



COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



ADVERTÊNCIA

O único objetivo das investigações realizadas pelo Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) é a prevenção de futuros acidentes aeronáuticos. De acordo com o Anexo 13 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional (Convenção de Chicago) de 1944, da qual o Brasil é país signatário, não é propósito desta atividade determinar culpa ou responsabilidade. Este Relatório Final Simplificado, cuja conclusão baseia-se em fatos, hipóteses ou na combinação de ambos, objetiva exclusivamente a prevenção de acidentes aeronáuticos. O uso deste Relatório Final Simplificado para qualquer outro propósito poderá induzir a interpretações errôneas e trazer efeitos adversos à Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Este Relatório Final Simplificado é elaborado com base na coleta de dados, conforme previsto na NSCA 3-13 (Protocolos de Investigação de Ocorrências Aeronáuticas da Aviação Civil conduzidas pelo Estado Brasileiro) e 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 à identificação de perigos e avaliação de riscos, conforme disposto no Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil (PSO-BR).

RELATÓRIO FINAL SIMPLIFICADO

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS

DADOS DA OCORRÊNCIA								
DATA - HORA		INVESTIGAÇÃO		SUMA Nº				
25FEV2023 - 15:30 (UTC)		SERIPA IV		A-037/CENIPA/2023				
CLASSIFICAÇÃO		TIPO(S)						
ACIDENTE		[SCF-NP] FALHA OU MAU FUNCIONAMENTO DE SISTEMA/COMPONENTE						
LOCALIDADE		MUNICÍPIO	UF	COORDENADAS				
FAZENDA SANTIAGO DO TINGUARA		NAVIRAÍ	MS	22°53'07"S	054°01'41"W			
DADOS DA AERONAVE								
MATRÍCULA		FABRICANTE			MODELO			
PR-ACM		CESSNA AIRCRAFT			T-188C			
OPERADOR			REGISTRO		OPERAÇÃO			
KNA AVIAÇÃO AGRÍCOLA LTDA			SAE-AG		AGRÍCOLA			
PESSOAS A BORDO / LESÕES / DANOS À AERONAVE								
A BORDO		LESÕES					DANOS À AERONAVE	
		Illeso	Leve	Grave	Fatal	Desconhecido		
Tripulantes	1	1	-	-	-	-	Nenhum	
Passageiros	-	-	-	-	-	-	Leve	
Total	1	1	-	-	-	-	X Substancial	
							Destruída	
Terceiros	-	-	-	-	-	-	Desconhecido	

1.1. Histórico do voo

A aeronave decolava de uma área de pouso para uso aeroagrícola, localizada na Fazenda Santiago do Tinguara, zona rural do município de Naviraí, MS, por volta das 15h30min (UTC), a fim de realizar um voo local de aplicação de defensivos agrícolas, com um piloto a bordo.

Durante o taxiamento para a decolagem, houve a quebra da perna do trem de pouso esquerdo.



Figura 1 - Vista do PR-ACM no local da ocorrência.

A aeronave teve danos substanciais e o piloto saiu ileso.

2. ANÁLISE (Comentários / Pesquisas)

Tratava-se de um voo local para aplicação de defensivos agrícolas.

O Piloto em Comando (PIC) possuía a licença de Piloto Comercial - Avião (PCM) e estava com as habilitações de Avião Monomotor Terrestre (MNTE) e Piloto Agrícola - Avião (PAGA) válidas.

O PIC estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido, estava qualificado e possuía a experiência requerida para o tipo de voo.

As condições meteorológicas estavam acima das mínimas para a realização do voo.

A aeronave, modelo T-188C, número de série T18803826T, monomotora, construída em estrutura tubular metálica, com trem de pouso convencional e fixo, foi fabricada pela *Cessna Aircraft*, em 1981, e estava inscrita na Categoria de Registro Serviço Aéreo Especializado - Aeroagrícola (SAE-AG).

A aeronave estava com o Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade (CVA) válido.

As últimas inspeções, para emissão do CVA e de "200 horas", foram concluídas, em 20DEZ2022, pela Organização de Manutenção (OM) Oficina de Manutenção de Aeronaves Ltda. (COM Nº 8406-01/ANAC), estando a aeronave com 30 horas e 30 minutos após a inspeção.

Em 22DEZ2022, a ANAC emitiu, uma Autorização Especial de Voo (AEV) para a operação do PR-ACM com motor convencional utilizando etanol.

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

No dia do acidente, a aeronave, após executar voos de pulverização de defensivos agrícolas, pousou para efetuar o reabastecimento de combustível e de insumos agrícolas.

Na ocasião, o PR-ACM foi abastecido com 160 litros de etanol e 600 kg de defensivo agrícola, os quais, somados ao peso básico da aeronave, peso do tripulante e demais

equipamentos, perfizeram um total de 1.858 kg, indicando uma operação dentro dos limites de peso estipulados pelo fabricante, que era de 1.995 kg

Todavia, os cálculos referentes ao balanceamento revelaram que os momentos gerados pela distribuição dos variados pesos da aeronave atingiram um total de 80,60 cm da Corda Média Aerodinâmica (CMA) (Figura 2).

PESO E BALANCEAMENTO PR-ACM						
	PESO (Kg)	BRAÇO (cm)	MOMENTO (Kg.cm)			
VAZIO BÁSICO	1024,4	100,1	102.542,44			
PILOTO	90	95	8550	COMB. (L)	DENS. (Kg/L)	PESO (Kg)
COMBUSTÍVEL	114,88	65	7467,2	160	0,718	114,88
DEFENSIVO	600	46,5	27900			
OUTROS	30	110	3300	DEFENS	DENS(KG/L)	PESO(KG)
TOTAL	1858		149.759,64	600	1	600
CG	80,6026					
PMD	1995					
C.G.	90 cm a 111,7 cm					

Figura 2 - Cálculo Peso e Balanceamento PR-ACM.

Isso posto, inferiu-se que o CG da aeronave no momento do acidente estava à frente do limite estabelecido, que era de 90 cm, o que poderia impactar a estabilidade da aeronave, gerando dificuldades para controlá-la.

A área de pouso para uso aeroagrícola da Fazenda Santiago do Tinguara era de grama, possuía as dimensões de 1.000 x por 25 m, e estava em boas condições de conservação, não apresentando indícios que pudessem contribuir para a ocorrência (Figura 3).

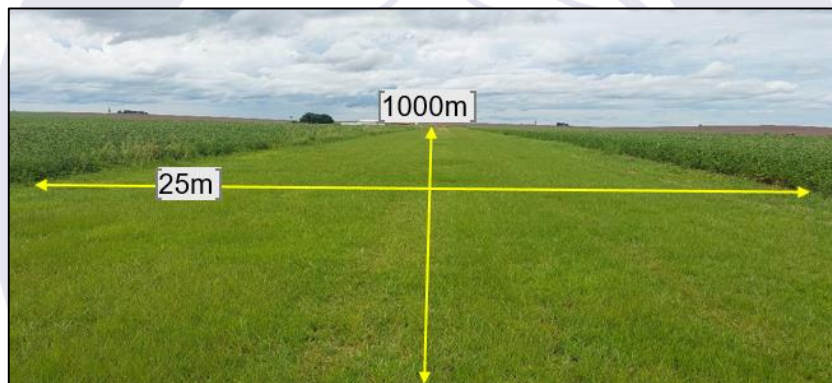


Figura 3 - Área de pouso para uso aeroagrícola da Fazenda Santiago do Tinguara.

Segundo os relatos colhidos no local do acidente, após abastecer com combustível e defensivos agrícolas, o PIC acionou o motor e iniciou o táxi com o intuito de alinhar na cabeceira 20 e efetuar a decolagem. Depois de taxiar cerca de 10 m, houve a fratura da perna esquerda do trem de pouso principal e a parada da aeronave no local destacado na Figura 4.

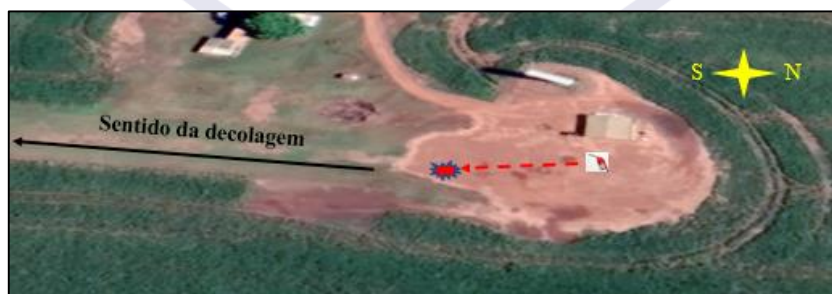


Figura 4 - Croqui do Acidente PR-ACM.
Fonte: adaptado Google Earth.

A perna esquerda do trem de pouso principal, que havia sido fraturada em duas partes, foi encaminhada para análise. Após a decapagem da pintura, foi realizada a análise de falha.

A Figura 5 demonstra o segmento maior da peça fraturada (I), o detalhe de uma região com desgaste superficial, denominada arbitrariamente de Região 3 (II) e o local do início da propagação da fadiga a partir da região com desgaste superficial (III).

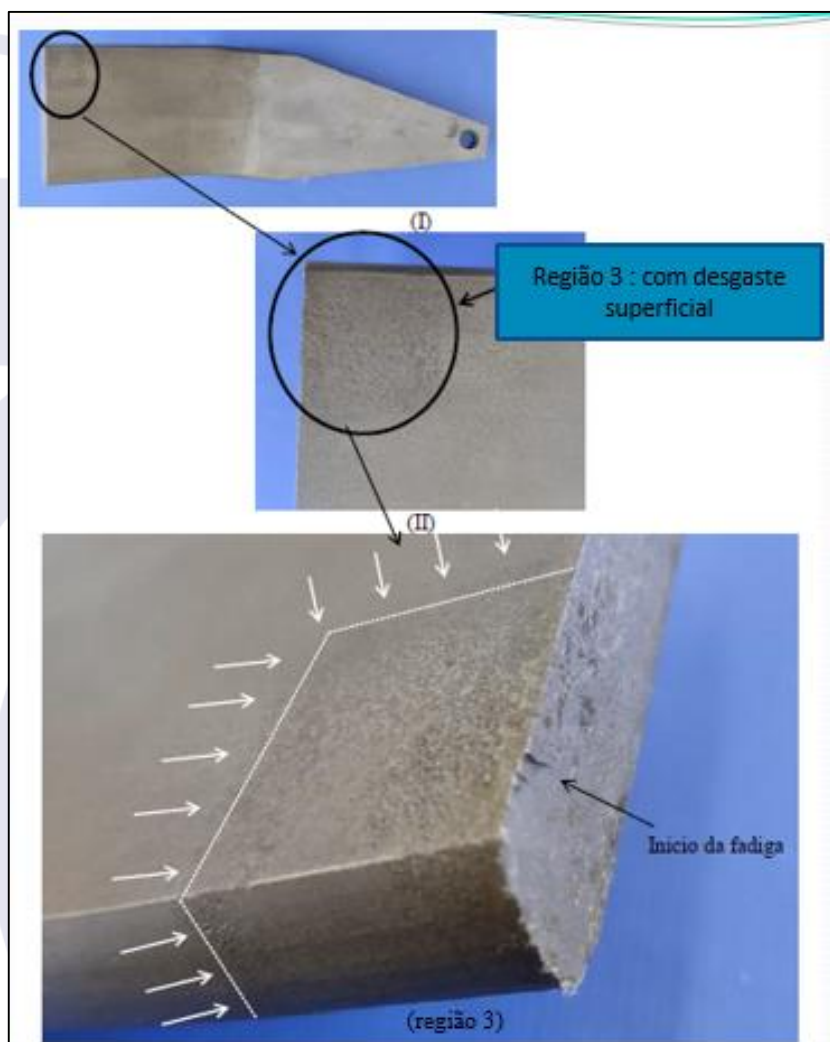


Figura 5 - Visão geral da parte menor da peça fraturada (I), a região com desgaste superficial (II) e, em detalhe, o início da propagação da fadiga (III).

Assim, foi constatado que as marcas de desgaste correspondiam com a posição das abraçadeiras que prendiam uma lâmina que ficava à frente da perna do trem de pouso, na direção do voo, e que sustentavam, na parte de trás da mesma, a tubulação do sistema de freio da roda esquerda (Figura 6).

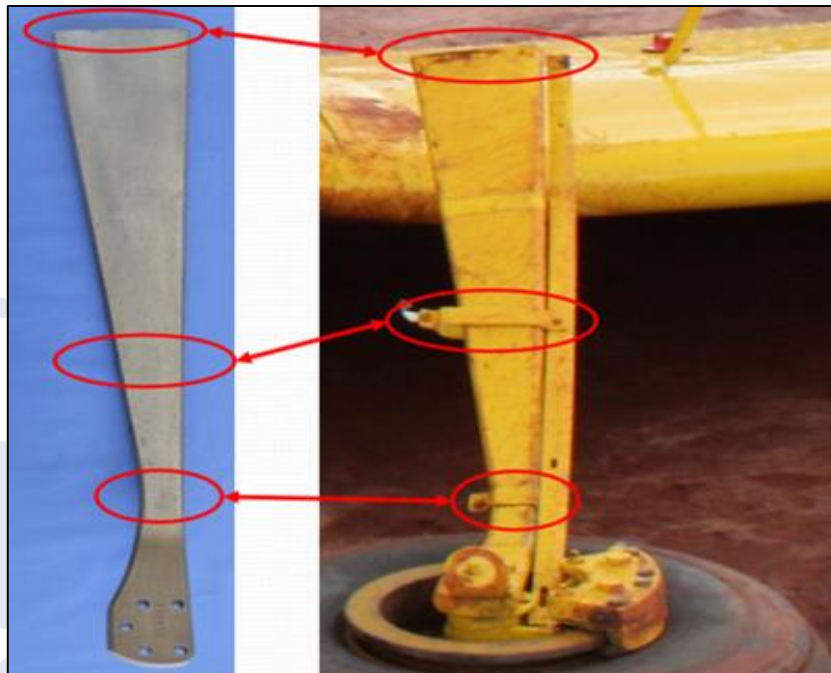


Figura 6 - Perna do trem de pouso principal esquerda, com evidências de marcas de desgaste e região fraturada, em correspondência com as abraçadeiras instaladas.

A Figura 7 apresenta, em (I), detalhe da área com fadiga. Em (II), pode-se observar uma trinca secundária que avança a partir da superfície de fratura. As setas vermelhas indicam marcas características da progressão de fadiga sobre a superfície de fratura, denominadas como “marcas de praia”.

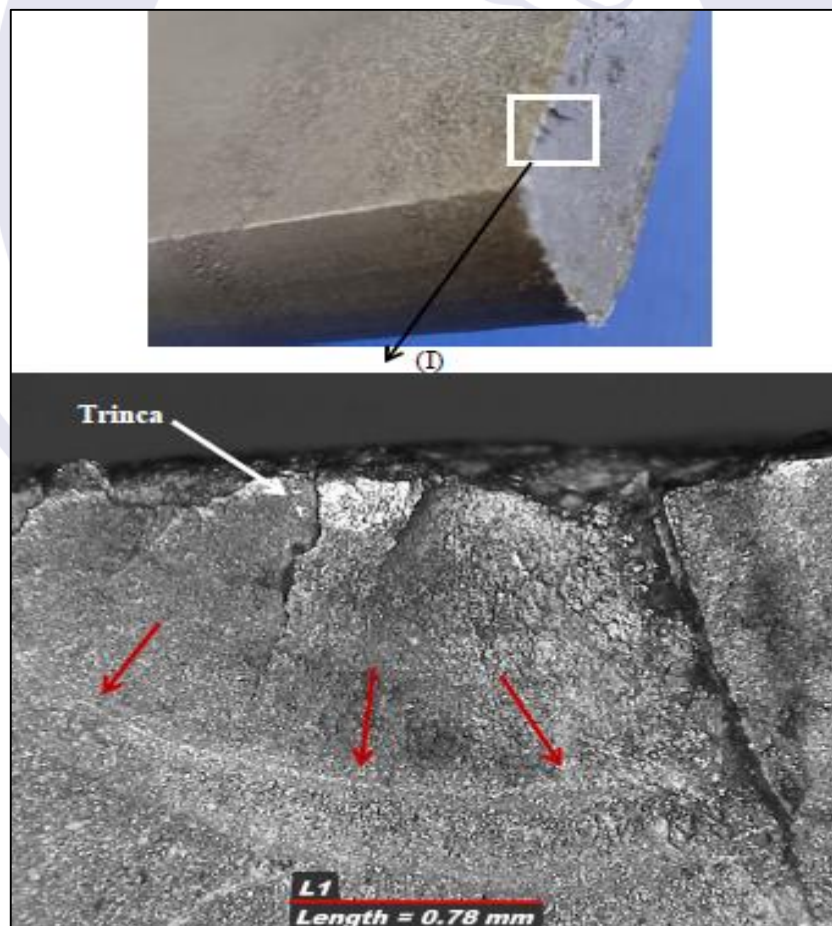


Figura 7 - Em (I) detalhe da área com fadiga. Em (II) estereoscopia da área com fadiga.

O resultado da análise identificou três regiões com desgaste superficial. O desgaste observado na superfície atuou em uma das regiões como concentrador de tensão e deu início ao processo de fadiga do material.

Os desgastes apresentados na peça decapada são compatíveis com a condição em que a aeronave estava operando, caracterizada pela atividade agrícola. Nesta operação, comumente são executadas operações em campo, em pista não pavimentada, com incidência de partículas de terra, entre outros detritos que podem ser acumulados.

As partículas de terra e outros materiais teriam sido depositados e mantidos entre as abraçadeiras e a superfície da perna do trem de pouso. Eventualmente, havendo a confluência de água ou até mesmo de defensivo agrícola, em estado líquido, ocorreria o agravamento do processo de desgaste por atrito, uma vez que esses elementos permaneceriam juntos por mais tempo ao se misturarem.

Nesse sentido, convém destacar que, durante as operações da aeronave, com subseqüentes pousos e decolagens, a perna do trem de pouso sofria esforços de flexão e torção. Assim, haja vista o material depositado entre a superfície da perna do trem de pouso e as abraçadeiras, teria ocorrido, ao longo do tempo, a abrasão da superfície, promovendo os desgastes encontrados na análise.

É importante ressaltar que, na região adjacente à fratura, a abrasão teria sido mais acentuada, provocando o desgaste observado e atuando como concentrador de tensão. Condição esta que teria dado início ao processo de fadiga do material, o qual veio a se romper.

Contudo, não foi possível determinar em que momento da vida útil do componente o desgaste observado na superfície e o processo de fadiga tiveram início.

Por outro lado, constatou-se que, segundo os dados constantes na caderneta de célula n° 02/PR-ACM/03, a aeronave ficou sem operar entre maio de 2019 e dezembro de 2022.

Nesse sentido, a investigação identificou que a Ordem de Serviço (OS) n°156-21 da OM executou vários serviços referentes ao retorno do PR-ACM à atividade aérea, em 2022.

Na respectiva OS, conforme assinalado na Caderneta de Célula 02/PR-ACM/03, pág. 071/151, estavam registrados e devidamente assinados todos os serviços realizados no PR-ACM entre 09JUL2021 e 20DEZ2022.

Nesse período, segundo a OS, foram realizados, entre outros, “a montagem, inspeção de 200 horas, a mais abrangente pelo fabricante com todos os itens especiais mencionados na mesma, e CVA” (Figura 8).

DATA		TSN	REGISTROS DOS SERVIÇOS REALIZADOS		CERTIFICADO A EXECUÇÃO E A AERONAVEGABILIDADE (seções 43.9 e 43.11 do RBHA 43)		
DOMINIA	CSN		CHE / CHETA	NOME	CÓDIGO DAC / ASSINATURA		
				MECÂNICO		INSPECTOR	
Oficina de Manutenção de Aeronaves Ltda COM 8406-01/ANAC. INICIO: 09.07.21 TERMINO: 20.12.22 TSN: 3.352.2 N. SERIE: T18803826T CAD. Nº 02/PR-ACM/03 PAG. Nº 071 / 151 OS. 156-21 Certificamos que neste período foi realizada montagem, inspeção 200 hrs a mais abrangente pelo fabricante com todos os itens especiais mencionados na mesma e CVA, foram inspecionados na célula AD84.10.01(R1), AD211.10.09, os SID27.20.01, SID27.30.01, SID32.13.01, SID32.13.02, SID53.10.01, SID55.10.01, SID55.30.01, SID57.51.01, SID71.20.01, os CAP27.10.00, CAP27.10.01, CAP28.20.01, CAP28.30.01, CAP28.30.02, CAP28.40.01, CAP29.10.01, CAP55.20.00, CAP55.30.01, CAP71.20.00, foi realizada a remotorização (047) nesta aeronave conforme CST 2018502-01 sendo para isso removido o motor Modelo TSO1-520T N. Serie 515326 e a Hélice Modelo D3A34C402B N. Serie 780283 e sendo instalado o Motor Modelo IO-540K1J5D N. Serie I-28533-48A com TSN 2.483.2 e TSO ZERO conforme SEGV00 OMA-021-2022 , o Magneto Modelo DGLN-2230 N. Serie R10113K com TSN 2.483.2 e TSO ZERO conforme SEGV00 OMA- 060-2022 após foi calado e sincronizado , Starter Modelo MHB-4016 N. Serie 11R000068 com TSN 1.580.0 e TSO 00.0 conforme SEGV00 OMA-081-13 , o Alternador Modelo 9.120.080.070 n. serie 3826 com TSN ZERO e TSO ZERO conforme SEGV00 OMA- 059-2022, Governador Modelo F-4-36 N. Serie G110UJ com TSN 1.200.0 e TSO ZERO conforme SEGV00 OHC-256-22, Injetora Modelo RSA10ED1 N. Serie 61735 com TSN 3.477.0 e TSO ZERO conforme SEGV00 DAV-1197-2016 , Hélice Modelo HC-C2YB-1BF N. Serie DY-8067E com TSN 1.200.0 e TSO ZERO conforme SEGV00 OHC-275-22, foram instalados novos a bomba mecânica P/N 62826931 N. Serie 162210020, os control P/N C299508-0301, C299508-0302, C299508-0401, foram instaladas as mangueiras de P/N 124002-/CR-0364(02), 124002-6CR-0307, 124002-4CR-0413, 124002-4CR-0348, 124003-4CR-0300, 124001-4CR-0262, 124001-3CR-0413(02), 124001-3CR-0160(02) conforme SEGV00 GMG-0302-2022, P/N 124002-6CR-0124, 124002-4CR-0336 conforme SEGV00 GMG-0375-2022, foi instalado o cinto P/N S2145-5 após reparos conforme SEGV00 WBA-088-21, foram instalados novos os disco de freio P/N RA164-02707, foi inspecionado o atuador do compensador quanto a folgas e após constatado que as mesmas estão dentro dos parâmetros aceitáveis pelo MS o mesmo foi lubrificado conforme a seção 09 do MS D2054 113RB, foi realizada aferição da bússola, foram inspecionados e lubrificados os rolamentos das rodas, foram inspecionados os liquidômetros quanto a marcação correta, foram inspecionados os cabos, caixa e o nível água da bateria, foi instalado extintor n. serie 115849 novo, foi incorporada IS 137-201-001E, instalado DGPS conforme a IS137-002C, foi realizada pesagem da aeronave conforme ficha 404, foi realizado voo de teste, todos os serviços foram executados conforme especificações do MS D2054-1-FAROM, ficando aeronavegave realizados.							

Figura 8 - Extrato da OS 156-21.

Fonte: Caderneta de Célula 02/PR-ACM/03, pág. 071/151.

A Figura 9 apresenta alguns itens de inspeção e os respectivos serviços executados em cumprimento à OS nº 156-21. Nesse aspecto, destacam-se, respectivamente, os itens 06 e 07, os quais tratam do cumprimento de dois *Supplemental Inspection Document* (SID - documentação suplementar de inspeção) referentes às Lâminas do Trem de pouso e dos seus respectivos acessórios.

1	2	3	4	5	6	7	8
	PREFIXO: PR-ACM		PROPRIETÁRIO: KNA AV. AGM/colo				
	DATA: 14.07.21		ORDEM DE SERVIÇO (O.S): 156-21				
	ITEM	ITENS DE INSPEÇÃO	SERVIÇOS EXECUTADOS(.....)				
01		CELULA	Realizada insp 200 HS				
02		AD 2011.10.09	FOI AM INSPE OS trilhos do Banco				
03		PA 84.10.01R1	FOI AM INSPE OS tanques qto a CONTAMINACAO				
04		SID 27.20.01	FOI AM INSPE OS tubos das pedais LINE				
05		SID 27.30.01	FOI INSPECIONADO o sistema de comando de pousar				
06		SID 32.13.01	FOI AM INSPE AS LAMINAS dos BIM PUSO				
07		SID 32.13.02	FOI AM INSPE OS ACESSORIOS das LAMINAS dos BIM PUSO				

Figura 9 - Em destaque na OS 156, os serviços executados nas Lâminas do trem de pouso e nos acessórios.

Especificamente, os itens 06 e 07 atestavam que as lâminas do trem de pouso e os seus acessórios foram inspecionados em conformidade com a SID supracitada.

Assim sendo, em que pese a coluna "INSP" não registrar, por meio da assinatura ou o do carimbo de um inspetor, a conformidade dos serviços que foram executados pelo mecânico nos itens de inspeção 06 (SID 32.1301) e 07 (SID 32.1302) da OS156/21, a assinatura do Inspetor registrada na pág. 071/151 da Caderneta de Célula 02/PR-ACM/03, segundo a ANAC, atestava que o trabalho havia sido executado e que o item estava aeronavegável, conforme o que previa o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 145, Emenda nº 07, Organizações de Manutenção de Produto Aeronáutico, em vigor na data do acidente:

145.213 Inspeção da manutenção, manutenção preventiva ou alteração

(a) Cada organização de manutenção certificada deve inspecionar cada artigo no qual ela executou manutenção, manutenção preventiva ou alteração, conforme descrito nos parágrafos (b) e (c) desta seção, antes de aprovar esse artigo para retorno ao serviço.

(b) Cada organização de manutenção deve certificar, por meio de uma liberação de manutenção, que o artigo está aeronavegável com relação à manutenção, manutenção preventiva ou alteração executada, após:

(1) a organização de manutenção executar trabalho no artigo; e

(2) um inspetor inspecionar o artigo trabalhado e confirmar que ele está aeronavegável com relação ao trabalho executado. (grifo nosso)

(c) Para finalidades dos parágrafos (a) e (b) desta seção, um inspetor deve atender aos requisitos da seção 145.155 deste RBAC.

As *Supplemental Inspection* nº 32-13-01 - *Main Landing Gear Flat Spring Corrosion Inspection* e 32-13-02 - *Main Landing Gear Fittings Inspection*, respectivamente, tinham por objetivo assegurar uma proteção contra corrosão nos componentes do conjunto do trem de pouso e nos seus acessórios, por intermédio de um método de inspeções visuais.

Isso posto, não se pode descartar a contribuição de fatores relacionados à inadequação dos serviços de manutenção realizados na aeronave, visto que os itens de inspeção 06 e 07 da OS156/21, referentes ao conjunto do trem de pouso e os seus acessórios foram executados e inspecionados, segundo os registros de manutenção, conforme o previsto no SID 32.1301 e SID 32.1302, respectivamente.

Da mesma forma, há de se considerar que o *Corrosion Prevention And Control Program* (CPCP) para o PR-ACM não foi adequadamente implementado, conforme previa o D2054-1-13 - *Temporary Revision Number 8 - Aug 1/2020, Model 188 Series Service Manual* da *Textron Aviation Inc.* (Figura 10).

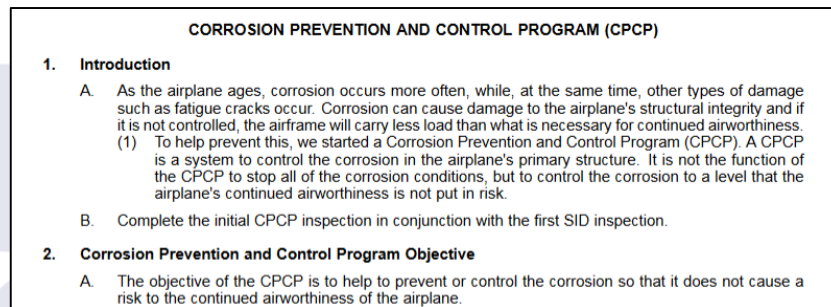


Figura 10 - *Corrosion Prevention and Control Program* (CPCP).
Fonte: Model 188 Series Service Manual.

3. CONCLUSÕES

3.1. Fatos

- a) o piloto estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido;
- b) o piloto estava com as habilitações de Avião Monomotor Terrestre (MNTE) e Piloto Agrícola - Avião (PAGA) válidas;
- c) o piloto 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 com balanceamento à frente do estabelecido pelo fabricante;
- f) as escriturações das cadernetas de célula, motor e hélice estavam atualizadas;
- g) as condições meteorológicas estavam acima das mínimas para a realização do voo;
- h) a área de pouso para uso aeroagrícola da Fazenda Santiago do Tinguara estava em boas condições de conservação, não apresentando indícios de qualquer contribuição para a ocorrência;
- i) durante o taxi, houve a fratura da perna esquerda do trem de pouso principal;
- j) na ação inicial, foram identificadas marcas indicativas de corrosão na secção da perna esquerda do trem de pouso principal que ainda permaneceu ligada à estrutura da aeronave;
- k) o resultado da análise de falha em trem de pouso da aeronave PR-ACM identificou três regiões com desgaste superficial;
- l) o desgaste observado na superfície atuou em uma das regiões como concentrador de tensão e deu início ao processo de fadiga do material;
- m) a aeronave teve danos substanciais; e

n) o piloto saiu ileso.

3.2 Fatores Contribuintes

- Manutenção da aeronave - indeterminado;
- Supervisão gerencial - indeterminado.

4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

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

A-037/CENIPA/2023 - 01

Emitida em: 19/12/2024

Atuar junto à OM Oficina de Manutenção de Aeronaves LTDA, visando assegurar que seja adotado um mecanismo efetivo para verificação da conformidade das atividades de manutenção executadas pela empresa, notadamente no que se refere aos trabalhos realizados pelos mecânicos e pelos inspetores nas ordens de serviços realizados.

A-037/CENIPA/2023 - 02

Emitida em: 19/12/2024

Divulgar os ensinamentos colhidos nesta investigação aos operadores de aeronave modelo T-188C, a fim de que esses operadores tomem conhecimento sobre a necessidade de observarem a correta instalação e fixação das abraçadeiras nos trens de pouso principais, bem como se as montagens estão permitindo o depósito e acúmulo de terra ou outros detritos entre as partes.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS

Nada a relatar.

Em 19 de dezembro de 2024.