

DIVULGAÇÃO OPERACIONAL (DIVOP)

Nº 001/2018

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS

DATA 07/03/2018



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 da Organização de Aviação Civil Internacional – OACI, da qual o Brasil é país signatário, o propósito desta atividade não é determinar culpa ou responsabilidade. Esta Divulgação Operacional, cuja conclusão baseia-se em fatos ou hipóteses, ou na combinação de ambos, objetiva exclusivamente a prevenção de acidentes aeronáuticos. O uso desta divulgação para qualquer outro propósito poderá induzir a interpretações errôneas e trazer efeitos adversos ao SIPAER.

HELICÓPTEROS EM GERAL

RESPONSÁVEL: CENIPA

ASSUNTO: PERDA DE EFICIÊNCIA DO ROTOR DE CAUDA EM HELICÓPTEROS.

HISTÓRICO

No dia 19NOV2016, o helicóptero de matrícula PR-IDR decolou de SBJR, para a realização de um voo de apoio às operações terrestres da Polícia Militar, com quatro tripulantes a bordo.

Com aproximadamente 01h30min de voo, mantendo cerca de 1.000ft de altura, a aeronave iniciou um giro excessivo à esquerda. Em seguida, perdeu altura, mantendo o giro à esquerda, até colidir contra o solo.

No momento da colisão, o helicóptero encontrava-se com atitude picada de aproximadamente 45° e com inclinação lateral de aproximadamente 80° para direita.

A aeronave foi totalmente destruída e todos os tripulantes faleceram.

Até o momento, a Comissão de Investigação não identificou quaisquer evidências de falha ou mau funcionamento nos sistemas da aeronave.

ANÁLISE**Loss Of Tail Rotor Effectiveness (LTE)**

A perda de efetividade do rotor de cauda (*Loss Of Tail Rotor Effectiveness - LTE*) é um fenômeno aerodinâmico crítico que se caracteriza por uma guinada súbita e não comandada em torno do eixo vertical do helicóptero. Tal fenômeno não cessa sem a correta intervenção do piloto, podendo causar a perda de controle da aeronave.

A LTE não está relacionada a falhas de equipamento ou manutenção, podendo ocorrer em todos os helicópteros (um rotor principal e um de cauda), quando estão operando com velocidades baixas, geralmente inferiores a 30kt.

Neste fenômeno, o rotor de cauda não entra em *stall*, mas torna-se ineficiente e não produz tração necessária para impedir a guinada.

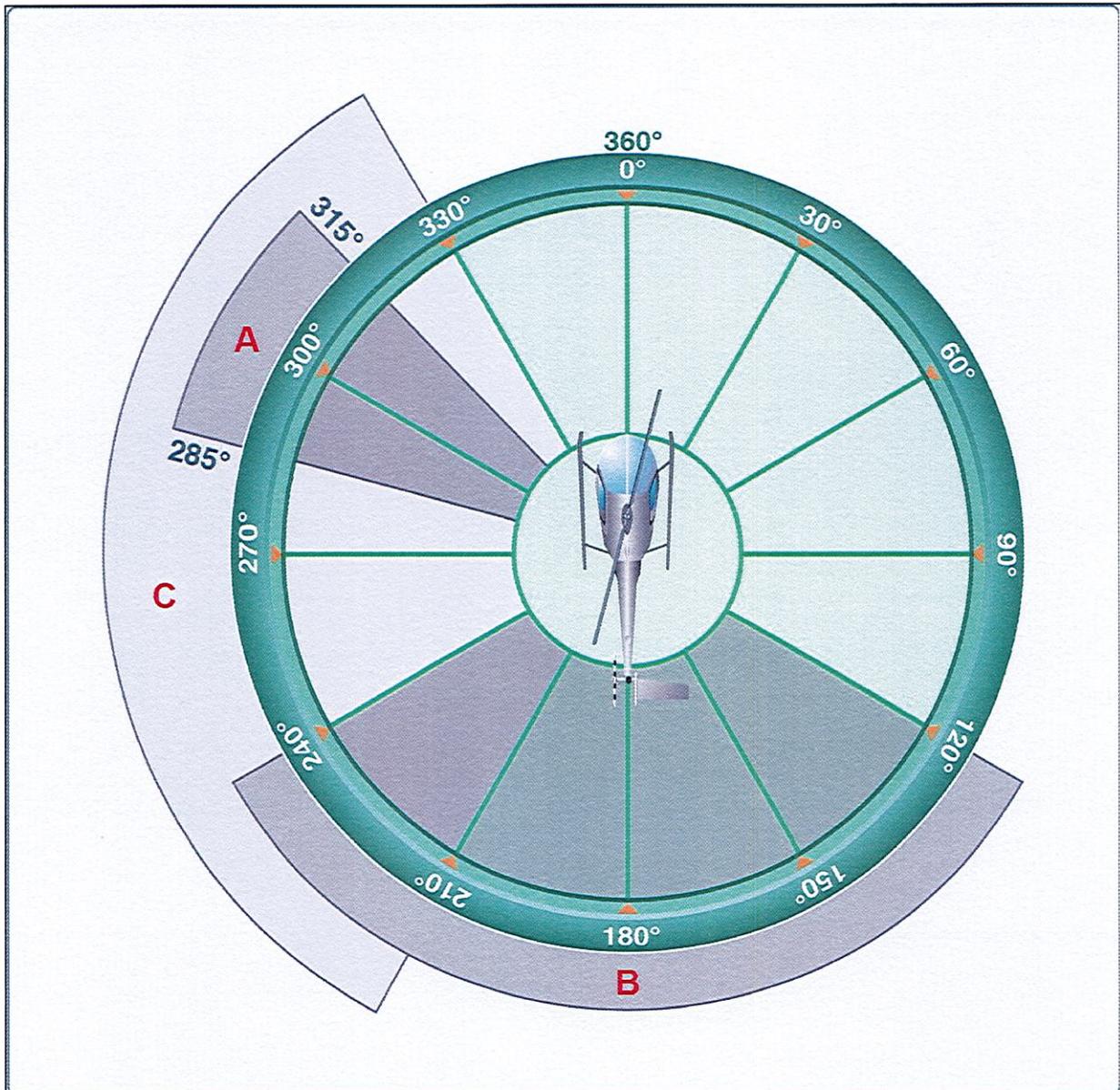
Vários fatores podem contribuir para a ocorrência de LTE, incluindo:

- a) o fluxo de ar variável e turbilhonado das pás do rotor principal, particularmente em configurações de alta potência;
- b) as condições do meio ambiente;
- c) operações com baixa velocidade translacional (abaixo de 30kt);
- d) operações em elevadas altitudes e peso próximo ao PMD (Peso Máximo de Decolagem);
- e) operações próximas a grandes construções ou de grandes obstáculos naturais, que possam causar turbulência; e
- f) a intensidade e direção do vento relativo.

Em helicópteros com sentido de rotação do rotor principal anti-horário, o torque produzido por este rotor causa, na fuselagem, uma tendência de rotação no sentido horário, ou seja, giro do nariz à direita. Já em helicópteros com sentido de rotação do rotor principal horário, o efeito da rotação deste rotor causa, na fuselagem, uma tendência de rotação no sentido anti-horário, ou seja, nariz à esquerda.

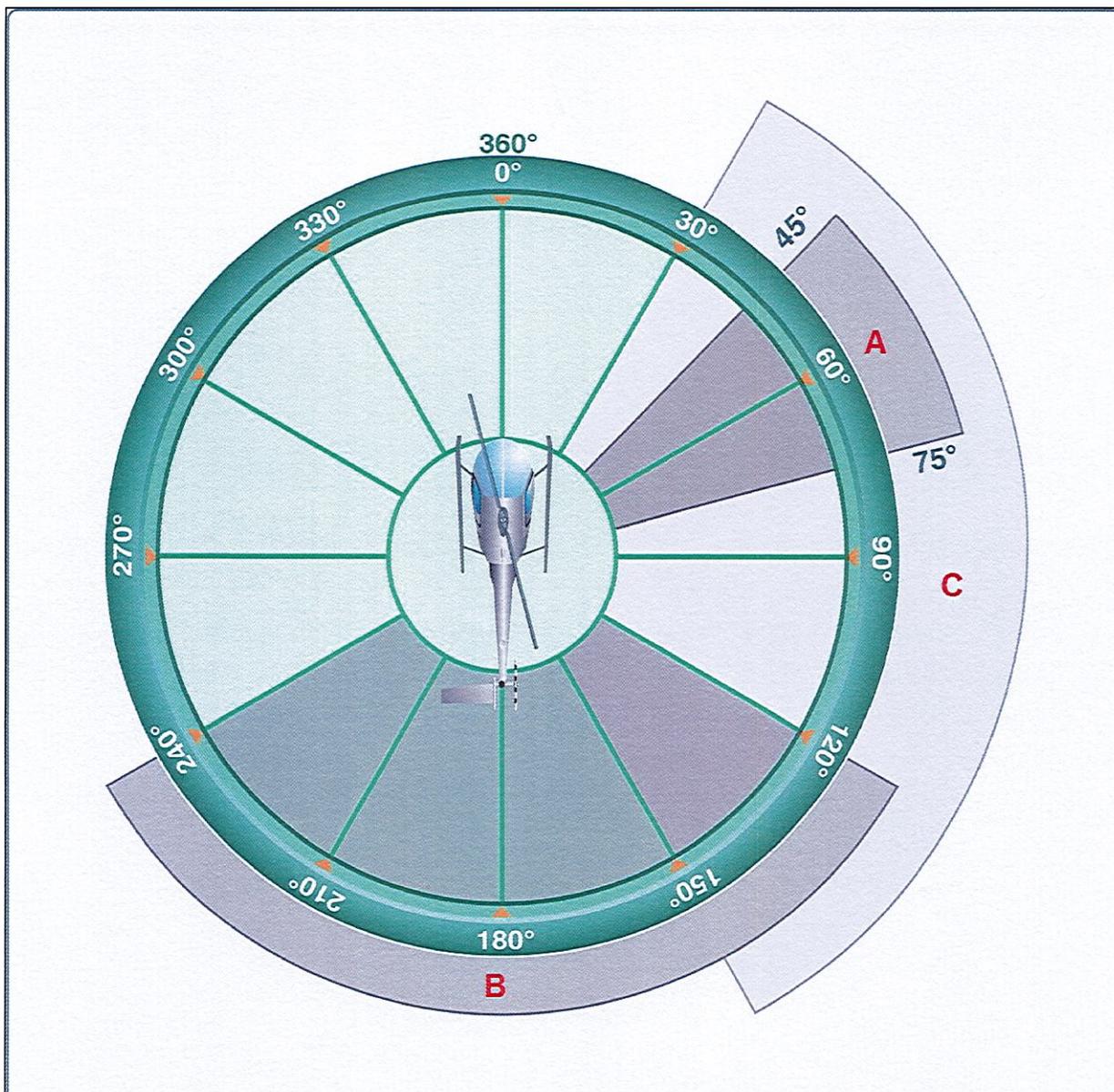
Como demonstrado nas figuras 1 e 2 abaixo, as seguintes condições de vento podem favorecer o surgimento da LTE:

- a) operações com direção do vento relativo entre $\pm 15^\circ$ da posição 10 horas (rotor principal no sentido anti-horário) ou da posição 2 horas (rotor principal no sentido horário) geram ventos turbilhonados que sopram diretamente no rotor de cauda, podendo diminuir drasticamente a sua eficiência;
- b) ventos de cauda que atinjam o helicóptero entre 120° a 240° podem causar o aumento da carga de trabalho do piloto e diminuir a eficiência do rotor de cauda; e
- c) ventos de través de 210° a 330° (rotor principal no sentido anti-horário) ou de 30° a 150° (rotor principal no sentido horário) podem resultar no desenvolvimento do anel de vórtice no rotor de cauda, que produzirá um fluxo de ar não uniforme e instável, aspirado pelo próprio rotor de cauda. A consequência direta é a oscilação do impulso do rotor de cauda, ou seja, a perda de sua eficiência.



- A** Operações com direção do vento relativo entre $\pm 15^\circ$ da posição 10 horas (rotor principal no sentido anti-horário) geram ventos turbilhonados que sopram diretamente no rotor de cauda, podendo diminuir drasticamente a sua eficiência;
- B** Ventos de cauda que atinjam o helicóptero entre 120° a 240° podem causar o aumento da carga de trabalho do piloto e diminuir a eficiência do rotor de cauda; e
- C** Ventos de través de 210° a 330° (rotor principal no sentido anti-horário) podem resultar no desenvolvimento do anel de vórtice no rotor de cauda, que produzirá um fluxo de ar não uniforme e instável, aspirado pelo próprio rotor de cauda. A consequência direta é a oscilação do impulso do rotor de cauda, ou seja, a perda de sua eficiência.

Figura 1: Helicóptero com rotor principal girando no sentido anti-horário.
 Fonte: Adaptado do NTSB (*National Transportation Safety Board*)



- A** Operações com direção do vento relativo entre $\pm 15^\circ$ da posição 2 horas (rotor principal no sentido horário) geram ventos turbilhonados que sopram diretamente no rotor de cauda, podendo diminuir drasticamente a sua eficiência;
- B** Ventos de cauda que atinjam o helicóptero entre 120° a 240° podem causar o aumento da carga de trabalho do piloto e diminuir a eficiência do rotor de cauda; e
- C** Ventos de 30° a 150° (rotor principal no sentido horário) podem resultar no desenvolvimento do anel de vórtice no rotor de cauda, que produzirá um fluxo de ar não uniforme e instável, aspirado pelo próprio rotor de cauda. A consequência direta é a oscilação do impulso do rotor de cauda, ou seja, a perda de sua eficiência.

Figura 2: Helicóptero com rotor principal girando no sentido horário.
 Fonte: Adaptado do NTSB (*National Transportation Safety Board*)

Em aproximações com vento de cauda, ao perder sustentação translacional, o aumento súbito na potência necessária para manter o pairado, ou ainda, durante o início de uma arremetida com baixa velocidade à frente, pode exceder a capacidade anti-torque do rotor de cauda, principalmente com peso e altitude elevados.

Em voos pairados fora do efeito solo, por exemplo, pode não haver curso de pedal suficiente para contrariar o torque do rotor principal e uma guinada inadvertida pode ocorrer, principalmente nos casos de peso elevado e torque próximo ao limite.

Apesar de alguns simuladores permitirem aos pilotos praticarem a recuperação, o fenômeno não é reproduzido realisticamente. Além disso, o treinamento em voo real raramente é realizado em função do risco envolvido e dos altos custos cobrados pelas poucas escolas de aviação capacitadas para tal. Portanto, como consequência, os pilotos podem não atuar com a perícia necessária na identificação da condição de LTE e não conseguem recuperar o controle da aeronave adequadamente.

As operações típicas da aviação civil em que o evento de LTE possui maior possibilidade de ocorrer incluem inspeções de linhas de transmissão de energia elétrica, pesquisas eletromagnéticas, serviços de resgate e ambulância aérea, operações policiais, serviços de reportagens e filmagens.

OCORRÊNCIAS RELACIONADAS

A LTE não é um fenômeno recente, está relacionada às características de projeto dos helicópteros e às questões operacionais, como: percepção das informações climáticas, atendimento das limitações previstas nos manuais de voo, consciência situacional dos pilotos, dentre outros.

Como é um fenômeno temporário e de difícil identificação após o acidente, pois não deixa evidências nos destroços, muitas ocorrências tipificadas como perda de controle em voo, podem ter sido originadas por um evento de LTE.

Abaixo seguem trechos dos Relatórios Finais de Investigação de quatro ocorrências relacionadas ao fenômeno:

- **Helicóptero Airbus Helicopter AS-350B2 (rotor principal com sentido horário):** *Após a decolagem para a realização de um voo aeromédico, o piloto taxiou a aeronave para um ponto do aeródromo e permaneceu no pairado por alguns instantes. O vento no momento da ocorrência era de 200° com 16kt, e rajadas de 21kt. A aeronave girou fortemente para esquerda e o piloto perdeu o controle do helicóptero. Não foram encontradas falhas mecânicas que determinassem a falha do rotor de cauda. As características do acidente são compatíveis com a LTE. (NTSB CHI02FA174);*
- **Helicóptero Bell 206L (rotor principal com sentido anti-horário):** *Após a arremetida, o helicóptero iniciou um giro descontrolado à direita, em torno do seu eixo vertical, ultrapassando verticalmente o hangar, em um movimento elíptico, percorrendo cerca de 80m até chocar-se contra o solo, em uma área de estacionamento localizada ao lado do hangar. Durante a arremetida, a controlabilidade da aeronave foi totalmente comprometida, provavelmente em razão da perda da efetividade do rotor de cauda (LTE), pois foi possível identificar a semelhança entre as características da perda de controle em voo ocorrida com a aeronave e aquelas decorrentes de LTE. (RF A-042/CENIPA/2012);*

- **Helicóptero Bell 206L (rotor principal com sentido anti-horário):** O piloto estava se aproximando do heliponto de um hospital à noite e com vento leve, quando decidiu arremeter para uma nova aproximação. O piloto baixou o nariz do helicóptero e elevou o coletivo, com conseqüente aumento de potência. O helicóptero então entrou em um rápido giro à direita. O piloto aplicou o pedal esquerdo e cíclico, mas não conseguiu recuperar o controle da aeronave. O helicóptero girou várias vezes antes de impactar contra as linhas de energia e o terreno. Pouco antes de o piloto ter decidido arremeter, o helicóptero estava com velocidade de 5kt. Com uma velocidade tão baixa, o rotor de cauda é demandado a produzir quase 100% de sua capacidade para proporcionar o controle direcional. A ação de arremeter sem considerar o peso do helicóptero e o excesso de potência na arremetida sem ganhar velocidade à frente resultou em uma guinada, repentina e não comandada, para a direita, devido à LTE. (NTSB CEN15FA003);
- **Helicóptero Bell OH-58A (rotor principal com sentido anti-horário):** O piloto e dois passageiros estavam examinando cervos, com o helicóptero a cerca de 50 a 100ft sobre o terreno, com um vento cruzado de 5 a 10kt de intensidade e uma velocidade indicada de 30 a 35kt na aeronave. À medida que o terreno começou a subir, o piloto adicionou coletivo para livrar o cume de uma montanha. O piloto informou que, quando a aeronave estava a cerca de 100ft do topo do cume, o helicóptero começou a guinar para a direita. Ele adicionou potência para livrar um obstáculo, o que aumentou muito o movimento de guinada à direita. O helicóptero continuou a girar, atravessou o obstáculo e continuou girando antes de colidir contra o solo e rolar para a esquerda. Um passageiro informou que, embora o vento estivesse com cerca de 10kt de intensidade quando começaram a pesquisa, a velocidade do vento aumentou quando o helicóptero atingiu o topo do cume e o piloto teve que corrigir a proa por duas vezes antes de o helicóptero ter começado a girar para a direita. O helicóptero estava operando com vento de través esquerdo e em uma configuração de alta potência. A guinada à direita não comandada e a rotação do helicóptero são consistentes com a LTE. (NTSB CEN13TA165).

AÇÕES RECOMENDADAS

Aos operadores e pilotos de aeronaves de asas rotativas, recomenda-se:

- Incluir no planejamento de voo a velocidade e direção do vento para todas as fases do voo, pois este fator pode afetar significativamente a suscetibilidade do helicóptero à LTE;
- Conhecer e atender às limitações de desempenho do seu helicóptero, conforme descrito pelo fabricante e aprovadas pela autoridade aeronáutica certificadora;
- Estar consciente das características de controle de voo do seu helicóptero, particularmente das forças de atuação do pedal do rotor de cauda, de modo que possa rapidamente reconhecer e atuar adequadamente nos comandos no início da guinada não comandada (LTE):
- Efetuar treinamento específico, com pessoal capacitado, sobre emergências críticas, incluindo a identificação da LTE e a recuperação do controle da aeronave, levando em consideração que a LTE ocorre de maneira inesperada e que os pilotos que já tiveram essa experiência descrevem que o início da guinada é bastante agressivo;

- Dar preferência à realização de curvas contrárias ao efeito anti-torque em operações com velocidades inferiores a 30 kt, sempre que possível; e

- Adquirir conhecimentos sobre o fenômeno LTE e algumas medidas sobre como evitá-lo por meio do *Helicopter Flying Handbook*, disponível no site da *Federal Aviation Administration* (<https://www.faa.gov/>), dentre as quais, destacam-se as listadas abaixo:

- Fique atento para as eventuais mudanças de peso próximo ao momento da decolagem e permaneça dentro do PMD aprovado;
- Mantenha a consciência da direção do vento e da velocidade do voo, especialmente em voos com alta carga de trabalho de pilotagem, quando voando no topo de montanhas e em torno de grandes construções, e quando no pairado, com o vento em cerca de 8 a 12kt de intensidade, em que uma perda de sustentação pode ocorrer;
- Evite vento de cauda e vento de través (a direção do vento de través depende do tipo de helicóptero que está voando) quando operando com velocidades abaixo de 30kt;
- Evite operações fora do efeito solo e em situações de alta demanda de potência e com velocidade de voo inferior a 30kt; e
- Monitore a quantidade de pedal que está sendo usado para contrariar o torque do rotor principal. Se você já estiver próximo ao batente, talvez você não consiga contrariar uma guinada não comandada.

DIVULGAÇÃO

- Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC); e

- Operadores e pilotos de aeronaves de asas rotativas.

APROVO:


Brigadeiro do Ar FREDERICO ALBERTO MARCONDES FELIPE
Chefe do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos