

COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



RELATÓRIO FINAL
IG-138/CENIPA/2019

OCORRÊNCIA:	INCIDENTE GRAVE
AERONAVE:	PT-OGH
MODELO:	208
DATA:	18OUT2019



ADVERTÊNCIA

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

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

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

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

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

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

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

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

SINOPSE

O presente Relatório Final refere-se ao incidente grave com a aeronave PT-OGH, modelo 208, ocorrido em 18OUT2019, classificado como “[SCF-PP] Falha ou mau funcionamento do motor e [RE] Excursão de Pista”.

Durante o tráfego para pouso no Aeródromo Comandante Rolim Adolfo Amaro (SBJD), Jundiaí, SP, a aeronave apresentou vibração seguida de perda de potência.

Foi realizado um pouso de emergência na pista 36 da SBJD, que culminou com a excursão de pista.

Constatou-se que houve fratura na parte interna do *Exhaust Duct*, no terminal da tubulação de Py e perda de potência do motor.

A aeronave teve danos leves.

Os tripulantes e o passageiro saíram ilesos.

Houve a designação de Representante Acreditado do *Transportation Safety Board* (TSB) - Canadá, Estado de projeto/fabricação 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.	8
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.....	9
1.5.5. Validade da inspeção de saúde.....	9
1.6. Informações acerca da aeronave.....	9
1.7. Informações meteorológicas.....	11
1.8. Auxílios à navegação.....	12
1.9. Comunicações.....	12
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	12
1.11. Gravadores de voo.....	12
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.....	12
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	12
1.13.1. Aspectos médicos.....	12
1.13.2. Informações ergonômicas.....	13
1.13.3. Aspectos Psicológicos.....	13
1.14. Informações acerca de fogo.....	13
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	13
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	13
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.....	18
1.18. Informações operacionais.....	18
1.19. Informações adicionais.....	19
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	21
2. ANÁLISE.....	21
3. CONCLUSÕES.....	23
3.1. Fatos.....	23
3.2. Fatores contribuintes.....	23
4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA	24
5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....	25

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CHST	Certificado de Homologação Suplementar de Tipo
CIV	Caderneta Individual de Voo
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FH	<i>Flight Hours</i> - horas de voo
FCU	<i>Fuel Control Unit</i> - unidade de controle de combustível
HSI	<i>Hot Section Inspection</i> - inspeção da seção quente
IFRA	Habilitação de Voo por Instrumentos - Avião
METAR	<i>Meteorological Aerodrome Report</i> - reporte meteorológico de aeródromo
MNTE	Habilitação de Avião Monomotor Terrestre
MORE	<i>Maintenance On Reliable Engines</i> - manutenção de confiabilidade de motores
OM	Organização de Manutenção
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	Licença de Piloto Privado - Avião
P&WC	<i>Pratt & Whitney Canada</i>
RBAC	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
SBAE	Designativo de localidade - Aeródromo Bauru - Arealva, Bauru, SP
SBJD	Designativo de localidade - Aeródromo Comandante Rolim Adolfo Amaro, Jundiaí, SP
SIC	<i>Second in Command</i> - segundo em comando
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SN	<i>Serial Number</i> - número de série
SPECI	Informe Meteorológico Aeronáutico Especial Seleccionado
STC	<i>Supplemental Type Certificate</i> - certificado suplementar de tipo
TBO	<i>Time Between Overhaul</i> - tempo entre revisões gerais
TLV	Tempo Limite de Vida
TPR	Categoria de Registro de Transporte Aéreo Público Regular

TSB	<i>Transportation Safety Board</i>
TSN	<i>Time Since New - tempo desde novo</i>
TSO	<i>Time Since Overhaul - tempo desde revisão geral</i>
UTC	<i>Universal Time Coordinated - tempo universal coordenado</i>
VFR	<i>Visual Flight Rules - regras de voo visual</i>



1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	Modelo: 208 Matrícula: PT-OGH Fabricante: Cessna Aircraft	Operador: Two Táxi Aéreo Ltda.
Ocorrência	Data/hora: 18OUT2019 - 20:15 (UTC) Local: Aeródromo Comandante Rolim Adolfo Amaro (SBJD) Lat. 23°10'54"S Long. 046°56'37"W Município - UF: Jundiaí - SP	Tipo(s): [SCF-PP] Falha ou mau funcionamento do motor e [RE] Excursão de pista

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Aeródromo Bauru - Arealva (SBAE), Bauru, SP, com destino ao Aeródromo Comandante Rolim Adolfo Amaro (SBJD), Jundiaí, SP, por volta das 19h30min (UTC), a fim de realizar um voo de aquisição de experiência operacional de tripulante, com dois pilotos e um passageiro a bordo.

Com cerca de 40 minutos de voo, durante a realização do tráfego para pouso, a aeronave apresentou vibração seguida de perda de potência.

O piloto embandeirou a hélice e fez um pouso de emergência na pista 36 de SBJD.

No decorrer do pouso, houve o estouro dos dois pneus das rodas do trem de pouso principal. O avião ultrapassou o limite longitudinal da pista e parou a cerca de 10 m da cabeceira.

A aeronave teve danos leves.



Figura 1 - Imagem da aeronave após a parada total.

Os dois tripulantes e o passageiro saíram ilesos.

1.2. Lesões às pessoas.

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

1.3. Danos à aeronave.

A aeronave teve danos leves restritos ao conjunto das rodas e pneus do trem de pouso principal e ao motor (Figura 2).



Figura 2 - Imagem da lateral esquerda da aeronave. É possível observar o dano no conjunto da roda e pneu, bem como a posição final da aeronave após o limite da pista.

1.4. Outros danos.

Não houve.

1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.

1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.

Horas Voadas		
Discriminação	PIC	SIC
Totais	4.827:00	1.135:00
Totais, nos últimos 30 dias	88:00	05:45
Totais, nas últimas 24 horas	09:50	03:45
Neste tipo de aeronave	4.637:00	05:45
Neste tipo, nos últimos 30 dias	88:00	05:45
Neste tipo, nas últimas 24 horas	09:50	03:45

Obs.: os dados relativos às horas voadas foram obtidos por meio dos registros da Caderneta Individual de Voo (CIV) dos pilotos.

1.5.2. Formação.

O Piloto em Comando (PIC) realizou o curso de Piloto Privado - Avião (PPR) no Aeroclube de Jundiaí, SP, em 2003.

O piloto Segundo em Comando (SIC) realizou o curso de Piloto Privado - Avião (PPR) na *Starflight* Escola de Aviação Civil, Belo Horizonte, MG, em 2011.

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.

O SIC possuía a licença de PCM e estava com as habilitações de MNTE e IFRA válidas.

1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

Os pilotos estavam qualificados e possuíam experiência para a realização do voo.

1.5.5. Validade da inspeção de saúde.

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

1.6. Informações acerca da aeronave.

A aeronave, de *Serial Number* (SN - Número de Série) 2080012, foi fabricada pela *Cessna Aircraft*, em 1985, e estava inscrita na Categoria de Registro de Transporte Aéreo Público Regular (TPR).

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

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

As últimas inspeções da aeronave, dos tipos “200/400 horas”, foram realizadas, em 07OUT2019, pela Organização de Manutenção (OM) *Two Táxi Aéreo Ltda.*, em Jundiaí, SP, estando com 32 horas e 30 minutos voados após as inspeções.

Os motores PT6A-114/114A que equipavam as aeronaves *Caravan* do operador eram suportados pelo programa *Maintenance On Reliable Engines* (MORE - manutenção de confiabilidade de motores), sob o *Supplemental Type Certificate* (STC - certificado suplementar de tipo) SE00002EN, emitido pela *Federal Aviation Administration* (FAA) e aceito no Brasil pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

Esse programa propunha a extensão do *Time Between Overhaul* (TBO - tempo entre revisões gerais) de motores dos modelos PT6A-34, -34AG, -34B, -36, -114, -114A, -116, -135 e -135A, entre os quais se enquadrava o propulsor SN PCE-17350 que equipava o PT-OGH.

Dentre os procedimentos estabelecidos com essa finalidade, o Anexo 6.2 do programa da *Two Táxi Aéreo Ltda.* trazia a ficha de inspeção de 450 *Flight Hours* (FH - horas de voo), que detalhava diversos tópicos, dentre os quais o item 10: “*Perform in Exhaust Duct & ITT system inspection* (Ref 72-50-05 *Exhaust Duct - Maintenance Practices*, item 6, MM P&WC)” (Figura 3).

ANEXO 6.2 FICHA DE INSPEÇÃO DE 450 HORAS			
TWO TÁXI AÉREO LTDA		FICHA DE INSPEÇÃO INSPECTION FORM	
DATA DATE			
TIPO/MODELO Type/Model	Nº SÉRIE Serial Number	QUANTIDADE Quantity	FOLHA Page
PT6A-114/114A			1/1
NOME/DESCRIPTION		REF	NOTAS/TOTALS Notes/Total
INSPEÇÃO DE 450 HORAS		MORE Program Rev. 4 de 06/05/2015	
DESCRIÇÃO Description	VISTO DEGRADADO Inspected	VISTO APROVADO Inspected	
1. Install Vibration pickup bracket on engine.			
2. Perform PT6A initial performance run & initial engine vibration analysis.			
3. Check the engine oil level. (ref 72-00-00 Servicing, item 5 B, MM P&WC).			
4. Inspect the oil filter and collect a filter and engine oil samples (ref 79-20-02 Oil Filter, Housing and Check Valve – Maintenance Practices, item 6 MM P&WC)			
5. Perform a continuity inspection of the oil system chip detector (ref 79-20-02 Oil Filter, Housing and Check Valve – Maintenance Practices, item 8 B, MM P&WC)			
6. Perform a chip detector functional inspection.			
7. Inspect the fuel pump filter (ref. 73-10-02 Fuel Pump – Maint. Practices, item 5, MM P&WC).			
8. Perform Hot Section Boroscope Inspection (ref 72-00-00 Engine Insp, item 11, MM P&WC).			
9. Perform compressor inspection.			
10. Perform in exhaust duct & ITT system inspection (ref 72-50-05 Exhaust Duct – Maintenance Practices, item 6, MM P&WC).			
11. Perform a compressor performance wash (ref 71-00-00 Power Plant – Cleaning, item 6, MM P&WC).			
12. Perform a compressor desalination wash (ref 71-00-00 Power Plant – Cleaning, item 6 A, MM P&WC).			
13. Perform a turbine desalination wash (ref 71-00-00 Power Plant – Cleaning, MM P&WC).			
14. Perform an engine external wash (ref 71-00-00 Power Plant – Cleaning, item 7, MM P&WC).			
15. Perform an engine general condition inspection (ref 71-00-00 Power Plant – Adjustment/Test, item 3, MM P&WC).			
16. Inspect and clean the P3 filter (if installed) (ref 73-10-07 Pneumatic Line (P3) – Maintenance Practices, MM P&WC).			
17. Verify correct operation of cockpit instruments (ref the appropriate aircraft manual).			
18. Balance the propeller.			
19. Perform an engine vibration analysis.			
20. Compare readings with initial vibration analysis to see any changes. NOTE: Changes in readings must be the same if ok show an improvement. Any degrade in the readings must be investigated.			
21. Perform post inspection performance run (ref 71-00-00 Power Plant – Adjustment/Test, item 13, MM P&WC).			
22. Make appropriate engine record keeping entries.			
23. Update the scheduled inspection status sheet.			
24. Confirm receipt of the oil analysis results.			

Figura 3 - Ficha de inspeção de 450 FH do programa MORE. O item 10 está destacado em vermelho.

Por sua vez, o programa *Maintenance On Reliable Engines* PT6A-34, -34AG, -34B, -36, -114, -114A, -116, -135, -135A, *Revision 2*, estabelecia, dentre outras, a seguinte rotina de inspeções:

12. ITEM: VISUAL INSPECTION OF POWER TURBINE BLADES AND INTERIOR OF EXHAUST DUCT.

Frequency: Every 450 flight hours.

References:

A. PT6A-34 series maintenance manual, section 72-03-09 and 72-53-04.

Specifics:

Remove exhaust stack (exhaust stub). (See appropriate airframe maintenance manual). Use a bright light and a hand held mirror to perform the inspection.

A. Inspect power turbine blades for condition.

B. Inspect exhaust duct ski jump for condition.

C. Inspect the number 3 bearing cover for condition.

The general objective is:

A. To examine the power turbine and exhaust duct to see if they are in a condition suitable for continued operation.

B. To identify engine problems while in the preliminary stages and to initiate corrective action at this time, in order to avoid more costly repair at a later time.

The specific objective is to perform a power turbine and exhaust duct visual inspection without further disassembly in accordance with the inspection requirements of section 72-03-09 of the maintenance manual.

Portanto, essa publicação previa a remoção do escapamento para uma inspeção visual do interior do *Exhaust Duct* quanto à sua condição a cada 450 horas de voo.

De acordo com os registros de manutenção da aeronave, o motor que equipava o PT-OGH, na data da ocorrência, havia realizado, em 12ABR2019, as inspeções dos tipos “150/300/450 FH (MORE *Inspection*)” quando estava com 16.006 horas e 50 minutos de *Time Since New* (TSN - tempo desde novo) e 6.926 horas e 55 minutos de *Time Since Overhaul* (TSO - tempo desde revisão geral).

Essas intervenções foram realizadas quando o motor estava instalado na aeronave de marcas PT-OGP (Figura 4).

		
OFICINA DE MANUTENÇÃO, MODIFICAÇÃO E/OU REPAROS, HOMOLOGADA SEGUNDO O RBAC 145 NAS CATEGORIAS: CÉLULA CLASSE 1, 3 e 4/ MOTOR CLASSE 3/ HÉLICE CLASSE 2/ ACESSÓRIO CLASSE 1, 2 e 3/ SERVIÇOS ESPECIALIZADOS CLASSE ÚNICA (INSP. LIQ. PENETRANTE E PART. MAGNÉTICAS)		
COM 7701-01/ ANAC		
MOTOR: PT6A-114	TSN: 16.006,8	TSO: 6.926,9
S/N: PCE-17350	CSN: 14.137	CSO: 4.791
AERONAVE: PT-OGP	ANV TSN: 21.800,6	ANV CSN: 18.107
INÍCIO: 12/ABR/2019		TÉRMINO: 12/ABR/2019
SERVIÇOS REALIZADOS:		
1) 150/450FH MORE INSPECTION (REF. MM MORE SE00002EN) (OS. ITEM 01); 2) 300FH MORE INSPECTION (REF. MM MORE SE00002EN) (OS. ITEM 02); 3) MINOR INSPECTION (150FH) (REF. MM 72-00-00) (OS. ITEM 01); 4) BORESCOPE INSPECTION (VOAR AVIATION LAUDO N° CS02M2019-01) (REF. MM 72-00-00) (450FH) (OS. ITEM 01).		
O EQUIPAMENTO OU AERONAVE AO QUAL SE REFERE ESTE REGISTRO ESTÁ AERONAVEGÁVEL NO QUE DIZ RESPEITO AO SERVIÇO EXECUTADO. DETALHES DESTES SERVIÇOS ESTÃO ARQUIVADOS SOB A ORDEM DE SERVIÇO CS074/2019.		

Figura 4 - Registro da última inspeção de 450 FH constante da caderneta de motor.

Após essas inspeções, o propulsor foi removido do PT-OGP e instalado no PT-OGH, tendo voado 223 horas e 30 minutos até a data desta ocorrência.

Entre os dias 01JUL2019 e 13AGO2019, foi cumprida uma inspeção de 150 horas do programa MORE. Essa intervenção previa apenas uma inspeção da condição geral do motor, sem detalhar aspectos relacionados aos componentes internos.

Em 07OUT2019, o avião realizou testes em solo, em que foram verificados e registrados os parâmetros do motor nas condições de “*low idle*”, “*full power*” e cruzeiro. Não se verificaram quaisquer anormalidades e a aeronave foi liberada para voo pelo mecânico e pelo inspetor responsáveis por essas verificações.

Na data deste incidente, o motor instalado no PT-OGH havia operado 7.150 horas e 25 minutos após a revisão geral (*Overhaul*) realizada em 15DEZ2007.

1.7. Informações meteorológicas.

As condições eram favoráveis ao voo visual. O *Meteorological Aerodrome Report* (METAR - reporte meteorológico de aeródromo) das 20h00min (UTC) trazia as seguintes informações:

METAR SBJD 182000Z 23004KT 9999 TS SCT040 FEW050CB 32/14 Q1015=

Verificou-se que a visibilidade estava acima de 10 km, o vento tinha direção de 230° e intensidade de 4 kt, com presença de trovoadas e nuvens *cumulonimbus*.

Um Informe Meteorológico Aeronáutico Especial Selecionado (SPECI) publicado às 20h33min (UTC), cerca de 20 minutos após o pouso da aeronave, restringia a visibilidade a 5.000 m, informava a existência de trovoadas, chuva, e presença de nuvens *cumulonimbus* com base no FL050:

SPECI SBJD 182033Z 23011KT 5000 TSRA SCT040 FEW050CB SCT100 26/16 Q1015=

Havia, ainda, um aviso de aeródromo para o período compreendido entre 19h58min (UTC) e 21h58min (UTC) que informava sobre a previsão de tempestades, ventos de superfície generalizados com intensidades entre 10 kt e 27 kt, com previsão de se intensificarem:

SBGR/SBJD/SBBP AD WRNG 1 VALID 181958/182158 TS SFC WSPD 10KT MAX 27 FCST INTSF=

Imagens registradas por uma câmera de segurança mostravam o avião em aproximação com formações meteorológicas nas proximidades do aeródromo (Figura 5).



Figura 5 - Imagem da aeronave na final para pouso na RWY 36 de SBJD.

1.8. Auxílios à navegação.

Nada a relatar.

1.9. Comunicações.

Nada a relatar.

1.10. Informações acerca do aeródromo.

O aeródromo era público, administrado pela VOA São Paulo e operava sob Regras de Voo Visual (VFR), em período diurno e noturno.

A pista era de asfalto, com cabeceiras 18/36, dimensões de 1.400 x 30 m, com elevação de 2.484 ft.

1.11. Gravadores de voo.

Não requeridos e não instalados.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

Não houve impactos anteriores ao pouso de emergência.

O toque foi realizado a cerca de 670 m da cabeceira 36. Portanto, restavam, aproximadamente, 700 m para a parada total da aeronave.

1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.

1.13.1. Aspectos médicos.

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

1.13.2. Informações ergonômicas.

Nada a relatar.

1.13.3. Aspectos Psicológicos.

Não houve evidência de que questões de ordem psicológica tenham afetado o desempenho dos tripulantes.

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.

Durante os exames preliminares, realizados na OM Two Táxi Aéreo Ltda., o escapamento do motor foi removido para que se pudesse visualizar a parte interna do motor. De imediato, observou-se uma grande área danificada, com material faltando na parte interna do *Exhaust Duct*, na região em que ele recebia os gases oriundos da turbina de potência (PT *Disk*) e os defletia em direção ao escape (Figuras 6, 7 e 8).

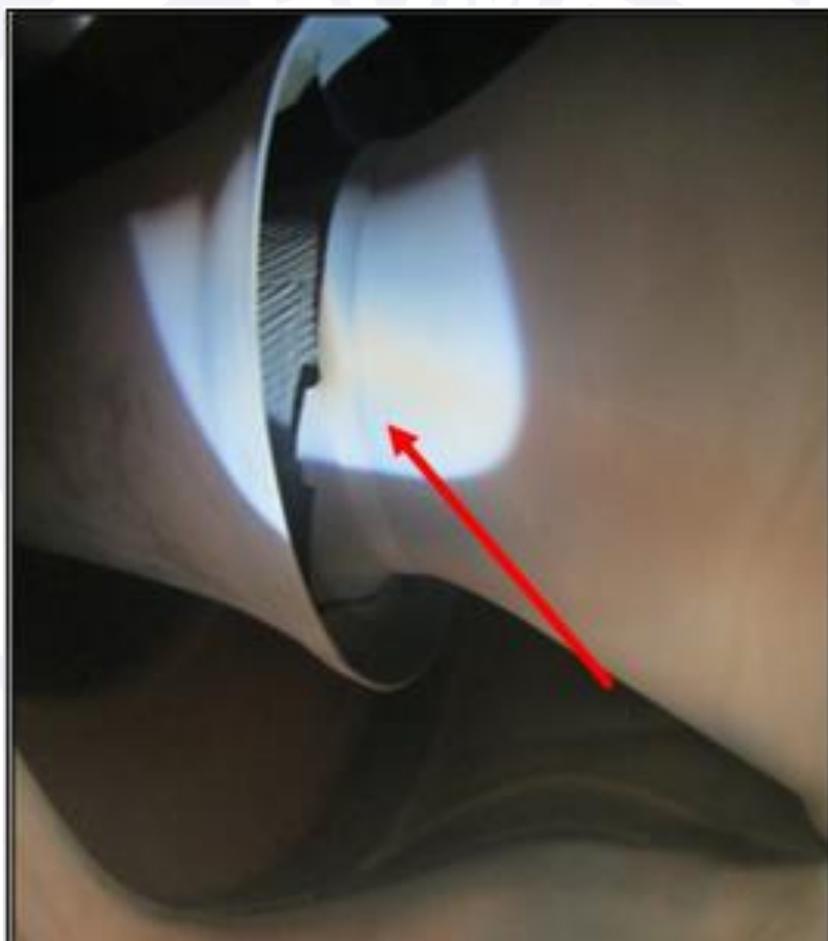


Figura 6 - Imagem do *Exhaust Duct*. A seta indica a região danificada.



Figura 7 - Imagem aproximada do interior do *Exhaust Duct*. A seta indica a região danificada.

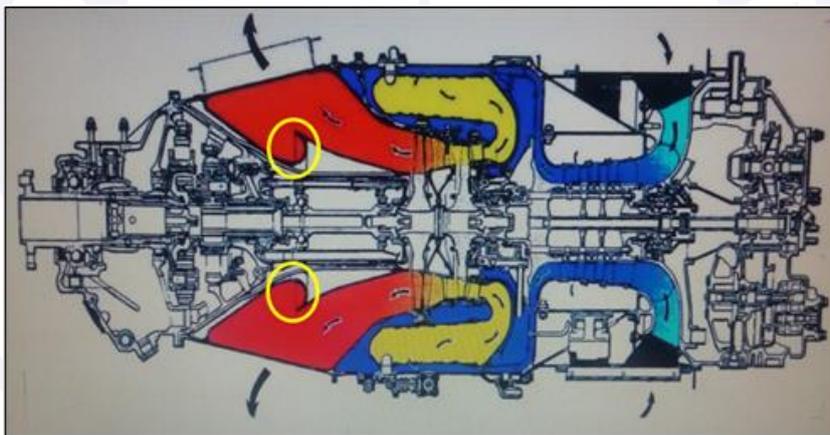


Figura 8 - Diagrama esquemático do fluxo de ar no motor. O destaque com círculo amarelo mostra a região da fratura.

Posteriormente, o motor foi aberto no flange “C”, com a presença de técnicos das unidades de Sorocaba, SP, e do Canadá, da empresa *Pratt & Whitney Canada* (P&WC).

Com o acesso obtido depois da abertura do propulsor, foi possível observar marcas de roçamento (atrito) na parte traseira do *Exhaust Duct* (Figura 9).

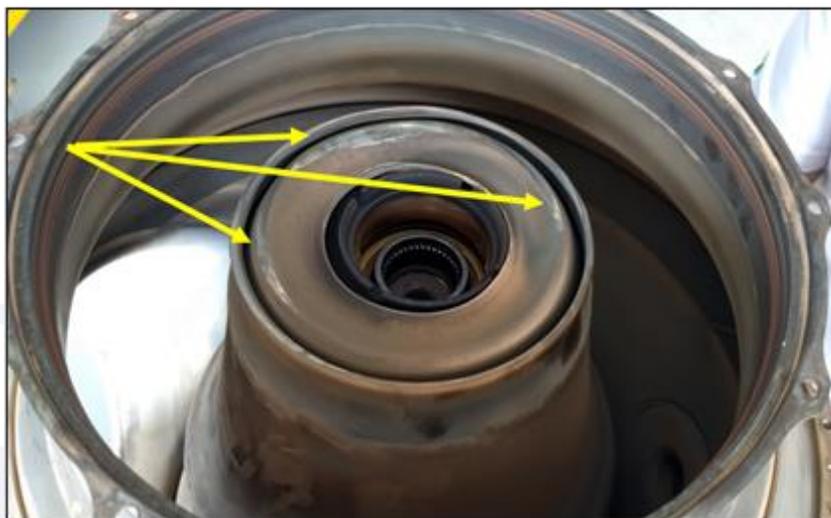


Figura 9 - Parte traseira do *Exhaust Duct* com marcas de atrito/roçamento, sinalizadas com as setas amarelas.

Também havia marcas de atrito na *PT Disk*.

Após a separação do *Exhaust Duct* da *Gearbox*, constatou-se que havia ocorrido perda de material da sua estrutura (Figura 10).



Figura 10 - Dano interno com perda de material no *Exhaust Duct*.

Durante a inspeção visual nas partes externas do motor, foi observado que o terminal da tubulação de Py encontrava-se danificado (Figura 11).



Figura 11 - Imagem da tubulação de Py. A seta amarela indica a parte danificada.

Essa tubulação era fixada à estrutura do motor, na altura da separação entre a *Gas Generator Case* e o *Exhaust Duct*.

A função da pressão PY é modular o fluxo de combustível de acordo com a potência solicitada. Uma perda de pressão Py, como por exemplo em um caso de vazamento no tubo Py, resultará em uma redução do fluxo de combustível, levando a uma perda de potência do motor. Sem a pressão Py, a única maneira de modular o fluxo de combustível seria por meio da manete de potência de emergência (EPL).

O *Exhaust Duct* e a tubulação de Py foram enviados ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) para análise dos mecanismos de falha desses componentes.

As análises visual e por estereoscopia do *Exhaust Duct* indicaram que ocorreu erosão na superfície da fratura em decorrência do fluxo de ar quente oriundo do processo de combustão interna do motor (Figura 12).

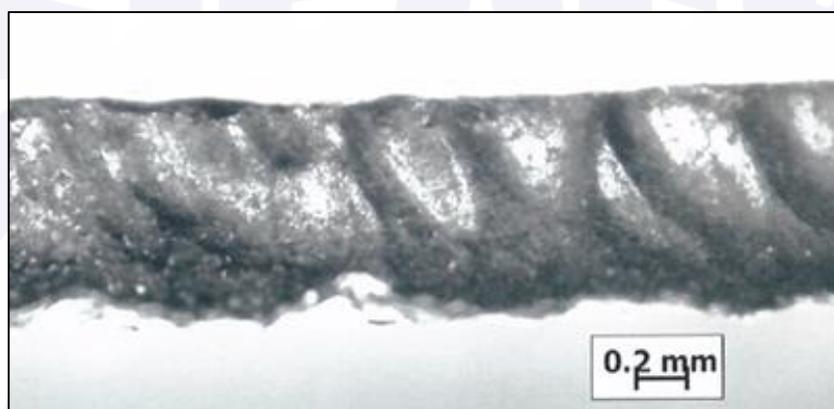


Figura 12 - Superfície da fratura do *Exhaust Duct* ondulada, indicando erosão por gases quentes.

O exame metalográfico das superfícies interna e externa da região da fratura também mostrou que elas apresentavam *pites* de corrosão. (Figura 13).

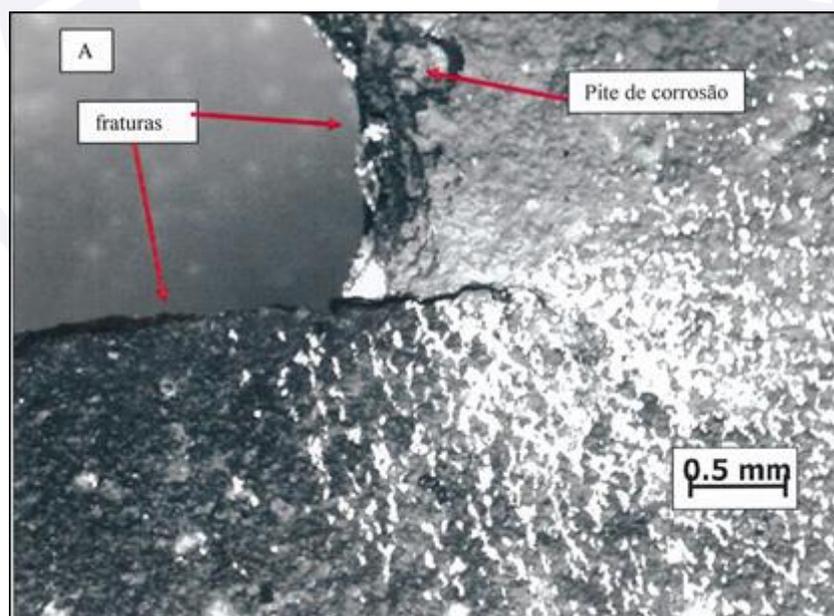


Figura 13 - Fotoestereoscopia da região das fraturas mostrando a existência de *pites* de corrosão.

A análise da tubulação de Py apontou que havia corrosão generalizada em sua superfície interna, próximo à fratura, corrosão intergranular e *pites* na região da fratura (Figuras 14, 15, e 16).

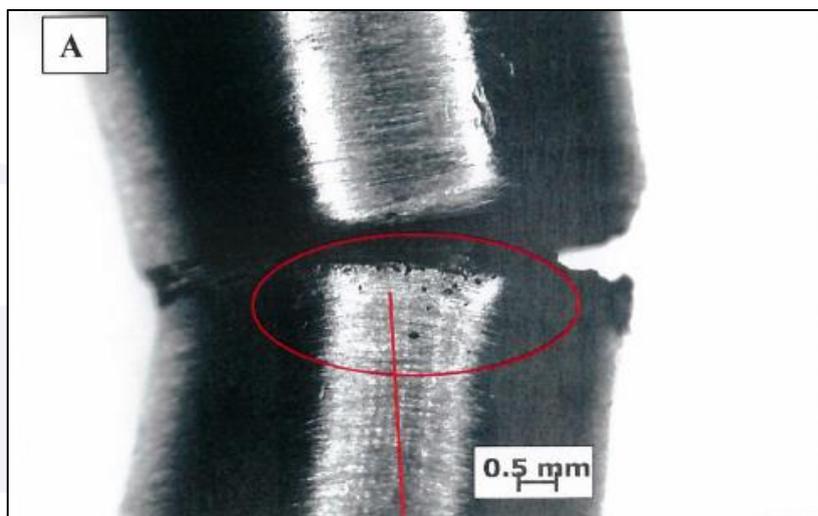


Figura 14 - Imagem da fratura do Tubo de Py mostrando os *pites* de corrosão.

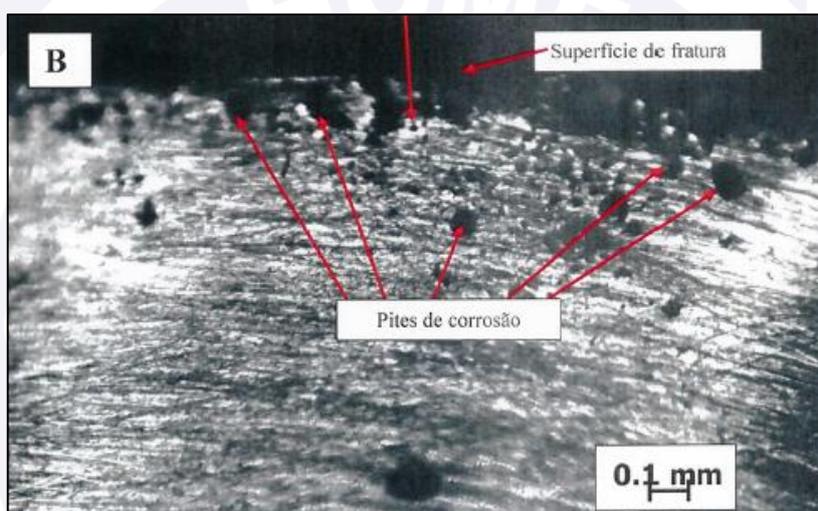


Figura 15 - Imagem aproximada da fratura do Tubo de Py mostrando os *pites* de corrosão.

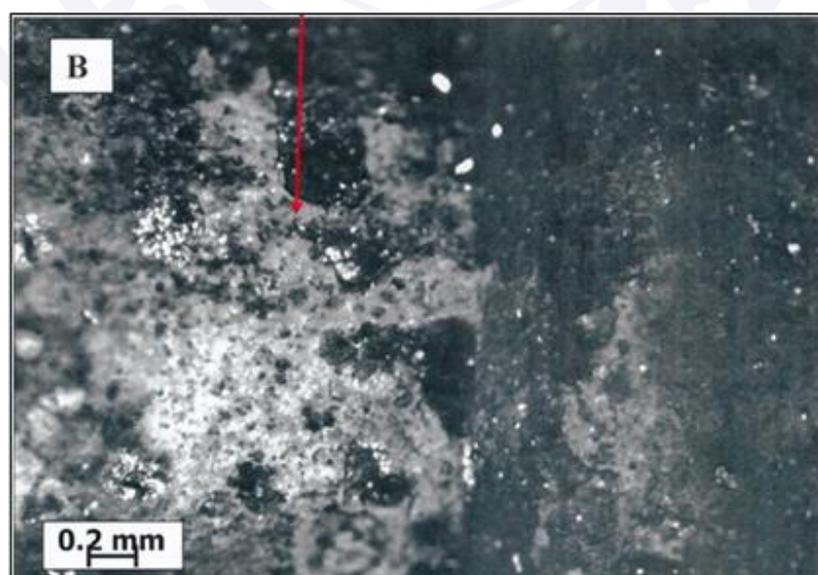


Figura 16 - Imagem da parte interna do Tubo de Py mostrando a corrosão generalizada.

No que concerne ao *Exhaust Duct*, o exame laboratorial concluiu que a fratura foi facilitada pela presença de corrosão a quente. Não foi possível determinar o mecanismo de falha devido à erosão da superfície de fratura ocasionada pelo fluxo de gases quentes oriundos do processo de combustão interna do motor.

Com base nos resultados das análises conduzidas, concluiu-se que o tubo de Py apresentou fratura iniciada em *pites* de corrosão.

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

A *Two Táxi Aéreo Ltda.* operava no segmento de transporte aéreo público regular de passageiros e carga, sob o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 135, Emenda 06, que tratava dos Requisitos Operacionais: Operações Complementares e Por Demanda, e estava presente em 26 localidades no Brasil, com uma frota de 18 aeronaves dos modelos *Cessna 208* e *208B*.

Para a manutenção da proficiência técnica dos seus tripulantes, a empresa possuía simulador de voo.

Além de voos de fretamento, a empresa possuía contratos de transporte regular de cargas.

A *TWO* também possuía um Certificado de Organização de Manutenção (COM nº 1908-31/ANAC) e realizava diversos níveis de serviço nos motores PT6A-114 e 114A, exceto *Hot Section Inspection* (HSI - inspeção da seção quente).

1.18. Informações operacionais.

Tratava-se de um voo de aquisição de experiência operacional de tripulante, no trecho SBAE - SBJD.

A aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento especificados pelo fabricante.

De acordo com os relatos colhidos, durante a aproximação para SBJD, o avião ingressou no circuito de tráfego para pouso na cabeceira 36. Momentos antes do início da curva para a perna base, houve a falha do motor. Foram realizados os procedimentos previstos para embandeiramento da hélice e corte do propulsor, e a tripulação conduziu a aeronave para um pouso de emergência.

O procedimento previsto pelo manual da aeronave para pouso de emergência sem potência previa uma velocidade de 100 KIAS na final, com motor cortado e hélice embandeirada, além do desligamento da bateria quando o pouso estivesse assegurado. O toque deveria ser realizado com a cauda “um pouco baixa” e seguido da aplicação enérgica dos freios (Figura 17).

EMERGENCY LANDING WITHOUT ENGINE POWER

1. Seats, Seat Belts, Shoulder Harnesses -- SECURE.
2. Airspeed -- 100 KIAS (flaps UP)
3. Power Lever -- IDLE.
4. Propeller Control Lever -- FEATHER.
5. Fuel condition Lever -- CUTOFF.
6. Fuel Boost Switch -- OFF.
7. Ignition Switch -- NORM.
8. Standby Power Switch (if installed) -- OFF.
9. Non-essential Equipment (if installed) -- OFF.
10. Fuel Shutoff -- OFF (pull out).
11. Fuel Tank Selectors -- OFF (warning horn will sound).
12. Crew Doors -- UNLATCH PRIOR TO TOUCHDOWN.
13. Battery Switch -- OFF when landing is assured.
14. Touchdown -- SLIGHTLY TAIL LOW.
15. Brakes -- APPLY HEAVILY.

Figura 17 - Procedimento para pouso de emergência sem potência extraído do *Pilot's Operating Handbook* (POH - manual de operação do piloto) da aeronave.

O toque ocorreu, aproximadamente, na parte média da pista.

Durante a frenagem, os pneus dos trens de pouso principais estouraram (Figuras 18 e 19).



Figura 18 - Croqui da ocorrência.



Figura 19 - Imagem mostrando a fumaça produzida pelo travamento das rodas dos trens de pouso principais.

Após percorrer cerca de 700 m, a aeronave parou 10 m além da cabeceira oposta.

1.19. Informações adicionais.

Programa *Maintenance on Reliable Engines* (MORE)

Conforme o manual descritivo MORE *Company Inc.*, Rev. 2, de 16AGO1995, o MORE era um programa suplementar aos Manuais de Revisão Geral dos Motores PT6A-34, -34AG, -34B, -36, -114, -114A, -116, -135 e -135A, Manual de Manutenção, Catálogo Ilustrado de Partes e Boletins de Serviço, devendo ser utilizado como um programa complementar a essas documentações.

Por meio da aplicação dos elementos previstos no programa, primeiramente se almejava identificar e corrigir problemas em seus estágios iniciais, de modo a evitar maiores custos de manutenção caso o motor continuasse a operar nessas condições. Em decorrência disso, o manual descrevia que o motor permaneceria em condição apropriada de funcionamento por períodos mais extensos, tornando-se possível alongar os períodos de inspeção.

O programa era pautado na integração dos seguintes elementos:

- procedimentos de manutenção normais já especificados pela *Pratt & Whitney Canada* (P&WC) para os motores da série PT6A-34;

- intervalos de inspeção mais frequentes que os especificados pela P&WC;
- análise espectrométrica do óleo;
- monitoramento de tendências da *performance* do motor;
- redução da vibração do motor; e
- inspeção boroscópica periódica.

O programa MORE foi implementado na Two Táxi Aéreo Ltda. por meio de documentação específica, aprovada por seu Gerente de Manutenção e aceita pela ANAC (Programa de Manutenção *Part Number* (PN - Número de Peça) TWO - 001 - Ver. IV, de 06MAIO2015).

O programa da empresa foi desenvolvido conforme os requisitos estabelecidos na seção 135.419 do RBAC 135, tendo como base a alteração dos intervalos de inspeção definidos nos manuais da P&WC em concordância com o Certificado de Homologação Suplementar de Tipo (CHST) da MORE, estendendo o TBO de 3.600 horas para até 8.000 horas ou 50% do menor Tempo Limite de Vida (TLV) em ciclos dos componentes rotativos de cada módulo do motor, o que ocorresse primeiro.

O programa da Two era baseado na combinação de quatro ferramentas básicas de manutenção:

Análise de vibração: é uma ferramenta poderosa para auxiliar na descoberta de desbalanceamento dos componentes rotativos prevenindo danos mais extensos e até a parada completa dos motores em voo. Através da análise de vibração podem ser descobertos problemas de erosão e trinca nas palhetas dos discos de compressor ou turbina mesmo antes de se configurar um potencial de falha permitindo a correção em seu estágio inicial, aumentando a confiabilidade do motor e reduzindo custos de manutenção;

Análise de óleo: a análise do óleo permite uma avaliação do desgaste sofrido pelos componentes internos do motor como rolamentos, selos e engrenagens permitindo a adoção de medidas corretivas precocemente;

Monitoramento contínuo: as leituras dos parâmetros de voo são fundamentais para o acompanhamento de tendências no funcionamento do motor. Através de sua análise podem ser evidenciadas a necessidade de inspeções tipo HSI, revisões de FCU ou simplesmente aferição de instrumentos e transmissores do motor;

Inspeção boroscópica: o acompanhamento através de inspeções boroscópicas da seção quente e do compressor do motor permitem uma visualização satisfatória do desgaste de palhetas, câmara de combustão e estatores.

De acordo com esse programa, “os motores assim mantidos possuem um acompanhamento mais criterioso de desgaste e desempenho, permitindo uma maior confiabilidade na operação”.

O documento também informava que o programa era parte integrante e inseparável do programa de manutenção e deveria estar disponível a todo o pessoal de manutenção responsável por efetuar os serviços nele referidos. Quanto aos intervalos de revisão geral e extensão do TBO, o manual previa que:

Os intervalos de revisão geral dos acessórios e a troca dos componentes rotativos permanecem conforme disposto no P&W SB 1703 Rev. 11 e SB 1002 Rev. 29 para o motor PT6A-114/114A ou em suas revisões posteriores aprovadas.

A extensão do TBO para até 8.000 horas ou 50% do menor TLV em ciclos dos componentes rotativos para cada módulo baseada neste manual não é garantia da operação normal dos motores ao longo do período, podendo ser necessárias intervenções do tipo HSI ou mesmo revisão geral em função dos parâmetros de operação, análise de óleo ou análise de vibrações coletadas durante as intervenções aqui definidas.

O programa da *Two* foi autorizado pela MORE *Inc.* por meio do CHST 9609-06, que especificava as matrículas das aeronaves e SN dos motores a ele submetidos.

Os requisitos de manutenção estabelecidos no *P&WC Maintenance Manual*, referentes aos procedimentos de inspeção e manutenção do duto de exaustão do motor PT6A-114 durante as inspeções periódicas, limitavam-se a inspeções visuais. Para a *hot section* ou inspeções não programadas como a parada repentina do motor, poderia ser necessária uma inspeção adicional de acordo com o escopo do trabalho.

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

Tratava-se de um voo de aquisição de experiência operacional de tripulante, realizado no trecho SBAE - SBJD.

Embora as condições meteorológicas predominantes fossem favoráveis ao voo visual, as informações do METAR e do Aviso de Aeródromo em vigor no momento do pouso, que mostravam ventos com direção de 230°, velocidade entre 4 kt e 10 kt, com intensidade máxima de 27 kt, respectivamente, assim como a imagem mostrando formações pesadas à retaguarda do avião durante a aproximação, sugerem a possibilidade de que houvesse uma componente de vento de cauda durante o pouso.

Em assim sendo, é possível que essas condições tenham resultado em um pouso mais longo do que o esperado pelo piloto e contribuído para a necessidade da frenagem enérgica que resultou no estouro dos pneus do avião.

Não obstante, o fato de o toque durante o pouso de emergência ter ocorrido, aproximadamente, na parte média da pista indicou que uma inadequação no uso dos comandos de voo resultou em um pouso longo, após o qual restaram cerca de 700 m para a parada total da aeronave, o que contribuiu para a excursão de pista.

Nesse cenário, a aplicação enérgica de pressão nos pedais do freio, motivada pela proximidade do final da pista, resultou no estouro dos pneus dos trens de pouso principais, circunstância que prejudicou a controlabilidade do avião no solo e também teve participação para a ocorrência em tela.

Assim, a inadequada avaliação dos parâmetros relacionados à operação sob aquelas circunstâncias levou à realização de uma aproximação para além da marca de 1.000 ft, o que resultou na necessidade de uma frenagem enérgica, que culminou com o estouro dos pneus e com a excursão de pista.

Considerando que os exames realizados no motor da aeronave mostraram que uma grande área do *Exhaust Duct* estava danificada e que havia material faltando na parte interna desse componente, é possível que a vibração apresentada momentos antes da perda da potência tenha sido decorrente da perturbação do fluxo do ar de exaustão ocorrida em virtude da alteração da geometria do próprio *Exhaust Duct*.

Sobre a falha identificada na tubulação de Py, uma vez que esse componente era fixado na estrutura do motor, na altura da separação entre a *Gas Generator Case* e o *Exhaust Duct*, é possível que a vibração ocorrida após a perda de material da estrutura do sistema de escapamento tenha provocado a ruptura desse tubo. Essa falha foi facilitada pela fragilização do material devido à presença de corrosão intergranular e *pites* na região da fratura e foi a responsável pela perda de potência do motor.

No que concerne ao *Exhaust Duct*, embora as análises realizadas em laboratório tenham concluído que não foi possível determinar o mecanismo de falha devido à erosão da superfície de fratura ocasionada pelo fluxo de gases quentes oriundos do processo de

combustão interna do motor, a presença de corrosão superficial na região das fraturas sugeriu a possibilidade de que a degradação do material desse componente já estivesse em curso na data da realização da inspeção de 450 FH, em 12ABR2019, e que esse processo culminou com a fratura desse equipamento.

Em assim sendo, é possível que os técnicos responsáveis pela realização da última inspeção de 450 FH não tenham conseguido identificar uma condição latente que contribuiu para a falha do motor em voo.

Por outro lado, os requisitos de manutenção vigentes à época da ocorrência, referentes aos procedimentos relativos ao *Exhaust Duct*, instruíam apenas a execução de inspeções visuais e dimensionais. Esses procedimentos não permitem a identificação de processos de degradação do material nucleados internamente, tais como corrosão intergranular ou fadiga.

Os mecanismos de falha associados a esses processos somente se tornam aparentes quando afloram à superfície e podem ser observados por uma inspeção visual e, nesse estágio, a velocidade de propagação da descontinuidade é significativamente mais elevada. Nesse momento, a função estrutural já está comprometida e na iminência de falha.

Nesse contexto, a deterioração do *Exhaust Duct* somente seria percebida quando estivesse próxima do colapso. Também é possível que o surgimento de uma trinca na superfície, até a separação da estrutura, ocorra num intervalo inferior a 450 horas de operação.

Nesse cenário, a supervisão inadequada, pela gerência da OM, das atividades de execução no âmbito técnico pode ter concorrido para que uma degradação no *Exhaust Duct* não fosse detectada tempestivamente, o que interromperia a cadeia de eventos que levou a este incidente. No entanto, os elementos de investigação disponíveis não permitiram corroborar essa hipótese.

Sobre a falha do tubo de Py, tendo em vista a conclusão da análise em laboratório de que a fratura teve início em *pites* de corrosão, concluiu-se que esse processo fragilizou o material e facilitou a sua ruptura diante da vibração anormal ocorrida após a falha do *Exhaust Duct*.

Ainda assim, considerando o quadro de corrosão generalizada observado, é possível que a degradação do material já estivesse em andamento na data da realização das últimas inspeções do motor (07OUT2019), onze dias antes do incidente em tela.

Dessa forma, é possível que os técnicos responsáveis pela realização de tais intervenções não tenham sido capazes de identificar um processo de corrosão em curso em um componente importante para o funcionamento do motor, o que caracterizaria a manutenção da aeronave como um fator contribuinte para este incidente.

Nesse caso, a supervisão inadequada, pela gerência da OM, das atividades de execução no âmbito técnico também pode ter concorrido para que essa condição não fosse identificada e corrigida de forma a evitar a ocorrência deste incidente.

Por outro lado, assumindo que todos os procedimentos recomendados tenham sido executados em conformidade com os manuais de manutenção da P&WC, a longevidade do propulsor em serviço, que acumulava 7.150,4 horas desde o último *overhaul*, praticamente o dobro do seu TBO original de 3.600 horas, pode ter produzido desgastes naturais não identificados pelas atividades de monitoramento incluídas no programa MORE, o que caracterizaria esse sistema de apoio como um fator contribuinte para a ocorrência em tela.

Contudo, a indisponibilidade de dados referentes a falhas similares em outros motores submetidos ao programa, que poderiam apontar para eventuais tendências nesse sentido, inviabilizou um aprofundamento do estudo dessa hipótese.

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 Monomotor Terrestre (MNTE) e Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas;
- c) os pilotos estavam qualificados e possuíam experiência para a realização do voo;
- d) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido;
- e) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- f) as escriturações das cadernetas de célula, motor e hélice estavam atualizadas;
- g) as condições meteorológicas eram propícias à realização do voo;
- h) imagens registradas por uma câmera de segurança mostravam o avião em aproximação com formações meteorológicas nas proximidades do aeródromo;
- i) durante a realização do tráfego para pouso, a aeronave apresentou vibração seguida de perda de potência;
- j) durante o pouso de emergência, houve o estouro dos dois pneus das rodas do trem de pouso principal;
- k) o avião ultrapassou o limite longitudinal da pista e parou a cerca de 10 m da cabeceira;
- l) durante os exames do *Exhaust Duct*, observou-se uma grande área danificada, com material faltando na sua parte interna;
- m) o exame metalográfico das superfícies interna e externa da região da fratura no *Exhaust Duct* mostrou que elas apresentavam *pites* de corrosão;
- n) a análise da tubulação de Py apontou que havia corrosão generalizada em sua superfície interna, próximo à fratura, corrosão intergranular e *pites* na região da fratura;
- o) a aeronave teve danos leves; e
- p) os dois tripulantes e o passageiro saíram ilesos.

3.2. Fatores contribuintes.

- **Aplicação dos comandos - contribuiu.**

O fato de o toque durante o pouso de emergência ter ocorrido, aproximadamente, na parte média da pista indicou que uma inadequação no uso dos comandos de voo resultou em um pouso longo, após o qual restaram cerca de 700 m para a parada total da aeronave, o que contribuiu para a excursão de pista.

Nesse cenário, a aplicação enérgica de pressão nos pedais do freio, motivada pela proximidade do final da pista, resultou no estouro dos pneus dos trens de pouso principais, circunstância que prejudicou a controlabilidade do avião no solo e também teve participação para a ocorrência em tela.

- **Condições meteorológicas adversas - indeterminado.**

É possível que uma componente de vento de cauda provocada por formações pesadas à retaguarda do avião durante a aproximação tenha resultado em um pouso mais longo do que o esperado pelo piloto e contribuído para a necessidade da frenagem enérgica que resultou no estouro dos pneus do avião e na excursão de pista.

- **Julgamento de pilotagem - contribuiu.**

A inadequada avaliação de todos os parâmetros relacionados à operação sob as circunstâncias presentes durante o pouso de emergência levou à realização de uma aproximação para além da marca de 1.000 ft, o que resultou na necessidade de uma frenagem enérgica, que culminou com o estouro dos pneus e com a excursão de pista.

- **Manutenção da aeronave - indeterminado.**

Considerando o quadro de corrosão generalizada observado durante os exames realizados no tubo de Py, é possível que a degradação do material já estivesse em andamento na data da realização das últimas inspeções do motor (07OUT2019), onze dias antes do incidente em tela.

Dessa forma, é possível que os técnicos responsáveis pela realização de tais intervenções não tenham sido capazes de identificar um processo de corrosão em curso em um componente importante para o funcionamento do motor, o que caracterizaria a manutenção da aeronave como um fator contribuinte para este incidente.

- **Sistemas de apoio - indeterminado.**

Assumindo que todos os procedimentos recomendados tenham sido executados em conformidade com os manuais de manutenção da P&WC, a longevidade do propulsor em serviço, que acumulava 7.150,4 horas, praticamente o dobro do seu TBO original de 3.600 horas, pode ter produzido desgastes naturais não identificados pelas atividades de monitoramento incluídas no programa MORE, o que caracterizaria esse sistema de apoio como um fator contribuinte para a ocorrência em tela.

- **Supervisão gerencial - indeterminado.**

É possível que uma supervisão inadequada, pela gerência da OM, das atividades de execução no âmbito técnico tenha concorrido para que processos de corrosão instalados no *Exhaust Duct* e no tubo de Py não tenham sido identificados e corrigidos de forma a evitar a ocorrência deste incidente.

4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

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

IG-138/CENIPA/2019 - 01

Emitida em: 27/03/2024

Avaliar o nível de adequação do programa *Maintenance on Reliable Engines* (MORE) aplicado aos motores PT6A-114/114A instalados nas aeronaves da Two Táxi Aéreo Ltda. no que tange às tarefas de manutenção definidas nos manuais da P&WC e suas capacidades de garantir níveis adequados de segurança com a extensão dos intervalos de revisão geral desses propulsores e de seus componentes para valores superiores aos recomendados pelo fabricante.

IG-138/CENIPA/2019 - 02

Emitida em: 27/03/2024

Atuar junto à Organização de Manutenção Two Táxi Aéreo Ltda. no sentido de que aquela OM demonstre que os seus mecanismos de supervisão gerencial garantem a qualidade dos serviços por ela executados, particularmente no que concerne às inspeções conduzidas nos motores PT6A-114/114A, seus acessórios e sistemas relacionados a eles.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.

Nada a relatar.

Em 27 de março de 2024.

