

**COMANDO DA AERONÁUTICA**  
**CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE**  
**ACIDENTES AERONÁUTICOS**



**RELATÓRIO FINAL**  
**A-078/CENIPA/2016**

<b>OCORRÊNCIA:</b>	<b>ACIDENTE</b>
<b>AERONAVE:</b>	<b>PR-YCB</b>
<b>MODELO:</b>	<b>AS 350 B2</b>
<b>DATA:</b>	<b>25ABR2016</b>



## **ADVERTÊNCIA**

*Em consonância com a Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986, Artigo 86, compete ao Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos - SIPAER - planejar, orientar, coordenar, controlar e executar as atividades de investigação e de prevenção de acidentes aeronáuticos.*

*A elaboração deste Relatório Final, lastreada na Convenção sobre Aviação Civil Internacional, foi conduzida com base em fatores contribuintes e hipóteses levantadas, sendo um documento técnico que reflete o resultado obtido pelo SIPAER em relação às circunstâncias que contribuíram ou que podem ter contribuído para desencadear esta ocorrência.*

*Não é foco do mesmo quantificar o grau de contribuição dos fatores contribuintes, incluindo as variáveis que condicionam o desempenho humano, sejam elas individuais, psicossociais ou organizacionais, e que possam ter interagido, propiciando o cenário favorável ao acidente.*

*O objetivo único deste trabalho é recomendar o estudo e o estabelecimento de providências de caráter preventivo, cuja decisão quanto à pertinência e ao seu acatamento será de responsabilidade exclusiva do Presidente, Diretor, Chefe ou correspondente ao nível mais alto na hierarquia da organização para a qual são dirigidos.*

*Este relatório não recorre a quaisquer procedimentos de prova para apuração de responsabilidade no âmbito administrativo, civil ou criminal; estando em conformidade com o item 3.1 do "attachment E" do Anexo 13 "legal guidance for the protection of information from safety data collection and processing systems" da Convenção de Chicago de 1944, recepcionada pelo ordenamento jurídico brasileiro por meio do Decreto nº 21.713, de 27 de agosto de 1946.*

*Outrossim, deve-se salientar a importância de resguardar as pessoas responsáveis pelo fornecimento de informações relativas à ocorrência de um acidente aeronáutico, tendo em vista que toda colaboração decorre da voluntariedade e é baseada no princípio da confiança. Por essa razão, a utilização deste Relatório para fins punitivos, em relação aos seus colaboradores, além de macular o princípio da "não autoincriminação" deduzido do "direito ao silêncio", albergado pela Constituição Federal, pode desencadear o esvaziamento das contribuições voluntárias, fonte de informação imprescindível para o SIPAER.*

*Consequentemente, o seu uso para qualquer outro propósito, que não o de prevenção de futuros acidentes, poderá induzir a interpretações e a conclusões errôneas.*

## SINOPSE

O presente Relatório Final refere-se ao acidente aeronáutico com a aeronave PR-YCB, modelo AS 350 B2, ocorrido em 25ABR2016, classificado como “[LOC-I] Perda de controle em voo”.

Logo após sair do solo, antes do voo pairado, o helicóptero inclinou à direita e girou 90° à esquerda, rolando no seu eixo longitudinal e capotando para a direita.

As pás do rotor principal colidiram contra o solo e ocorreu o seccionamento do cone de cauda.

A aeronave teve danos substanciais.

Os ocupantes saíram ilesos.

Houve designação de Representante Acreditado do *Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile* (BEA) - França, Estado de projeto da aeronave.



## ÍNDICE

<b>GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....</b>	<b>6</b>
1.1. Histórico do voo.....	6
1.2. Lesões às pessoas.....	6
1.3. Danos à aeronave. ....	6
1.4. Outros danos.....	6
1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.....	6
1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.....	6
1.5.2. Formação.....	7
1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.....	7
1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.....	7
1.5.5. Validade da inspeção de saúde.....	7
1.6. Informações acerca da aeronave.....	7
1.7. Informações meteorológicas.....	7
1.8. Auxílios à navegação.....	7
1.9. Comunicações.....	7
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	8
1.11. Gravadores de voo.....	8
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.....	8
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	8
1.13.1. Aspectos médicos.....	8
1.13.2. Informações ergonômicas.....	8
1.13.3. Aspectos Psicológicos.....	8
1.14. Informações acerca de fogo.....	8
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	8
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	8
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.....	9
1.18. Informações operacionais.....	9
1.19. Informações adicionais.....	16
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	16
<b>2. ANÁLISE.....</b>	<b>16</b>
<b>3. CONCLUSÕES.....</b>	<b>18</b>
3.1. Fatos.....	18
3.2. Fatores contribuintes.....	19
<b>4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA .....</b>	<b>20</b>
<b>5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....</b>	<b>20</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>20</b>

**GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS**

ADE	Categoria de registro de aeronave de Administração Direta Estadual
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
BEA	<i>Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile</i>
BOA-CBMSC	Batalhão de Operações Aéreas do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CG	Centro de Gravidade
CIV	Caderneta Individual de Voo
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
EACAR	Escola de Aviação Asas Rotativas
EASA	<i>European Aviation Safety Agency</i>
H350	Habilitação de Helicóptero Tipo que incluía o modelo AS 350 B2
HMNC	Habilitação de Helicóptero Classe Monomotor Convencional
HMNT	Habilitação de Helicóptero Classe Monomotor a Turbina
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>
IGE	<i>In Ground Effect</i> - Dentro do Efeito Solo
INVH	Habilitação de Instrutor de Voo - Helicóptero
LTE	<i>Loss of Tail Rotor Effectiveness</i> - Perda de Efetividade do Rotor de Cauda
MCA	Manual do Comando da Aeronáutica
METAR	<i>Aviation Routine Weather Report</i> - Informe Meteorológico Aeronáutico Regular
NTSB	<i>National Transportation Safety Board</i>
PCH	Licença de Piloto Comercial - Helicóptero
PPH	Licença de Piloto Privado - Helicóptero
PTO	Programa de Treinamento Operacional
SBBI	Designativo de localidade - Aeródromo de Bacacheri, Curitiba, PR
SERIPA V	Quinto Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SISY	Designativo de localidade - Aeródromo de Piraquara, PR
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> - Tempo Universal Coordenado
VFR	<i>Visual Flight Rules</i> - Regras de Voo Visual

## 1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	<b>Modelo:</b> AS 350 B2	<b>Operador:</b> FUNDO DE MELHORIA DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA
	<b>Matrícula:</b> PR-YCB	
	<b>Fabricante:</b> HELIBRAS	
Ocorrência	<b>Data/hora:</b> 25ABR2016 - 13:58 (UTC)	<b>Tipo(s):</b> [LOC-I] Perda de controle em voo
	<b>Local:</b> Aeródromo de Piraquara (SISY)	
	<b>Lat.</b> 25°27'41"S <b>Long.</b> 049°06'10"	
	<b>Município - UF:</b> Piraquara - PR	
		<b>Subtipo(s):</b> NIL

### 1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Aeródromo de Piraquara, PR (SISY), com destino ao Aeródromo de Bacacheri, PR (SBBI), às 13h58min (UTC), a fim de realizar um voo de traslado e, em aproveitamento, instrução de adaptação básica de um tripulante (aluno), com dois pilotos e um passageiro a bordo.

Logo após sair do solo, antes de se estabilizar em um voo pairado, o helicóptero inclinou à direita e girou o nariz 90° à esquerda, rolando em torno de seu eixo longitudinal e colidindo contra o solo.

A aeronave teve danos substanciais.

Os dois tripulantes e o passageiro saíram ilesos.

### 1.2. Lesões às pessoas.

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	-	-	-
Graves	-	-	-
Leves	-	-	-
Ilesos	2	1	-

### 1.3. Danos à aeronave.

Seccionamento do cone de cauda e de sua transmissão, quebra das pás do rotor principal e quebra do para-brisa direito.

### 1.4. Outros danos.

Não houve.

### 1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.

#### 1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.

Discriminação	Horas Voadas	
	Piloto	Aluno
Totais	820:00	88:20
Totais, nos últimos 30 dias	05:45	04:45
Totais, nas últimas 24 horas	02:00	02:00
Neste tipo de aeronave	600:00	41:45
Neste tipo, nos últimos 30 dias	05:45	04:45
Neste tipo, nas últimas 24 horas	02:00	02:00

**Obs.:** os dados relativos às horas voadas foram obtidos por meio dos registros da Caderneta Individual de Voo (CIV) dos pilotos.

### **1.5.2. Formação.**

O piloto realizou o curso de Piloto Privado - Helicóptero (PPH) na Escola de Aviação Asas Rotativas (EACAR), em Piraquara, PR, em 2010.

O aluno realizou o curso de Piloto Privado - Helicóptero (PPH) na HÓRUS Escola de Aviação Civil Ltda., em Joinville, SC, em 2015.

### **1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.**

O piloto possuía a licença de Piloto Comercial - Helicóptero (PCH) e estava com as habilitações de aeronave tipo H350 (que incluía o modelo AS 350 B2), Helicóptero Monomotor a Turbina (HMNT) e Instrutor de Voo - Helicóptero (INVH) válidas.

O aluno possuía a licença de Piloto Privado - Helicóptero (PPH) e estava com as habilitações de aeronave tipo R22 e Helicóptero Monomotor Convencional (HMNC) válidas.

### **1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.**

O piloto estava qualificado e possuía experiência no tipo de voo.

O aluno não estava qualificado no tipo de aeronave.

### **1.5.5. Validade da inspeção de saúde.**

Os pilotos estavam com os Certificados Médicos Aeronáuticos (CMA) válidos.

### **1.6. Informações acerca da aeronave.**

A aeronave, de número de série 4898, foi fabricada pela Helibras, em 2010, e estava registrada na categoria de Administração Direta Estadual (ADE).

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

As cadernetas de célula e motor estavam com as escriturações desatualizadas, pois ainda não tinham sido realizados os cálculos das horas voadas no mês de março de 2016.

Também não foi devidamente esclarecido como o operador controlava a quantidade de ciclos da aeronave e do motor.

A última inspeção da aeronave, do tipo "5.400 horas/72 meses", foi realizada em 09MAR2016 pela organização de manutenção Helisul Ltda., em Curitiba, PR, estando com 24 horas e 40 minutos voados após a inspeção.

Nessa inspeção, foi realizada a conversão do modelo original (BA) para o modelo atual (B2).

### **1.7. Informações meteorológicas.**

Os Informes Meteorológicos Aeronáuticos Regulares (METAR) das localidades mais próximas de SISY, Curitiba e Bacacheri eram, respectivamente:

METAR SBCT 251400Z 31009G21KT CAVOK 28/15 Q1012;

METAR SBBI 251400Z 33014G25KT 9999 FEW025 SCT100 28/15 Q1012

Apesar das condições meteorológicas em SISY estarem favoráveis ao voo visual, a direção do vento foi estimada em 330° (setor NO), possivelmente com intensidade de 14kt e rajadas de até 25kt.

### **1.8. Auxílios à navegação.**

Nada a relatar.

### **1.9. Comunicações.**

Nada a relatar.

### **1.10. Informações acerca do aeródromo.**

O aeródromo era privado, administrado pelo Clube de Aviação Aerodesportiva Graciosa, e operava sob regras de voo visual (VFR) em período diurno.

A pista era de asfalto, com cabeceiras 09/27, dimensões de 450m x 18m, com elevação de 3.212 pés.

A aeronave estava decolando do “spot” de estacionamento gramado, localizado em frente ao hangar da Escola de Aviação Asas Rotativas (EACAR).

### **1.11. Gravadores de voo.**

Não requeridos e não instalados.

### **1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.**

O impacto das pás do rotor principal ocorreu contra terreno gramado, em ângulo de 45° e a aeronave girou 90° pela esquerda até a sua parada total.

Os destroços (cone de cauda seccionado, pás do rotor principal dobradas e para-brisa direito quebrado) ficaram distribuídos de forma radial em leque.



Figura 1 - Vista geral da aeronave após o acidente.

### **1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.**

#### **1.13.1. Aspectos médicos.**

Não pesquisados.

#### **1.13.2. Informações ergonômicas.**

Nada a relatar.

#### **1.13.3. Aspectos Psicológicos.**

Não pesquisados.

### **1.14. Informações acerca de fogo.**

Não havia evidência de fogo em voo, ou após o impacto.

### **1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.**

Nada a relatar.

### **1.16. Exames, testes e pesquisas.**



Devido à possibilidade de que pudesse ter havido uma falha na atuação do conjunto de comando do cíclico, foi procedida uma análise técnica de todo o sistema de comandos de voo da aeronave por uma equipe composta por um representante do suporte técnico da HELIBRAS, um investigador de manutenção do Quinto Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SERIPA V) e quatro mecânicos de uma oficina de manutenção homologada para o modelo.

A equipe concluiu que todo o sistema de comandos de voo apresentava funcionamento normal antes da ocorrência.

O *Technical Report* - 008/2016 Modelo AS 350 B2, matrícula PR-YCB, de 17MAIO2016, da HELIBRAS, informou, por sua vez, que a cadeia de comando do cíclico, coletivo e de controle direcional (pedais) foi verificada em toda a sua extensão de comando e observou que podiam ser movimentados normalmente. Por fim, concluiu, no item 3 do relatório, que nenhuma anomalia foi detectada nos comandos e os danos observados ocorreram em função da ação e reação do impacto das pás principais contra o solo e em função do tombamento da aeronave.

Portanto, não foi constatada, tecnicamente, nenhuma anormalidade no sistema de comandos de voo da aeronave.

#### **1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.**

O piloto, que era o próprio Comandante do Batalhão, apresentava preocupação com as atividades previstas para aquele dia, pois deveria se deslocar para o Aeroporto de Bacacheri (SBBI) onde executaria um serviço de manutenção da aeronave na oficina da HELISUL e ainda deveria regressar à sua base operacional em Florianópolis, SC.

#### **1.18. Informações operacionais.**

A aeronave possuía combustível suficiente para realizar o voo e estava disponível pela manutenção. O peso da aeronave no momento do acidente, de acordo com o levantamento feito na ação inicial, era de 1.798kg.

A aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento especificados pelo fabricante. Entretanto, devido ao posicionamento do passageiro no assento traseiro direito, o CG apresentava pequeno deslocamento nos eixos longitudinal e lateral (à frente e à direita, respectivamente).

As pás do rotor principal (R/P) do AS 350 B2 giravam no sentido horário (*clockwise*). A transmissão de potência do motor para o R/P gerava uma força chamada Torque (Tq). Essa força (Tq) possuía sentido anti-horário e provocava uma tendência de que toda a fuselagem girasse em sentido contrário à rotação do rotor principal.

O Torque precisa ser controlado para que o voo do helicóptero se desenvolva com normalidade. O controle do Tq se dá por meio do rotor de cauda (R/C). O rotor de cauda gera uma força chamada Tração (T) que contraria o Tq e permite o controle direcional da aeronave (em torno do eixo vertical). Ao girar e gerar a T, o R/C produz uma esteira de ar conhecida por *downwash*. Essas forças estão ilustradas na Figura 2.

O vento estimado no aeródromo vinha, predominantemente, da direção 330° (NO). Entretanto, a aeronave estava posicionada com o nariz aprofado na direção magnética 195° (SO). Nessa condição, o helicóptero ficou submetido a uma componente de vento de cauda, conforme ilustrado na Figura 2.

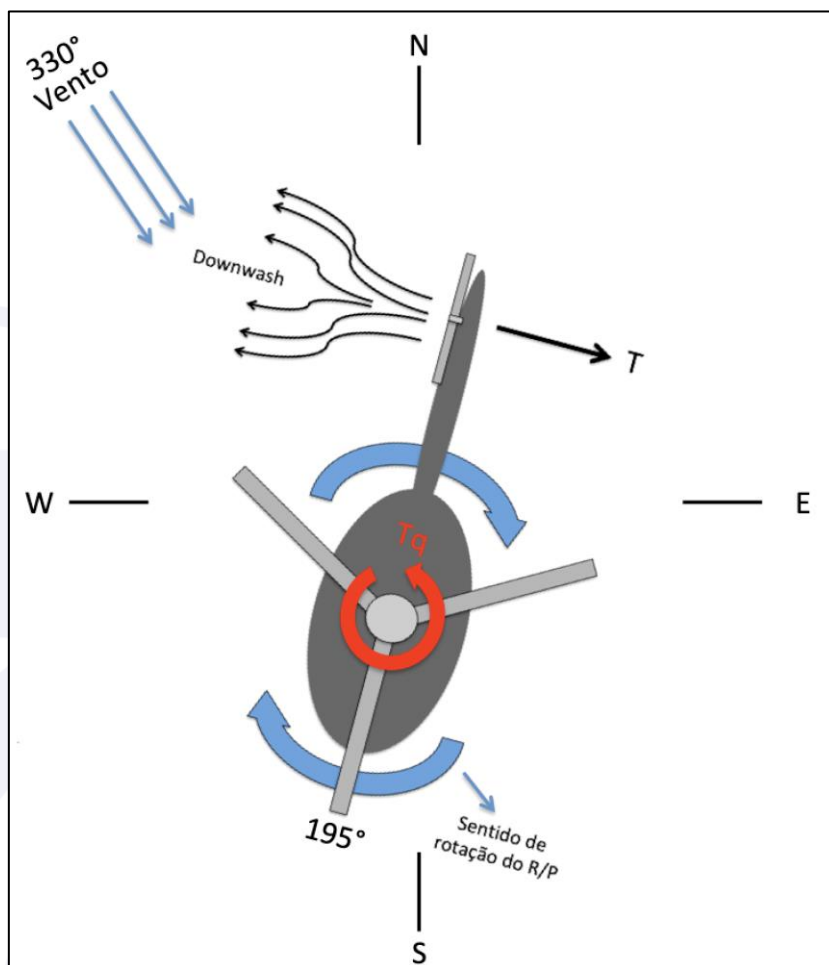


Figura 2 - Diagrama do posicionamento do helicóptero no momento da decolagem.

O acionamento do motor foi realizado normalmente.

Com os rotores girando, o piloto atuou nos comandos e deu início à decolagem vertical. Essa manobra consistia em retirar a aeronave do solo em uma trajetória vertical e estabelecer um voo pairado dentro do efeito solo, a 5ft de altura em relação ao terreno.

O acidente aconteceu durante a realização da decolagem vertical e, ao que consta, o comandante estava nos comandos do helicóptero.

A Seção “E” - Manobras de Voo, item 2 - Decolagem Vertical dentro do Efeito Solo - do Programa de Treinamento Operacional (PTO) do AS 350 B2 para Pilotos do BOA-CBMSC, de 20FEV2015, destacava:

...neste tipo de decolagem, o piloto deve perceber as tendências de movimento da aeronave e atuar nos pedais para corrigir as variações de proa.

O Programa alertava, ainda, que seria normal iniciar a manobra com o pedal direito ligeiramente aplicado e que deveria haver atuação no comando cíclico, para se manter uma trajetória vertical em relação ao ponto de decolagem e, ao sair do solo, a aeronave manteria uma atitude ligeiramente inclinada para a direita.

O subitem 2.5 - Observações - também da referida Seção “E”, alertava ainda, que, normalmente, a aeronave iria apresentar ligeira inclinação para a direita na decolagem em razão de sua construção, contudo, esta tendência iria variar de acordo com o peso de decolagem, com o Centro de Gravidade (CG) e com a direção e a intensidade do vento.

De acordo com o PTO, seria importante que o piloto escolhesse referências visuais externas à frente e nas laterais (45° à esquerda e 45° à direita), a fim de manter a posição da aeronave em relação ao terreno.

O referido programa definia, ainda, como sendo de 15kt a limitação de vento em manobras de solo, tais como pouso e decolagem verticais, giros de cauda e exercícios de quadrados.

O Manual de Instrução para Piloto THP AS 350 B2 da HELIBRAS, Rev. de SET 2007, na Seção 4 - Procedimentos Normais, item 4.10 - Operações em Condições Meteorológicas Extremas, citava:

...na operação com vento forte, o helicóptero deve ser estacionado aprofundando o vento e, no procedimento de partida, o cíclico deve ser levado ligeiramente aprofundado ao vento, quando o rotor começar a girar.

A Seção 3 do Manual da aeronave, nos Procedimentos de Emergência, item 3.4 Panes de Rotor de Cauda, comentava:

...na perda completa da eficiência do rotor de cauda, o helicóptero dará uma guinada à esquerda com velocidade rotacional dependendo da quantidade de potência e da velocidade à frente ajustada no momento da pane.

O mesmo Manual orientava ainda, que:

...ocorrendo tal pane no voo pairado IGE (dentro do efeito de solo, altura entre 5ft e 10ft), deve-se pousar imediatamente, recuando totalmente a manete de vazão (FFCL) e usando o passo coletivo apenas para tentar amortecer o toque.

Segundo o Manual do Comando da Aeronáutica 3-6 (MCA 3-6), a perda de efetividade no rotor de cauda (*Loss of Tail Rotor Effectiveness - LTE*), ou guinada inesperada, é um fenômeno aerodinâmico crítico que ocorre a baixa velocidade. Esse fenômeno não cessa por conta própria e, se não for corrigido tempestivamente, pode causar perda de controle da aeronave.

Organizações relacionadas com aviação ao redor do mundo como a *International Civil Aviation Organization* (ICAO), o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), o *National Transportation Safety Board* (NTSB), a *European Aviation Safety Agency* (EASA) e o BEA constantemente emitem publicações alertando para os riscos associados a LTE e suas consequências no voo de helicópteros. Essas publicações, normalmente, trazem em seu conteúdo técnicas de recuperação e medidas de prevenção para evitar o surgimento desse fenômeno aerodinâmico. O manual do Operador também alertava para a possibilidade de LTE no AS 350 B2.

Em linhas gerais, as técnicas de pilotagem associadas à recuperação de uma condição de LTE consistem em:

- levar a alavanca do controle coletivo para baixo a fim de diminuir o Torque;
- aplicar pedal contrário ao sentido da guinada indesejada, a fim de diminuir a razão de giro em torno do eixo vertical; e
- levar o cíclico à frente, a fim de ganhar velocidade e permitir que o estabilizador vertical auxilie no controle direcional.

Uma câmera de segurança do aeródromo registrou imagens de toda a sequência de eventos que antecedeu o acidente.

As imagens registradas mostraram que o esqui esquerdo da aeronave saiu do solo antes do esqui direito, gerando uma inclinação para a direita. Além disso, as imagens mostraram que o nariz do helicóptero iniciou um giro para a esquerda (cauda à direita), conforme ilustrado nas Figuras 3, 4, 5 e 6.



Figura 3 - Sequência de eventos da decolagem vertical.



Figura 4 - Sequência de eventos da decolagem vertical.



Figura 5 - Sequência de eventos da decolagem vertical.



Figura 6 - Sequência de eventos da decolagem vertical.

A Figura 7 mostra o instante em que o esqui direito saiu do solo. Nesse momento, a aeronave encontrava-se com inclinação à direita e giro de nariz à esquerda (cauda à direita).



Figura 7 - Sequência de eventos da decolagem vertical.

A partir desse momento, a inclinação à direita e o giro de nariz à esquerda se intensificaram, como mostram as Figuras 8 e 9.



Figura 8 - Sequência de eventos da decolagem vertical.



Figura 9 - Sequência de eventos da decolagem vertical.

Nas Figuras 10, 11, 12 e 13 observa-se que as pás do rotor principal colidiram contra o solo gramado.



Figura 10 - Sequência de eventos da decolagem vertical.



Figura 11 - Sequência de eventos da decolagem vertical.



Figura 12 - Sequência de eventos da decolagem vertical.



Figura 13 - Sequência de eventos da decolagem vertical.

Colocando-se as fotos lado a lado, é possível visualizar com mais clareza a dinâmica da decolagem que culminou no acidente (Figura 14).



Figura 14 - Fotos da sequência de eventos da decolagem vertical dispostas lado a lado.

O copiloto estava na condição de estagiário em adaptação básica ao helicóptero AS 350 B2, aguardando o início da fase de instrução do Treinamento Inicial Prático do “Programa de Treinamento Operacional” (PTO) do BOA-CBMSC.

Nesta etapa o estagiário cumpria apenas uma escala de copiloto, em que desempenhava prioritariamente funções no assento da esquerda, não necessariamente associadas à pilotagem da aeronave.

A liberação dos comandos da aeronave para o copiloto se dava por livre iniciativa do Comandante, não tendo obrigatoriedade para tal, já que deveria analisar as diversas condições de segurança, bem como o progresso do referido copiloto nas operações.

A participação do copiloto nestes voos não tinha caráter oficial de instrução, mas de acompanhamento, como um estagiário.

Após 6 meses nesta fase, na condição de estagiário acompanhando ocorrências no assento do copiloto, o aluno iniciava a Fase “ALFA” do “Programa de Ascensão Técnica e Treinamento dos Pilotos de Helicópteros” (PAT), como parte do Treinamento Inicial Prático no AS 350 B2.

### **1.19. Informações adicionais.**

Nada a relatar.

### **1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.**

Não houve.

## **2. ANÁLISE.**

Devido à possibilidade de que pudesse ter ocorrido uma falha na atuação do conjunto de comando do cíclico, foi procedida uma análise técnica de todo o sistema de comandos de voo da aeronave, em que se concluiu que este se encontrava íntegro e apresentava funcionamento normal antes da ocorrência.

Assim, a Comissão de Investigação voltou suas atenções para as condições operacionais no momento da ocorrência, as quais pudessem ter contribuído para o desfecho desse acidente.

O acidente aconteceu durante a realização da decolagem vertical, manobra que consiste em retirar a aeronave do solo em uma trajetória vertical e estabelecer um voo pairado dentro do efeito solo, a 5ft de altura.

As publicações do Programa de Treinamento Operacional do Operador destacavam que o piloto deveria perceber as tendências da aeronave durante a decolagem vertical e atuar nos comandos para corrigir as variações.

Um helicóptero com as características aerodinâmicas do AS 350 B2 apresenta tendência de levantar o nariz, inclinar para a direita e guinar para a esquerda (cauda à direita) durante decolagens verticais.

Na medida em que o piloto atua no sentido de levantar a alavanca do comando coletivo, essas tendências se amplificam e devem ser corrigidas.

Para corrigir essas variações, ele tem que atuar no comando cíclico para a esquerda e para frente e aplicar pedal direito. Caso não o faça adequadamente, a aeronave tende a rolar para a direita, cabrar e girar nariz à esquerda.

Essas tendências vivenciadas pelo piloto ao realizar uma decolagem vertical são perceptíveis e, em condições operacionais de normalidade, são corrigidas com pouca amplitude de comandos. Entretanto, em condições marginais de operação, esses



movimentos são amplificados, bem como a amplitude de comando necessária para corrigi-los.

Peso de decolagem, altitude de operação, temperatura ambiente, direção e intensidade do vento e posição do CG, podem ser consideradas condições que afetam consideravelmente a *performance* de uma aeronave de asas rotativas. Nessas circunstâncias, as habilidades do piloto são mais exigidas para se manter o controle do helicóptero.

Apesar de as condições meteorológicas em SISY estarem favoráveis ao voo visual, o vento no momento da decolagem demandava cuidados extras.

O vento predominante estimado no aeródromo vinha da direção 330° (NO), com intensidade de 14kt e rajadas de até 25kt. Entretanto, a aeronave estava posicionada com o nariz aroado na direção magnética 195° (SO). Nessa situação, o helicóptero ficou submetido a uma componente de vento de cauda, conforme ilustrado na Figura 2.

Os manuais do Operador orientavam que, operando em condições de vento forte, o helicóptero deveria ser estacionado aroado com o vento. Portanto, a operação da aeronave nas condições de vento e posicionamento apresentadas na data do acidente contrariaram as orientações constantes dos manuais de operação.

A incidência de ventos de cauda em helicópteros compromete o desempenho do rotor de cauda e, por consequência, o controle direcional da aeronave. Por esse motivo, a realização de manobras com vento de cauda em helicópteros deve ser evitada e, sendo necessária, deve obedecer aos limites estabelecidos pelo fabricante da aeronave.

É importante ressaltar que, mesmo dentro dos limites especificados pelo fabricante, manobras com vento de cauda normalmente exigirão mais do piloto para manter o controle da aeronave. Quando operando nessas condições, o piloto deve ficar atento ao comportamento da aeronave e à amplitude dos comandos de voo.

Além de influenciar na manobrabilidade do helicóptero, ventos de cauda também podem contribuir para o surgimento de um efeito aerodinâmico conhecido por LTE.

A perda de efetividade no rotor de cauda é um fenômeno aerodinâmico crítico que ocorre a baixa velocidade e não cessa por conta própria. Isso significa que o piloto deve reconhecer uma LTE e atuar corretamente nos comandos da aeronave para evitar a perda de controle desta.

As imagens registradas por uma câmera de segurança do aeródromo mostraram que a aeronave, inicialmente, se comportou aerodinamicamente como esperado para uma decolagem vertical. Entretanto as tendências apresentaram amplitude acentuada durante a manobra.

A sequência de imagens ilustrada na Figura 14 mostra que o esqui esquerdo saiu do solo antes do esqui direito e que a aeronave inclinou para a direita. Esse comportamento era esperado para o modelo de helicóptero em questão, por características de projeto da aeronave. Entretanto, a tendência de inclinar-se à direita pode ter sido maior no voo do acidente em virtude da posição do CG (à frente e à direita).

Notou-se também que o nariz do helicóptero guinou para a esquerda (cauda à direita). Esse comportamento se dá em razão do aumento do Torque ( $T_q$ ) proveniente da transmissão de potência ao rotor principal. Toda vez que o piloto atua no sentido de deslocar a alavanca do comando coletivo para cima, o  $T_q$  aumenta. A resposta da aeronave manifesta-se em uma tendência de toda a fuselagem girar no sentido contrário ao sentido de rotação das pás do rotor principal. No caso do AS 350B2, a reação ao torque faz o nariz tender a girar para a esquerda.

Para corrigir essa tendência, o piloto deve aplicar pedal direito. Entretanto, em um cenário de fortes componentes de vento de cauda (14kt com rajadas de até 25kt), a performance do rotor de cauda pode ser comprometida, dificultando o trabalho do piloto. Nas condições apresentadas, é possível que, mesmo aplicando todo o pedal direito, a aeronave continuasse guinando com o nariz à esquerda.

Em um dado momento, o esqui direito também saiu do solo. Sem nenhuma parte em contato com o piso, a aeronave deslocou-se lateralmente à direita, em virtude de sua inclinação e guinada. Entretanto, o helicóptero não iniciou um giro contínuo de nariz à esquerda. Esse fato pode sugerir que ainda havia algum controle direcional, descartando, dessa forma, a incidência de LTE.

Em seguida, a aeronave voltou a tocar o solo com o esqui direito. No momento do toque a aeronave apresentava atitude ligeiramente cabrada, inclinação considerável à direita, leve deslocamento lateral à direita e guinada de grande amplitude à esquerda (Figura 8).

O toque no solo, nessas condições, criou um ponto de pivô e intensificou as tendências de inclinação e guinada. A partir desse momento, o helicóptero passou a inclinar e a guinar cada vez mais, até que ocorreu o choque das pás do rotor principal contra o terreno.

Não foi possível determinar que tipo de atuação o piloto teve nos comandos por meio da análise das gravações obtidas.

Entretanto, é possível que as condições reinantes no momento do acidente tenham comprometido o desempenho do rotor de cauda e dificultado a execução da manobra de decolagem vertical e voo pairado.

A presença do vento de cauda fez com que a aeronave apresentasse tendências aerodinâmicas amplificadas durante a manobra. Essas tendências associadas à atuação do piloto nos comandos da aeronave, levaram o helicóptero à condição de inclinação lateral que culminou no choque das pás do rotor principal contra o solo.

Além das considerações a respeito dos efeitos aerodinâmicos e da incidência do vento sobre a aeronave, verificou-se que a premência de tempo pode ter levado o piloto a não considerar criteriosamente as condições adversas da meteorologia em SISY (vento forte com rajadas estimadas de até 25kt), pois havia a preocupação com as atividades que ainda deveriam ser realizadas naquele dia.

Portanto, depreendeu-se que os procedimentos operacionais contidos no manual de operação do AS 350 B2 e as orientações relativas à operação com vento de cauda não foram criteriosamente seguidos.

A inobservância dos procedimentos previstos acarretou em uma condição crítica à realização da decolagem, sem que os riscos presentes naquele contexto fossem previamente identificados e adequadamente gerenciados. Tal atitude contribuiu para a ocorrência em tela.

### **3. CONCLUSÕES.**

#### **3.1. Fatos.**

- a) os pilotos estavam com os Certificados Médicos Aeronáuticos (CMA) válidos;
- b) o piloto estava com as habilitações técnicas de aeronave tipo H350 (que incluía o modelo AS 350 B2), Helicóptero Monomotor Turbina (HMNT) e Instrutor de Voo - Helicóptero (INVH) válidas;
- c) o piloto estava qualificado e possuía experiência no tipo de voo;

- d) o copiloto não possuía a habilitação de aeronave H350;
- e) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido;
- f) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- g) a escrituração das cadernetas de célula e motor estavam desatualizadas;
- h) as condições meteorológicas em SISY eram favoráveis ao voo visual;
- i) havia um forte vento soprando no momento da decolagem com rajadas estimadas em até 25kt, proveniente do setor traseiro direito da aeronave;
- j) na saída do solo para iniciar a decolagem, antes de se estabilizar em um voo pairado, iniciou-se um movimento de inclinação à direita e guinada de nariz à esquerda;
- k) a guinada à esquerda acentuou-se;
- l) o esqui direito saiu do solo e a aeronave deslocou-se lateralmente para a direita;
- m) o esqui direito voltou a tocar o solo e a inclinação e guinada da aeronave se acentuaram;
- n) houve a colisão das pás do rotor principal contra o solo;
- o) ocorreu o seccionamento do cone de cauda, as pás do rotor principal ficaram dobradas e danificadas;
- p) não foi constatada nenhuma anormalidade na cadeia de comandos do cíclico, coletivo e pedais da aeronave, conforme parecer técnico;
- q) a aeronave teve danos substanciais; e
- r) os três ocupantes saíram ilesos.

### 3.2. Fatores contribuintes.

#### - **Aplicação dos comandos - indeterminado.**

É provável que tenha havido falta de antecipação na aplicação dos comandos para compensar o efeito do vento sobre a aeronave e o leve deslocamento do CG para a direita.

#### - **Atitude - contribuiu.**

A decisão de realizar a decolagem vertical em condições desfavoráveis, apesar das orientações expressas no manual da aeronave, denotou uma atitude desfavorável à segurança de voo. Essa inobservância dos procedimentos previstos acarretou em um gerenciamento inadequado dos riscos envolvidos na operação, o que contribuiu para a ocorrência em tela.

#### - **Julgamento de Pilotagem - contribuiu.**

O piloto julgou que poderia decolar com as condições meteorológicas que se apresentavam (direção e intensidade do vento) sem atender à recomendação de se decolar aproado com o vento, o que contribuiu para a ocorrência em tela.

#### - **Outro - Pressão autoimposta - indeterminado.**

A preocupação em concluir outras atividades no dia da ocorrência e a premência de tempo podem ter gerado no piloto uma condição de pressão autoimposta, a qual pode ter prejudicado sua tomada de decisão, levando-o a uma avaliação inadequada das condições adversas presentes no contexto.

**- Processo decisório - contribuiu.**

A decisão de realizar a decolagem vertical apesar das condições desfavoráveis presentes no contexto denotou uma inadequada avaliação dos riscos envolvidos na operação, o que contribuiu para a ocorrência.

#### **4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA**

*Medidas de caráter preventivo ou corretivo emitidas pelo CENIPA ou por um Elo-SIPAER para o seu respectivo âmbito de atuação, visando eliminar um perigo ou mitigar o risco decorrente de condição latente, ou de falha ativa, resultado da investigação de uma ocorrência aeronáutica, ou de uma ação de prevenção e que, em nenhum caso, dará lugar a uma presunção de culpa ou responsabilidade civil, penal ou administrativa.*

*Em consonância com a Lei nº 7.565/1986, as recomendações são emitidas unicamente em proveito da segurança de voo. Estas devem ser tratadas conforme estabelecido na NSCA 3-13 “Protocolos de Investigação de Ocorrências Aeronáuticas da Aviação Civil conduzidas pelo Estado Brasileiro”.*

**Recomendações emitidas no ato da publicação deste relatório.**

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

**A-078/CENIPA/2016 - 01**

**Emitida em: 16/05/2019**

Atuar junto ao Batalhão de Operações Aéreas do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (BOA/CBMSC), a fim de que este inclua em seu Programa de Treinamento Operacional (PTO) para pilotos do AS 350 B2 as recomendações contidas no Manual de Instrução THP AS 350 B2 da HELIBRAS, Rev. 2007, Seção 4 - Procedimentos Normais, item 4.10 - Operações em Condições Meteorológicas Extremas, no tocante à operação com vento forte.

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

Em 26ABR2016, foi realizada, nas dependências da EACAR em Piraquara, PR, uma reunião entre os integrantes da Comissão de Investigação e o Comandante do Batalhão de Operações Aéreas do CBMSC.

Naquela ocasião, apesar de ainda não estarem esclarecidos os fatores contribuintes da ocorrência, foram comentados procedimentos e cuidados especiais durante uma decolagem vertical no helicóptero AS 350B2 e ainda tratados os seguintes assuntos: voo pairado “IGE”, “LTE”, “anéis de vórtex” e “dynamic rollover”. Também foram discutidas algumas medidas preventivas relacionadas a este acidente.

Em, 16 de maio de 2019.

## ANEXO A

**OBSERVAÇÕES DO BEA SOBRE A MINUTA DE RELATÓRIO FINAL**

Abaixo, há uma lista de todos os comentários encaminhados pelo Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile (BEA), sobre o relatório preliminar do PR-YCB.

Comentários	Capítulo	Pag.	Texto a ser corrigido (primeira...última palavra)	Texto Proposto pelo BEA/ Argumentação	Comentários do CENIPA
1.	1	6	"Modelo AS350B2I	A AH/Helibras propõe substituir por "Modelo: AS350B2"	Modificado para AS 350 B2 de acordo com o Certificado de Aeronavegabilidade emitido pela ANAC.
2.	1.18	9 e 10	"O THP HELIBRAS ... o rotor começa a girar"	A AH/Helibras propõe a substituição por "O manual de voo do AS350B2 VEMD na Seção 4 - Procedimentos Normais, item 4.3 - Partida do motor, citado: ... com vento forte, aplique pouco cíclico na direção do vento".	O manual citado no Relatório refere-se à última versão em língua portuguesa disponível no acervo da HELIBRAS, representante oficial do fabricante no Brasil, na data do acidente. Por esse motivo, foi tomado como fonte de consulta pelo IIC. O conteúdo do manual citado e do manual sugerido não são conflitantes.
3.	1.18	10	"As CONSIDERAÇÕES DE SEGURANÇA ... o torque do rotor principal"	A AH/Helibras requer a remoção desta frase. Veja a explicação abaixo.	Aceito
4.	2	11	"Como o helicóptero ... Perda da eficácia do rotor de cauda (LTE)."	A AH/Helibras requer a remoção dessa frase por não ser exata. Pairar com o vento de qualquer direção foi demonstrado em todo o envelope de voo até ventos de 17kt, embora isso não deva ser considerado um limite. Por exemplo, pairar ao nível do mar no peso máximo, para todas as posições de CG, foi demonstrado até 30kt. (Veja o manual do AS350B2 Flight, Seção 5, §2.2, "envelope do vento no pairado"). Para informação, o §2.2 foi esquecido no manual do AS350B2 VEMD Flight, mas será introduzido na próxima revisão.	O texto referente à LTE, extraído da publicação: "CONSIDERAÇÕES DE SEGURANÇA", da Equipe Europeia de Segurança de Helicópteros (EHEST), Capítulo 3 - Perda da Eficácia do Rotor de Cauda (LTE), foi retirado, uma vez que se descartou a possibilidade de LTE nesse acidente. No entanto, a Comissão decidiu manter, com o intuito didático, uma explicação sobre a LTE constante do MCA 3-6. Ressalta-se que, na análise, a possibilidade de LTE foi descartada.

Comentários	Capítulo	Pag.	Texto a ser corrigido (primeira...última palavra)	Texto Proposto pelo BEA/ Argumentação	Comentários do CENIPA
5.	2	11	"É possível afirmar a partir de ... Com nenhuma outra possibilidade de controlar o voo"	A AH/Helibras requer a remoção dessa frase por não ser exata. Pairar com o vento de qualquer direção foi demonstrado em todo o envelope de voo até ventos de 17kt, embora isso não deva ser considerado um limite. Por exemplo, pairar ao nível do mar no peso máximo, para todas as posições de CG, foi demonstrado até 30kt. (Veja o manual do AS350B2 Flight, Seção 5, §2.2, "envelope do vento no pairado"). Para informação, o §2.2 foi esquecido no manual do AS350B2 VEMD Flight, mas será introduzido na próxima revisão.	Aceito.
6.	4	13	"Agindo em conjunto ... em relação à operação com vento forte."	A AH/Helibras propõe substituir "Atuando em conjunto com o Batalhão de Operações Aéreas do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (BOA/CBMSC), a fim de incluir em seu Programa de Treinamento Operacional (PTO) para pilotos AS-350B2, as recomendações contidas no o Manual de Voo AS-350B2 VEMD, Seção 4 - Procedimentos Normais, item 4.3 - Partida do motor, quanto à operação com vento forte."	O manual citado no Relatório refere-se a última versão em língua portuguesa disponível no acervo da HELIBRAS, representante oficial do fabricante no Brasil, na data do acidente. Por esse motivo, foi tomado como fonte de consulta pelo IIC. O conteúdo do manual citado e do manual sugerido não são conflitantes.

Comentários	Capítulo	Pag.	Texto a ser corrigido (primeira...última palavra)	Texto Proposto pelo BEA/ Argumentação	Comentários do CENIPA
7.	Geral			<p>Para a AH, o termo "LTE", conforme descrito pelo EHEST, não deve ser usado por estar muito confuso e deve ser substituído por "guinada não antecipada". O fenômeno descrito pelo CENIPA pode, teoricamente ocorrer, mas com uma condição de vento muito específica e com um alcance angular muito limitado. Nesse caso, o efeito seria apenas um simples tranco ou empurrão da aeronave, mas nunca uma perda completa da eficácia/desempenho do rotor de cauda. Na verdade, este simples tranco ou empurrão da aeronave a levaria a sair do fenômeno. O piloto de teste de voo da AH e especialista em aerodinâmica declarou que as condições do acidente não eram favoráveis para o fenômeno (velocidade do vento muito baixa e direção do vento não compatível). Além disso, nenhum tranco ou empurrão foi observado no vídeo. A sequência observada no vídeo foi primeiramente a falha em manter o pairado da aeronave durante a decolagem (e contrariar o rolamento da aeronave pois o disco do rotor principal permanece perpendicular ao mastro). E segundo, a falha em comandar pedais em relação ao uso do coletivo que é aplicado para decolar, a fim de evitar o rolamento dinâmico.</p>	<p>Os comentários foram aceitos e toda a referência ao LTE no RF permaneceu apenas como didática. A análise descarta a ocorrência desse fenômeno na ocorrência.</p>