

COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



RELATÓRIO FINAL
A-168/CENIPA/2016

OCORRÊNCIA:	ACIDENTE
AERONAVE:	PR-AJF
MODELO:	AT-502B
DATA:	13DEZ2016



ADVERTÊNCIA

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

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

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

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

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

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

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

SINOPSE

O presente Relatório Final refere-se ao acidente com a aeronave PR-AJF, modelo AT-502B, ocorrido em 13DEZ2016, classificado como “[AMAN] Manobra abrupta e [SCF-NP] Falha ou mal funcionamento de sistema/componente”.

A aeronave realizava um voo de pulverização de defensivo agrícola quando veio a colidir contra o solo, em alto ângulo de impacto e com alta energia.

A aeronave ficou destruída.

O piloto sofreu lesões fatais.

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



ÍNDICE

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS	5
1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....	6
1.1. Histórico do voo.....	6
1.2. Lesões às pessoas.....	6
1.3. Danos à aeronave.	6
1.4. Outros danos.....	6
1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.....	6
1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.....	6
1.5.2. Formação.....	6
1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.....	7
1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.....	7
1.5.5. Validade da inspeção de saúde.....	7
1.6. Informações acerca da aeronave.....	7
1.7. Informações meteorológicas.....	7
1.8. Auxílios à navegação.....	7
1.9. Comunicações.....	7
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	7
1.11. Gravadores de voo.....	7
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.....	7
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	9
1.13.1. Aspectos médicos.....	9
1.13.2. Informações ergonômicas.....	9
1.13.3. Aspectos Psicológicos.....	9
1.14. Informações acerca de fogo.....	9
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	10
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	10
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.....	14
1.18. Informações operacionais.....	15
1.19. Informações adicionais.....	19
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	19
2. ANÁLISE.....	19
3. CONCLUSÕES.....	22
3.1. Fatos.....	22
3.2. Fatores contribuintes.....	22
4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA	23
5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....	23

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CAS	<i>Calibrated Airspeed</i> - Velocidade do Ar Calibrada
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CIV	Caderneta Individual de Voo
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
DGPS	<i>Differential Global Positioning System</i> - Sistema de Posicionamento Global Diferencial
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FAP	Ficha de Avaliação de Piloto
HBV	Horário Brasileiro de Verão
IAM	Inspeção Anual de Manutenção
INSPAC	Inspetor de Aviação Civil
LABDATA	Laboratório de Leitura e Análise de Dados de Gravadores de Voo
MLTE	Habilitação de Classe Avião Multimotor Terrestre
MPH	<i>Miles Per Hour</i> - Milhas por Hora
NM	<i>Nautical Miles</i> - Milhas Náuticas
NTSB	<i>National Transportation Safety Board</i>
PAGA	Habilitação de Piloto Agrícola - Avião
PCM	Licença de Piloto Comercial - Avião
POLITEC	Perícia Oficial e Identificação Técnica
PPR	Licença de Piloto Privado - Avião
QAV-1	Querosene de Aviação
RBAC	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
RS	Recomendação de Segurança
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
TPP	Categoria de Registro de Aeronave de Serviço Aéreo Privado
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> - Tempo Universal Coordenado
VA	<i>Maneuvering Speed</i> - Velocidade de Manobra
VHF	<i>Very High Frequency</i> - Frequência Muito Alta
VNE	Velocidade nunca exceder

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	Modelo: AT-502B Matrícula: PR-AJF Fabricante: <i>Air Tractor</i>	Operador: Particular
Ocorrência	Data/hora: 13DEZ2016 - 19:30 (UTC) Local: Fazenda Caimbé I Lat. 14°55'15"S Long. 054°14'18"W Município - UF: Primavera do Leste - MT	Tipo(s): [AMAN] Manobra abrupta [SCF-NP] Falha ou mal funcionamento de sistema/componente. Subtipo(s): NIL

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou da área de pouso para uso aeroagrícola da Fazenda Caimbé I, localizada no município de Primavera do Leste (MT), por volta das 19h00min (UTC), a fim de realizar um voo de aplicação de defensivo agrícola, com um piloto a bordo.

Cerca de trinta minutos após a decolagem, um observador que se encontrava próximo à área de aplicação avistou a aeronave descendo em acentuado ângulo "picado" e, em seguida, impactando contra o solo.

A aeronave ficou destruída.

O piloto sofreu lesões fatais.

1.2. Lesões às pessoas.

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

1.3. Danos à aeronave.

A aeronave ficou destruída devido ao impacto e à ação do fogo.

1.4. Outros danos.

Não houve.

1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.

1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.

Horas Voadas	
Discriminação	Piloto
Totais	1.316:15
Totais, nos últimos 30 dias	Desconhecido
Totais, nas últimas 24 horas	03:20
Neste tipo de aeronave	Desconhecido
Neste tipo, nos últimos 30 dias	Desconhecido
Neste tipo, nas últimas 24 horas	03:20

Obs.: não foi possível obter todos os dados relativos às horas voadas pelo piloto.

1.5.2. Formação.

O piloto realizou o curso de Piloto Privado - Avião (PPR), em 2000.

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

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

1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

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

1.5.5. Validade da inspeção de saúde.

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

1.6. Informações acerca da aeronave.

A aeronave, de número de série 502B-2852, foi fabricada pela *Air Tractor*, em 2012, e estava registrada na Categoria de Serviços Aéreos Privados (TPP).

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

A última inspeção da aeronave, do tipo "100 horas/IAM", foi realizada em 17OUT2016 pela organização de manutenção Marca Manutenção de Aeronaves LTDA., em Primavera do Leste, MT, estando a aeronave nessa data com 771 horas.

Não foi possível determinar quantas horas a aeronave voou após a inspeção, em virtude de o Diário de Bordo, o qual encontrava-se dentro da aeronave, ter sido consumido pela ação do fogo.

1.7. Informações meteorológicas.

Segundo o relato de trabalhadores da Fazenda Caimbé I, não havia nebulosidade e o vento estava aparentemente calmo no momento da ocorrência.

1.8. Auxílios à navegação.

Nada a relatar.

1.9. Comunicações.

O piloto realizava comunicações bilaterais com o auxiliar aeroagrícola na frequência de VHF, por meio de um rádio portátil. Por volta das 19h15min (UTC), o piloto informou ao auxiliar que estava prosseguindo para pouso final na área de pouso da fazenda.

1.10. Informações acerca do aeródromo.

A ocorrência se deu fora de aeródromo.

1.11. Gravadores de voo.

Não requeridos e não instalados.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

O impacto ocorreu em uma área de cultivo agrícola, distante 2.540 metros da área utilizada para pousos e decolagens da Fazenda Caimbé I.

A distribuição dos destroços foi do tipo concentrada. O nariz da aeronave ficou apontado para o rumo magnético 189°.

O impacto ocorreu com a aeronave em atitude de voo "picado" (aproximadamente 90° em relação ao plano do terreno) e com alta energia, provocando a abertura de um buraco no solo que abrigou toda a seção dianteira da aeronave, até a altura das asas.

No impacto, houve propagação de fogo. Os componentes localizados na seção dianteira e nas asas ficaram totalmente destruídos (grupo motopropulsor, painel de

instrumentos, cabine de pilotagem, trem de pouso dianteiro, tanques de combustível, ailerons, flaps, dentre outros).

Os componentes localizados na seção do cone de cauda tiveram danos substanciais. Uma das três pás do conjunto de hélice desprende-se do seu cubo devido à relação de forças inerciais e de impacto e encontrava-se distante 150 metros do local de concentração dos destroços.

A colisão da aeronave contra o solo foi observada por um trabalhador da fazenda que se encontrava a cerca de 1.800 metros de distância em relação ao local do acidente.

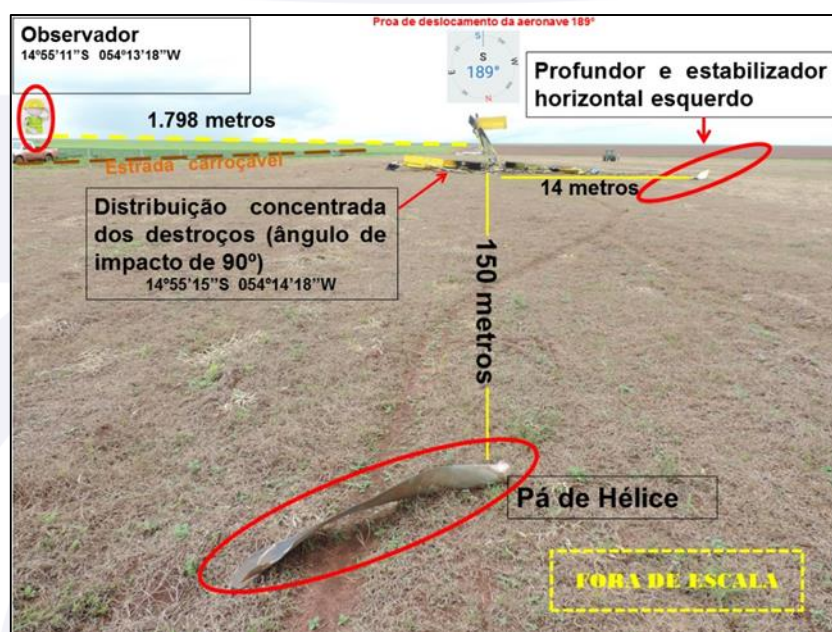


Figura 1 - Distribuição dos destroços.



Figura 2 - Posição das superfícies de comando, de controle e de compensação.

Tomando-se como referência a direção de deslocamento da aeronave e o seu eixo longitudinal, o leme de direção estava defletido para o lado direito e o seu compensador associado estava comandado para o lado esquerdo. O profundador direito encontrava-se defletido para baixo e o seu compensador associado estava comandado para cima. O estabilizador horizontal esquerdo encontrava-se distante quatorze metros do local de

concentração dos destroços, indicando que houve desprendimento deste em voo. O compensador do profundor esquerdo encontrava-se na posição neutra.

O grau de destruição e de carbonização da aeronave impediu a verificação de equipamentos e de instrumentos.



Figura 3 - Grau de destruição do grupo motopropulsor e, em destaque, apenas duas das três pás do conjunto de hélice.

1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.

1.13.1. Aspectos médicos.

O corpo do piloto foi totalmente carbonizado, dificultando a identificação de patologias que pudessem ter afetado o desempenho do tripulante.

1.13.2. Informações ergonômicas.

Nada a relatar.

1.13.3. Aspectos Psicológicos.

O piloto estava na aviação havia mais de dezesseis anos. Ele conduzia a aeronave PR-AJF realizando serviços de aplicação de defensivos agrícolas na fazenda desde a safra de 2014, quando ainda trabalhava para uma das empresas contratadas anteriormente pelo Grupo Caimbé. Dessa forma, era a terceira safra em que prestava serviço aeroagrícola naquela localidade.

Após a aquisição da aeronave pelo grupo, houve então a sua contratação, visto já ser conhecido o padrão dos seus serviços, aliado ao fato de ele voar essa mesma aeronave há bastante tempo.

Conforme informações coletadas, ele era tido como um bom piloto agrícola pelos profissionais do setor e era considerado uma pessoa competente, idônea e de temperamento calmo.

1.14. Informações acerca de fogo.

O fogo iniciou-se imediatamente após o impacto. O material de combustão foi o combustível da aeronave e não foi possível determinar a fonte de ignição.

O combate ao fogo foi realizado por trabalhadores da Fazenda Caimbé I, utilizando agentes extintores portáteis e água de um caminhão-pipa. Porém, em virtude da velocidade

de propagação do incêndio, não foi possível conter os danos causados pelo fogo à aeronave.

A situação foi agravada pelo fato de os tanques terem sido abastecidos antes do voo do acidente, estando com pouco menos da metade da sua capacidade total.

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

O corpo do piloto foi encontrado em meio aos destroços da cabine do avião, na posição de decúbito dorsal.

Segundo informações prestadas pelo auxiliar aeroagrícola, no momento da ocorrência, o piloto vestia um macacão, não sendo possível afirmar, entretanto, se tal vestimenta era adequada para protegê-lo da ação do fogo.

1.16. Exames, testes e pesquisas.

A aeronave, cujo peso máximo de decolagem era de 3.629 kg, era equipada com um motor turboélice PT6-34AG, de 750 SHP de potência. No acidente, o motor ficou bastante danificado em virtude da alta energia do impacto e da ação do fogo, sendo os seus componentes externos submetidos a altas temperaturas durante o incêndio.

Em decorrência da ação do fogo, não foi possível determinar a posição das superfícies de controle e de compensação localizadas nas áreas das asas. Todas as superfícies de comandos de voo e de compensação localizadas na seção traseira estavam presentes na estrutura da fuselagem da aeronave, com exceção do estabilizador horizontal esquerdo, o qual encontrava-se distante quatorze metros do local de concentração dos destroços.

Técnicos da Divisão de Materiais do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) realizaram exames e análise de falhas no conjunto estabilizador horizontal e no profundor esquerdos.

No exame visual, observou-se a superfície do estabilizador horizontal esquerdo com perda de rebites e deformação plástica do revestimento (Figuras 4 e 5).



Figura 4 - Perda de rebites na superfície do estabilizador horizontal esquerdo.



Figura 5 - Deformação plástica na superfície do estabilizador horizontal esquerdo.

Nos exames estereoscópicos pôde-se comprovar sobrecarga no montante por esforços de compressão e tração (Figuras 6 e 7). Também, foi possível observar superfícies de fratura com características típicas de sobrecarga (Figuras 9 e 10).



Figura 6 - Visão geral do montante e deformação por compressão.



Figura 7 - Fixação do montante com característica de sobrecarga e deformação por tração (detalhe da Figura 6).

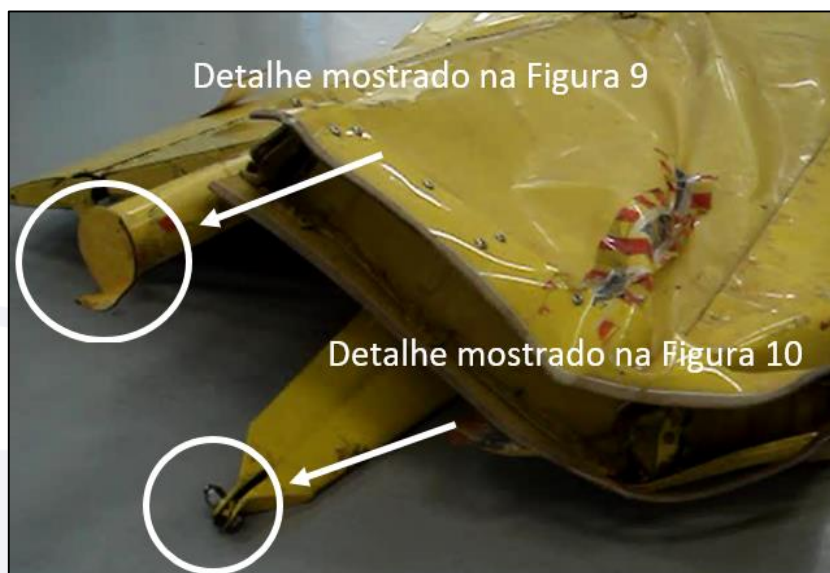


Figura 8 - Extremidade do montante que ficava fixada à estrutura da aeronave.



Figura 9 - Superfície com características típicas de fratura por sobrecarga na estrutura (Detalhe da Figura 8).



Figura 10 - Superfície de fratura com característica de sobrecarga (Detalhe da Figura 8).

Além disso, chapas metálicas mais finas apresentaram características como as encontradas na Figura 11, abaixo, denotando que foram submetidas a forças excessivas aplicadas fora do plano, onde a superfície de junção da barra do profundor com a barra de transferência de comando apresentou reversão de material sobre as bordas, sendo esta uma característica de fratura por rasgamento.

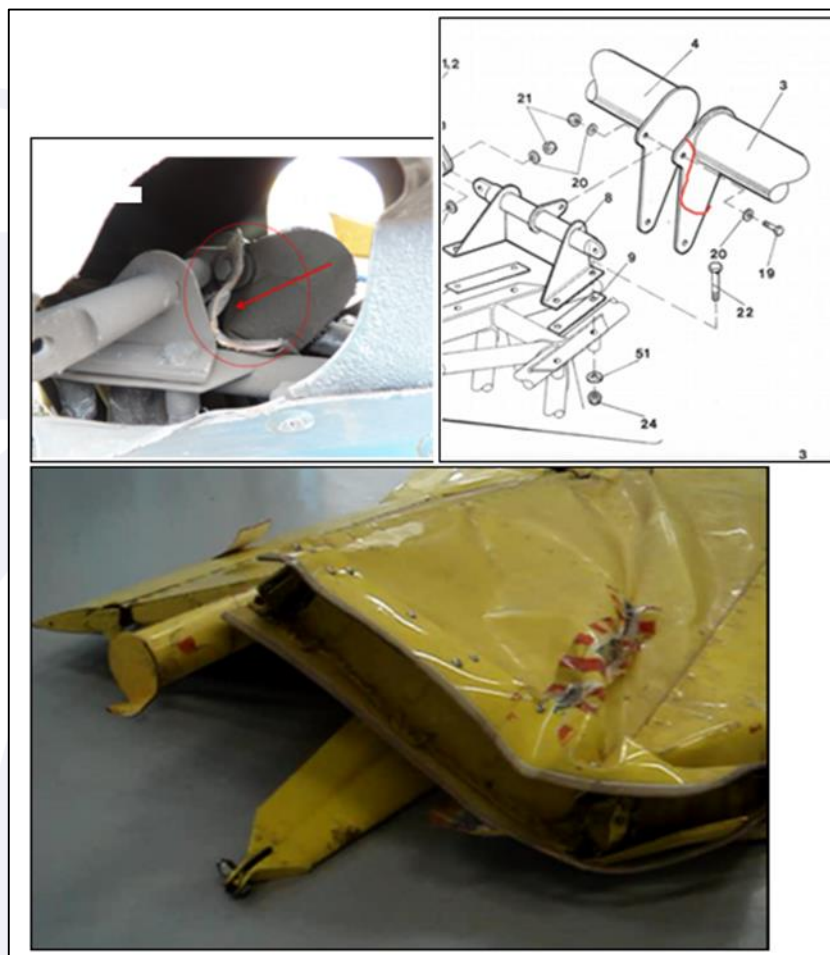


Figura 11 - Fadiga por rasgamento na estrutura de fixação do profundor esquerdo

A aeronave estava equipada com um *Differential Global Positioning System* (DGPS), modelo AGNAV. Tratava-se de um Sistema de Posicionamento Global Diferencial, cuja principal função era eliminar ou minimizar erros de posicionamento da aeronave, orientando o piloto durante a aplicação sobre faixas paralelas e uniformemente espaçadas, garantindo maior precisão na execução dos serviços aeroagrícolas.

Além da função básica acima citada, presente em todos os modelos de DGPS para uso em aviação agrícola, outras funções importantes podiam ser desempenhadas pelo equipamento (dependendo do modelo), por exemplo:

- gravação de informações do voo (altitude, velocidade, proa) para posterior reprodução e análise em computador (mapa do serviço);
- memorização de áreas inacabadas, para posterior finalização da aplicação;
- cômputo de área aplicada;
- planejamento do trabalho pré-voo;
- delimitação e cálculo da área antes da aplicação (marcação de polígonos); e
- funções de navegação para pontos de referência e monitoramento de variáveis como taxa de aplicação, vazão, volume aplicado, saldo de produto no tanque, etc.

Apesar de o DGPS não atender aos requisitos de certificação para gravação de dados e nem de resistência a impactos, vislumbrou-se a possibilidade de realizar a extração daqueles dados registrados nos momentos anteriores ao acidente, no intuito de se obter possíveis informações acerca da dinâmica do voo.

A extração dos dados foi realizada por um técnico da empresa DGPS & CIA, em Primavera do Leste, MT, no dia 15DEZ2016, sendo este procedimento acompanhado, *in loco*, pelos membros da Comissão de Investigação.

Apesar do grau de carbonização e de destruição de alguns dos componentes internos do DGPS, a extração dos dados ocorreu com sucesso, sendo verificado que o equipamento havia gravado informações que correspondiam ao voo do acidente com a aeronave PR-AJF, tais como: dia e hora; área de aplicação; razão de fluxo do produto aplicado; proa magnética; velocidade e altitude; etc.



Figura 12 - Condições físicas do DGPS que equipava a aeronave PR-AJF quando de sua abertura em laboratório especializado.

Em um segundo momento, os dados extraídos foram catalogados pelos técnicos do Laboratório de Leitura e Análise de Dados de Gravadores de Voo (LABDATA) do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), contando com a participação de outros dois técnicos da DGPS & CIA, de forma que, ao final, utilizando-se de programa computacional concebido para degravação, foram produzidos parâmetros e informações relativas à performance e às características de voo da aeronave, instantes antes do acidente.

Deve-se observar que os dados eram sobregravados sobre outro voo e as informações obtidas estavam em hora UTC, motivo pelo qual, após as 19h18min23seg, momento aproximado do acidente, a planilha passa a apresentar a hora de 12h58min53seg (gravação do voo anterior).

As informações obtidas pela degravação dos dados serão descritas no item 1.18. Informações operacionais.

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

O Grupo Caimbé era uma empresa consolidada, possuía duas fazendas no Estado onde atuava, perfazendo aproximadamente 16.000 hectares, sobressaindo o cultivo de algodão, soja e milho, o que lhe conferia o título de uma das maiores empresas do agronegócio da região.

Segundo relato de um de seus sócios proprietários, durante o período da safra, eram realizadas contratações de empresas prestadoras de serviços aéreos especializados aeroagrícolas. Tais contratações deram-se até maio de 2015, quando o grupo empresarial adquiriu a aeronave acidentada. Essa organização não dispunha de outras aeronaves.

De acordo com informações obtidas, apesar de a empresa ter um setor de recursos humanos, não havia processo formal específico para a contratação de profissionais que desempenhariam funções ligadas à atividade aérea.

A empresa não possuía ações voltadas à Segurança de Voo. Também não existiam programas de treinamento, nem de capacitação e/ou reciclagem para o piloto, bem como não havia supervisão e gerenciamento das atividades relacionadas às operações aéreas, as quais foram delegadas ao próprio piloto.

Segundo informações obtidas, a rotina de trabalho do piloto era a seguinte (todos os horários estão expressos em hora local): ele acordava por volta das 05h00min, sendo que as operações aéreas tinham início entre 06h30min e 07h00min, com pausa às 10h00min ou às 11h00min para o almoço (a escolha de um desses horários dependia da temperatura pois, se ela estivesse elevada, influenciaria no padrão da aplicação). No turno vespertino, as operações iniciavam por volta das 13h00min, estendendo-se até a hora do pôr do sol.

Essa rotina compreendia os meses de novembro a maio, período da safra. Na entressafra, o piloto acompanhava as inspeções e as manutenções da aeronave, as quais eram sempre realizadas em oficinas homologadas da região.

1.18. Informações operacionais.

De acordo com os dados obtidos na ação inicial de investigação, verificou-se que:

- o peso básico vazio da aeronave era de 2.145 kg;
- o peso do piloto era de aproximadamente 90 kg;
- a aeronave estava com o *hopper* vazio no momento do acidente;
- havia cerca de 400 litros de QAV-1 (314 kg, considerando a densidade do combustível de 0,7850 kg/l, a 20° C) na última decolagem;
- o consumo médio era de 220 litros/hora; e
- a aeronave voou cerca de 20 minutos entre a última decolagem e o instante do acidente.

Portanto, de acordo com os dados do fabricante, a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento especificados.

O piloto havia realizado a revalidação de sua habilitação MNTE em 07JUL2015 e na Ficha de Avaliação de Piloto (FAP), preenchida pelo Inspetor de Aviação Civil (INSPAC) que realizou seu *check* MNTE foram encontradas as observações:

Foi realizado voo de recheque de MNTE com o piloto, com voo local.

Durante o *briefing*, o piloto demonstrou bom conhecimento técnico/operacional.

Após a decolagem, foram realizados estóis, curvas de grande inclinação, "CAP" e coordenação satisfatoriamente.

Algumas manobras foram marcadas "NA" ou "ND", por tratar-se de revalidação MNTE visual.

Piloto demonstrou boa padronização e segurança nas manobras.

Apto a revalidação de sua habilitação MNTE.

O piloto havia realizado a revalidação de sua habilitação PAGA em 21AGO2015 e na FAP preenchida pelo INSPAC que realizou seu *check* constavam as seguintes observações:

Foi realizado voo de recheque de PAGA do piloto, com voo local.

Durante o *briefing*, o piloto demonstrou bom conhecimento técnico/operacional.

Voo realizado com o perfil "BK-BK", com 03 passagens com aplicações, curvas de reversão e alijamento. Considero apto para revalidação da habilitação PAGA.

O piloto obteve sua licença de Piloto Comercial - Avião (PCM) e a habilitação de Piloto Agrícola - Avião (PAGA) em setembro de 2001 e conduzia voos em operações agrícolas desde então.

Com base em relatos de colegas de trabalho, no dia do acidente o piloto acordou às 05h00min (local), tomou o café da manhã e, em decorrência de condições meteorológicas não favoráveis (chuva), o voo, que estava planejado para iniciar no período matutino foi cancelado.

O procedimento de pré-voo havia sido realizado pelo tripulante antes da primeira decolagem do dia. Tal procedimento estava previsto no manual de voo da aeronave (*Airplane Flight Manual - Section 2, Normal Procedures, Preflight-Walk Around Inspection*) e contemplava a verificação de 54 diferentes itens, os quais, segundo relato colhido, eram comumente realizados de memória pelo piloto. Não havia uma orientação direta no manual de voo quanto ao modo de proceder a estas verificações.

Após o almoço, por volta das 13h30min (local), foram realizados o pré-voo e o abastecimento. Em seguida, já com condições meteorológicas favoráveis, o piloto iniciou a atividade aérea, pulverizando cerca de 525 hectares na Fazenda Caimbé I e, posteriormente, 800 hectares na Fazenda Caimbé II.

Finalizada essa primeira etapa do voo, o piloto seguiu para o pouso, por volta das 16h00min (local), a fim de reabastecer a aeronave e prosseguir para uma nova decolagem.

Segundo informações do auxiliar aeroagrícola, o piloto reportou uma leve trepidação no manche durante o voo. Tal condição foi interpretada por ele como uma possível folga na barra de pulverização. Cabendo ao auxiliar realizar os ajustes necessários, ou seja, apertos na barra.

Logo após, a aeronave foi reabastecida e, ao final, contava com 400 litros de querosene de aviação (QAV-1) nas asas, somados a um remanescente de cerca de 200 litros de defensivo agrícola no *hopper*.

Nessa segunda etapa do voo, foi realizada a pulverização das demais áreas planejadas sem que tivesse sido reportada qualquer anormalidade. Segundo relato do auxiliar, o piloto realizou contato via rádio, informando-lhe que iria fazer uma última passagem na aplicação (procedimento esse conhecido como "tiro"), a fim de realizar a pulverização daquelas pequenas áreas onde não foi possível aplicar o produto químico anteriormente ("arremate da bordadura do talhão"), em função do perfil de passagem escolhido e que prosseguiria em seguida para pouso final na pista da Fazenda Caimbé I.

Segundo relato de um observador, situado a cerca de 1.800 metros do local do acidente (área de cultivo agrícola, a céu aberto), a aeronave estava no padrão de passagem para pulverização (voo reto, nivelado e a baixa altura). Momentos depois, a aeronave iniciou uma subida repentina, em ângulo acentuado.

O observador contou que voltou a realizar as suas atividades laborais, desviando o seu olhar por alguns poucos segundos. Quando voltou a sua atenção para a aeronave, observou que ela estava a cerca de 15 metros de altura em relação ao solo, em um

acentuado ângulo de atitude “picada”, desenvolvendo velocidade acima daquela que ele estava habituado a ver.

Em seguida, ocorreu a colisão da aeronave contra o solo, seguido de fumaça preta em torno desta. Imediatamente, passou a informação, via rádio, aos demais trabalhadores da Fazenda a respeito do ocorrido e, então, prosseguiu para o local do acidente.

Lá chegando, observou que o fogo se alastrou muito rapidamente e visualizou o piloto dentro da cabine de comando (sem vida, segundo sua percepção). Informou que a aeronave formava um ângulo de aproximadamente 90° entre o plano do terreno e a fuselagem, estando toda a seção dianteira enterrada no solo, formando uma cratera que abrigava todo o nariz da aeronave.

De acordo com as informações provenientes da degravação do DGPS, observou-se que o voo transcorreu sem anormalidades até o momento em que o piloto informou que realizaria uma última passagem na aplicação e que prosseguiria para pouso na pista da Fazenda Caimbé I.

Segundo os dados degravados do DGPS, às 19h17min59seg (UTC) o PR-AJF mantinha o voo com valores aproximados de proa magnética 107°, 2.600 ft de altitude e velocidade de 138 MPH (Figura 13), quando iniciou uma curva à esquerda em trajetória descendente, estabilizando na proa magnética 348°, altitude aproximada de 2.334 ft, chegando a atingir e manter uma velocidade de 150 MPH às 19h18min18seg (UTC), despejando os 70 litros finais do defensivo agrícola remanescente no *hopper*.

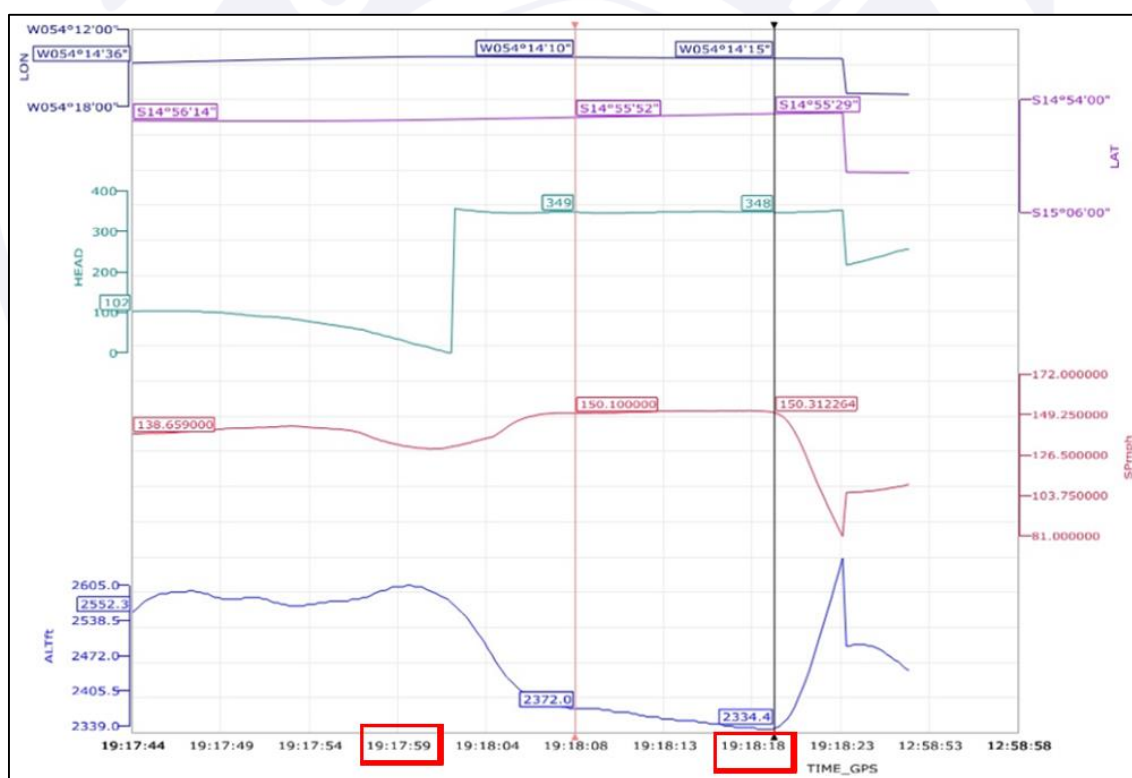


Figura 13 - Dados do DGPS durante a aplicação.

Às 19h18min19seg (UTC), a aeronave iniciou uma trajetória de voo ascendente (“recuperação”), com proa magnética variando de 349° a 353°, atingindo 2.655,8 ft de altitude no seu ponto mais alto, experimentando uma redução na velocidade de 150 MPH até atingir um valor mínimo de 81,17 MPH, às 19h18min23seg (UTC), ou seja, 4 segundos após (Figura 14).

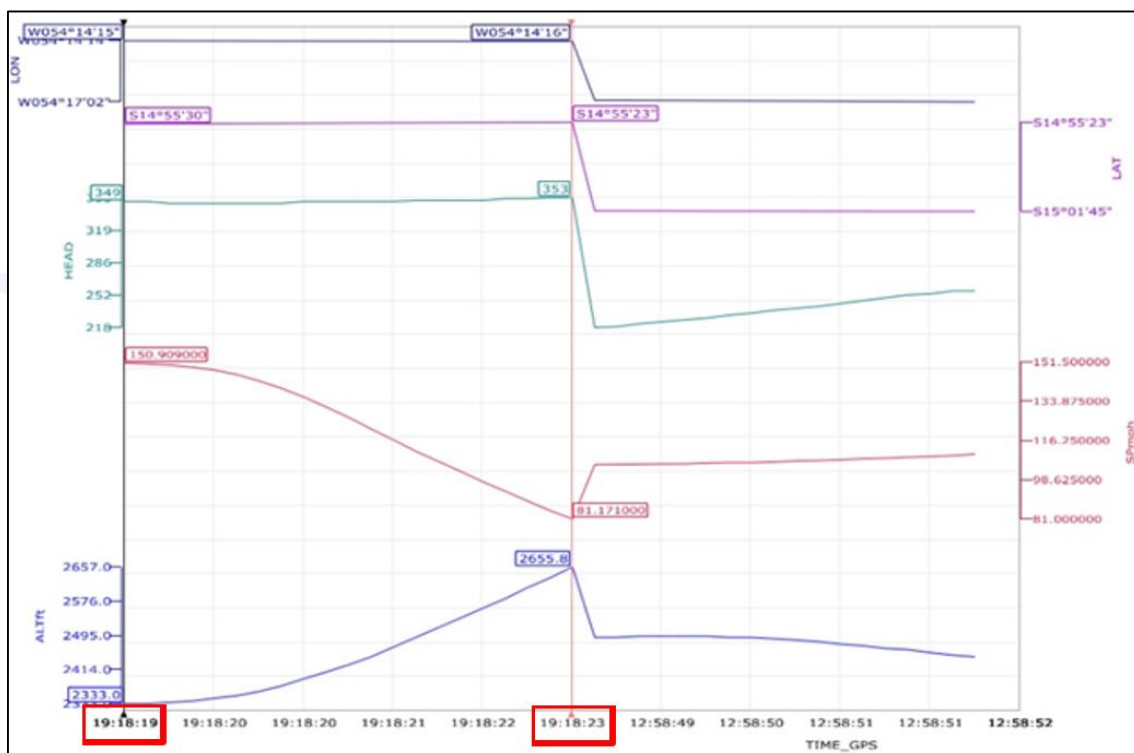


Figura 14 - Dados do DGPS no início da mudança para uma atitude de subida ("recuperação") da aeronave.

Nesse momento (19h18min23seg), o PR-AJF iniciou um giro rápido de nariz à esquerda em atitude de voo "picado", atingindo a proa magnética 219°, a altitude de 2.490 ft e a velocidade de 105 MPH (Figura 15).

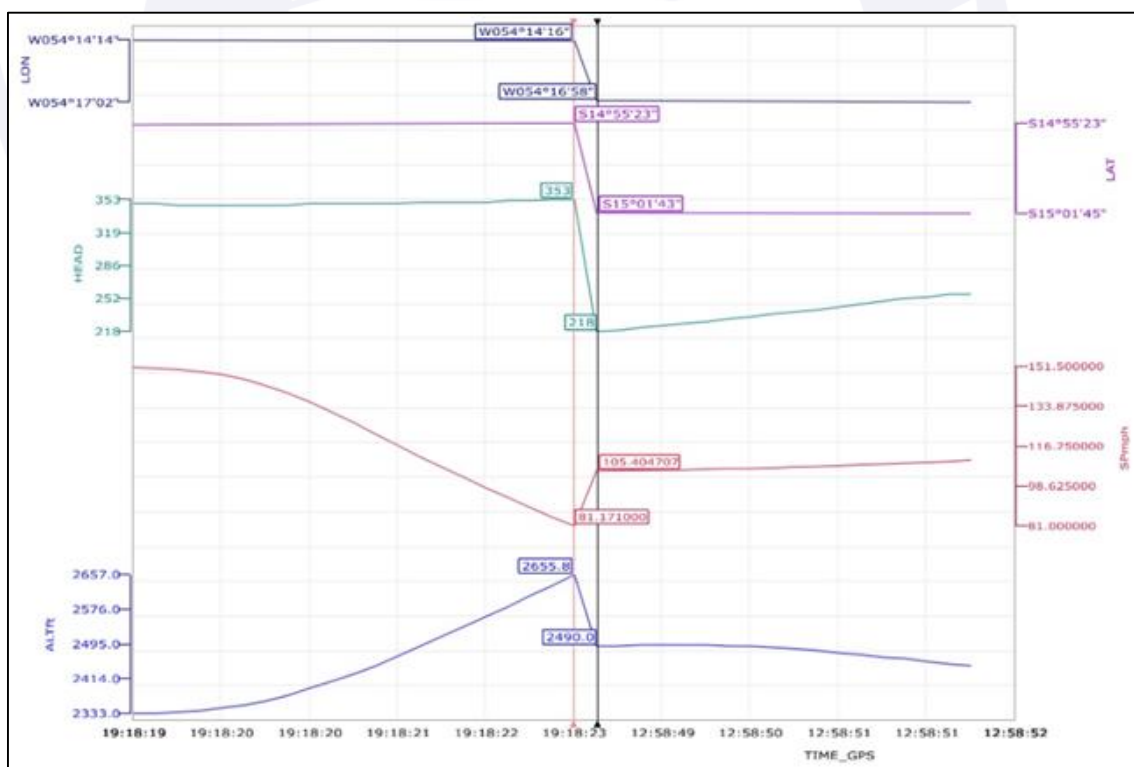


Figura 15 - Dados do DGPS no momento correspondente a uma mudança nos valores de proa, velocidade e altitude da aeronave.

O Manual de Voo da Aeronave, Seção 1 Limitações, estabelecia que, para as aeronaves modelo AT-502B, registradas no Brasil, as marcações no velocímetro deveriam

ser apresentadas como Velocidade do Ar Calibrada em nós (*Calibrated Air Speed-Kts CAS*) e com a radial vermelha (Velocidade nunca exceder) em 121 kt CAS (139 MPH, considerando que 1 MPH é equivalente a 0,869 kt CAS), conforme mostra a Figura 16.

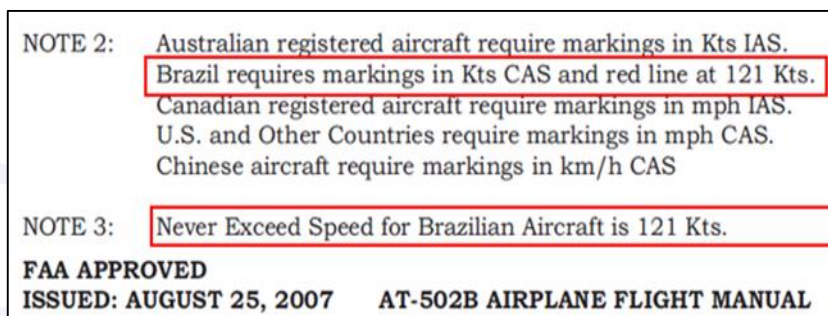


Figura 16 - Requisito e limitante para velocidade de aeronave AT- 502B registrada no Brasil.

O Manual trazia, ainda, a seguinte informação sobre a Velocidade de manobra (V_a):

AIR TRACTOR, INC. Olney, Texas			
SECTION 1 - LIMITATIONS			
GENERAL:			
Operations in compliance with the limitations presented in this section are required by the Federal Aviation Regulations.			
AIRSPEED LIMITATIONS:			
SPEED	CAS	IAS	REMARKS
Maneuver (V_a)	140 mph 122 kts 225 km/h	138 mph 120 kts 222 km/h	No full or abrupt control movements above this speed.

Figura 17 - Valores limites da velocidade de manobra (V_a) para o AT-502B, constante do Manual de Voo da Aeronave Velocidade de manobra (V_a).

Em tradução livre, o manual alertava (*Remarks*) para que não fosse aplicada toda amplitude de comandos ou movimentos bruscos acima dessa velocidade.

1.19. Informações adicionais.

Para conhecimento da distância percorrida à frente pela aeronave, desde o momento da manobra de “recuperação” até o choque desta contra o solo, foi utilizado o cálculo de diferença de latitude, visto que ela manteve o deslocamento no mesmo meridiano (054°14'15"W), sendo este valor de apenas 216 metros, mesmo com a alta velocidade desenvolvida no momento. Calculou-se, ainda, uma razão média de subida de 4.800 ft/min.

Segundo o Manual de Voo da Aeronave, a perda máxima de altitude no estol, com asas niveladas, era de 220 ft (67 metros) para o AT-502B no peso máximo de 8.000 lbs (3.629 kg).

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

Tratava-se de um voo de aplicação de defensivos agrícolas. O piloto estava qualificado, acumulava mais de quinze anos de experiência nesse tipo de voo e, há três anos, operava a aeronave de matrícula PR-AJF na localidade.

No dia da ocorrência, o piloto tinha a intenção de iniciar os voos pela manhã, no entanto, devido à chuva, ele decidiu cancelar a operação e, com a melhora das condições meteorológicas, as aplicações foram reiniciadas no período da tarde.

O procedimento de pré-voos havia sido realizado de memória, como de costume pelo tripulante, antes da primeira decolagem do dia. Apesar de não haver uma orientação direta no manual de voo quanto ao modo de proceder a estas verificações, é possível que em algum momento, ou até mesmo de maneira recorrente, o piloto, valendo-se apenas da memória, não tenha identificado discrepâncias que pudessem contribuir para uma condição insegura na operação, como por exemplo algum problema do estabilizador, o qual era um item de verificação previsto no *checklist*.

Após a primeira etapa do voo (pulverização de 1.325 hectares), o piloto prosseguiu para reabastecer a aeronave, momento em que reportou ao auxiliar aeroagrícola ter notado uma leve trepidação no manche, quando em voo, que foi inicialmente atribuída à possibilidade de que a barra de pulverização não estivesse corretamente fixada.

Houve, então, uma ação por parte do auxiliar, no sentido de apertar os parafusos existentes na barra de pulverização, sem qualquer outro tipo de pesquisa ou investigação de causa.

Embora não tenha sido possível associar tal fato à soltura do estabilizador horizontal esquerdo, isso evidenciou uma postura inadequada diante da possibilidade de que pudesse haver uma pane de comandos de voo ou um problema estrutural.

De acordo com as análises dos dados provenientes da degravação do DGPS, foi observado que a segunda etapa do voo transcorreu sem anormalidades, até o momento em que o piloto informou que iria realizar uma última passagem na aplicação e que prosseguiria para pouso.

É importante destacar que o *software* utilizado pelo Laboratório de Leitura e Análise de Dados de Gravadores de Voo, do CENIPA, com a finalidade de reproduzir aquelas informações relativas ao voo do PR-AJF, a partir dos dados extraídos do DGPS da aeronave, produziu parâmetros de velocidade em Milhas Terrestres por Hora (MPH).

Da análise dos parâmetros de voo, conforme indicado pelas Figuras 13, 14 e 15 anteriores, foi observado que a aeronave mantinha, instantes após a curva para a proa 348°, uma altitude praticamente constante e equivalente a 100 ft acima do campo, e desenvolvia velocidade de 150 MPH (130 kt CAS).

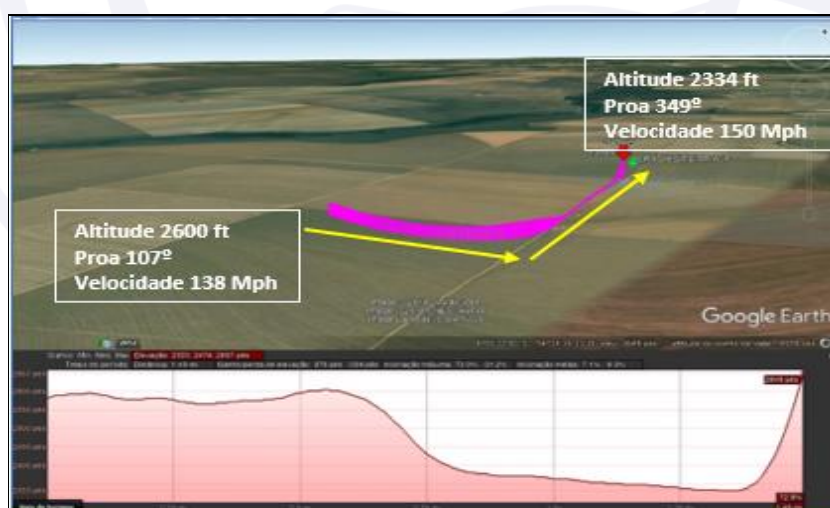


Figura 18 - Trajetória da aeronave nos instantes anteriores à colisão.

Com a velocidade de 150 MPH (130kt CAS), a aeronave iniciou uma manobra brusca, que atingiu 2.655,8 ft de altitude no seu ponto mais alto. A velocidade chegou ao valor mínimo de 81,17 MPH (70 kt CAS) com proa magnética 353° às 19h18min23seg (UTC), ou seja, apenas 4 segundos após o início da manobra.

Pôde-se verificar, portanto, que no início da manobra a aeronave estava 10 MPH (ou 8 kt CAS) acima da V_a (140 MPH/122 kt CAS) e que, levando-se em consideração o curto espaço de tempo (4 segundos) para o rápido ganho de altitude (de 2.334 ft para 2.655 ft) e para a brusca queda na velocidade (de 150 MPH para 81 MPH), a aeronave iniciou uma manobra abrupta de subida, em acentuado ângulo, sujeitando as superfícies aerodinâmicas a experimentar altos esforços estruturais.

De acordo com os exames no conjunto estabilizador horizontal/profundor esquerdo, realizados na Divisão de Materiais do DCTA, foi possível estabelecer a hipótese de que, em decorrência de a aeronave encontrar-se acima da velocidade de manobra (V_a) e de uma variação abrupta no comando do profundor no sentido de “cabrar” (subida), houve uma sobrecarga estrutural (carregamento positivo) e a consequente perda dessa superfície em voo. Essa sobrecarga ficou evidenciada ao se observar a perda de rebites e a deformação plástica no revestimento do estabilizador esquerdo, o qual foi encontrado distante 14 metros da concentração dos destroços da aeronave.

Além disso, chapas metálicas mais finas apresentaram características como as encontradas na Figura 11, denotando que foram submetidas a forças excessivas aplicadas fora do plano da folha, onde a superfície de junção da barra do profundor com a barra de transferência de comando apresentou reversão de material sobre as bordas, sendo esta uma característica de fratura por rasgamento.

Nos exames estereoscópicos realizados no conjunto estabilizador/profundor esquerdo, foi observada sobrecarga no montante de sustentação por esforços de compressão e de tração (Figura 6), e foram percebidas superfícies de fratura com características típicas de sobrecarga (Figuras 9 e 10), o que corrobora a hipótese de perda de superfície de comando em voo, decorrente de sobrecarga.

A separação do estabilizador horizontal esquerdo se deu durante a aplicação do comando a “cabrar”, o que teria provocado uma carga acima do seu limite estrutural. Caso essa superfície tivesse se despreendido antes do comando a “cabrar” (em atitude voo reto e nivelado), o momento na aeronave seria de “picada” do nariz, fato, este, não observado.

Quanto às posições do profundor direito e do seu compensador associado, no sentido de “picada” da aeronave, não se pôde inferir que houve o comandamento deste pelo piloto nesse sentido, uma vez que, no momento do impacto, as forças de inércia podem ter deslocado o manche para a frente.

Em adição, calculou-se que a aeronave percorreu apenas 216 metros à frente mesmo com a alta velocidade desenvolvida no momento da ocorrência, e que a razão média de subida foi de 4.800 ft/min. O resultado dessas análises vai ao encontro do relatado por um observador, o qual disse ter avistado a aeronave iniciar uma subida íngreme.

Separações em voo são geralmente o resultado da fadiga do material, *design* inadequado, imposição de altas cargas aerodinâmicas ou mesmo deficiências de manutenção. A falha de uma parte estrutural ou componente resulta em alterações nas características de voo, geralmente iniciando uma cadeia de eventos catastróficos, durante a qual outras peças ou componentes poderão também falhar sequencialmente.

A guinada à esquerda (giro rápido de nariz) iniciada às 19h18min23seg (UTC) e a entrada, em seguida, em atitude acentuada de voo “picado” até a colisão contra o solo, evidenciado pela degravação dos dados do DGPS, conforme apresentado na Figura 15, revela uma variação de proa à esquerda (de 353° para 218°), aumento do valor de longitude W e aumento do valor de velocidade.

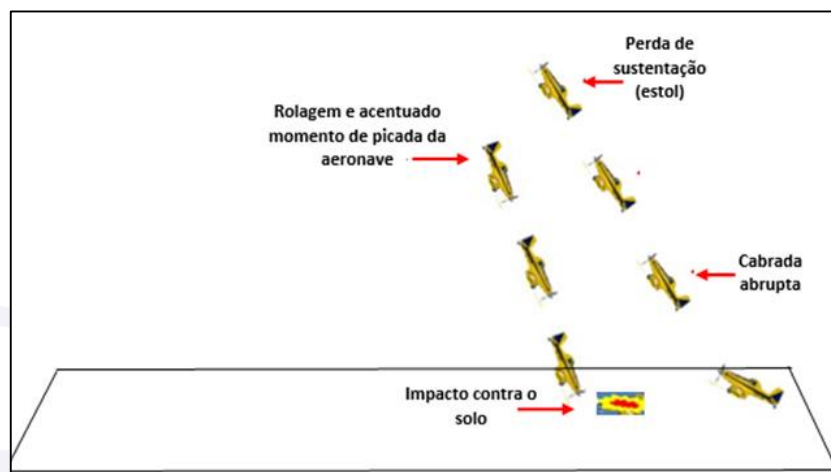


Figura 19 - Perfil lateral da dinâmica do acidente.

Assim, concluiu-se que a aeronave perdeu o estabilizador horizontal esquerdo durante a ascensão, o que teria levado a uma condição de desbalanceamento de forças e de momentos, causando a perda de controle.

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 Aeronavegabilidade (CA) válido;
- e) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- f) segundo relatos, as condições meteorológicas eram propícias à realização do voo;
- g) a aeronave desenvolvia velocidade de 150 MPH (130 kt CAS), indicando a operação acima do limite estabelecido pelo fabricante (V_a 122 kt);
- h) houve desprendimento do estabilizador horizontal esquerdo, o qual foi encontrado separado dos demais destroços da aeronave;
- i) houve a perda de controle e a aeronave impactou contra o solo, com grande ângulo;
- j) após o impacto, a aeronave incendiou-se e ficou destruída; e
- k) o piloto sofreu lesões fatais.

3.2. Fatores contribuintes.

- Aplicação dos comandos - contribuiu.

Houve uma inadequação no uso dos comandos de voo da aeronave, estando com velocidade superior à de manobra (V_a), associada à aplicação abrupta do comando do profundor no sentido de “cabrar” a aeronave.

- Atitude - contribuiu.

A adoção de uma velocidade superior à recomendada concorreu para colocar a aeronave em uma condição de risco e denotou pouca aderência aos procedimentos operacionais estabelecidos no manual da aeronave.

4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

Proposta de uma autoridade de investigação de acidentes com base em informações derivadas de uma investigação, feita com a intenção de prevenir ocorrências aeronáuticas e que em nenhum caso tem como objetivo criar uma presunção de culpa ou responsabilidade. Além das recomendações de segurança decorrentes de investigações de ocorrências aeronáuticas, recomendações de segurança podem resultar de diversas fontes, incluindo atividades de prevenção.

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

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

A-168/CENIPA/2016 - 01

Emitida em: 09/02/2022

Divulgar os ensinamentos colhidos na presente investigação, a fim de alertar pilotos e operadores da aviação civil brasileira sobre a importância de se conhecer e respeitar os limites operacionais estabelecidos pelos fabricantes das aeronaves.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.

Não houve.

Em, 09 de fevereiro de 2022.