



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).

RELATÓRIO FINAL SIMPLIFICADO

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS

DADOS DA OCORRÊNCIA						
DATA - HORA		INVESTIGAÇÃO		SUMA N°		
27AGO2016 - 12:30 (UTC)		SERIPA IV		A-112/CENIPA/2016		
CLASSIFICAÇÃO		TIPO(S)		SUBTIPO(S)		
ACIDENTE		[SCF-PP] FALHA OU MAU FUNCIONAMENTO DO MOTOR		FALHA DO MOTOR EM VOO		
LOCALIDADE		MUNICÍPIO		UF	COORDENADAS	
AERÓDROMO PROFESSOR URBANO ERNESTO STUMPF (SBSJ)		SÃO JOSÉ DOS CAMPOS		SP	23°13'44"S	045°52'16"W

DADOS DA AERONAVE					
MATRÍCULA		FABRICANTE		MODELO	
PT-DTW		CESSNA AIRCRAFT		172L	
OPERADOR			REGISTRO		OPERAÇÃO
AERoclUBE DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS			PRI		INSTRUÇÃO

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	-	-	-	Substancial	
							X Destruída	
Terceiros	-	-	-	-	-	-	Desconhecido	

1.1. Histórico do voo

A aeronave decolou do Aeródromo Professor Urbano Ernesto Stumpf (SBSJ), São José dos Campos, SP, por volta das 12h00min (UTC), a fim de realizar um voo de instrução, com um piloto a bordo.

Com cerca de 25 minutos de voo, na quarta aproximação, houve falha do motor e posterior pouso de emergência.



Figura 1 - Situação da aeronave após o acidente.

A aeronave pegou fogo e ficou destruída.

O tripulante sofreu lesões leves.

2. ANÁLISE (Comentários / Pesquisas)

O piloto possuía a licença de Piloto Privado - Avião (PPR) e estava com a habilitação de Avião Monomotor Terrestre (MNTE) válida.

Com relação a sua experiência, conforme levantamento realizado por meio da Caderneta Individual de Voo (CIV), constatou-se que o piloto havia registrado 240 horas e 50 minutos em MNTE, das quais 45 horas e 10 minutos correspondiam à aeronave *Cessna 172L*, modelo acidentado. O restante das horas foi voado em aeronaves PA-28A Archer II e A-122A Uirapuru.

O último voo realizado pelo piloto, antes deste acidente, ocorreu em 12JUL2016, na aeronave PA-28A, e tinha como finalidade a revalidação da licença de MNTE. Esse voo foi executado no circuito de tráfego de SBSJ e teve uma duração de 40 minutos, quando foram realizados três pousos.

Conforme consta na Ficha de Avaliação de Piloto (FAP), o tripulante demonstrou conhecimentos de peso e balanceamento, regulamentos e performance da aeronave, além de bom domínio da aeronave, com aproximações estáveis e pousos seguros, sendo considerado apto.

Dessa forma, constatou-se que ele possuía experiência recente conforme previa o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) 61.

Contudo, na aeronave C172L, o piloto realizou a maioria dos voos entre os anos 2000 e 2008. De 2008 a 2015, o tripulante operou quase que exclusivamente a aeronave PA-28A, somando um total de 51 horas e 50 minutos.

A partir de março de 2015, quando o piloto retornou a voar com o C172L, realizou cinco voos, com um total de 4 horas de duração, sendo o último voo nesse modelo, realizado em 24ABR2016, quatro meses antes deste acidente.

Dessa forma, concluiu-se que o tripulante possuía pouca experiência no modelo da aeronave desta ocorrência.

A aeronave acidentada era um *Cessna* 172L, N/S 17259171, monomotor convencional, de construção metálica, asa alta, trem de pouso triciclo fixo, com capacidade para quatro lugares, operada pelo Aeroclube de São José dos Campos, inscrita na categoria de registro Privada Instrução (PRI).

O avião possuía peso máximo de decolagem de 1.043kg. Considerando-se o seu abastecimento, constatou-se que ele estava dentro dos limites de peso e balanceamento previstos pelo fabricante.

Na análise documental constatou-se que o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) e a Inspeção Anual de Manutenção (IAM) estavam válidos, bem como, as escriturações das cadernetas de célula, motor e hélice estavam atualizadas.

A última inspeção realizada na aeronave foi do tipo "100H", em 18MAIO2016, tendo voado 2 horas e 50 minutos após essa intervenção.

O motor que equipava a aeronave era um *Lycoming*, modelo O-320-E2D S/N L-29112-27A, de quatro cilindros, potência de 150 HP a 2.700 RPM e carburador da *Precision Airmotive*, modelo MA4SPA, com bomba de aceleração. Possuía 9.889 horas e 10 minutos desde novo (TSN), 143 horas desde a última revisão (TSO) e havia voado 2 horas e 50 minutos desde a última inspeção.

O motor recebeu danos oriundos do incêndio que se seguiu após o pouso de emergência, o que danificou os seguintes sistemas: sistema de indução, sistema elétrico e sistema de combustível, impossibilitando a análise desses componentes.

Apenas a parte mecânica pôde ser avaliada, sem que nenhuma discrepância que justificasse a falha do motor fosse encontrada. Contudo, detectou-se que havia a presença de fuligem preta no interior das câmaras de combustão, nos cilindros e nas velas de ignição, evidenciando que a relação ar/combustível estava excessivamente rica.

O Informe Meteorológico Aeronáutico Regular (METAR) de SBSJ informava vento de 050° de direção com 08kt de intensidade, visibilidade maior que 10km, nenhuma nebulosidade abaixo de 1.500m, sem apresentar fenômeno de tempo significativo, temperatura do ar de 18°C, temperatura do ponto de orvalho de 12°C e pressão para ajuste de altímetro de 1022 hectopascal (hPa), sendo constatado que as condições eram propícias à realização do voo.

Conforme o relato do piloto, tratava-se de um voo sob as Regras de Voo Visual (VFR), para manutenção de Certificado de Habilitação Técnica (CHT) emitida para operação de Aeronave Monomotor Terrestre (MNTE), tendo apenas o piloto a bordo.

O planejamento previa permanecer no circuito de tráfego VFR de SBSJ, por cerca de 40 minutos, com a finalidade de realizar treinamentos de aproximações visuais.

A partida da aeronave foi realizada às 11h45min (UTC) e a operação prosseguiu sem qualquer intercorrência até o quarto tráfego visual.

Nesse momento, outras aeronaves já haviam adentrado o circuito de tráfego de SBSJ, de maneira que foi necessário prolongar a perna do vento da pista 15 que, naquele momento, era realizada pelo setor oeste do aeródromo.

Após a passagem das demais aeronaves, o PT-DTW seguiu como número três na aproximação para pouso, executou uma curva pela direita, ingressou na perna base, estabilizou na rampa da aproximação final da pista 15 com os *flapes* recolhidos, velocidade de 80 MPH e motor em marcha lenta.

Durante o planeio para o pouso visual, o piloto percebeu que a aeronave “afundou” em relação à rampa de aproximação pretendida. Prontamente, ele executou o avanço do manete de potência, porém, o motor apresentou funcionamento irregular, descrito como “engasgada” e observou que a rotação da hélice (RPM) estava “baixa”, características típicas de formação de gelo no carburador da aeronave.

Essa possibilidade pode ser corroborada pelo fato de não ter sido mencionada a utilização do aquecimento do carburador, sistema que poderia ter evitado o acúmulo de gelo e os demais sintomas observados naquele momento.

A Agência Europeia de Aviação Civil (EASA), por meio do seu Grupo de Estudos de Segurança de Voo da Aviação Geral (EGAST), emitiu em seu Folheto de Segurança de Voo (GA-5) orientações relacionadas à formação de gelo no carburador, conforme tradução livre, feita pelo investigador encarregado:

A formação de gelo no carburador não é apenas restrita a épocas de clima frio. Pode ocorrer em dias de temperatura amena e com humidade elevada, especialmente em regimes de baixa potência. Testes de voo foram capazes de produzir grave formação de gelo no carburador em regimes de baixa potência, com temperatura do ar acima de 25° C e humidade relativa do ar de até 30%. Já em potência de cruzeiro, a formação de gelo no carburador ocorreu com 20°C e humidade relativa do ar de 60% ou mais.

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) também publicou, na sua página de Segurança Operacional, um Relatório de Análises de Ocorrências intitulado “Análise Qualitativa dos Relatórios Finais das ocorrências com aeronaves de matrícula brasileira nos últimos 10 anos (2010-2019) classificados como Falha de Motor em Voo (SCF-PP)”, no qual a formação de gelo no carburador foi analisada como um dos fatores para falha de motor em voo. No item 7.2 do Relatório constam as seguintes informações:

O desconhecimento quanto ao problema de formação de gelo no carburador pode estar associado à pouca abordagem desse tema na formação prática do piloto fundamentada na cultura equivocada que o fenômeno é incomum dadas as condições climáticas brasileiras.

Muitos aviadores acreditam que a formação de gelo no carburador somente ocorre em atmosfera com temperatura próxima de 0 °C, quando na verdade o problema pode ocorrer até mesmo a 35 °C, sendo bastante provável em temperaturas abaixo de 17 °C com média-alta umidade, o que não é uma condição incomum no Brasil.

Nesse contexto é importante que o piloto, desde sua formação, seja doutrinado quanto a relevância desse fenômeno, identificando sua probabilidade previamente ao voo, tomando medidas preventivas durante o voo conforme probabilidade diagnosticada e sendo capaz de identificar problemas associados ao fenômeno.

Sugere-se assim ações de promoção pela ANAC sobre formação de gelo no carburador, publicação de cartilhas (e.g. o trabalho *Piston Engine Icing* publicado em 2013 pela EGAST) e que a carta de probabilidade de formação de gelo no carburador (exemplo *Carburettor icing-probability chart*) tenha seu uso incorporado durante a instrução prática, devendo ser consultada e debatida no briefing previamente a realização de cada voo.

No dia da ocorrência, o METAR das 12h00min (UTC), de SBSJ, informava que a temperatura do ar era de 18°C e ponto de orvalho de 12°C. Com esses dados foi possível verificar que as condições meteorológicas presentes, naquele momento, eram propícias à formação severa de gelo em regime de baixa potência e moderada para o regime de potência de cruzeiro (Figura 2).

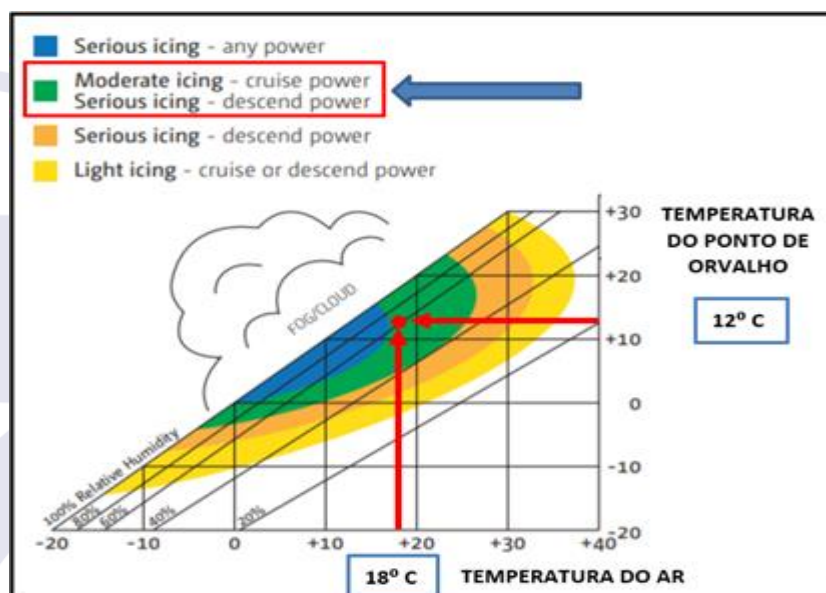


Figura 2 - Gráfico de severidade da formação de gelo em relação à temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho. Em destaque, as condições do dia da ocorrência com o PT-DTW.

Ressalta-se que a formação de gelo no carburador pode ocorrer sem a presença de nuvens ou gotículas de água em suspensão na atmosfera, isto é, com céu claro, uma vez que esse fenômeno se dá pela passagem do ar admitido pelo sistema de indução.

Em seguida, a pressão do ar que passa através do corpo do carburador diminui, por causa de um afunilamento que existe naquela área. Essa diminuição da pressão, ocasiona uma redução na temperatura do ar, que pode chegar até 20°C, conforme explicado pelo Princípio de Bernoulli.

Contudo, o risco associado à formação de gelo no carburador não é uniforme para todas as aeronaves, uma vez que fatores como posicionamento desse componente dentro do cofre do motor, ventilação e outros podem influenciar na suscetibilidade para ocorrência desse problema.

Nesse contexto, é possível que, devido a maior experiência do piloto na aeronave PA28, que não era tão suscetível a formação de gelo no carburador como o *Cessna 172L*, tenha ocorrido um rebaixamento da consciência situacional acerca desse risco operacional.

Isso pode ser corroborado pelo fato de que existiam diferenças na operação do sistema de aquecimento entre as duas aeronaves. No PA28, a utilização deveria ser feita apenas se fossem observados sintomas de gelo no carburador.

Contudo, no *Cessna*, antes de se reduzir a potência para marcha lenta, o aquecimento do carburador deveria ser levado até a posição *full heat*, conforme Figura 3 - *Before landing Checklist*, extraído do Manual de Operação do Piloto (POH) da aeronave *Cessna 172L*.

BEFORE LANDING.

- (1) Fuel Selector Valve -- "BOTH."
- (2) Mixture -- Rich.
- (3) Carburetor Heat -- Apply full heat before closing throttle.
- (4) Wing Flaps -- As desired.
- (5) Airspeed -- 70 to 80 MPH (flaps up), 65 to 75 MPH (flaps down).

Figura 3 - *Before Landing Check* - POH Cessna 172L.

A hipótese da ausência da utilização do aquecimento do carburador, pode ser corroborada pelo fato de que os pilotos do Aero Clube de São José dos Campos (ACSJC) utilizavam uma lista de verificações condensada elaborada por aquela organização.

No *checklist* do ACSJC, foram observadas discrepâncias em relação ao POH da aeronave, especialmente, no tocante aos cheques de "*Before Landing*" e "*Normal Landing*", que foram condensados em um único cheque intitulado "Aproximação e Pouso", conforme Figura 4.

APROXIMAÇÃO E POUSO	
Bateria, Alternador e Magnets.....	LIGADOS
Mistura.....	RICA
Ar quente Carburador	CONFORME REQUERIDO
Seletora de Combustível	AMBOS
Combustível	SUFICIENTE
Luz de Pouso	LIGADA

Figura 4 - Extrato do *Checklist* "Operação Normal" da aeronave Cessna 172L elaborado pelo ACSJC.

Constatou-se que essa lista condensada modificou o item 3 "*Carburetor Heat - Apply full heat before closing throttle*" para "conforme requerido" e suprimiu o item 4 "*Wing flaps - as desired*", ambos do "*Before Landing Checklist*".

Dessa forma, considerando o rebaixamento da consciência situacional do piloto em função da sua experiência acumulada na aeronave PA28, qual seja, apenas usar o aquecimento do carburador em caso de indícios de acúmulo de gelo, procedimento que encontrava suporte na lista de verificação disponibilizada na aeronave e, ainda, considerando que na entrevista, o piloto não mencionou ter utilizado o aquecimento, inferiu-se que não houve o acionamento desse importante meio preventivo para a formação de gelo no carburador.

Após perceber o "afundamento", que pode ter sido ocasionado pela queda na RPM em decorrência do acúmulo de gelo no carburador, o piloto acelerou bruscamente o manete de potência.

Essa ação se mostrou inadequada, uma vez que o carburador MA4SP possuía um sistema de bomba de aceleração, cuja finalidade era equilibrar a razão estequiométrica durante a aceleração rápida, injetando momentaneamente mais combustível, até que o fluxo de combustível proveniente do bico de descarga estivesse na razão adequada para o novo volume de ar, o que ocorria em breves segundos.

Porém, como poderia haver gelo no carburador, o volume de ar disponível para os cilindros no momento da aceleração pode não ter sido o suficiente para compensar a injeção extra de combustível, ocorrida em função da aceleração brusca do manete de potência, que acionou a bomba de aceleração.

Além disso, o piloto informou que, por diversas vezes, movimentou o manete de potência na tentativa de recuperá-la. Assim, cada vez que o piloto avançava bruscamente a potência, mais combustível era injetado na câmara de combustão, o que alterou, significativamente, a razão estequiométrica ar/combustível e, possivelmente, afogou o motor, impossibilitando uma nova partida.

O afogamento foi verificado durante a abertura do motor, ocasião em que se constatou a presença de fuligem preta no interior da câmara de combustão, na cabeça dos cilindros e nas velas de ignição.

Com relação à falha do motor em voo, o *checklist* do ACSJC definia que o ar quente do carburador deveria ser aberto.

Essa ação, caso fosse realizada antes da aceleração do motor, poderia ter contribuído para a remoção do gelo possivelmente acumulado.

Inicialmente, ocorreria o funcionamento áspero do motor, que tenderia a se normalizar em alguns segundos, em função da severidade da formação de gelo, retornando, então, ao funcionamento normal.

Houve, ainda, a tentativa de realizar a partida do motor em voo, que se mostrou infrutífera, pois, uma grande quantidade de combustível havia sido injetada nos cilindros, e assim não seria possível a ignição nessas condições, sendo necessário realizar a limpeza das câmaras, removendo o excesso de combustível, o que possibilitaria uma nova partida.

Com relação ao procedimento de pouso de emergência, o piloto manteve uma velocidade de 80 MPH, com os flapes recolhidos.

Inicialmente, essa ação propiciou uma melhor razão de planeio para a aeronave.

Constava no POH e no *checklist* do ACSJC que o flape preferencial para a execução do pouso deveria estar em 30°, o que proporcionaria uma velocidade menor de aproximação com o terreno e melhor controle da aeronave antes do toque, reduzindo a velocidade de impacto.

Como não houve o abaixamento do flape, o pouso provavelmente ocorreu com maior energia. Um toque em alta velocidade pode ter possibilitado que a aeronave voasse novamente.

No segundo toque, já sem energia e com velocidade próxima ao estol, este ocorreu bruscamente. A aeronave deslocou mais alguns metros no terreno irregular, houve a quebra do trem de pouso do nariz e a parada completa em uma área de grama alta, adjacente à pista 15 de SBSJ.

O piloto abandonou a aeronave pela porta esquerda com ferimentos leves, mas retornou ao avião para buscar os seus pertences pessoais.

Nesse momento, foi observado por ele que havia um princípio de incêndio na região esquerda do motor, possivelmente iniciado pelo contato do combustível com as partes quentes da aeronave, como a bateria, uma vez que não foi informado pelo tripulante se o sistema elétrico foi desligado antes do pouso de emergência.

O piloto afastou-se novamente da aeronave sem combater o incêndio que se iniciava, caminhou em direção ao aeroporto até ser encontrado por funcionários da INFRAERO, sendo encaminhado a uma ambulância.

O incêndio após o impacto consumiu quase que integralmente a aeronave, a qual ficou destruída.

3. CONCLUSÕES

3.1. Fatos

- a) o piloto estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido;
- b) o piloto estava com a habilitação de Avião Monomotor Terrestre (MNTE) válida;
- c) o piloto estava qualificado, mas possuía pouca experiência no modelo da aeronave;
- 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) as condições meteorológicas eram propícias à formação severa de gelo em regime de baixa potência e moderada para o regime de potência de cruzeiro;
- i) havia fuligem preta em partes internas do motor;
- j) o pouso de emergência foi realizado com os flapes recolhidos;
- k) houve fogo após o impacto;
- l) a aeronave ficou destruída; e
- m) o piloto sofreu lesões leves.

3.2 Fatores Contribuintes

- Aplicação dos comandos - contribuiu;
- Atitude - indeterminado;
- Condições meteorológicas adversas - indeterminado;
- Julgamento de pilotagem - contribuiu;
- Memória - indeterminado;
- Planejamento gerencial - contribuiu; e
- Pouca experiência do piloto - contribuiu.

4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

Recomendações emitidas no ato da publicação deste relatório.

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

A-112/CENIPA/2016 - 01

Emitida em: 16/11/2021

Implementar as ações recomendadas no item 7.2 do Relatório de Análises de Ocorrências intitulado "Análise Qualitativa dos Relatórios Finais das ocorrências com aeronaves de matrícula brasileira nos últimos 10 anos (2010-2019) classificados como Falha de Motor em Voo (SCF-PP)", publicado por essa Agência na página de Segurança Operacional, em julho de 2020.

A-112/CENIPA/2016 - 02**Emitida em: 16/11/2021**

Atuar junto aos Centros de Instrução da Aviação Civil (CIAC), a fim de garantir que não existam discrepâncias entre o que prevê os manuais de operação (POH ou AFM) e possíveis listas de verificação condensadas elaboradas por essas organizações, garantindo que não ocorra a supressão e/ou modificação de procedimentos contidos naqueles manuais.

A-112/CENIPA/2016 - 03**Emitida em: 16/11/2021**

Divulgar os ensinamentos colhidos nesta investigação aos Centros de Instrução da Aviação Civil (CIAC), com o objetivo de alertar os pilotos em formação sobre os riscos associados à formação de gelo no carburador de motores aeronáuticos convencionais, notadamente os que sejam mais suscetíveis à ocorrência desse fenômeno.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS

O modelo de aeronave *Cessna 172*, operada atualmente pelo Aeroclube de São José dos Campos, não possui sistema de carburador. Além disso, após conversa com o Gestor de Segurança Operacional atual, foi realizada uma pesquisa nos demais *checklists* condensados em uso, a fim de assegurar que não ocorram discrepâncias entre os manuais de operação das aeronaves do aeroclube e esses documentos.

Em, 16 de novembro de 2021.

