

## **AERONAVES - FORMAÇÃO DE GELO, REDUÇÃO DE SUSTENTAÇÃO, STOL E PARAFUSOS**

Oferecendo resumidas informações técnicas básicas, principalmente suprimindo curiosidades, as orientações que seguem foram motivadas na ocorrência do recente trágico acidente aeronáutico que vitimou 62 pessoas, 58 passageiros e 4 tripulantes, abordando as **prováveis** ocorrências envolvidas **na tragédia com a aeronave ATR-72 500**.

**Assim, entenda as informações seguintes COMO POSSIBILIDADES, NÃO COMO FATOS.**

É importante destacar que as ocorrências originais, verdadeiras causas e efeitos, que de fato provocaram o acidente em 09/08/2024, só serão conhecidas com segurança após as conclusões das investigações finalizadas pelo **CENIPA - Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos**, unidade da Força Aérea Brasileira, de alta qualidade, eficiência e grande prestígio, reconhecido e respeitado internacionalmente.

Produzido em parceria da França e Itália, o avião acidentado era um bimotor turboélice de passageiros, modelo ATR-72 500, prefixo PS-VPB, operado pela empresa VoePass. Com potência para voar até 511 km/h - velocidade máxima -, tinha capacidade para transportar para 74 passageiros. Voava de Cascavel, PR, para Guarulhos, SP. Findou seu fatídico voo com queda na cidade de Vinhedo, SP, no dia 09 de agosto de 2024.

**Muitos detalhes iniciais indicam grande possibilidade de ter ocorrido a formação de gelo no avião. Não é incomum a formação de gelo sobre superfícies das aeronaves, principalmente nos bordos de ataque e partes móveis de superfícies de comando.**

### **FORMAÇÃO DE GELO**

Para bem compreender os fenômenos possíveis, e as ocorrências e danos causados, algumas informações são necessárias. Observe as imagens para melhor orientar a compreensão.





**GELO CLARO, CRISTAL OU LISO** - É o tipo mais prejudicial para voos de aeronaves. Pesado e de difícil remoção, adere fortemente às superfícies dos aviões, principalmente nos bordos de ataque. Brilhante e translúcido, é similar ao gelo das forminhas em congeladores domésticos. Na atmosfera ocorre pelo severo congelamento de gotas de água super-resfriada, em céu claro no ar frio instável durante precipitações e, com maior intensidade, surgindo nas correntes verticais ascendentes e descendentes dentro de nuvens, principalmente nas Cumulonimbus - CB - grandes e turbulentas, com maior severidade quando associadas à frentes frias. Esse congelamento tem ocorrência mais provável entre  $0^{\circ}\text{C}$  e  $-10^{\circ}\text{C}$ .



**GELO OPACO OU AMORFO** - Forma-se no ar frio estável e sem turbulência, geralmente em nuvens estratiformes, pelo congelamento instantâneo de umidade, com pequenas gotículas de água super-resfriada. É similar ao gelo fino das laterais dos congeladores domésticos. Embora menos severo, também adere e deforma os bordos de ataque, alterando as características aerodinâmicas da aeronave. A ocorrência mais provável está na faixa de  $-10^{\circ}\text{C}$  à  $-20^{\circ}\text{C}$ .

## SISTEMAS ANTIGELO - DOIS TIPOS SÃO OS MAIS UTILIZADOS

**ANTI-ICE** - São os descongelantes **corretivos**, que reduzem a intensidade na formação de gelo.

**DE-ICE** - É sistema **preventivo**, geralmente utilizando fluido anticongelante ou químico, utilizado nas hélices e para-brisas.

## DESCONGELANTES E SISTEMAS CONTRA GELO



**GERAÇÃO DE CALOR** - Acionado em modo preventivo, geralmente no início da formação de gelo, é o mais eficiente dos sistemas. É operado por sistemas elétricos ou originados na exaustão dos motores. O calor é aplicado nos bordos de ataque das asas. Pode atingir até  $250^{\circ}\text{C}$  e ser usado de modo contínuo ou intermitente. A geração de calor é também utilizada em aeronaves pequenas e médias, impedindo a formação de gelo no carburador de motores com combustão interna, ocorrência que provoca queda na RPM - Rotação Por Minuto -, com perda de potência e de velocidade.

**LUVA DE PROTEÇÃO MECÂNICA OU QUEBRA GELO** - São capas de borracha que revestem os bordos de ataque das asas, funcionando como sistema de remoção de gelo, quebrando-os quando infladas, com os fragmentos do gelo removidos pelo fluxo do ar externo. Por alterar o perfil aerodinâmico dos bordos de ataque, reduzindo a sustentação da aeronave, não é utilizado por tempo prolongado, principalmente em ar turbulento, vez que altera o perfil aerodinâmico dos bordos de ataque.

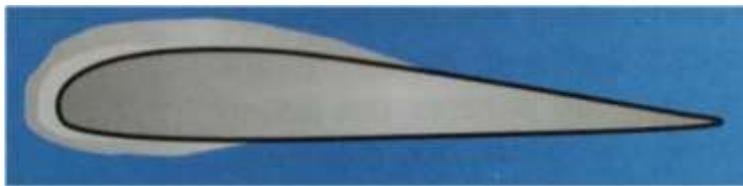
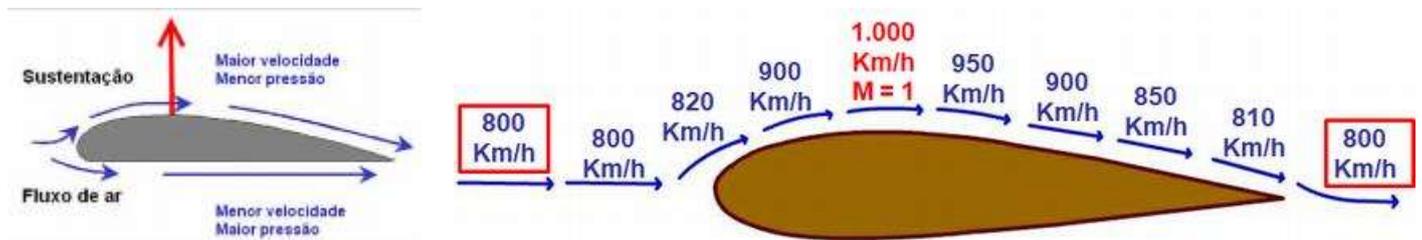
Acumulando no bordo de ataque; Gelo Claro, Gelo Opaco e ambos, simultaneamente.



## SUSTENTAÇÃO - O QUE É E COMO PERDE EFICIÊNCIA

**SUSTENTAÇÃO** - Fenômeno físico que proporciona o voo dos aviões, ocorrendo nos aerofólios das asas, em aerodinâmica que altera a velocidade do vento relativo entre o dorso - superfície superior - e intradorso - superfície inferior - das asas.

O aerofólio assimétrico das asas tem curvatura mais acentuada na parte superior, enquanto a inferior é quase reta. Essa diferença faz com que o ar que passa por cima tenha velocidade maior do que o de baixo. O aumento na velocidade do ar provoca redução na pressão atmosférica, que, se contrapondo à pressão maior mantida no intradorso, **provoca força ascendente criando a sustentação**, que mantém a aeronave em voo.

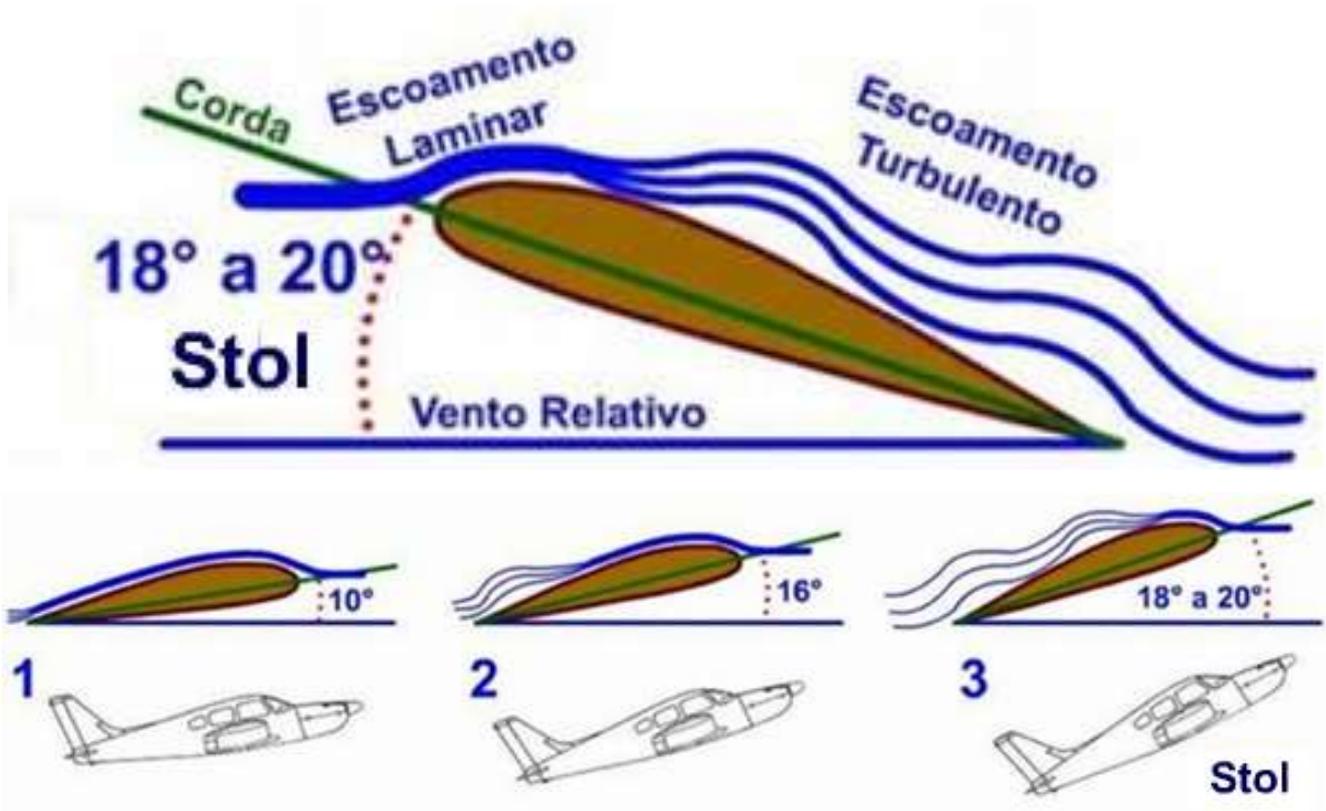


O gelo acumulado no bordo de ataque, se sobrepondo ao dorso da asa deforma o aerofólio e provoca turbilhonamento nos filamentos do ar,

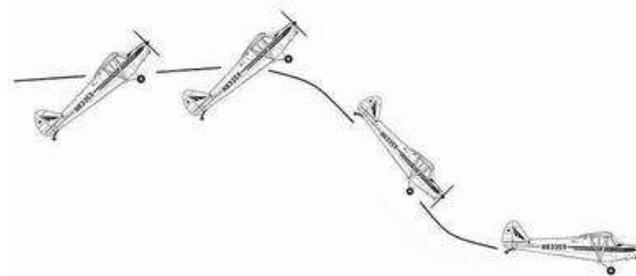
gerando turbulência que **reduz e/ou destrói a sustentação**.



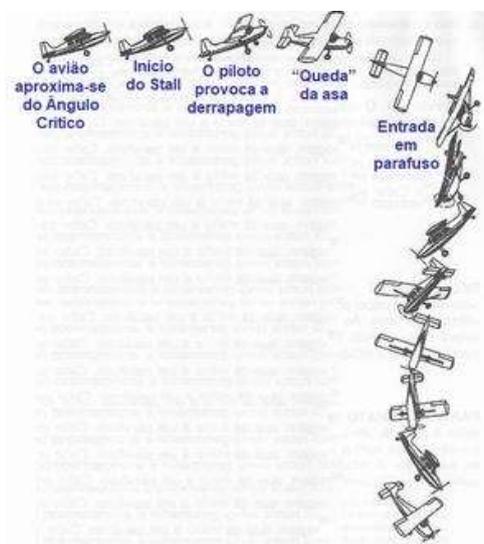
Essa ocorrência, **com redução na sustentação**, provoca a perda de velocidade e altitude da aeronave. Na tentativa de manter o voo normal nivelado, o ângulo de ataque é continuamente ampliado, **intensificando a redução na velocidade e também reduzindo a sustentação**. **Se mantida em continuidade essa condição, a aeronave atinge o STOL**, situação de perda total de sustentação, com o imediato abaixamento do nariz da aeronave, mergulhando em voo descendente vertical.



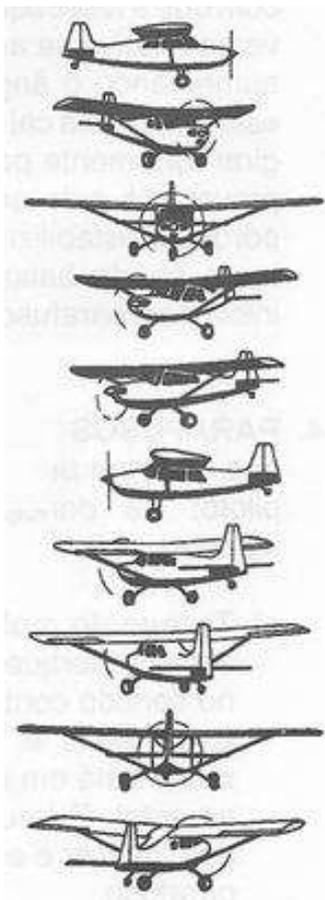
Nessa ocorrência, de STOL, o piloto mantém o manche em comando neutro, **com o nariz da aeronave para baixo, até novamente ganhar velocidade**, suficiente para em seguida recuperar o voo normal.



**Se e quando a aeronave atinge o STOL com uma das asas mais alta que a outra**, ao estolar a asa mais alta perde a sustentação antes que a mais baixa, provocando o **STOL EM PARAFUSO**, com voo descendente em giro.

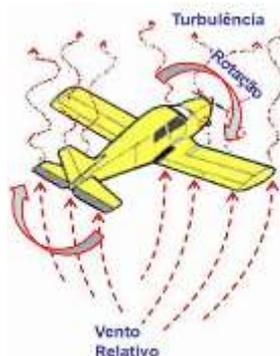


Nessa ocorrência, a primeira correção do piloto é eliminar o giro, ainda mantendo o nariz da aeronave para baixo com manche neutro, **até ganhar velocidade suficiente para a recuperação normal do voo.**



Entretanto, **existe situação mais crítica**, identificada como **STOL COM PARAFUSO CHATO**, quando a aeronave estola por redução da velocidade, com giros mantendo a posição de voo horizontal, geralmente originada por deslocamento anormal do CG - Centro de Gravidade -, movido à frente do normal, que ocorre por distribuição irregular de peso e carga e/ou por movimentos inesperados, então perdendo altitude vertical rapidamente, com giros na mesma posição, horizontal.

Nessa condição, em queda vertical acentuada, **os comando da aeronave se tornam inoperantes**, e o piloto não consegue abaixar o nariz do avião para ganhar velocidade operacional. **Sem o vento relativo fluindo sobre os aerofólios não há sustentação, impedindo correções.**



**O ACIDENTE COM O ATR-72 500 -** Infelizmente, cruzando nebulosidade de severa frente fria ativa em sua rota, provavelmente agravado com forte formação de gelo nas asas, o **STOL EM PARAFUSO CHATO** foi a ocorrência final no trágico voo do ATR-72 500 - **confirmado por imagens de diversos vídeos gravados no acidente** -, impedindo o piloto de conseguir corrigir a situação provocada segundos antes, por mais que certamente tentou. **ESTAVA TOTALMENTE SEM CONTROLE DO VOO.**

**IMPORTANTE** - Ainda existem evidências de outras possíveis ocorrências anormais que, **com ou sem a formação de gelo sobre a aeronave**, podem eventualmente ter contribuído para originar o acidente. **Neste momento, SOMENTE O STOL COM PARAFUSO CHATO PODE SER CONFIRMADO COMO VERDADEIRO! O CENIPA indicará a realidade completa.**

Paulo Dirceu Dias

[paulodias@pdias.com.br](mailto:paulodias@pdias.com.br)

<https://www.pdias.com.br/>

Sorocaba - SP

13/08/2024