



**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			
<b>DATA - HORA</b>	<b>INVESTIGAÇÃO</b>	<b>SUMA N°</b>	
01SET2022 - 18:00 (UTC)	SERIPA V	A-097/CENIPA/2022	
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>TIPO(S)</b>		
ACIDENTE	[LOC-I] PERDA DE CONTROLE EM VOO		
<b>LOCALIDADE</b>	<b>MUNICÍPIO</b>	<b>UF</b>	<b>COORDENADAS</b>
AERÓDROMO EL DORADO (SSMK)	ELDORADO DO SUL	RS	30°04'13"S 051°24'33"W

DADOS DA AERONAVE		
<b>MATRÍCULA</b>	<b>FABRICANTE</b>	<b>MODELO</b>
PU-MMM	S.G. AVIATION	STORM 300B
<b>OPERADOR</b>	<b>REGISTRO</b>	<b>OPERAÇÃO</b>
TECHDEC INFORMÁTICA LTDA.	PET	PRIVADA

PESSOAS A BORDO / LESÕES / DANOS À AERONAVE							
A BORDO		LESÕES					DANOS À AERONAVE
		Ileso	Leve	Grave	Fatal	Desconhecido	
Tripulantes	1	-	-	-	1	-	Nenhum
Passageiros	1	-	-	1	-	-	Leve
<b>Total</b>	<b>2</b>	-	-	<b>1</b>	<b>1</b>	-	X Substancial
							Destruída
Terceiros	-	-	-	-	-	-	Desconhecido

### 1.1. Histórico do voo

A aeronave decolou do Aeródromo El Dorado (SSMK), no município de Eldorado do Sul, RS, por volta das 18h00min (UTC), a fim de realizar voo local privado com um piloto e um passageiro a bordo.

Logo após a decolagem, ao realizar uma curva à esquerda, a aeronave perdeu o controle em voo e colidiu contra o solo.



Figura 1 - Aeronave PU-MMM após o acidente.

A aeronave teve danos substanciais. O piloto sofreu lesões fatais e o passageiro sofreu lesões graves.

### 2. ANÁLISE (Comentários / Pesquisas)

O Piloto em Comando (PIC) possuía a licença de Piloto Privado - Avião (PPR) e estava com a habilitação de Avião Monomotor Terrestre (MNTE) fora da vigência desde outubro de 2002. O seu Certificado Médico Aeronáutico (CMA) estava vigente.

A aeronave operava com um Certificado de Autorização de Voo (CAV), expedido em 30OUT2008, sendo que nas observações desse certificado constava que a validade seria a mesma da apólice de seguro Responsabilidade do Explorador e Transportador Aéreo (RETA) ou do Relatório de Inspeção Anual de Manutenção (RIAM), o que vencesse primeiro.

A aeronave tinha uma apólice de seguro válida e foi apresentado um formulário intitulado "Certificado de Conclusão de RIAM" com a data de 25MAIO2022. Todavia, tal formulário não possuía o número do Certificado da Organização de Manutenção e nem o endereço. O nome da organização que constava no referido formulário, *Airway Service Center*, não foi localizado no sítio eletrônico da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) assim como não havia o código ANAC, nem registro no CREA do responsável pelo serviço.

Com a entrada em vigor da Emenda nº 01 do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 91, em 01JUN2020, foi exigida a apresentação do Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade (CVA) em substituição ao RIAM.

Segundo a ANAC, para as aeronaves leve esportivas experimentais e experimentais de construção amadora, o advento do CVA não implicaria em alterações significativas imediatas. O RIAM emitido até 31 de maio de 2020 seguiria válido até o seu vencimento. Após isso, deveria ser substituído por um CVA emitido de acordo com os formulários da série F-100-82.

Face ao exposto, nos termos da legislação em vigor à época do acidente, a aeronave não possuía a documentação necessária para estar em operação.

As cadernetas de célula, motor e hélice não foram encontradas. Não foi encontrada uma ficha de peso e balanceamento, portanto não foi possível determinar se a aeronave operava dentro dos limites de peso e balanceamento. Não foram identificadas evidências de falha ou mau funcionamento do motor ou outros componentes da aeronave.

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

De acordo com os dados constantes no Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB), para operar a aeronave envolvida neste acidente, era requerida uma habilitação de Ultraleve Avançado Terrestre (UATE).

Conforme a Instrução Suplementar (IS) nº 61-004, revisão R, de 10SET2021, para que um piloto estivesse habilitado a voar uma aeronave em que era requerida uma habilitação UATE, era necessário que ele possuísse um CMA de 1ª, 2ª ou 4ª classe, bem como uma habilitação de Aeronave Aerodesportiva de Asa Fixa Terrestre (AAFT) ou uma habilitação de Avião Monomotor Terrestre (MNTE).

O piloto possuía o CMA de 2ª classe, que estava dentro do período de vigência, e possuía habilitação MNTE. Entretanto, a habilitação MNTE encontrava-se fora do seu período de vigência na data do acidente. Portanto, o piloto não estava qualificado para realizar voos naquela aeronave.

Durante a fase de coleta de dados, foram encontrados registros de um voo de exame de proficiência para revalidar a habilitação MNTE, que havia sido realizado pelo piloto em 22ABR2022.

A Ficha de Avaliação de Piloto (FAP) continha avaliações de manobras normais de voo, tais como decolar o avião, realizar procedimentos após a decolagem, manter voo em subida, realizar curvas (inclusive de grande inclinação) e recuperar-se de um estol. Tais exercícios receberam grau satisfatório do instrutor que acompanhava o piloto no voo.

Os demais exercícios nominados na FAP, tais como controlar a aeronave em voo lento, realizar um pouso curto, realizar um pouso de precaução fora de aeródromo, gerenciar outras situações anormais e recuperar a aeronave de atitudes anormais com referências visuais não foram realizados no voo de exame de proficiência em questão.

A FAP trazia comentários relatando que o piloto havia realizado o voo de forma segura e que ele foi considerado aprovado. Contudo, após consulta nos sistemas da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), verificou que o PIC ainda estava com a habilitação MNTE fora da vigência.

Questionada acerca do processo de revalidação da habilitação MNTE, foi esclarecido por aquela Agência Reguladora que o PIC obteve, automaticamente, a sua habilitação provisória após abertura do processo em 25ABR2022, conforme o item 61.13 (e) do RBAC nº 61, emenda 14, emitido em 20MAR2020:

**61.13 Solicitação de licenças, certificados e/ou habilitações**

(a)

(...)

(e) O solicitante de uma licença ou certificado que tenha atendido a todos os requisitos deste regulamento, inclusive aprovação no exame de proficiência, fará jus a emissão de uma licença/certificado provisório válida por um período de 90 (noventa) dias a partir da data da sua emissão. A emissão da licença/certificado provisório será automaticamente revogada se for constatada alguma irregularidade.

Contudo, após análise, o processo foi indeferido em 03MAIO2022 e a vigência da habilitação foi revogada.

Apesar disso, havia na Caderneta Individual de Voo (CIV) digital do piloto registros de dois voos realizados após a revogação da habilitação MNTE, ambos na aeronave PU-MMM, um no dia 05AGO2022 e outro no dia 19AGO2022.

A aeronave PU-MMM, modelo STORM 300B, de construção amadora e número de série FS-1309, era uma aeronave de constituição metálica, asa baixa, com capacidade para um tripulante e um passageiro, trem de pouso do tipo triciclo fixo, equipada com um motor a pistão ROTAX 912 S de 100 hp.

De acordo com o RAB, seu Peso Máximo de Decolagem (PMD) era de 650 kg. Contudo, no interior da aeronave, havia uma plaqueta onde constava o PMD de 550 kg, peso básico de 320 kg e velocidade de estol de 60 km/h (Figura 2).

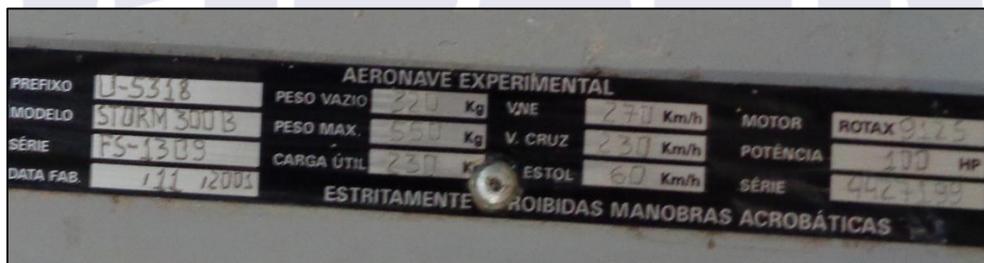


Figura 2 - Plaqueta localizada no interior da aeronave PU-MMM.

O Aeródromo SSMK possuía uma pista de grama de 400 m x 18 m, de cabeceiras 10/28, com elevação média de 43 ft de altitude em relação ao nível do mar. O aeródromo ficava localizado no município de Eldorado do Sul, RS, circundado por plantações de arroz que se encontravam nos limites anterior, posterior e lateral direito da RWY 10. No dia do acidente, as plantações de arroz estavam alagadas.

Segundo relatos, o voo realizado teria a finalidade de capturar imagens para uma produção audiovisual, por meio de uma câmera acoplada ao estabilizador vertical da aeronave (Figura 3).



Figura 3 - Câmera posicionada no estabilizador vertical da aeronave destacada em vermelho.

As imagens obtidas dessa câmera mostraram que a aeronave iniciou a corrida de decolagem da RWY 10 de SSMK e, quatro segundos após deixar o solo, iniciou uma curva à esquerda com cerca de 42° graus de inclinação lateral, em subida (Figura 4).

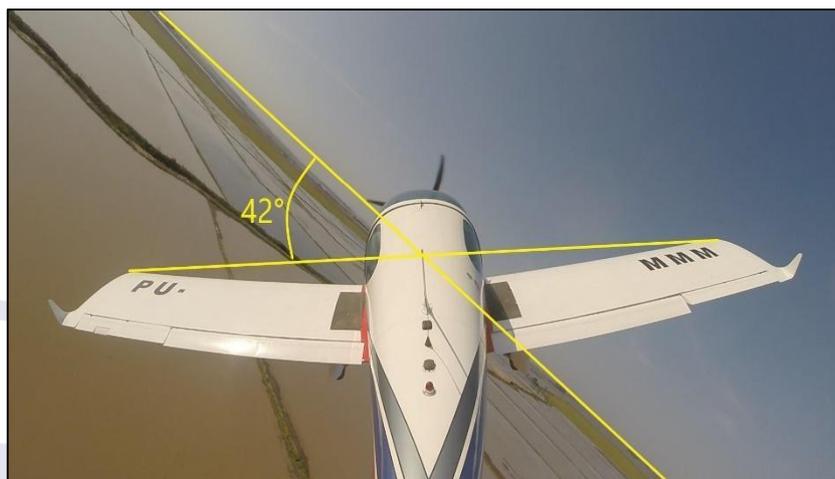


Figura 4 - Curva realizada pela aeronave quatro segundos após a decolagem.  
Fonte: câmera instalada na aeronave.

Com nove segundos de voo e cerca de 80° de curva à esquerda completados, foi possível observar uma súbita redução da atitude de arfagem da aeronave em relação ao horizonte, com recuperação logo em seguida (Figura 5).



Figura 5 - Aeronave aos nove segundos de voo com atitude de arfagem reduzida.  
Fonte: câmera instalada na aeronave.

Com doze segundos de voo, a inclinação da aeronave aumentou, atingindo cerca de 70° em relação ao horizonte, com o nariz em descida e o aileron da asa direita defletido para cima, no sentido contrário ao do giro (Figura 6).



Figura 6 - Aeronave com doze segundos de voo. Destaque, em vermelho, para a deflexão do aileron da asa direita.  
Fonte: câmera instalada na aeronave.

Aos treze segundos de voo, a inclinação da aeronave atingiu cerca de 90° em relação ao horizonte, com o nariz descendo e perdendo altura (Figura 7).



Figura 7 - Aeronave aos treze segundos de voo com cerca de 90° de inclinação.  
Fonte: câmera instalada na aeronave.

Aos quatorze segundos de voo, com cerca de 90° de inclinação e 170° graus de curva realizados, a aeronave colidiu contra uma plantação de arroz que estava alagada (Figura 8).



Figura 8 - Aeronave com cerca de 90° de inclinação à esquerda e ponta da asa esquerda tocando a superfície da plantação de arroz alagada.  
Fonte: câmera instalada na aeronave.

Após o impacto, a aeronave ficou posicionada dentro da plantação de arroz, em torno de 270° em relação à proa de decolagem e afastada cerca de 280 m do ponto onde havia deixado o solo. É possível que a súbita redução da atitude de arfagem da aeronave tenha sido originada em consequência de uma condição de estol ou pré-estol.

De acordo com o *Stall and spin loss of control* (perda de controle por estol e parafuso), um documento emitido pela *European General Aviation Safety Team* (EGAST - equipe europeia de segurança da aviação geral), a recuperação de um estol em curva deveria ser feita da seguinte forma:

Os pilotos devem tomar medidas de recuperação assim que reconhecerem os sinais de uma aproximação de estol, seja por um sistema de alerta ou por outras indicações. Alivie qualquer pressão para trás no manche ou mova-o para frente, centralizando-o (aileron neutros), para reduzir o ângulo de ataque de ambas as asas simultaneamente. Em uma curva, solte a pressão de puxar, mas evite induzir rolagem, recolocando o controle na posição central. Se a ação for tomada prontamente enquanto o estol está se aproximando - por exemplo, assim que o dispositivo de aviso de estol soar - a mudança de atitude necessária geralmente é pequena, e a perda de altitude, se houver, será mínima.

Se o avião entrar em estol, mova o manche ou a roda para frente para diminuir o ângulo de ataque e recuperar a sustentação. Assim que tiver recuperado do estol, nivele as asas. Não faça rolagem no avião até que todos os sintomas do estol tenham desaparecido, para evitar entradas assimétricas em um ângulo de ataque elevado. Em seguida, ajuste a velocidade com a potência de forma apropriada para o restante do voo.

Retirado, em tradução livre, de *Stall and spin loss of control*, EGAST, *European Aviation Safety Agency* (EASA - agência europeia para segurança da aviação), novembro de 2023.

Entretanto, o que se observou nas imagens da câmera instalada foi um incremento na atitude de arfagem e a manutenção da inclinação lateral. É possível que a aeronave já estivesse operando com a potência máxima disponível, dada a proximidade com a decolagem. Não foi possível estabelecer se a aeronave estava em voo coordenado.

Em curvas, a componente vertical da força de sustentação da aeronave, com sentido oposto à força peso, diminui à medida que a inclinação da aeronave aumenta. Portanto, é necessário que a força de sustentação da aeronave seja incrementada para que a componente vertical da sustentação possa igualar-se ao vetor da força peso e manter o voo nivelado, conforme ilustrado na Figura 9.

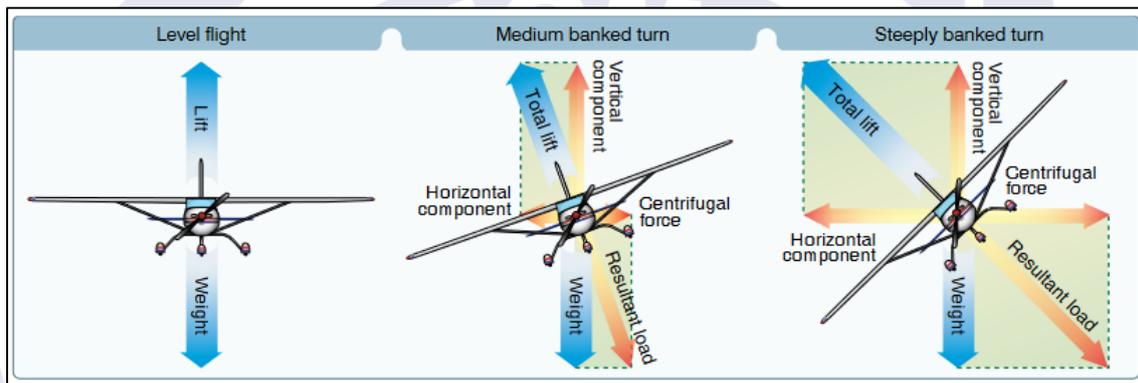


Figura 9 - Apresentação da decomposição da força de sustentação e da força peso de uma aeronave em voo nivelado e em curva.

Fonte: *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge* (Federal Aviation Administration, Estados Unidos da América, 2023).

A sustentação gerada por um aerofólio é diretamente proporcional ao quadrado da velocidade do vento relativo atuando neste aerofólio. É também diretamente proporcional ao coeficiente de sustentação, o qual aumenta com o incremento do ângulo de ataque do aerofólio (Figura 10). Portanto, quanto maior a velocidade e o ângulo de ataque, maior será a sustentação gerada por um aerofólio, até que seja atingido o ângulo de ataque crítico.

$$\begin{array}{c}
 \text{Densidade do Ar} \rightarrow \rho \\
 \text{SUSTENTAÇÃO} \rightarrow L = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_L \\
 \text{Velocidade} \rightarrow V \\
 \text{Coeficiente de Sustentação} \rightarrow C_L \\
 \text{Área da Asa} \rightarrow S
 \end{array}$$

Figura 10 - Apresentação da fórmula matemática para cálculo da sustentação.

Fonte: aerodinâmica e teoria de voo, noções básicas. HOMA, Jorge, 28ª Edição, 2010. Editora ASA

O ângulo de ataque crítico é o ângulo de ataque máximo no qual a camada limite do vento relativo se descola do aerofólio e, por consequência, a sustentação gerada por esse aerofólio diminui ao invés de aumentar.

A manutenção da curva da aeronave a baixa altura exigia que fosse mantido um ângulo de ataque elevado para compensar a redução da componente vertical do vetor sustentação devido à inclinação das asas da aeronave. É possível que esse ângulo de ataque tenha ultrapassado o ângulo crítico e a aeronave tenha entrado em uma condição de estol a baixa altura, sem que fosse possível recuperar o controle naquelas condições.

Ademais, a asa esquerda da aeronave, que se encontrava na parte interna da curva, estava submetida a velocidade inferior, se comparado à asa direita, que se encontrava na parte externa da curva. Conseqüentemente, a velocidade do fluxo de ar que passava pela asa direita (na parte externa da curva) era maior do que a velocidade do fluxo de ar sobre a asa esquerda (na parte interna da curva), o que gerava maior sustentação na asa direita. Essa condição criava uma tendência favorável ao aumento da inclinação da aeronave para a esquerda.

Inclinações da ordem de 42° aumentam a velocidade de estol de uma aeronave em cerca de 17%, colocando-a em uma condição crítica, especialmente em voos a baixa altura em que a margem para recuperação se torna mínima (Figura 11).

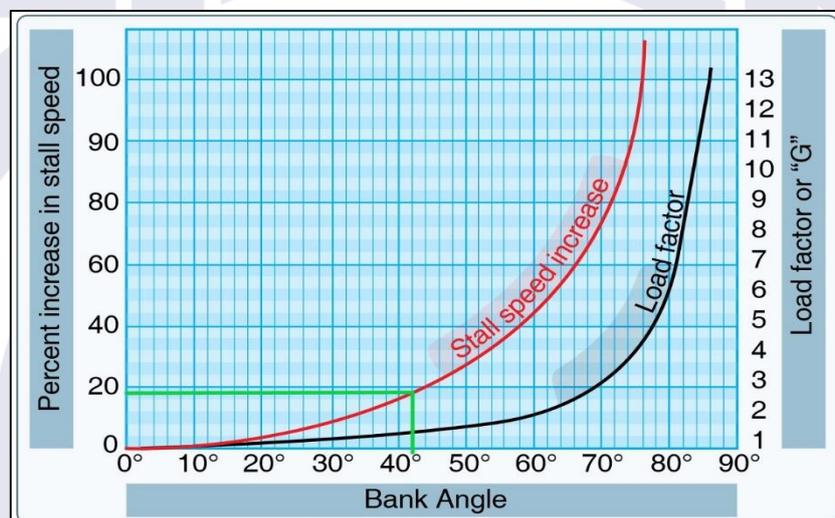


Figura 11 - Gráfico mostrando o aumento da velocidade de estol com o aumento da inclinação da aeronave, com destaque, em verde para uma inclinação de 42°.

Fonte: *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge* (Federal Aviation Administration, Estados Unidos da América, 2023).

Segundo relatos, o piloto era uma pessoa metódica, correta e inteligente, que gostava de estar no controle da situação. Era apreciador de *motocross* e gostava de desafios e aventuras nesse esporte. Ele estaria motivado a realizar o voo pela ideia de inovação e pela possibilidade de comercializar a produção audiovisual para patrocinadores do *motocross*.

É possível que a combinação de expectativas elevadas, intensa empolgação e pressão autoimposta com relação à produção audiovisual, bem como a busca pela perfeição na captura das imagens, possam ter comprometido suas ações, sua capacidade de análise crítica e afetado a tomada de decisões durante o voo, levando a possíveis falhas ou comportamentos que contribuíram para o acidente.

### 3. CONCLUSÕES

#### 3.1. Fatos

- o piloto estava com o CMA em vigor;
- o piloto estava com a habilitação MNTE fora do período de vigência;
- o piloto não estava qualificado para realizar o voo;

- d) como a aeronave não tinha um CVA em vigor, o seu CAV estava fora da validade;
- e) as cadernetas de célula, motor e hélice não foram encontradas;
- f) não foi possível determinar se a aeronave operava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- g) não foram identificadas evidências de falha ou mau funcionamento do motor ou outros componentes da aeronave;
- h) as condições meteorológicas estavam acima das mínimas para a realização do voo;
- i) a aeronave realizou uma curva com, aproximadamente, 42° de inclinação à esquerda quatro segundos após a decolagem;
- j) a inclinação do avião aumentou até atingir cerca de 70° com doze segundos de voo;
- k) a inclinação do avião atingiu cerca de 90° com treze segundos de voo;
- l) a aeronave colidiu contra o terreno com quatorze segundos de voo;
- m) a aeronave teve danos substanciais; e
- n) o passageiro sofreu lesões graves e o piloto sofreu lesões fatais.

### **3.2 Fatores Contribuintes**

- Aplicação dos comandos - contribuiu;
- Atitude - indeterminado;
- Julgamento de pilotagem - contribuiu;
- Motivação - indeterminado; e
- Processo decisório - indeterminado.

### **4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA**

Não há.

### **5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS**

Nada a relatar.

Em 3 de julho de 2025.