável”.

De acordo com o resultado da INSPSAU, ele estava saudável física e mentalmente, considerado apto para o exercício da atividade aérea.

O SIC estava de folga nos mesmos dias que o PIC e de sobreaviso no dia 04NOV2021, mas não foi acionado, tendo cumprido, assim, o descanso regulamentar.

Ele era considerado, por pessoas de seu convívio, um profissional esforçado, autodidata nos assuntos relacionados à aviação e que buscava novos conhecimentos para se manter atualizado. Em seus momentos livres, costumava se dedicar à família e ao estudo.

No ambiente do operador, ele era considerado, por seus pares e chefia, como um profissional que se destacava por seu comprometimento profissional e pela capacidade técnica.

Segundo relatos de pessoas próximas, ambos os pilotos tinham uma rotina regular de sono, com duração adequada por noite. Da mesma forma, não houve alteração da rotina cumprida nas 48 horas anteriores ao acidente.



Conforme informações coletadas em entrevistas pós-acidente, nenhum dos pilotos havia comentado sobre qualquer problema de saúde. Nenhum deles fumava nem fazia uso de bebida alcoólica, não utilizavam qualquer medicação de uso contínuo e nem apresentavam sinais de estresse ou fadiga.

De acordo com as informações levantadas, nenhum dos pilotos apresentava problemas familiares, pessoais, financeiros ou de ordem psicológica que pudessem interferir no desempenho em voo.

No que diz respeito às interações entre o PIC e o SIC, de acordo com as informações obtidas, os pilotos mantinham uma relação de amizade. Ambos foram elogiados pelos colegas de trabalho pela postura ética e por se comportarem de maneira que privilegiava a sensatez e o bem-estar coletivo.

Durante o voo do acidente, um piloto de outra aeronave que se aproximava para pouso em SNCT relatou ter ouvido as comunicações do PT-ONJ e, conforme relato, não percebeu diferença ou alteração nas transmissões, sugerindo que, até aquele momento, tudo corria dentro da normalidade.

Os exames realizados pós-acidente não detectaram fármacos, metabólitos, drogas de abuso, psicotrópicos ou álcool nos pilotos.

O exame pericial concluiu que a causa da morte de ambos foi politraumatismo contuso. Adicionalmente, com base nos laudos de necropsia; avaliadas a gravidade e a multiplicidade das lesões apresentadas, concluiu-se que as lesões foram fatais, com morte imediata e resultante das forças de impacto.

Portanto, com base nas informações de Fatores Humanos levantadas, não se evidenciaram alterações do ponto de vista médico, assim como questões de ordem psicológica que pudessem ter afetado o desempenho dos pilotos em voo.

O voo que resultou no acidente tinha o objetivo de realizar o transporte de passageiros mediante contrato firmado de prestação de serviço de táxi aéreo, operando segundo os requisitos estabelecidos no RBAC 135, a partir de SBGO com destino a SNCT.

O planejamento e os preparativos transcorreram normalmente, conforme a rotina dos pilotos. A aeronave foi abastecida com 1.054 l (278,4 gal) de JET A1 e os tanques ficaram completamente cheios, com autonomia suficiente para cumprir a etapa até o destino.

A decolagem ocorreu às 16h05min (UTC) e o voo transcorreu no FL210, conforme previsto no plano de voo. De acordo com as gravações dos órgãos de controle, verificou-se que a aeronave manteve contato rádio integral com os órgãos de controle de tráfego aéreo.

As comunicações do PT-ONJ com o ACC-BS foram realizadas de maneira coordenada e clara, não tendo sido evidenciada qualquer anormalidade na operação.

No último contato realizado com o ACC-BS, este confirmou o cancelamento do plano de voo IFR às 17h57min (UTC) e informou desconhecer tráfego que interferisse na descida da aeronave PT-ONJ, liberando-a da frequência daquele órgão de controle.

Durante a descida, a aeronave realizou pequenos desvios para evitar áreas com fraca precipitação. Apesar dessas áreas de precipitação, as condições meteorológicas estavam favoráveis ao voo visual na região de SNCT, apresentando base de nuvens esparsas acima de 4.000 ft e visibilidade superior a 10 km. O vento soprava do quadrante Sul e Sudeste com fraca intensidade.

O último contato RADAR se deu às 18h09min10s (UTC) quando a aeronave se encontrava a 5.400 ft, no setor NW, distante 13,9 NM de SNCT.

Tomando-se por base as informações correspondentes ao último contato RADAR; ao setor de aproximação em relação à SNCT; aos relatos de tripulantes que contataram a aeronave em voo, e dos observadores em solo; a Comissão de Investigação concluiu que a aeronave realizou a entrada no circuito de tráfego, alinhada com o início da perna do vento, conforme previa o “Anexo C” da ICA 100-37.

Após ingressar na perna do vento, a aeronave deveria iniciar o enquadramento para a perna base após 30 segundos do través da cabeceira da pista em uso. No caso do *King Air C90A*, para uma perna do vento realizada com velocidade de 120 kt, o afastamento até o início do enquadramento da perna base corresponderia à distância de 1 NM.

Constatou-se, no entanto, que a colisão contra o cabo para-raios da linha de transmissão ocorreu em uma posição alinhada com o prolongamento da pista de SNCT, a uma distância de 2,5 NM da cabeceira 02.

No momento da colisão contra o cabo para-raios, a aeronave estava configurada com trem de pouso baixado, com os faróis de pouso acesos e com os flapes na posição APPROACH.

Considerando-se as marcas deixadas pelo cabo nos *spinners* e na fuselagem, constatou-se que a aeronave atingiu o cabo com a parte superior do nariz e que ela estava com asas niveladas no momento do impacto.

Tendo por base a configuração da aeronave, a inclinação de asas e a posição da aeronave em relação ao eixo da pista, infere-se que, no momento da colisão, a tripulação buscava se enquadrar em uma final mais longa que a normal para a categoria da aeronave C90A (Figura 49).

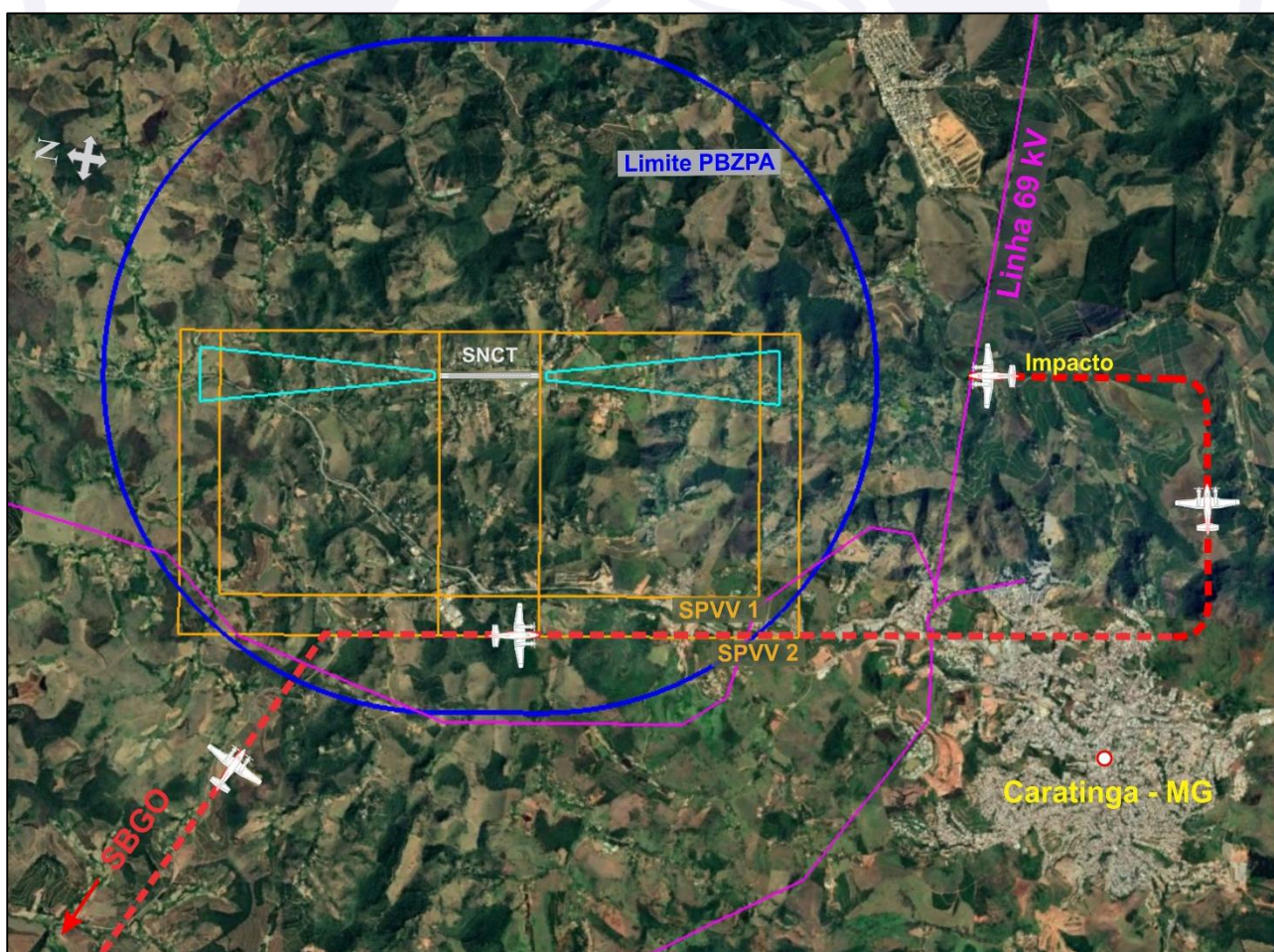


Figura 49 - Trajetória estimada do PT-ONJ em relação à SPVV e o ponto de impacto contra a linha de transmissão de 69 kV (aeronave fora de escala).



A despeito de não haver quaisquer limitações operacionais da aeronave ou de tráfego aéreo que restringissem o alongamento da perna do vento, a Comissão de Investigação buscou inferir as razões pelas quais esse procedimento tivesse ocorrido durante aquela operação.

Uma vez que o PIC havia operado por dez anos em empresa regida pelo RBAC 121 como copiloto de A-319/320, considerou-se que ele pode ter optado por alongar a perna do vento a fim de buscar uma aproximação final mais longa, a qual tende a ser mais confortável para os passageiros.

Naquele cenário, ressalta-se o processo decisório envolvido, onde existe a possibilidade de tal decisão ter sido tomada devido a um processo inconsciente gerado pelas experiências das aproximações realizadas durante um longo período no qual o PIC operou na Aviação Regular.

Adicionalmente, não foi possível confirmar se houve o uso das cartas aeronáuticas (CAP 9453 e WAC 3189) para o planejamento e acompanhamento do voo sob VFR, o qual permitiria uma melhor consciência situacional acerca das características do relevo e da presença da linha de transmissão de 69 kV, fato que permitiria uma tomada de decisão mais acurada.

A colisão contra o cabo para-raios resultou em esforços de tração que arrancaram o motor esquerdo de sua fixação, ainda em voo, e ocasionou a total perda de controle da aeronave.

Considerando a extensão dos danos, o padrão de deformação da fuselagem e das asas, assim como a reduzida distância percorrida em voo após o impacto contra o cabo para-raios, concluiu-se que a aeronave teve uma forte desaceleração da sua velocidade horizontal, ainda em voo, e impactou o solo com elevada razão de afundamento, com grande inclinação lateral para a esquerda e atitude próxima à nivelada.

O ponto de toque do cabo para-raios na fuselagem se deu contra a parte superior do nariz, em uma posição ligeiramente à frente da projeção da porta do compartimento de equipamentos eletrônicos.

Naquilo que se refere à possibilidade de visualização do cabo, deve-se considerar que tal ponto estava situado abaixo da linha de visada dos pilotos, em um momento do voo em que as atenções estariam direcionadas para a pista de pouso.

Outro aspecto a ser considerado para a visualização do cabo para-raios diz respeito ao seu baixo contraste em relação à vegetação ao fundo, fato que resultava em uma percepção reduzida e, conseqüentemente, diminuía as chances de avistamento do cabo em grandes distâncias.

Adicionalmente, o PIC possuía indicação de fazer uso de lentes corretoras devido a um diagnóstico de astigmatismo. Uma vez que não foi possível confirmar se o PIC fazia uso de lentes corretoras no momento do acidente, deve-se considerar que, em uma eventual ausência das lentes, haveria certa redução da sua acuidade visual e da percepção de profundidade.

Por fim, tendo em vista o cenário e todos os elementos identificados neste acidente, constatou-se que, uma vez que a aproximação foi iniciada a uma distância consideravelmente maior do que aquela esperada para uma aeronave de “Categoria de Performance B” e com uma separação em relação ao solo muito reduzida, os riscos de colisão contra objetos, os quais não poderiam ser identificados com a antecipação necessária, se tornaram significativamente elevados.



### 3. CONCLUSÕES.

#### 3.1. Fatos.

- a) os pilotos estavam com os Certificados Médicos Aeronáuticos (CMA) válidos;
- b) os pilotos estavam com as habilitações de Avião Multimotor Terrestre (MLTE) e Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas;
- c) os pilotos estavam qualificados e possuíam experiência no tipo de voo;
- d) a aeronave estava com o Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade (CVA) válido até 01JUL2022;
- e) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- f) as escriturações das cadernetas de célula, motores e hélices estavam atualizadas;
- g) não se evidenciou qualquer condição de falha ou mau funcionamento de sistemas e/ou componentes da aeronave que pudesse ter afetado o desempenho ou o controle em voo;
- h) não se evidenciaram alterações de ordem médica ou psicológica, no período anterior ao acidente, que pudessem ter afetado o desempenho dos pilotos em voo;
- i) as condições meteorológicas eram propícias à realização do voo;
- j) a situação do aeródromo de SNCT era regular, tanto com relação à inscrição no cadastro de aeródromos da ANAC, quanto com relação à aprovação do Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA) junto ao DECEA;
- k) o aeródromo de SNCT possuía Superfícies de Proteção ao Voo Visual (SPVV) para aeronaves críticas de “Categoria de Performance B”;
- l) havia uma linha de transmissão de 69 kV fora dos limites de Zona de Proteção de Aeródromo (ZPA) de SNCT;
- m) a linha de transmissão de 69 kV não se enquadrava nos requisitos que a qualificassem como um obstáculo ou objeto passível de ser sinalizado;
- n) o cabo para-raios da linha de transmissão de 69 kV possuía baixo contraste em relação à vegetação ao fundo;
- o) a aproximação do PT-ONJ foi iniciada a uma distância significativamente maior do que aquela esperada para uma aeronave de “Categoria de Performance B” e com uma separação em relação ao solo muito reduzida;
- p) a colisão da aeronave contra o cabo para-raios resultou em esforços de tração que arrancaram o motor esquerdo de sua fixação, ainda em voo, e ocasionou a total perda de controle da aeronave;
- q) a aeronave impactou o solo com elevada razão de afundamento, com grande inclinação lateral para a esquerda e atitude próxima à nivelada;
- r) a aeronave teve danos substanciais; e
- s) todos os ocupantes sofreram lesões fatais.

#### 3.2. Fatores contribuintes.

- **Atenção - indeterminado.**

Foi constatada a possibilidade de que a tripulação da aeronave PT-ONJ estivesse com a atenção (visão focada) direcionada para a pista de pouso em detrimento de manter uma separação adequada com o terreno em aproximação visual.

- **Julgamento de pilotagem - contribuiu.**

No que diz respeito ao perfil de aproximação para pouso, houve uma avaliação inadequada acerca de parâmetros da operação da aeronave, uma vez que a perna do vento foi alongada em uma distância significativamente maior do que aquela esperada para uma aeronave de “Categoria de Performance B” em procedimentos de pouso sob VFR.

- **Memória - indeterminado.**

É provável que, com base na experiência de dez anos de operação em empresa regida pelo RBAC 121, a memória processual do PIC tenha influenciado suas decisões tomadas em relação à condução da aeronave.

O hábito de realizar aproximações com final longa em outro tipo de operação, pode ter ativado sua memória processual, envolvendo as atividades cognitivas e habilidades motoras, tornando as ações automatizadas em relação ao perfil executado no acidente.

- **Planejamento de voo - indeterminado.**

Uma possível não utilização das cartas aeronáuticas disponíveis (CAP 9453 e WAC 3189), que tinham por finalidade atender as necessidades do voo visual, pode ter contribuído para uma baixa consciência situacional acerca das características do relevo no entorno do aeródromo de SNCT e da presença da linha de transmissão que interferiu na aproximação para o pouso da aeronave.

#### **4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA**

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

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

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

**A-121/CENIPA/2021 - 01**

**Emitida em: 15/05/2023**

Divulgar os ensinamentos colhidos nesta investigação às empresas que operam segundo os requisitos estabelecidos no RBAC 135, a fim de promover o incremento da cultura de Segurança Operacional e o gerenciamento do risco.

**A-121/CENIPA/2021 - 02**

**Emitida em: 15/05/2023**

Realizar gestões junto ao DECEA, no sentido harmonizar os requisitos do RBAC 154, naquilo que diz respeito à instalação de auxílios à navegação, com os requisitos da ICA 63-18.

**Ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), recomenda-se:**

**A-121/CENIPA/2021 - 03**

**Emitida em: 15/05/2023**

Realizar gestões junto à ANAC, no sentido harmonizar os requisitos da ICA 63-18, naquilo que diz respeito à instalação de auxílios à navegação, com os requisitos do RBAC 154.

**A-121/CENIPA/2021 - 04****Emitida em: 15/05/2023**

Realizar gestões junto à Companhia Energética de Minas Gerais S.A. (CEMIG), de modo a sinalizar, em caráter excepcional, a linha de transmissão de 69 kV no trecho correspondente ao prolongamento da pista 02 de SNCT.

**À Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), recomenda-se:**

**A-121/CENIPA/2021 - 05****Emitida em: 15/05/2023**

Avaliar, em coordenação com o DECEA, o estabelecimento de requisitos de sinalização de redes de transmissão e de distribuição nos arredores de aeródromos, notadamente daqueles situados em regiões com relevo acidentado, com vistas à prevenção de acidentes aeronáuticos.

**5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.**Inspeção de vigilância do SGSO do operador da aeronave.

A ANAC realizou, em 09JUN2022, uma inspeção de vigilância no operador da aeronave, adotando novas diretrizes para a aferição da maturidade do SGSO.

Na ocasião, foi utilizada a nova escala PAOE que considerava as iniciais da sigla para a descrição dos níveis: “Presente, Adequado, Operacional e Efetivo”. Os níveis eram crescentes, de forma que o “Presente” era o nível mais baixo e o “Efetivo” o mais alto. Caso fosse constatado que um determinado item era “Adequado”, ficava implícito que ele estava “Presente”; se constatado que estava “Operacional”, ficava implícito que estava “Presente” e “Adequado”, e assim por diante.

A escala PAOE estava descrita no documento “Diretrizes para Avaliação do SGSO”. Nesse documento constavam as seguintes definições e orientações para cada um dos níveis citados:

[...]

Presente: há evidências de que o processo está documentado no manual de gerenciamento da Segurança Operacional da organização e/ou na documentação do SGSO.

Adequado: o processo é adequado com base no tamanho, na natureza, na complexidade da organização e no risco inerente à atividade. A avaliação de adequado é específica da organização.

Operacional: há evidências de que o processo está em uso e está gerando resultado para a organização.

Efetivo: há evidências de que o processo está atingindo o resultado desejado e tem um impacto positivo na segurança.

A escala foi aplicada conforme as orientações das diretrizes e um *checklist* indicava qual o nível da escala precisava estar evidente para que a questão fosse considerada conforme.

Por ocasião da inspeção, constatou-se que os elementos: “processos de identificação de perigos”; e “processos de avaliação e controle de riscos” não atingiram o nível “Operacional”.

Como resultado desta inspeção, o operador formulou um Plano de Ações Corretivas, de modo a elevar o nível de maturidade do seu SGSO.



Publicação de *Visual Approach Chart* (VAC - Carta de Aproximação Visual) para SNCT.

De acordo com o item 10.1.1 da ICA 96-1, a finalidade de uma VAC é proporcionar às tripulações de voo informações que lhes permitam passar da fase de voo em rota e de descida para a fase de aproximação de pouso na pista planejada, mediante referências visuais.

Com o intuito de elevar a consciência situacional dos pilotos que operam em SNCT, o DECEA editou uma VAC, com entrada em vigor em 20ABR2023, a qual eleva a altitude de tráfego do aeródromo para 3.300 ft e alerta quanto aos riscos de afastamento além de 1,5 NM da cabeceira de aproximação.

Com esse detalhamento do perfil de tráfego em SNCT, espera-se que ocorra uma maior separação das aeronaves em relação ao terreno e em relação a outras aeronaves em procedimento de pouso naquele aeródromo.

Em, 15 de maio de 2023.

