

COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



RELATÓRIO FINAL
A-099/CENIPA/2023

OCORRÊNCIA:	ACIDENTE
AERONAVE:	PT-DLO
MODELO:	A36
DATA:	11JUN2023



ADVERTÊNCIA

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

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

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

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

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

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

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

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

SINOPSE

O presente Relatório Final refere-se ao acidente com a aeronave PT-DLO, modelo A36, ocorrido em 11JUN2023, tipificado como “[SCF-PP] Falha ou mau funcionamento do motor”.

Durante o circuito de tráfego para pouso no Aeródromo Senador Petrônio Portella (SBTE), Teresina, PI, houve falha do motor em voo. Foi realizado um pouso forçado em uma área de vegetação nativa de um parque ambiental.

A aeronave teve danos substanciais.

O piloto e o passageiro saíram ilesos.

Houve a designação de Representante Acreditado do *National Transportation Safety Board* (NTSB) - Estados Unidos, Estado de projeto e fabricação da aeronave e do motor.



ÍNDICE

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS	5
1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.	7
1.1. Histórico do voo.....	7
1.2. Lesões às pessoas.....	7
1.3. Danos à aeronave	7
1.4. Outros danos.....	8
1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.....	8
1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.....	8
1.5.2. Formação	8
1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.....	8
1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo	8
1.5.5. Validade da inspeção de saúde	8
1.6. Informações acerca da aeronave	8
1.7. Informações meteorológicas.....	10
1.8. Auxílios à navegação	10
1.9. Comunicações.....	10
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	10
1.11. Gravadores de voo	10
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.	11
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	11
1.13.1. Aspectos médicos.....	11
1.13.2. Informações ergonômicas.....	11
1.13.3. Aspectos Psicológicos.	11
1.14. Informações acerca de fogo	11
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	11
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	12
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento	15
1.18. Informações operacionais.	15
1.19. Informações adicionais.....	15
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	19
2. ANÁLISE.	19
3. CONCLUSÕES.....	21
3.1. Fatos.	21
3.2. Fatores contribuintes.	22
4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA	22
5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....	22

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

AC	<i>Advisory Circular</i> - circular informativa (FAA)
AFM	<i>Aircraft Flight Manual</i> - manual de voo de aeronave
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
AvGas	<i>Aviation Gasoline</i> - gasolina de aviação
BKN	<i>Broken (5-7 oktas)</i> - Nublado (5 a 7 oitavos)
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CIV	Caderneta Individual de Voo
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
CVA	Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
EGT	<i>Exhaust Gas Temperature</i> - temperatura dos gases de exaustão
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
IFRA	Habilitação de Voo por Instrumentos - Avião
IS	Instrução Suplementar
METAR	<i>Meteorological Aerodrome Report</i> - reporte meteorológico de aeródromo
MNTE	Habilitação de Avião Monomotor Terrestre
NSCA	Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica
PCM	Licença de Piloto Comercial - Avião
PIC	<i>Pilot in Command</i> - piloto em comando
PN	<i>Part Number</i> - número de peça
POH	<i>Pilot's Operating Handbook</i> - manual de operação do piloto
PPR	Habilitação de Piloto Privado - Avião
PSO-BR	Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil
RBAC	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
SB	<i>Service Bulletins</i> - boletins de serviço
SBTE	Designativo de localidade - Aeródromo Senador Petrônio Portella, Teresina, PI
SERIPA II	Segundo Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SIC	<i>Second in Command</i> - piloto segundo em comando
SIL	<i>Service Information Letter</i> - carta de instrução de serviço
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SIPW	Designativo de localidade - Aeródromo Nossa Senhora de Fátima, Teresina, PI
SL	<i>Service Letters</i> - cartas de serviço
SN	<i>Serial Number</i> - número de série
SNDC	Designativo de localidade - Aeródromo de Redenção, PA

TBO	<i>Time Between Overhaul</i> - tempo entre revisões gerais
TPP	Categoria de Registro de Serviços Aéreos Privados
TSN	<i>Time Since New</i> - tempo desde novo
TSO	<i>Time Since Overhaul</i> - tempo desde revisão geral
TWR	<i>Aerodrome Control Tower or Aerodrome Control</i> - torre de controle de aeródromo ou controle de aeródromo
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> - tempo universal coordenado
VFR	<i>Visual Flight Rules</i> - regras de voo visual



1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	Modelo: A36 Matrícula: PT-DLO Fabricante: Beechcraft Aircraft	Operador: Particular
Ocorrência	Data/hora: 11JUN2023 - 14:12 (UTC) Local: Parque Ambiental Encontro dos Rios Lat. 06°15'22"S Long. 042°27'32"W Município - UF: Teresina - PI	Tipo(s): [SCF-PP] Falha ou mau funcionamento do motor

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Aeródromo de Redenção (SNDC), PA, com destino ao Aeródromo Nossa Senhora de Fátima (SIPW), Teresina, PI, por volta das 10h05min (UTC), a fim de realizar um voo privado, com um piloto e um passageiro a bordo.

Durante o voo em rota, o destino foi alterado para o Aeródromo Senador Petrônio Portella (SBTE), Teresina, PI.

Após o ingresso no circuito de tráfego para pouso em SBTE, quando a aeronave se encontrava no enquadramento da reta final pela direita, ocorreu a falha do motor em voo.

Ao perceber que não alcançaria a pista, o Piloto em Comando (PIC) efetuou curva de aproximadamente 90° à direita e realizou um pouso forçado em uma área de vegetação nativa situada em um parque ambiental.



Figura 1 - Vista do PT-DLO no local do pouso forçado.

1.2. Lesões às pessoas.

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

1.3. Danos à aeronave.

A aeronave teve danos substanciais na raiz da asa direita e no estabilizador vertical, além de ruptura das linhas do sistema de combustível. Houve, ainda, danos leves na fuselagem, incluindo o intradorso, bem como na asa esquerda, estabilizador horizontal, profundor e sistema elétrico.

1.4. Outros danos.

Não houve.

1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.

1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.

Horas Voadas	
Discriminação	PIC
Totais	4.200:00
Totais, nos últimos 30 dias	22:00
Totais, nas últimas 24 horas	02:40
Neste tipo de aeronave	250:00
Neste tipo, nos últimos 30 dias	22:00
Neste tipo, nas últimas 24 horas	02:40

Obs.: os dados relativos às horas voadas foram obtidos por meio de entrevista e dos registros da Caderneta Individual de Voo (CIV) eletrônica do Piloto em Comando (PIC).

1.5.2. Formação.

O PIC realizou o curso de Piloto Privado - Avião (PPR) no Aeroclube do Piauí, PI, em 2004.

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

O PIC possuía a licença de Piloto Comercial - Avião (PCM) e estava com as habilitações de Avião Monomotor Terrestre (MNTE) e Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas.

1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

Os registros da CIV eletrônica indicaram que o piloto operava a aeronave A36, de matrícula PT-DLO, desde junho de 2021, e que tinha o Aeródromo de SNDC como um destino frequente.

Nos trinta dias anteriores ao acidente, o PIC reportou que havia realizado cerca de 10 voos com destino a SBTE.

O PIC estava qualificado e possuía experiência no tipo de voo.

1.5.5. Validade da inspeção de saúde.

O PIC estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido.

1.6. Informações acerca da aeronave.

A aeronave, de *Serial Number* (SN - número de série) E-223, foi fabricada pela *Beechcraft Aircraft*, em 1970, e estava inscrita na Categoria de Registro de Serviços Aéreos Privados (TPP).

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

As cadernetas de célula, motor e hélice estavam com as escriturações atualizadas.

As últimas inspeções da aeronave, dos tipos “obtenção do CVA/50 horas”, foram realizadas em 07DEZ2022, pela Organização de Manutenção (OM) JPA Manutenção de Aeronaves, em Santa Rita, PB, estando com 46 horas e 10 minutos voados após a inspeção.

A última revisão geral do motor *Continental*, modelo IO-520-BA, SN 569-817, que equipava o PT-DLO, ocorreu em 07MAR2008, quando o referido componente contava com 3.855 horas e 10 minutos de funcionamento.

Na data do acidente, ocorrido 184 meses e 4 dias após a revisão geral, o motor contava com um *Time Since New* (TSN - tempo desde novo) de 5.270 horas e 5 minutos e um *Time Since Overhaul* (TSO - tempo desde revisão geral) de 1.414 horas e 55 minutos de voo.

De acordo com a *Service Information Letter 98-9C* (SIL 98-9C), de 17JUL2013, da *Continental Motors Aircraft Engine*, o *Time Between Overhaul* (TBO - tempo entre revisões gerais) da bomba mecânica de combustível, da distribuidora de combustível e da controladora de combustível que equipavam o motor da aeronave era de 1.700 horas ou 12 anos, o que ocorresse primeiro.

Segundo a documentação da aeronave, a última revisão geral da bomba mecânica de combustível ocorreu no dia 16JAN2008, e a da distribuidora, bem como a da controladora de combustível, ocorreu no dia 18JAN2008, quando todos os componentes contavam com 5.203 horas e 55 minutos e 15 anos e cinco meses (185 meses) de funcionamento.

Não foi identificado o estabelecimento de um método de monitoramento de tendência (*Trend Monitoring*) dos parâmetros de funcionamento do motor e seus acessórios.

Consoante o esquema mostrado na Figura 2, o sistema de combustível da aeronave era basicamente composto pelos seguintes componentes:

- A - tanque de célula de borracha em cada asa com capacidade total de 100 galões, no sistema padrão;
- B - uma válvula seletora;
- C - uma bomba elétrica auxiliar;
- D - uma bomba mecânica de injeção;
- E - uma controladora de combustível (*metering control unit*);
- F - uma válvula distribuidora de combustível; e
- G - seis bicos injetores.

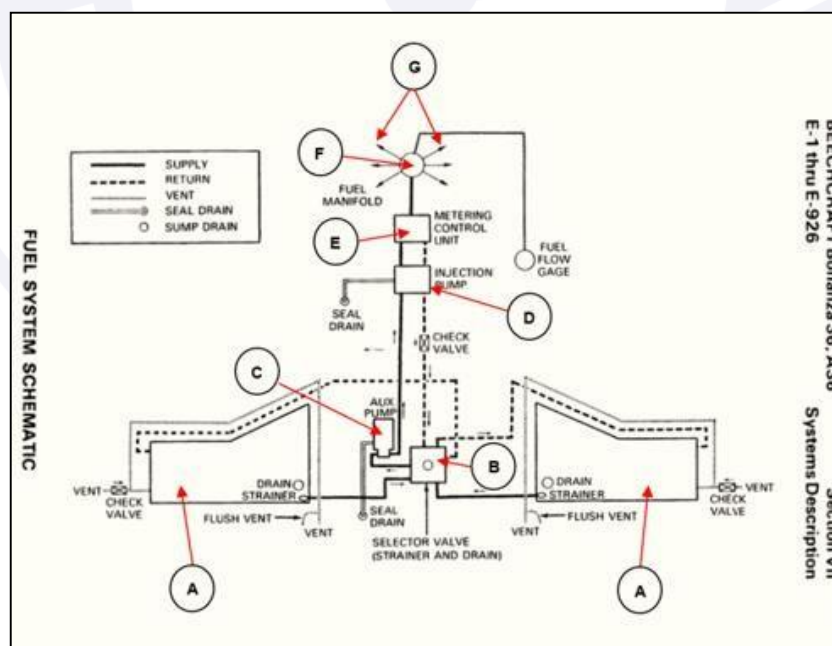


Figura 2 - Esquema do sistema de combustível do A36.

Fonte: *Beechcraft Bonanza 36. A36 POH_AFM*.

1.7. Informações meteorológicas.

O *Meteorological Aerodrome Report* (METAR - reporte meteorológico de aeródromo) do Aeródromo de Teresina (SBTE), distante 1 NM do local do acidente, trazia as seguintes informações:

METAR SBTE 111400Z 16006KT 9999 BKN030 30/32 Q1014

Verificou-se que as condições estavam acima dos mínimos para a realização do voo com visibilidade acima de 10 km e nublado a 3.000 ft. O vento tinha a direção de 160°, com intensidade de 6 kt.

1.8. Auxílios à navegação.

Todos os auxílios à navegação e ao pouso operavam normalmente no momento da aproximação da aeronave.

1.9. Comunicações.

De acordo com as transcrições dos áudios de comunicação entre o PT-DLO e os órgãos de controle, verificou-se que o PIC manteve contato rádio com a Torre de Controle do Aeródromo de Teresina (TWR-TE) e que não houve anormalidade técnica de equipamentos de comunicação durante o voo.

Com a finalidade de fundamentar as análises acerca da sequência de eventos que antecederam ao pouso forçado da aeronave, a Comissão de Investigação destacou algumas transmissões que podem auxiliar no entendimento da dinâmica do acidente.

Para o registro dos horários descritos neste campo, utilizou-se, como referência, o *Universal Time Coordinated* (UTC - tempo universal coordenado).

Às 14h03min09s, o PT-DLO realizou a primeira chamada para a TWR-TE.

Às 14h03min13s, a TWR-TE solicitou que o PT-DLO informasse ingressando na perna do vento, pela direita, no setor *whiskey* de SBTE, para pouso na cabeceira 20.

Às 14h03min21s, o PT-DLO cotejou a mensagem da TWR-TE, informando que reportaria o ingresso na perna do vento, pela direita, para pouso na cabeceira 20.

Às 14h06min47s, o PT-DLO informou à TWR-TE que estava ingressando na perna do vento da cabeceira 20, pela direita, e que se encontrava no través da TWR-TE.

Às 14h07min01s, a TWR-TE informou que o PT-DLO estava avistado, com o pouso autorizado, e o vento estava na direção de 160 graus e com a intensidade de 5 kt.

Às 14h07min10s, o PT-DLO cotejou a mensagem, informando que estava ciente da mensagem transmitida pela TWR-TE.

Às 14h10min04s, o PT-DLO transmitiu a mensagem *Mayday, Mayday...*

Às 14h10min10s, a TWR-TE fez uma chamada solicitando a confirmação da mensagem do PT-DLO.

Às 14h10min14s, o PT-DLO confirmou a mensagem de *Mayday* para a TWR-TE.

Às 14h11min17s, a TWR-TE fez outra chamada para o PT-DLO.

Às 14h30min29s, a TWR-TE fez a última chamada, questionando se o PT-DLO se encontrava na escuta daquele órgão de controle.

1.10. Informações acerca do aeródromo.

Nada a relatar.

1.11. Gravadores de voo.

Não requeridos e não instalados.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

O pouso forçado foi realizado aproximadamente a 1.900 m à direita do eixo da reta final da cabeceira 20 de SBTE (Figura 3).

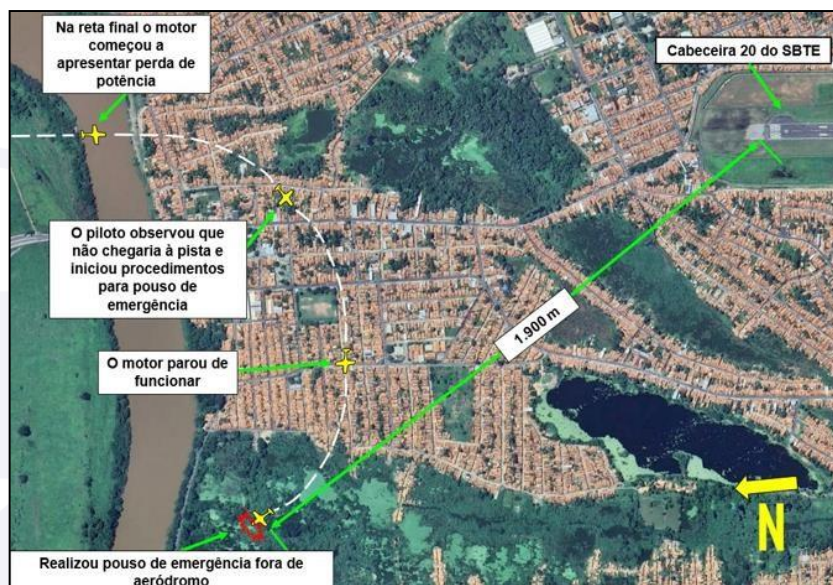


Figura 3 - Trajetória do PT-DLO até o local do acidente.

Fonte: adaptado do *Google Earth*.

O pouso ocorreu em uma área de pouco movimento do Parque Ambiental Encontro dos Rios, localizado no bairro Poti Velho, Teresina, PI.

De acordo com as evidências físicas do local do impacto, nos instantes finais do voo, a aeronave colidiu contra arbustos típicos da região, os quais tinham uma altura média de 6 m, medida do solo à copa.

O pouso forçado ocorreu na borda de uma área alagada, a uma distância aproximada de 12 m dos arbustos atingidos. A aeronave repousou com proa magnética 007°.

Os danos observados sugeriram que a aeronave se encontrava com baixa velocidade horizontal no momento do impacto.

1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.

1.13.1. Aspectos médicos.

Nada a relatar.

1.13.2. Informações ergonômicas.

Nada a relatar.

1.13.3. Aspectos Psicológicos.

Nada a relatar.

1.14. Informações acerca de fogo.

Não houve fogo.

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

Nada a relatar.

1.16. Exames, testes e pesquisas.

O motor *Continental*, modelo IO-520-BA, SN 569-817, que equipava a aeronave *Beechcraft*, modelo A36, de marcas PT-DLO, foi removido da aeronave para ser submetido a uma investigação (Figura 4).



Figura 4 - Vista superior do motor.

O motor foi testado e analisado nas instalações da Oficina Nacional - Manutenção de Aeronaves Ltda., em Teresina, PI, sob a supervisão dos investigadores do SIPAER.

Exames realizados:

- Motor:

O estado das hélices sem dobras, ou seja, sem deformações plásticas típicas de impacto com produção de potência, evidenciou que o motor estava parado no momento do impacto contra o solo.

O motor ficou com restrição de giro devido à quebra do alternador, que foi danificado em razão do impacto contra o solo. Apesar do acidente, as partes internas do motor não apresentavam danos físicos aparentes.

As engrenagens, eixos e todo o interior do motor estavam limpos, lubrificados e sem evidências de anormalidades.

O alternador e os componentes do sistema de combustível foram encaminhados para a realização de testes em bancadas em oficina especializada, cujos trabalhos também ocorreram sob a supervisão dos investigadores do SIPAER.

- Alternador:

O alternador apresentava danos externos visíveis. O funcionamento do referido componente foi considerado satisfatório em teste realizado em bancada. Os danos observados puderam ser associados ao impacto da aeronave contra o terreno.

- Bomba mecânica de combustível:

A bomba mecânica de combustível, *Part Number* (PN - número de peça) 638154-2 e SN 2677RA, foi submetida ao teste em bancada.

Durante o teste, a bomba apresentou um vazamento de combustível pelo dreno (Figura 5). Essa evidência foi então associada à impossibilidade de que o item atingisse os

parâmetros aceitáveis de pressão e fluxo de combustível constantes na ficha de ensaio do manual de revisão geral do item (*Overhaul and Parts Catalog for Fuel Injection Systems-X30593A*).



Figura 5 - Vazamento na bomba mecânica de combustível.

Durante a desmontagem, constatou-se deformidade no selo retentor da carcaça do excêntrico (*seal adapter* PN - 646198), o que ocasionava a fuga de pressão e a consequente redução da pressão do fluxo de combustível (Figura 6).



Figura 6 - Selo retentor apresentando deformidades.

- Controladora de combustível:

A controladora de combustível, PN 629904-2 e SN G118303A, apresentou vazamento no eixo do braço de potência e mistura (Figura 7) e, portanto, não foram atingidos os parâmetros estabelecidos na ficha de ensaio constante no Manual X30593A.



Figura 7 - Vazamento no eixo do braço de potência da controladora de combustível.

Após a desmontagem, foram detectadas deformações no *O-ring* de vedação interna do eixo do braço de potência PN 630979 (Figura 8).



Figura 8 - Aspecto do *O-ring* do eixo do braço de potência.

- Distribuidora de combustível:

A distribuidora de combustível, PN 631351-5 e SN L01753BC, apresentou vazão satisfatória de combustível nas seis saídas de distribuição para alimentação dos bicos injetores e, portanto, não havia evidência de obstrução interna, seja na válvula seja nas suas linhas de fornecimento de combustível.

- Bicos injetores:

Nos testes realizados em bancada, os seis bicos injetores, PN 655234A11, não apresentaram restrição ou obstrução do fluxo de combustível.

Após a realização dos exames e testes acima descritos, verificou-se que a falha no funcionamento do motor esteve associada ao vazamento na bomba mecânica e na controladora de combustível.

Dessa forma, na investigação no motor e no sistema de combustível do motor pertencente à aeronave PT-DLO verificou que ao se reduzir a potência do motor, por conta do vazamento na bomba e no servo injetor, houve uma perda de potência por falta de fluxo de combustível na alimentação dos cilindros, ocorrendo a parada do motor em voo.

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

Nada a relatar.

1.18. Informações operacionais.

O voo entre os Aeródromos de Redenção (SNDC) e Teresina (SBTE) ocorreu no nível de voo 075 (FL075). O plano de voo sob *Visual Flight Rules* - (VFR regras de voo visual), inicialmente apresentado, tinha SIPW como destino. A mudança para o aeródromo de alternativa (SBTE) ocorreu em voo.

O PIC tinha experiência na rota, tendo considerado que as condições meteorológicas durante todo o voo eram compatíveis com o tipo de voo proposto.

Antes da decolagem de SNDC, a aeronave teve seus tanques de combustível reabastecidos com 205 litros de Gasolina de Aviação (AvGas). Assim, a aeronave passou a ter 314 litros de combustível, com uma autonomia aproximada de 5 horas e 15 minutos de voo.

A aeronave decolou com 1.625 kg e, no instante em que ocorreu o pouso forçado, o peso era de aproximadamente 1.460 kg.

Durante os cheques realizados no solo antes da decolagem, bem como nas observações dos instrumentos realizadas em voo, o PIC constatou que os parâmetros de funcionamento do motor estavam normais.

A falha do motor foi caracterizada pela perda gradual de potência até a sua parada total, no momento da redução do manete de potência, quando a aeronave se encontrava em curva pela direita para o enquadramento da reta final.

Ao perceber que não alcançaria a cabeceira 20 de SBTE, o piloto efetuou curva de aproximadamente 90° à direita do eixo da reta final e realizou pouso forçado em uma área de vegetação nativa de um parque ambiental, a cerca de 1.900 m da cabeceira 20 de SBTE.

As ações executadas pelo PIC estavam em conformidade com o previsto na *Section III - Emergency Procedures - Landing Without Power* do *Pilot's Operating Handbook* (POH - manual de operação do piloto) do A36.

A aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento.

1.19. Informações adicionais.

Service Information Letter 98-9C (SIL 98-9C)

Por meio da SIL98-9C de 17JUL2013, da *Continental Motors Aircraft Engine*, que versava sobre os limites entre revisões gerais, o fabricante destacava, entre outros, os seguintes aspectos referentes à aeronavegabilidade continuada do motor:

- se o motor fosse operado regularmente ou mesmo estando armazenado, componentes internos como juntas, vedações elastoméricas (borrachas sintética e natural) poderiam se deteriorar com o tempo;
- a corrosão decorrente de fatores ambientais poderia ocorrer naturalmente nos componentes internos e externos do motor. Tal processo poderia afetar a aeronavegabilidade continuada do motor e seus acessórios;

- a revisão do motor ou a sua substituição, no prazo máximo de 12 anos a partir da data de entrada em serviço, ou no acúmulo das horas de operação definido para o modelo do motor em questão;
- a qualidade das peças, acessórios e mão de obra utilizados durante a rotina de manutenção, revisão maior e revisão geral tinham um efeito direto na vida útil do motor. Além disso, a manutenção e a condição dos componentes relacionados ao motor, incluindo, mas não limitado à hélice, regulador de hélice, bomba de vácuo, alternador acionado por engrenagem, suportes, defletores, instrumentação e controles também tinham um efeito direto na durabilidade do motor;
- os TBO baseavam-se no motor mantido de acordo com as instruções relacionadas com a aeronavegabilidade continuada, aceitas pela *Federal Aviation Administration (FAA)*; e
- tais instruções deviam ser especificadas no manual de manutenção do motor, bem como nos respectivos Boletins de Serviço (BS), tendo os motores sido operados dentro das limitações especificadas no Manual do Operador do Motor Continental e no Manual Operacional dos Pilotos (*Aircraft Flight Manual - AFM*).

Para o TBO do motor modelo IO-520-BA, a referida SIL recomendava 1.700 horas de funcionamento ou 12 anos desde a última revisão geral, o que ocorresse primeiro. Os componentes e acessórios montados no motor requeriam revisão nos mesmos intervalos horários e calendários do motor, a menos que especificado de outra forma pelo fabricante do componente ou acessório.

Instrução Suplementar (IS) nº 91.409-001 - “Manutenção de Aeronaves, Tempo Recomendado Entre as Revisões Gerais”

Com relação ao cumprimento do TBO de motores que equipavam as aeronaves que operavam sob as regras do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 91, Requisitos Gerais de Operação para Aeronaves Civas, em vigor na data do acidente, a IS 91.409-001, Revisão B, da ANAC, entre outros aspectos, estabelecia as seguintes orientações:

[...]

5.1 Aspectos regulatórios

5.1.1 O nível mínimo requerido de manutenção e de segurança de um produto ou artigo aeronáutico é garantido pelo cumprimento dos procedimentos normais de manutenção dentro dos prazos estabelecidos pelos fabricantes (diário, pré-voos, *checks* de 25, 50, 100 horas etc.).

Nota - o proprietário/operador é responsável por garantir as condições mínimas de segurança da aeronave, isto é, ele é responsável por assegurar uma avaliação que verifique se não há indicações de decréscimo de desempenho da aeronave, motor, hélice ou equipamentos (partes, acessórios, instrumentos e demais componentes) e, se para corrigir esse decréscimo de desempenho, é necessária a revisão geral recomendada.

[...]

5.1.8 Diretrizes da Aeronavegabilidade e regulamentos operacionais também podem impor instruções de aeronavegabilidade continuada mandatórias.

5.1.9 Os períodos ou prazos de TBO geralmente estão transcritos em Boletins de Serviço (*Service Bulletins - SB*), Cartas de Serviço (*Service Letters - SL*), Cartas de Informação (*Service Information Letters - SIL*) e documentos semelhantes. Mesmo se os fabricantes indicarem os períodos ou prazos de TBO como mandatórios nesses documentos, estes são considerados mandatórios apenas quando aprovados pela autoridade aeronáutica...

[...]

5.2 Aspectos técnicos sobre a revisão geral

5.2.1 Uma vez compreendido que o prazo para a revisão geral é uma recomendação, a pergunta que surge é: se alcançado o prazo recomendado, um motor, hélice ou equipamento (parte, acessório, instrumento e demais componentes) necessita ser removido de serviço e enviado para a revisão geral?

5.2.2 Essa questão é de grande relevância, por exemplo, no caso de motores. O proprietário/operador de aeronave que opera segundo as regras do RBAC 91 pode ter um motor vencendo, por exemplo, o prazo calendárico de 12 (doze) anos - referente ao prazo calendárico em alguns motores convencionais - e não possuir ainda acumuladas horas totais de operação recomendadas para remoção para revisão geral. Nesse caso, pode-se optar por cumprir com a recomendação do fabricante de revisão geral no prazo calendárico ou executar a revisão geral apenas quando necessário, considerando uma avaliação operacional realizada de acordo com instruções do fabricante, dessa forma podendo ultrapassar o tempo calendárico de 12 (doze) anos e mesmo o período acumulado de horas de operação citados acima. Assim, vencidos quaisquer dos limites recomendados, se a aeronave ainda se mostra segura e com bom desempenho, (constatado a partir de avaliação da condição geral conforme instruções do fabricante) é possível a continuidade operacional.

Nota - as inspeções diárias, pré-voos, inspeções de 25, 50, 100 horas, anuais etc. não podem ser postergadas ou estendidas como se fosse o caso do TBO recomendado. É, inclusive, por meio dessas inspeções, que a segurança e o desempenho podem resultar dados mensuráveis para sustentar a decisão de não seguir o TBO recomendado. Adicionalmente, as discrepâncias que eventualmente apareçam entre as inspeções devem ser reparadas, conforme o RBAC 91.405

5.3 Como reconhecer a obrigatoriedade de mandar fazer uma revisão geral:

5.3.1 Para identificar se a execução da revisão geral dentro do prazo proposto pelo fabricante é considerada mandatória pela ANAC, deve-se verificar se o prazo de TBO está descrito na seção *Airworthiness Limitations*, ou ainda, se esse prazo foi determinado através uma Diretriz de Aeronavegabilidade. Do contrário, tal prazo é considerado pela ANAC apenas como recomendação do fabricante, desde que a aeronave esteja operando conforme o RBAC 91.

5.3.2 Observe-se que na regulamentação atual da ANAC, na prática, o adiamento da revisão geral é aceitável (mantida as condições de monitoramento já mencionadas na nota da seção 5. E inse2.2 desta IS) e, em algum momento, a revisão geral poderá ter que ser executada.

5.3.3 É importante destacar que alguns fabricantes classificam alguns Boletins de Serviço (*Service Bulletins - SB*), Cartas de Serviço (*Service Letters - SL*), Cartas de Informação (*Service Information Letters - SIL*) e documentos semelhantes como mandatórios, embora não façam parte da seção de *Airworthiness Limitations* ou estejam referenciados por uma Diretriz de Aeronavegabilidade. Nestes casos, do ponto de vista da ANAC, os prazos mencionados nesses documentos sobre revisão geral são considerados simplesmente como recomendação do fabricante.

[...]

APÊNDICE C - PERGUNTAS MAIS FREQUENTES SOBRE TBO

[...]

C.3 O TBO é facultativo para qualquer aeronave que opera no Brasil se não constar das limitações de aeronavegabilidade?

Não. O cumprimento do TBO recomendado pelos fabricantes é facultativo para aeronaves que se enquadram no parágrafo 91.409(i) do RBAC 91. Os RBAC 121 e 135, por envolverem empresas de transporte aéreo público de passageiros, exigem o cumprimento do programa de manutenção recomendado pelo fabricante.

C.4 Segundo os critérios desta IS, a revisão geral de um motor convencional jamais será executada?

Não. O funcionamento de um motor provoca desgastes e em algum momento a revisão geral do motor terá de ser feita. Ela poderá ser realizada dentro do TBO estabelecido pelo fabricante ou dentro de outro intervalo, mas deverá ser realizada sempre que as condições do motor estiverem deterioradas a ponto de requerer a revisão, ou quando o TBO for alcançado nas situações em que ele for mandatório conforme citado na resposta da pergunta.

C.5 Como é possível saber se as condições do motor estão deterioradas?

Quando o motor estiver fora dos parâmetros normais de operação previstos pelo fabricante ou quando for identificado através de monitoramento. O monitoramento pode ser feito através de métodos recomendados pelo fabricante. As AC 20-105 e 120-113 da FAA também poderão ser usadas.

C.6 E se o operador optar por não realizar o monitoramento das condições do motor?

Caso o monitoramento das condições do motor não seja realizado, a ANAC recomenda fortemente a realização da revisão geral dentro do TBO recomendado pelo fabricante ou quando as suas condições estiverem deterioradas, o que ocorrer primeiro.

Advisory Circular (AC) 20-105B

Essa AC emitida pela FAA, em 15JUN1998, que tratava do monitoramento de tendências (*trend monitoring*) para prevenção de acidentes relacionados à perda de potência em motores alternativos (a pistão), estabelecia:

[...]

5. TREND MONITORING PROGRAM.

a. Trend monitoring is a data collection system in which periodically a select number of engine readings/indications are recorded, analyzed, and from such data analysis an airworthiness decision is made. The purpose of a trend monitoring program is to predict a failure mode before it happens. A trend monitoring program for reciprocating engines should address at least three engine areas for monitoring. They are:

(1) Area #1 ...

[...]

(2) Area #2

[...]

(3) Area #3. Accessories including the magnetos, harness, spark plugs, exhaust, generator, or alternator drive belts, generator or alternator, carburetor/fuel injection unit and vacuum or pressure pump, are easily removable for inspection and testing and usually give the pilot an indication of their operating condition by instrumentation and gauges in the cockpit.

[...]

b. A generic trend monitoring program is found in Appendix 1 and 2. Appendix 1 is a sample data form that the mechanic and pilot will fill out. Appendix 2 is a sample tracking sheet in which all tracked items collected on the data form are listed together in sequence for easier comparison and analysis. The actual analysis of the airworthiness items should be accomplished by comparing the readings obtained and noting the trend as measured against the manufacturer's recommended reading. For example, if the engine manufacturer recommended a cruise oil pressure of 55 to 60 psi and the indicated reading in cruise was 48 psi the mechanic should check oil viscosity, oil quantity, oil relief valve setting, oil filter, bearing wear, indications of blow by/leaks, and the accuracy of the oil pressure gauge. The mechanic can also cross check with the results of the oil analysis, cylinder head temperatures, oil temperatures, spark plug condition, and cylinder compression readings.

NOTE: A trend monitoring program is only as good as the information that it collects and analyzes. Before incorporating an engine trend monitoring program, the owner/operator should ensure that the following aircraft's instruments and gauges have been tested for accuracy; RPM gauge, oil pressure, oil temperature, cylinder head temperature, Exhaust Gas Temperature (EGT), fuel gauges, and manifold gauge, if applicable.

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

Tratava-se de um voo privado entre Redenção, PA e Teresina, PI, no qual houve uma falha do motor em voo quando a aeronave se encontrava no enquadramento da reta final para a pista 20 de SBTE.

Ao perceber que não alcançaria a pista, o PIC efetuou curva de aproximadamente 90° à direita, executou os procedimentos *Landing Emergencies/Landing Without Power*, previstos no POH do A36, e realizou um pouso forçado em uma área de vegetação nativa, situada no Parque Ambiental Encontro dos Rios.

Em razão da falha observada, o motor *Continental*, modelo IO-520-BA, SN 569-817, que equipava a aeronave *Beechcraft*, modelo A36, de marcas PT-DLO, foi analisado, tendo como base a pesquisa com o foco no motor e nos componentes do sistema de combustível.

A análise do motor revelou que as engrenagens, eixos e todo o interior estavam limpos, lubrificados e sem evidências de anormalidades. As partes internas não apresentaram danos físicos aparentes.

Os exames e testes realizados mostraram que a falha no funcionamento do motor esteve associada ao vazamento na bomba mecânica e na controladora de combustível.

Diante disso, observou-se que a perda de potência do motor, no momento da redução do manete de potência, ocorreu por conta das falhas dos componentes acima referenciados, o que provocou a redução do fluxo/pressão de combustível na alimentação para a manutenção da chama da combustão.

Devido ao fato de a bomba elétrica constar no sistema de combustível em posição anterior à da controladora e da bomba mecânica, mesmo que ela estivesse acionada, possivelmente não evitaria a falha do motor.

Durante a inspeção dos componentes que apresentaram falha funcional em bancada (bomba mecânica e controladora de combustível), identificou-se que havia desgaste no selo do eixo (*seal shaft*) da bomba de combustível mecânica e deformações na *O-ring* de vedação interna do eixo da controladora de combustível.

Diante disso, a Comissão de Investigação procurou estabelecer a rastreabilidade dos serviços de manutenção realizados nos componentes do motor que apresentaram discrepâncias nos testes realizados.

É importante ressaltar que, na data do acidente, o motor da aeronave contava com 1.414 horas e 55 minutos e 184 meses e 4 dias após revisão geral.

O fabricante do motor, por meio da SIL98-9C, recomendava que fosse considerado o TBO de 1.700 horas ou 144 meses, o que ocorresse primeiro. Os mesmos critérios deveriam ser observados para efeito de revisão geral (*Overhaul*) dos acessórios do motor.

A esse respeito, verificou-se, por meio da documentação da aeronave, que na data do acidente, assim como o motor da aeronave, a bomba mecânica, a distribuidora e a controladora de combustível contavam com 1.414 horas e 55 minutos e pouco mais de 184 meses após revisão geral.

Uma vez que o motor e os referidos acessórios se encontravam com os prazos para a revisão geral estabelecidos pelos fabricantes vencidos, procurou-se verificar as condições que poderiam levar à extensão dos respectivos TBO.

Inicialmente, identificou-se que, para efeito dos limites entre revisões gerais, para se determinar a aeronavegabilidade continuada do motor em questão, entre outros aspectos, a SIL 98-9C, de 17JUL2013, da *Continental Motors Aircraft Engine*, estabelecia que fossem observados componentes internos como juntas, vedações de borrachas sintética e natural que poderiam se deteriorar com o tempo, estando o motor operando regularmente ou mesmo armazenado.

A referida SIL considerava que a corrosão decorrente de fatores ambientais poderia ocorrer naturalmente nos componentes internos e externos do motor, e que tal processo poderia afetar a aeronavegabilidade continuada do motor e seus acessórios.

Nesse sentido, recomendava a revisão do motor ou a sua substituição no máximo de doze anos a partir da data de entrada em serviço, ou no acúmulo das horas de operação definidas para o modelo do motor em questão.

Todavia, constatou-se que a execução da revisão geral do motor dentro do prazo proposto pelo fabricante não era mandatária, uma vez que na documentação que orientava o cumprimento do Programa de Manutenção da aeronave não constavam os *Service Bulletins* (SB), as *Service Letters* (SL), as *Service Information Letters* (SIL) ou outros documentos semelhantes que fizessem parte da seção de *Airworthiness Limitations*, e que fossem referenciados como mandatórios por uma Diretriz de Aeronavegabilidade.

Assim, sob o ponto de vista dos requisitos obrigatórios para a Aeronavegabilidade Continuada estabelecidos pela ANAC, os prazos mencionados de tais documentos, referentes à revisão geral do motor, eram considerados como recomendação do fabricante.

Ademais, tendo em vista que o calendário de 144 meses para a revisão geral do motor havia vencido, e que o item ainda não acumulava as horas totais de operação recomendadas para tal, deduziu-se que, em conformidade com o item 5.2.2 da IS nº 91.409-001, Revisão B, da ANAC, que tratava da manutenção de aeronaves e do tempo recomendado entre as revisões gerais, o operador da aeronave optou pela realização da referida revisão apenas quando fosse necessário.

Contudo, com base nos documentos apresentados pelo operador da aeronave, não foi possível determinar se, sob tais circunstâncias, o motor havia sido submetido a algum método de monitoramento de tendências de parâmetros (*trend monitoring*) recomendado pelo fabricante, de maneira a permitir a avaliação da condição geral de funcionamento do motor em questão.

Da mesma forma, não foi identificada a existência de qualquer protocolo de monitoramento de tendência capaz de avaliar a evolução dos parâmetros de funcionamento dos acessórios do motor que apresentaram falhas (bomba mecânica e controladora de combustível), de modo a possibilitar a prevenção de acidentes em decorrência de perda de potência do motor a pistão, conforme o estabelecido pela Revisão B da IS nº 91.409-001, da ANAC.

Diante dos aspectos levantados, foi possível considerar que o fiel cumprimento de um programa de monitoramento de tendências poderia contribuir para prevenir uma falha ou mau funcionamento como a observada nos acessórios do motor.

Nesse sentido, as oficinas de manutenção devem se constituir na última barreira para que a extensão de TBO esteja associada à adoção de programa de monitoramento de tendência dos motores que equipam as aeronaves que operam sob as regras do RBAC 91, bem como dos acessórios de tais motores, devendo ser observadas as recomendações a esse respeito, emitidas pelos fabricantes em questão.

3. CONCLUSÕES.

3.1. Fatos.

- a) o PIC estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido;
- b) o PIC estava com as habilitações de Avião Monomotor Terrestre (MNTE) e Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas;
- c) o PIC estava qualificado e possuía experiência no tipo de voo;
- d) a aeronave estava com o Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade (CVA) válido;
- e) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- f) as escriturações das cadernetas de célula, motor e hélice estavam atualizadas;
- g) as condições meteorológicas estavam acima dos mínimos para a realização do voo;
- h) após o ingresso no circuito de tráfego para pouso em SBTE, quando a aeronave se encontrava no enquadramento da reta final pela direita, ocorreu a falha do motor em voo;
- i) foi realizado um pouso forçado em uma área de vegetação nativa situada em um parque ambiental;
- j) os testes funcionais nos acessórios do motor mostraram que houve vazamento na bomba mecânica e na controladora de combustível;
- k) havia desgaste do selo do eixo (*seal shaft*) da bomba de combustível e deformações na *O-ring* de vedação interna do eixo da controladora de combustível;
- l) na data do acidente, o motor da aeronave contava com 1.414 horas e 55 minutos e 184 meses e 4 dias após revisão geral;
- m) o fabricante do motor da aeronave, por meio da SIL 98-9C, recomendava que fosse considerado o TBO de 1.700 horas ou 144 meses, o que ocorresse primeiro;
- n) os mesmos critérios deveriam ser observados para efeito do TBO dos acessórios do motor;
- o) na data do acidente, a bomba mecânica, a distribuidora e a controladora de combustível contavam com 1.414 horas e 55 minutos e pouco mais de 184 meses após revisão geral;
- p) o motor da aeronave e os seus acessórios se encontravam com os prazos para a revisão geral vencidos;
- q) a SIL 98-9C, de 17JUL2013, da *Continental Motors Aircraft Engine*, recomendava a revisão do motor ou a sua substituição no prazo máximo de 12 anos, a partir da data de entrada em serviço, ou no acúmulo das horas de operação definido para o modelo do motor em questão;
- r) a execução da revisão geral do motor dentro do prazo proposto pelo fabricante não era mandatória;
- s) sob o ponto de vista da ANAC, os prazos referentes à revisão geral do motor da aeronave foram considerados como recomendação do fabricante;
- t) não foi identificado qualquer tipo de monitoramento de tendência dos acessórios do motor que apresentaram falhas (bomba mecânica e controladora de combustível);

- u) a aeronave teve danos substanciais; e
- v) o PIC e o passageiro saíram ilesos.

3.2. Fatores contribuintes.

- **Manutenção da aeronave - contribuiu.**

A ausência de um programa de monitoramento de tendência impossibilitou que a adequada avaliação das condições gerais do motor e de seus acessórios evitasse a ocorrência de falha dos componentes do sistema de combustível em voo.

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-099/CENIPA/2023 - 01

Emitida em: 16/09/2024

Divulgar os ensinamentos colhidos na presente investigação durante os eventos e ações de promoção da segurança operacional, com o propósito de alertar os operadores, pilotos e mantenedores das aeronaves que operam sob as regras do RBAC 91, sobre a necessidade da fiel observância da IS 91.409-01, em sua última revisão, com foco na adoção de um programa de monitoramento de tendência que promova a adequada avaliação das condições gerais do motor e de seus acessórios, para efeito da extensão dos respectivos TBO.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.

O operador da aeronave e o piloto envolvido no acidente foram orientados quanto à necessidade de adotar um programa de monitoramento de tendência do motor e dos seus acessórios, em conformidade com a IS 91.409-001, Revisão B, da Agência Nacional de Aviação Civil.

Em 16 de setembro de 2024.