



# PANES DE ROTOR DE CAUDA

DETRAN – DF – JUN2011



# OBJETIVO



**FAMILIARIZAR OS PARTICIPANTES COM AS TÉCNICAS DE CONDUÇÃO DO HELICÓPTERO COM PANE DE ROTOR DE CAUDA E PROPOR UMA MANEIRA PARA SIMULAR EM VOO ESTE TIPO DE FALHA DE UMA FORMA QUE SEJA REPRESENTATIVA DA PANE REAL.**



# AGENDA

- **INTRODUÇÃO**
- **O HELICÓPTERO – PAIXÕES E REALIDADE**
  - **MULTIMIÇÃO – OPERAÇÃO EXCLUSIVA**
- **O VOO COORDENADO**
- **A CARREIRA DO PILOTO**
- **A QUESTÃO DOS SIMULADORES**
- **PRINCIPAIS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA**
- **TIPOS DE PANE DE ROTOR DE CAUDA**
- **CONCLUSÃO**



# O HELICÓPTERO

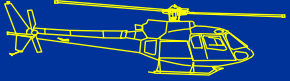


## COMO É VISTO PELOS PILOTOS

- **MOTIVO DE PAIXÕES**
- **1001 UTILIDADES**
- **OPERAÇÕES ESPECIAIS E EXCLUSIVAS**



# O HELICÓPTERO



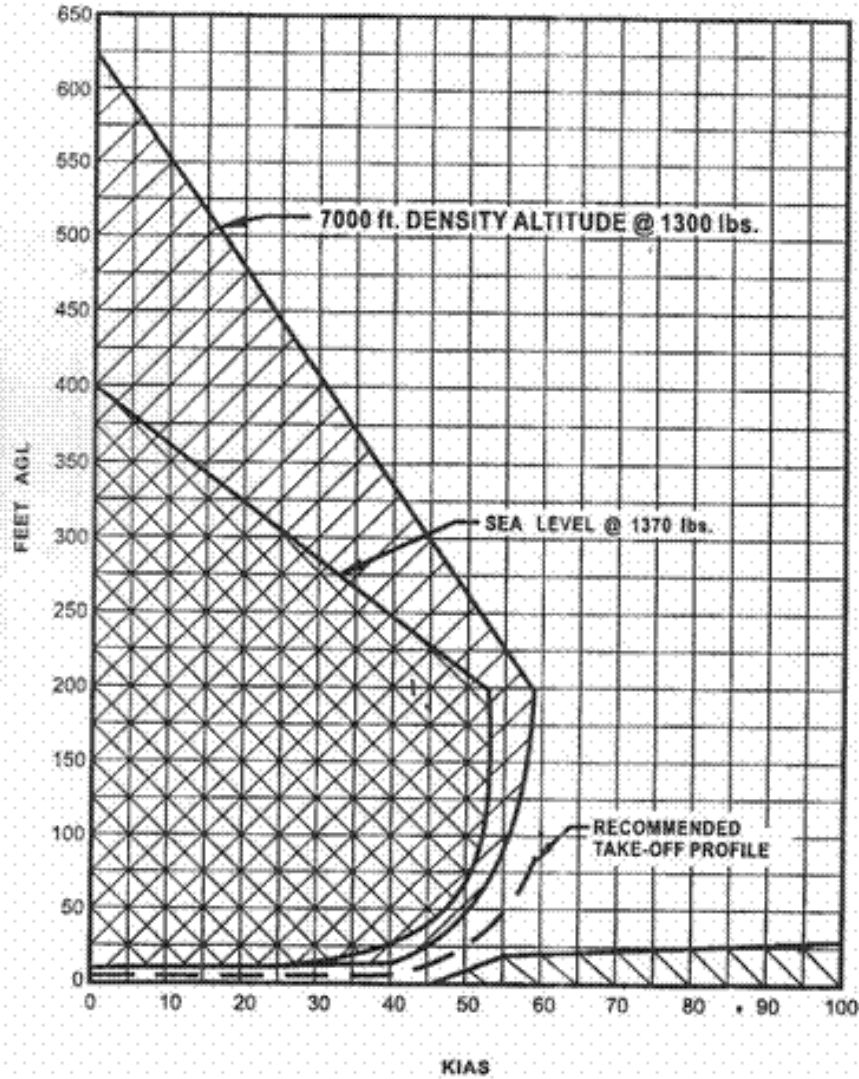
## A REALIDADE

- **UMA UTILIDADE DE CADA VEZ!**
- **10 % DA FROTA!**
- **10 % DA ATENÇÃO!**
- **ALGUMAS VEZES É FEIO!**
- **MUITAS FRAGILIDADES!**



## CONDIÇÕES DEMONSTRADAS:

SUPERFÍCIE PLANA E SÓLIDA  
VENTO CALMO  
POTÊNCIA MÁXIMA (104%)



EVITE OPERAÇÕES NA ÁREA SOMBREADA

GRÁFICO DE ALTURA X VELOCIDADE  
("CURVA DO HOMEM MORTO")

# DIAGRAMA

ALTURA X VELOCIDADE

DEAD MAN CURVE

CURVA DO HOMEM MORTO

CURVA DEL HOMBRE MUERTO



# O HELICÓPTERO



## A REALIDADE

- **UMA UTILIDADE DE CADA VEZ!**
- **10 % DA FROTA!**
- **10 % DA ATENÇÃO!**
- **ALGUMAS VEZES É FEIO!**
- **MUITAS FRAGILIDADES!**
- **TUDO MAL FEITO!**



# AVIÃO COM POTÊNCIA SIMÉTRICA VOO COORDENADO



$$\sum F = 0$$

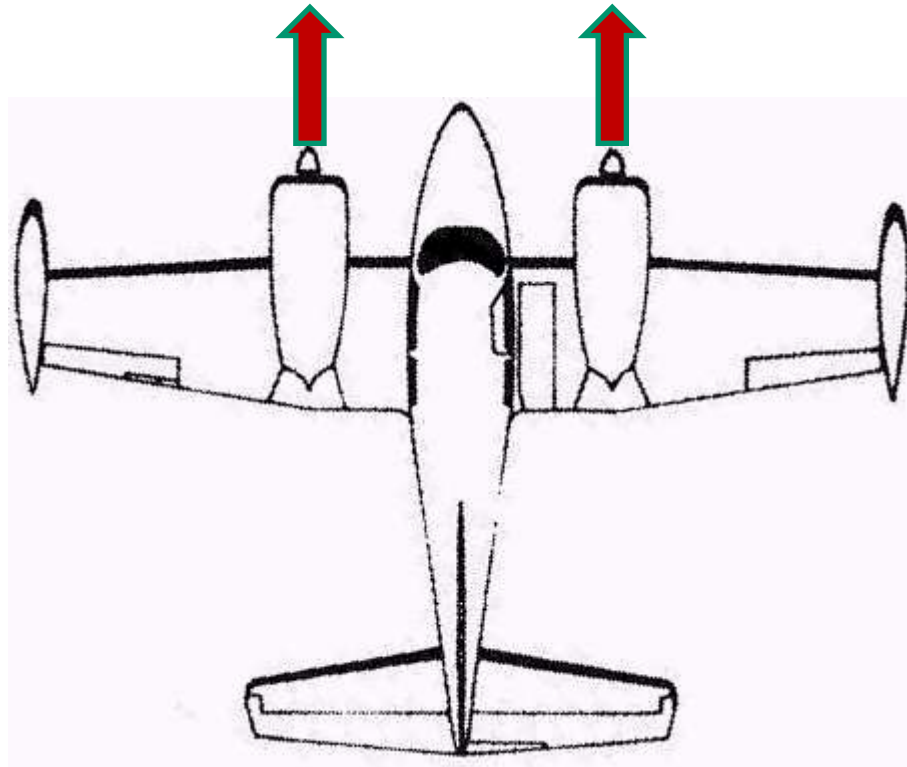
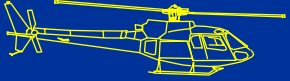


$$\sum M = 0$$





# AVIÃO COM POTÊNCIA SIMÉTRICA VOO COORDENADO



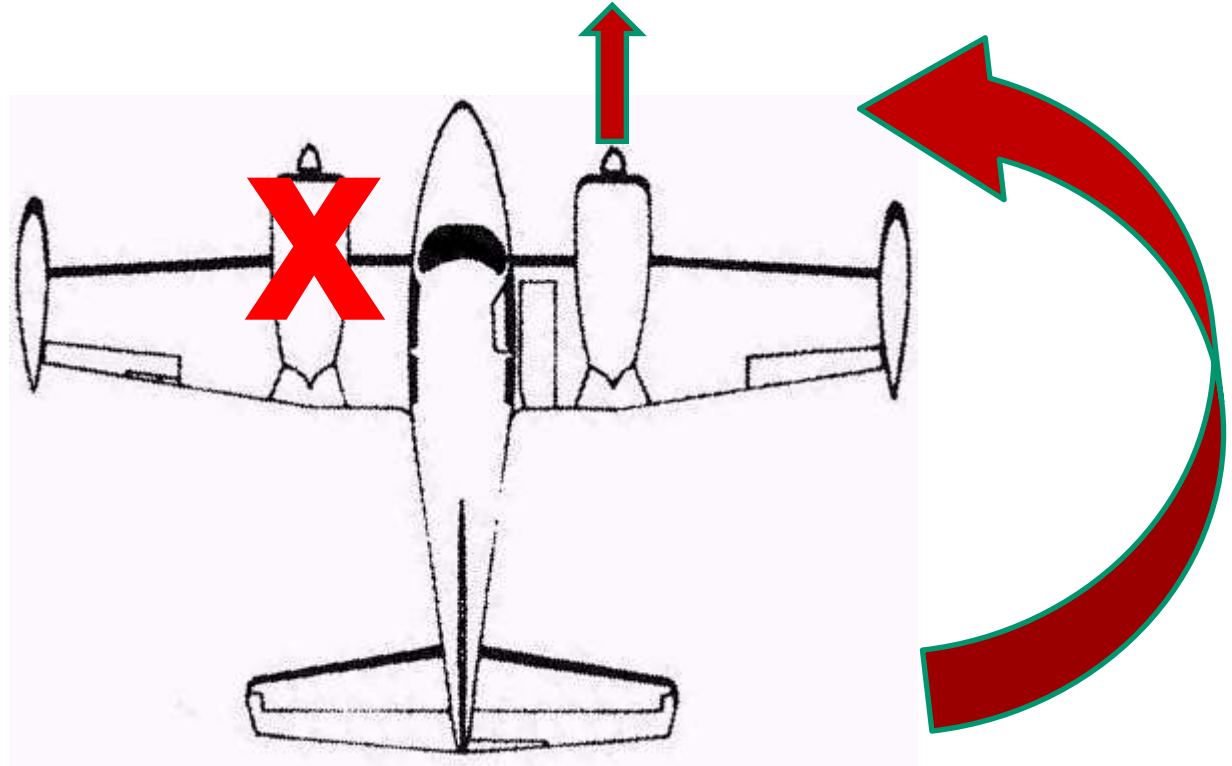
$$\sum F = 0$$



$$\sum M = 0$$



# AVIÃO COM POTÊNCIA ASSIMÉTRICA VOO NÃO COORDENADO

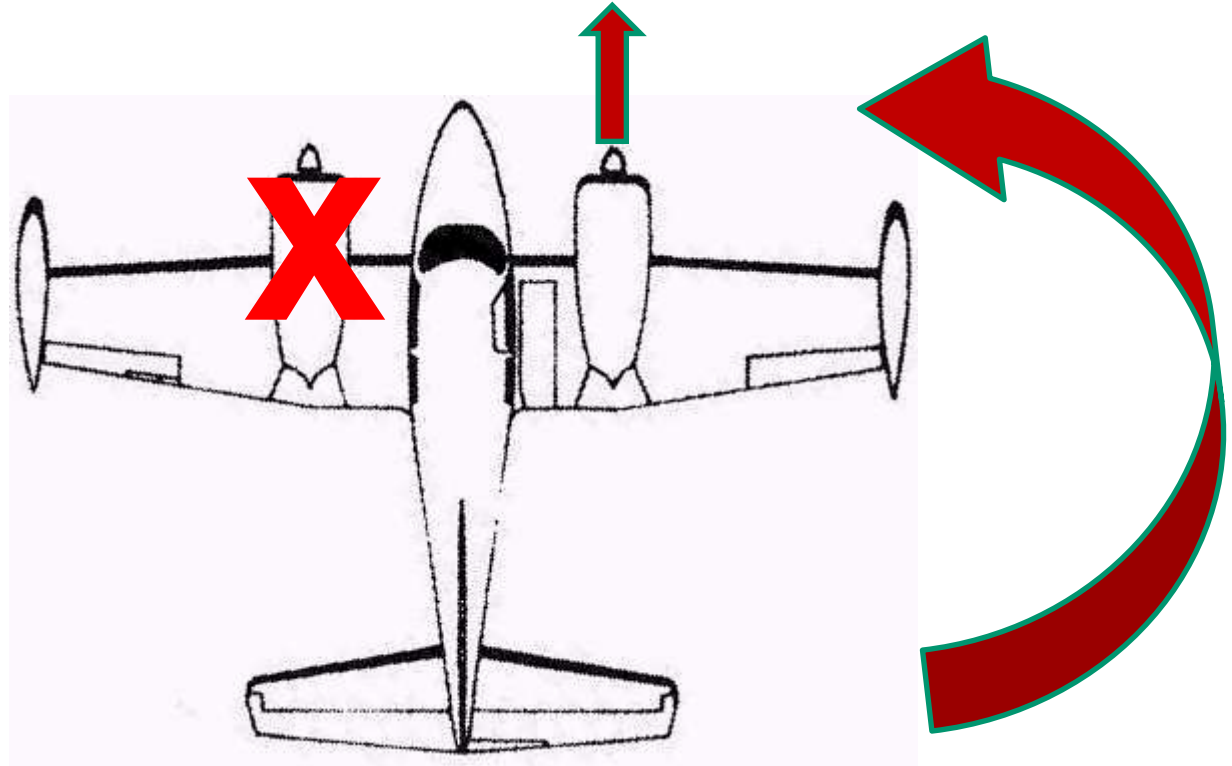


$$\sum F \neq 0$$

$$\sum M \neq 0$$



# AVIÃO COM POTÊNCIA ASSIMÉTRICA VOO NÃO COORDENADO

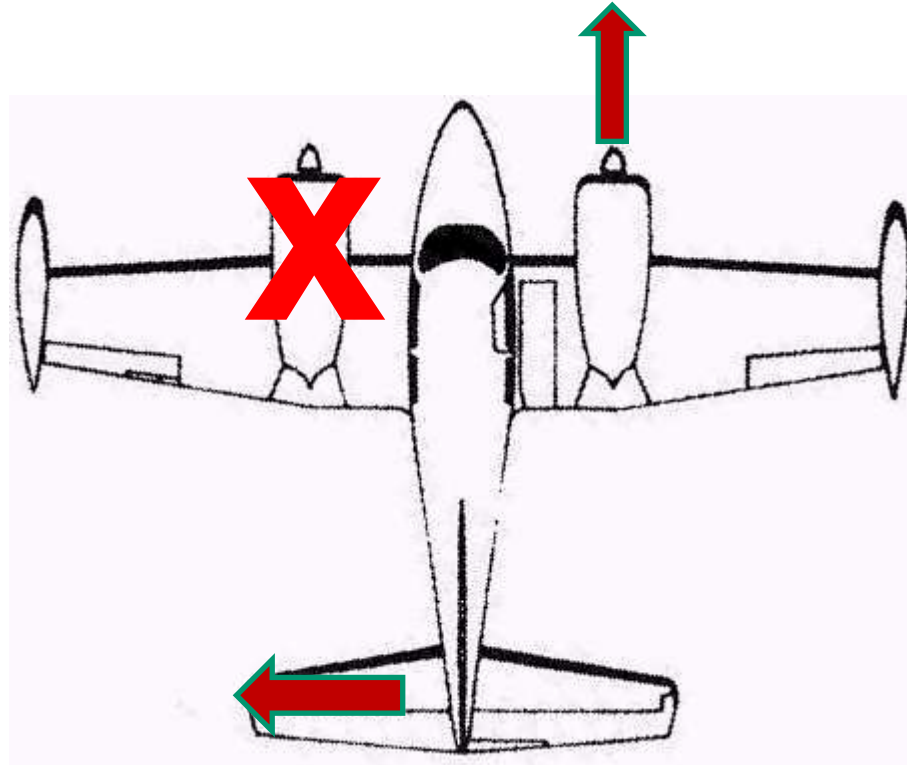


$$\sum F = 0$$

$$\sum M \neq 0$$



# AVIÃO COM POTÊNCIA ASSIMÉTRICA VOO NÃO COORDENADO

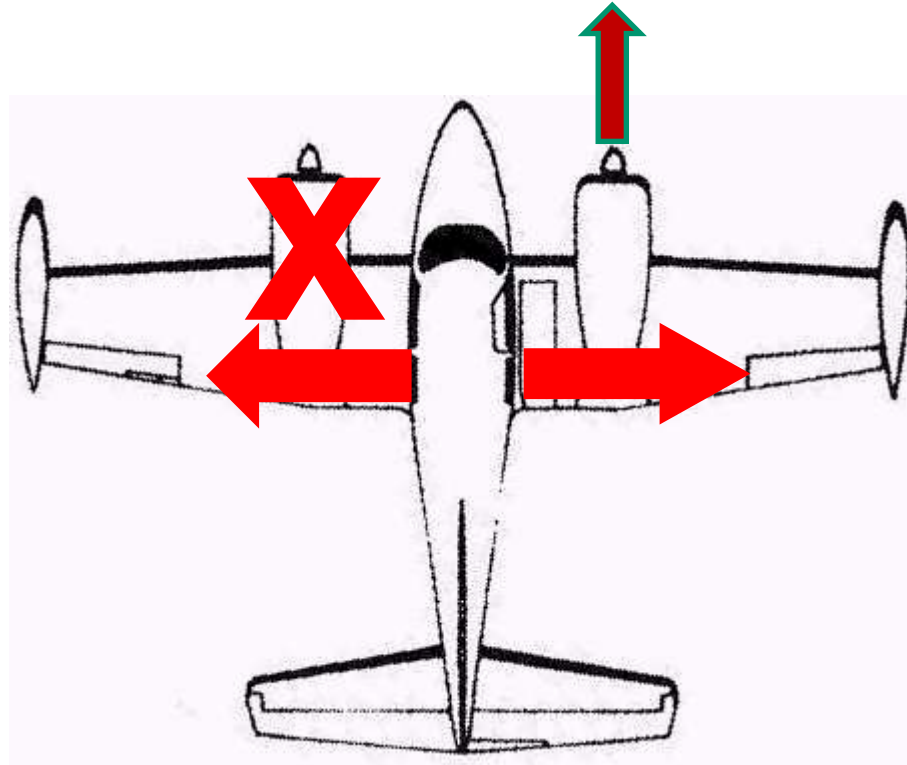


$$\sum F \neq 0$$

$$\sum M = 0$$



# AVIÃO COM POTÊNCIA ASSIMÉTRICA VOO COORDENADO

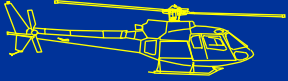


$$\sum F = 0$$

$$\sum M = 0$$



# AVIÃO COM POTÊNCIA ASSIMÉTRICA VOO COORDENADO



$$\sum F = 0$$



$$\sum M = 0$$



# HELICÓPTERO SEM O ROTOR DE CAUDA

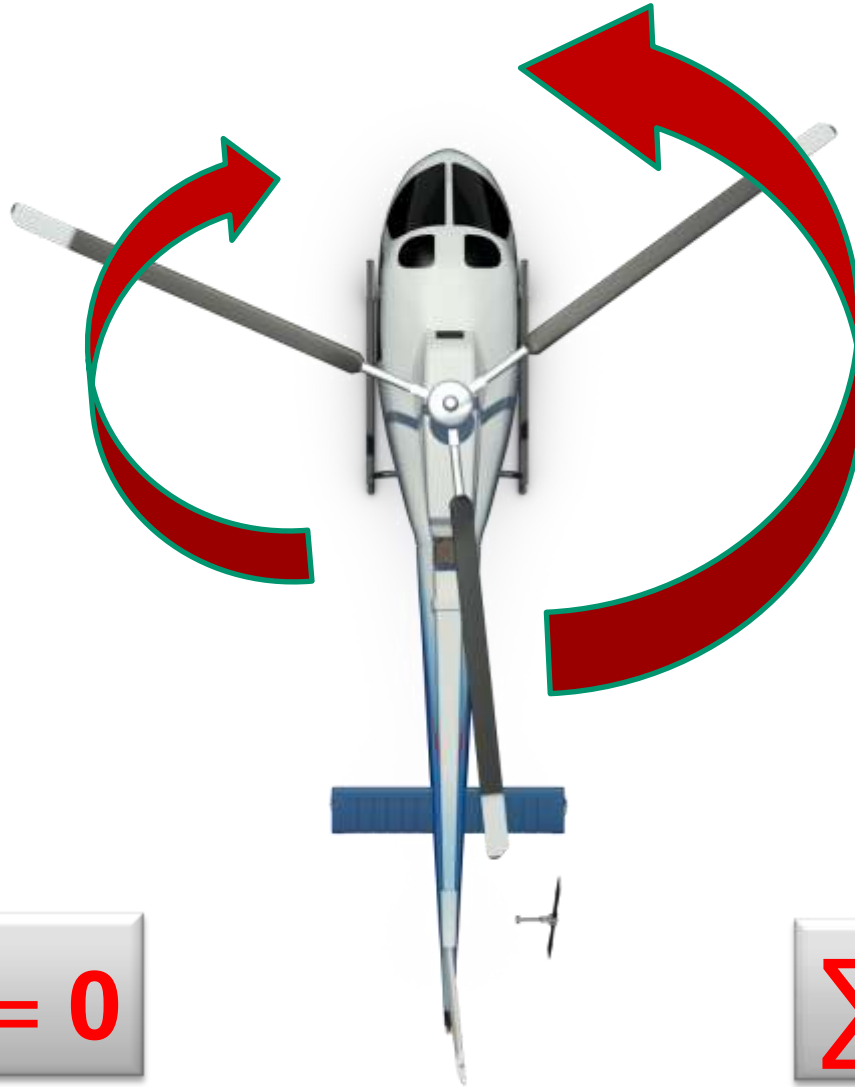
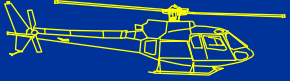


$$\sum F = 0$$

$$\sum M \neq 0$$



# HELICÓPTERO SEM O ROTOR DE CAUDA



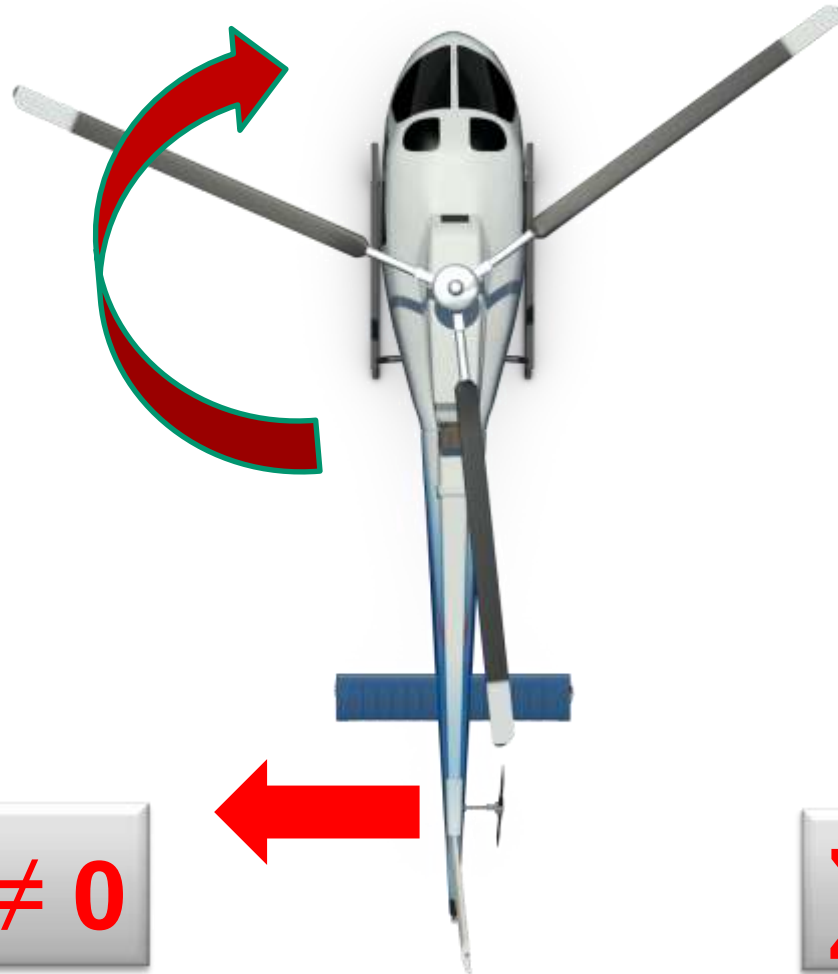
$$\sum F = 0$$

$$\sum M \neq 0$$





# HELICÓPTERO COM O ROTOR DE CAUDA VOO NÃO COORDENADO

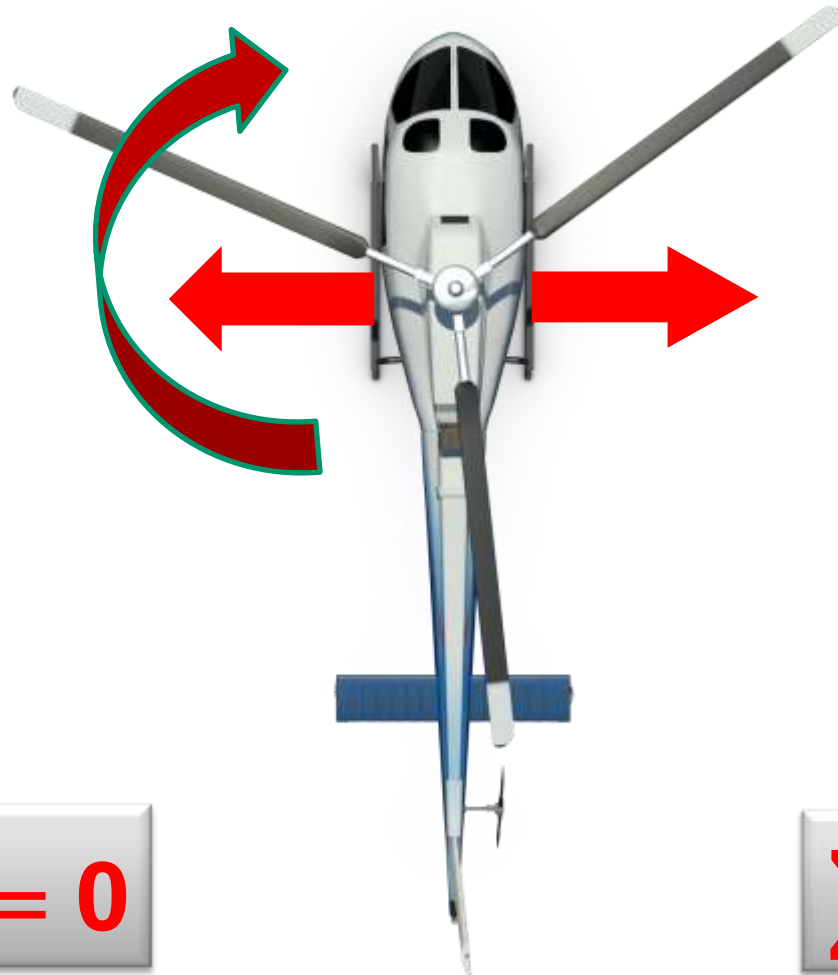


$$\sum F \neq 0$$

$$\sum M = 0$$



# HELICÓPTERO COM O ROTOR DE CAUDA VOO COORDENADO



$$\sum F = 0$$

$$\sum M = 0$$



# HELICÓPTERO COM O ROTOR DE CAUDA VOO COORDENADO



$$\sum F = 0$$



$$\sum M = 0$$



# O HELICÓPTERO

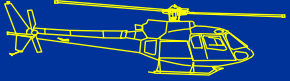


## A REALIDADE

- **UMA UTILIDADE DE CADA VEZ!**
- **10 % DA FROTA!**
- **10 % DA ATENÇÃO!**
- **ALGUMAS VEZES É FEIO!**
- **MUITAS FRAGILIDADES!**
- **TUDO MAL FEITO!**
- **VOA TORTO!**



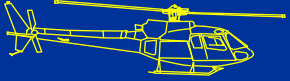
# A CARREIRA DO PILOTO DE HELICÓPTERO



- **MONOMOTOR A PISTÃO**
- **MONOMOTOR A TURBINA**
- **MULTIMOTOR**



# CONTRADIÇÃO



- **AS PRINCIPAIS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA SÃO EXERCITADAS EM SIMULADORES.**
- **NÃO EXISTE SIMULADOR QUE REPRESENTA BEM ESSAS SITUAÇÕES PARA OS HELICÓPTEROS MONOMOTORES.**
- **QUANDO O PILOTO MAIS PRECISA ESTAR BEM PREPARADO PARA ESSAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA, ELE NÃO TEM ACESSO AO RECURSO DO SIMULADOR.**



# PRINCIPAIS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA



- EXECUÇÃO SIMPLES E APENAS DISCUTIDAS NO SOLO;
- EXECUÇÃO SIMPLES E REALIZADAS EM VOO;
- EXECUÇÃO COMPLEXA E REALIZADA EM VOO;
- EXECUÇÃO COMPLEXA E NÃO REALIZADA EM VOO.



# A REALIDADE DO PILOTO

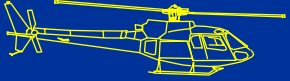


- **ALÉM DE NÃO HAVER SIMULADORES PARA OS MONOMOTORES, OS MANUAIS, EM ALGUNS CASOS, SÃO OMISSOS.**
- **MESMO QUANDO NÃO SÃO OMISSOS, ALGUMAS VEZES, NÃO SÃO EFICAZES: Ex. PANE DE ROTOR DE CAUDA.**





# PANES DE ROTOR DE CAUDA



## PODEM SER DE QUATRO TIPOS:

1. PERDA DE COMANDO DO PASSO;
2. TRAVAMENTO DE COMANDO DO PASSO;
3. PERDA DO ACIONAMENTO;
4. PERDA FÍSICA DO ROTOR DE CAUDA.



# DOIS PROBLEMAS



- **COMO IDENTIFICAR A PANE;**
- **COMO EXECUTAR O POUSO EM SEGURANÇA.**



# CASO DO AS 350 ESQUILO



- **Pairado com peso máximo: pedal direito a frente;**
- **Voo nivelado à PMC: pedais  $\pm$  centrados;**
- **Autorrotação na vertical: pedal esquerdo a meio curso;**
- **Autorrotação a 120 Kt: pedal esquerdo próximo ao batente.**



# PERDA DE COMANDO

## Como está no Manual de Voo:



- ✓ **Ajuste a velocidade em 70Kt em voo nivelado;**
- ✓ **Pressione o botão do teste hidráulico (Essa ação corta o hidráulico da cauda). Após cinco segundos, retorne o botão do teste hidráulico para a posição normal;**
- ✓ **Faça uma aproximação rasante para uma área livre com uma leve derrapagem para a esquerda. Execute um pouso corrido. A Derrapagem será reduzida progressivamente na medida que a potência for aplicada.**



# PERDA DE COMANDO

## Como ensinamos na EFAI

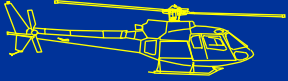


- ✓ Estabilizar  $\pm 70$  Kt em voo nivelado;
- ✓ Utilizar o teste hidráulico por 5 segundos;
- ✓ Realizar a aproximação com uma rampa pequena e nivelar próximo ao solo com a velocidade estabilizada entre 40 e 50 Kt e com derrapagem à esquerda e evitando variar a posição do coletivo;
- ✓ Ao aproximar-se do ponto de toque, reduzir ligeiramente a potência e iniciar a desaceleração;
- ✓ À medida que a velocidade diminui, a deriva perde eficiência e a derrapagem vai-se anulando. Deve-se evitar variar o passo coletivo.



# PERDA DE COMANDO

## Como ensinamos na EFAI



- ✓ “Deixar” o helicóptero tocar o solo pouco antes de alinhar e com o nariz ligeiramente alto. Deve-se evitar mexer no coletivo;
- ✓ Procurar parar o helicóptero levando o cíclico para trás e para a direita de forma a manter o nariz levemente alto enquanto possível. Deve-se evitar variar o passo coletivo;
- ✓ Com o helicóptero parado, nivelar o rotor e abaixar o coletivo.

A diferença em relação ao Manual de Voo é que não será utilizado o coletivo para realizar o pouso e muito menos para anular a derrapagem.



# PERDA DO ACIONAMENTO DO ROTOR DE CAUDA

(Ruptura do Eixo)

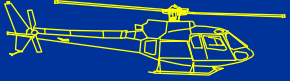
## Principais Problemas:

- IDENTIFICAÇÃO DA PANE
  - É FÁCIL CONFUNDIR
- EXECUÇÃO DO PROCEDIMENTO
  - É NECESSÁRIO DOMINAR MUITO BEM O POUSO EM AUTORROTAÇÃO REAL



# FALHA DE ROTOR DE CAUDA

## Como está no Manual de Voo:



**Atenção:** O pouso é mais fácil com vento da direita. Se a velocidade for menor que 20 Kt, a arremetida é impossível devido à perda de eficiência da deriva.

- ✓ A perda do rotor de cauda no voo com potência resulta em um movimento de guinada para a esquerda. A amplitude desse movimento depende da potência aplicada e da velocidade no momento da falha.





# FALHA DE ROTOR DE CAUDA

## Como está no Manual de Voo:



- ✓ Falha do Rotor de Cauda no pairado ou a baixa velocidade:

**DES:** Coloque o helicóptero no solo reduzindo o passo coletivo antes que a velocidade de guinada seja muito alta.

**FES:** Reduza o passo coletivo moderadamente para reduzir o torque de reação do Rotor Principal e, simultaneamente, inicie uma baixada de nariz para ganhar velocidade.

**Continua...**



# FALHA DE ROTOR DE CAUDA

## Como está no Manual de Voo:



### Falha do Rotor de Cauda no voo a frente:

- ✓ No voo a frente, reduza a potência tanto quanto possível e mantenha velocidade a frente (efeito catavento), escolha uma área de pouso adequada para uma aproximação direta, deslocando-se com uma potência que permita um voo razoavelmente coordenado;
- ✓ Na aproximação final, corte o motor e execute um pouso em autorrotação a uma velocidade a mais baixa possível.



# FALHA DE ROTOR DE CAUDA

## Como ensinamos na EFAI



Considerando que o Rotor de Cauda do Esquilo tem perfil simétrico, ao ajustá-lo em ângulo de ataque igual a zero, teremos condições muito próximas senão idênticas às do rotor parado.

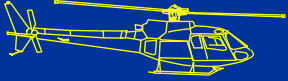
O treinamento será realizado em duas etapas para permitir o aprendizado gradual e minimizar o risco.

Em primeiro lugar, partimos de condições controladas de uma autorrotação na vertical para, em seguida realizar o treinamento partindo do voo pairado FES.



# FALHA DE ROTOR DE CAUDA

## Como ensinamos na EFAI



- Passo 1:** Identificar a posição de pedais correspondente ao ângulo zero do Rotor de Cauda;
- Passo 2:** Partindo do voo em autorrotação com o Rotor de Cauda em ângulo nulo e com os pedais travados, recuperar o voo nivelado e identificar a atitude de guinada correspondente à velocidade de 70 Kt;
- Passo 3:** Executar o pouso em autorrotação com os pés fora dos pedais.



# FALHA DE ROTOR DE CAUDA

## Como ensinamos na EFAI



### Falha do Rotor de Cauda no voo pairado FES:

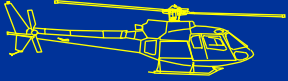
- ✓ Estabeleça um voo pairado a aproximadamente 1.200 ft de altura;
- ✓ Baixe o coletivo e entre em autorrotação na vertical; Isto permitirá determinar a posição de pedais que corresponde ao ângulo de ataque zero do Rotor de Cauda, uma vez que a deriva não terá qualquer influência na atitude de guinada; O instrutor trava os pedais nessa posição e determina que o piloto-aluno retire os pés dos pedais;

Continua...



# FALHA DE ROTOR DE CAUDA

## Como ensinamos na EFAI



- ✓ Neste momento, o piloto deve iniciar a recuperação, aplicando cíclico à frente para ganhar velocidade e coletivo para cima para anular a razão de descida;
- ✓ Ajuste a potência para voar nivelado a 70 Kt e a aproximadamente 600 ft de altura; Haverá uma derrapagem de aproximadamente 15° à direita;
- ✓ Quando tiver a pista ao alcance, baixe o coletivo o suficiente para desengranzar o rotor principal e prossiga na descida em autorrotação; A derrapagem inverterá, passando a, aproximadamente, 15° à esquerda;



# FALHA DE ROTOR DE CAUDA

## Como ensinamos na EFAI



- ✓ Na altura do flare, e com o pouso assegurado, reduza o motor; não haverá variação de guinada uma vez que o motor, já estando desengrançado, não estará aplicando torque ao mastro e, portanto, o torque de reação do rotor principal já estará zerado; (NO CASO DE UMA PANE REAL, NESTE MOMENTO O MOTOR SERIA CORTADO E NÃO APENAS REDUZIDO);
- ✓ Execute o flare e complete o pouso em autorrotação; À medida que a velocidade diminui durante o flare, a deriva vai perdendo eficiência e o helicóptero alinhar-se-á com a direção do deslocamento; O pouso é realizado praticamente parado.



# FALHA DE ROTOR DE CAUDA

## Como ensinamos na EFAI



Em um segundo tempo, a falha de Rotor de Cauda é simulada, partindo do voo pairado FES, através do comandamento do pedal esquerdo para a posição correspondente ao ângulo zero do Rotor de Cauda.

O helicóptero inicia um giro razoavelmente acelerado à esquerda.

O piloto recupera o controle, baixando o coletivo para reduzir a razão de giro e levando o cíclico à frente para ganhar velocidade.

A partir desse ponto, o procedimento segue conforme já mencionado anteriormente.





# SIMULAÇÃO DA PANE DE ACIONAMENTO DO ROTOR DE CAUDA





# CONCLUSÃO

**PODE-SE AFIRMAR QUE A MANOBRA É PLENAMENTE REPRESENTATIVA DA FALHA REAL E SUGERE-SE QUE O TREINAMENTO SEJA REALIZADO NA FREQUÊNCIA ADEQUADA PARA QUE SE ADQUIRA O DOMÍNIO DO EXERCÍCIO E SE MANTENHA A PROFICIÊNCIA NECESSÁRIA PARA EXECUTÁ-LO COM SEGURANÇA EM CASO DE NECESSIDADE.**

**A JUSTIFICATIVA PARA EXECUTÁ-LO ENCONTRA SUORTE NA OCORRÊNCIA RECENTE DE DOIS CASOS DE RUPTURA DA ÁRVORE DE ACIONAMENTO DO ROTOR DE CAUDA**



**efai**  
escola de  
pilotagem

**efat**  
centro de treinamento

**JOÃO BOSCO FERREIRA**

***bosco@aerotecnologia.com.br***

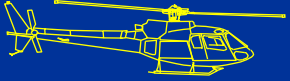
**(31) 2122 7474 – (31) 9242 1965**

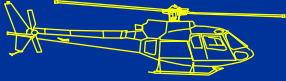
**(11) 3751 5908 – (11) 7724 3793**











# Os Dez Mandamentos da **efai**

1. Amarás o teu Helicóptero acima de todas as aeronaves;
2. Não usarás o teu santo coletivo em vão;
3. Pilotarás de uma única maneira;
4. Não combinarás comandos;
5. Pilotarás por atitude;
6. Usarás fricção no cíclico e no coletivo;
7. Farás o pairado o mais baixo possível;
8. Não economizarás potência na decolagem;
9. Aproximarás guardando energia;
10. Não cobiçarás o Helicóptero do teu próximo.

