

COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



RELATÓRIO FINAL
IG-114/CENIPA/2016

OCORRÊNCIA:	INCIDENTE GRAVE
AERONAVE:	PP-EJK
MODELO:	AS 350 B2
DATA:	31AGO2016



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 Final foi disponibilizado à ANAC e ao DECEA para que as análises técnico-científicas desta investigação sejam utilizadas como fonte de dados e informações, objetivando a identificação de perigos e avaliação de riscos, conforme disposto no Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil (PSO-BR).

Este relatório não recorre a quaisquer procedimentos de prova para apuração de responsabilidade no âmbito administrativo, civil ou criminal; estando em conformidade com o Appendix 2 do Anexo 13 "Protection of Accident and Incident Investigation Records" 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.

Conseqüentemente, 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 incidente grave com a aeronave PP-EJK, modelo AS350B2, ocorrido em 31AGO2016, classificado como “[LOC-I] Perda de controle em voo e [LALT] Operação a baixa altitude”.

Durante um voo de treinamento de combate a incêndio, quando do abastecimento do *Bambi Bucket*, a aeronave perdeu sustentação e afundou abruptamente até colidir com o rotor de cauda contra a superfície da lagoa.

A aeronave teve danos substanciais.

Os tripulantes não sofreram lesões.

Houve a 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

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS	5
1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....	6
1.1. Histórico do voo.....	6
1.2. Lesões às pessoas.....	6
1.3. Danos à aeronave.	6
1.4. Outros danos.....	7
1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.....	7
1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.....	7
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.....	8
1.9. Comunicações.....	8
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.....	8
1.18. Informações operacionais.....	9
1.19. Informações adicionais.....	9
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	13
2. ANÁLISE.....	13
3. CONCLUSÕES.....	15
3.1. Fatos.....	15
3.2. Fatores contribuintes.....	15
4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA	16
5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....	16

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

ADE	Categoria de Registro Administração Direta Estadual
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
BKN	<i>Broken (5-7 oktas) - Nublado (5 a 7 oitavos)</i>
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CIV	Caderneta Individual de Voo
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
HMNT	Habilitação de Classe Helicóptero Monomotor a Turbina
IFRH	Habilitação de Voo por Instrumentos – Helicóptero
MCA	Manual do Comando da Aeronáutica
METAR	<i>Meteorological Aerodrome Report - reporte meteorológico de aeródromo</i>
NSCA	Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica
OEE	Operador de Equipamentos Especiais
OGE	<i>Out Ground Effect - fora do efeito solo</i>
OM	Organização de Manutenção
PCH	Licença de Piloto Comercial – Helicóptero
PIC	<i>Pilot in Command - piloto em comando</i>
PPH	Licença de Piloto Privado – Helicóptero
RBAC	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
RBHA	Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica
SBBH	Designativo de localidade - Aeródromo da Pampulha - Carlos Drummond de Andrade, Belo Horizonte, MG
SERIPA III	Terceiro Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SJLY	Designativo de localidade - Helicentro BH, Nova Lima, MG
SN	<i>Serial Number - número de série</i>
UTC	<i>Universal Time Coordinated - Tempo Universal Coordenado</i>
VI	<i>Indicated Air Speed - Velocidade Indicada</i>
VRS	<i>Vortex Ring State - condição de anéis de vórtice</i>

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	Modelo: AS 350 B2 Matrícula: PP-EJK Fabricante: HELIBRAS	Operador: Polícia Militar do Estado de Minas Gerais
Ocorrência	Data/hora: 31AGO2016 - 17:40 (UTC) Local: Lagoa dos Ingleses Lat. 20°10'05"S Long. 043°53'36"W Município - UF: Nova Lima - MG	Tipo(s): LOC-I] Perda de controle em Voo e [LATL] Operação a baixa altitude Subtipo(s): NIL

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Aeródromo da Pampulha - Carlos Drummond de Andrade (SBBH), Belo Horizonte, MG, por volta das 17h25min (UTC), a fim de realizar um voo local de treinamento de combate a incêndio com o equipamento *Bambi Bucket*, com dois tripulantes a bordo, sendo um deles o Piloto em Comando (PIC) e o outro um Operador de Equipamentos Especiais (OEE).

Com cerca de quinze minutos de voo, durante o abastecimento do *Bambi Bucket*, a aeronave perdeu sustentação e afundou abruptamente até colidir com o rotor de cauda contra a superfície da lagoa. Após o impacto, o PIC conseguiu recuperar o controle da aeronave e efetuou o pouso no Helicentro BH (SJLY), Nova Lima, MG.

A aeronave teve danos substanciais. Os dois tripulantes saíram ilesos.

1.2. Lesões às pessoas.

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

1.3. Danos à aeronave.

A aeronave teve danos substanciais na caixa de transmissão, no eixo de comando traseiro e no conjunto do rotor de cauda devido ao impacto contra a superfície da lagoa (Figura 1).

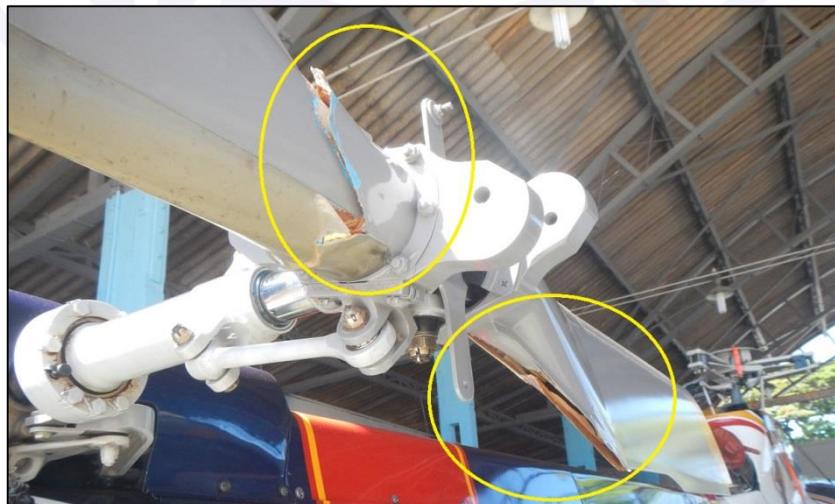


Figura 1- Detalhe dos danos ao conjunto do rotor de cauda.

1.4. Outros danos.

Não houve.

1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.**1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.**

Horas Voadas	
Discriminação	Piloto
Totais	1.155:00
Totais, nos últimos 30 dias	10:00
Totais, nas últimas 24 horas	05:00
Neste tipo de aeronave	1.145:00
Neste tipo, nos últimos 30 dias	10:00
Neste tipo, nas últimas 24 horas	05:00

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

1.5.2. Formação.

O PIC realizou o curso de Piloto Privado - Helicóptero (PPH) na Companhia de Radiopatrulhamento Aéreo, MG, em 2005.

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

O PIC possuía a licença de Piloto Comercial - Helicóptero (PCH) e estava com as habilitações de Classe Helicóptero Monomotor a Turbina (HMNT), H350 e de Voo por Instrumentos - Helicóptero (IFRH) válidas.

1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

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

1.5.5. Validade da inspeção de saúde.

O piloto estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido.

O CMA do Operador de Equipamentos Especiais (OEE) estava vencido desde o dia 17JUL2016.

1.6. Informações acerca da aeronave.

A aeronave, de número de série (SN) AS2963, foi fabricada pela HELIBRAS, em 1997, e estava inscrita na Categoria de Registro Administração Direta Estadual (ADE).

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

As cadernetas de célula e motor estavam com as escriturações atualizadas.

A última inspeção maior da aeronave, do tipo "5.000 horas/72 meses", foi realizada em 19AGO2016 pela Organização de Manutenção (OM) Claro Aviação, em Belo Horizonte, MG, estando com 19 horas e 40 minutos voados após a inspeção.

1.7. Informações meteorológicas.

Os *Meteorological Aerodrome Report* (METAR - reporte meteorológico de aeródromo) de SBBH, distante aproximadamente 9 milhas náuticas do local do acidente traziam as seguintes informações:

METAR SBBH 311700Z 03006KT 9999 BKN035 31/11 Q1017 =

METAR SBBH 311800Z 03006KT 9999 BKN035 25/15 Q1017 =

Verificou-se que as condições eram favoráveis ao voo visual com visibilidade acima de 10 km, nublado com teto de 3.500 ft. O vento tinha a direção de 030° com intensidade de 06 kt.

1.8. Auxílios à navegação.

Nada a relatar.

1.9. Comunicações.

Nada a relatar.

1.10. Informações acerca do aeródromo.

A ocorrência se deu fora de aeródromo.

1.11. Gravadores de voo.

Não requeridos e não instalados.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

O impacto ocorreu na Lagoa dos Ingleses, localizada no município de Nova Lima, MG. Após a aeronave perder altitude abruptamente, o rotor de cauda tocou na superfície da água e causou danos substanciais na aeronave.

O piloto conseguiu recuperar o controle do helicóptero e seguir para SJLY.

1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.

1.13.1. Aspectos médicos.

Não houve evidência de que ponderações de ordem fisiológica ou de incapacitação tenham afetado o desempenho dos tripulantes.

1.13.2. Informações ergonômicas.

Nada a relatar.

1.13.3. Aspectos Psicológicos.

Não houve evidência de que questões de ordem psicológica ou de incapacitação tenham afetado o desempenho dos tripulantes.

1.14. Informações acerca de fogo.

Não houve fogo.

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

Nada a relatar.

1.16. Exames, testes e pesquisas.

Nada a relatar.

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

Na data da ocorrência, as operações aéreas de Segurança Pública atendiam os requisitos estabelecidos na Subparte K do Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) nº 91, sendo que, a respeito dos treinamentos, a seção 91.959 estabelecia que:

[...]

(d) É responsabilidade do Órgão estabelecer os padrões mínimos de treinamento das tripulações no que diz respeito às operações de segurança pública e/ou de defesa civil especificadas no parágrafo 91.953(b) deste regulamento.

[...]

A partir de 12ABR2019, com a publicação do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 90, intitulado “Requisitos para operações especiais de aviação pública”, foram estabelecidos, na Subparte BB, os requisitos necessários de treinamento especial para operação aérea de helicóptero com carga externa das Unidades Aéreas Públicas.

1.18. Informações operacionais.

A aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento especificados pelo fabricante.

A missão consistia em um voo de treinamento anual de combate a incêndios com emprego do equipamento *Bambi Bucket*. Esses voos ocorriam anualmente, antes do início do período de combate a incêndio.

O último voo desse tipo foi realizado no final do período de queimadas do ano anterior, mais precisamente em outubro de 2015 (10 meses antes do incidente grave).

Inicialmente, a aeronave decolou de SBBH com destino à cidade de Nova Lima, MG, onde foram realizados os testes do *Bambi Bucket* e voos de reconhecimento, a fim de localizar uma linha de fogo para treinamento.

Seriam realizadas quatro saídas para o combate ao incêndio, que consistiam em captar água na Lagoa dos Ingleses, voo em rota e dispersão de água sobre o fogo. No quarto abastecimento, o PIC reportou que, após manter a aeronave em voo pairado, iniciou a descida com referências visuais e auxiliado pelo OEE o qual, segundo a doutrina do operador, deveria auxiliar o piloto na aproximação indicando a distância até a água.

Segundo o piloto, a descida foi executada sobre a superfície da lagoa, com carga externa (*Bambi Bucket*), sem deslocamento horizontal.

Em determinado momento, a aeronave iniciou uma descida abrupta, estimada pelos tripulantes em 20 metros, com conseqüente impacto do rotor de cauda na superfície da água. Embora a aeronave tenha apresentado vibrações anormais em decorrência dos danos no rotor de cauda, o piloto conseguiu retomar o controle e realizar o pouso no Helicentro BH, distante um minuto de voo.

O piloto relatou que não observou nenhuma luz de emergência acender na aeronave. A superfície d'água da lagoa estava calma e sem turbilhonamentos, dessa forma a lagoa apresentava um grande espelho d'água.

O piloto reportou ainda que, após perceber a perda excessiva de altitude, aplicou coletivo no máximo para cima e colocou o cíclico à frente, o que não evitou o contato do helicóptero com a água.

1.19. Informações adicionais.

Em 07FEV 2011, a *Eurocopter An EADS Company* havia publicado a *Safety Information Notice* N° 2335-S-00 que, entre outros temas, abordava a questão do *Vortex Ring State* (VRS - condição de anéis de vórtice) ou estol de vórtice.

O documento destacava que o VRS era uma condição de voo com potência no qual o helicóptero "perdia" seu próprio fluxo de rotor. Como resultado, a razão de descida aumentava rapidamente, cerca de três vezes superior a anterior, para uma mesma potência do motor.

O VRS poderia ocorrer em caso de descida com potência em velocidade inferior a 30 kt e com uma razão de descida próxima da "velocidade de deflexão" do rotor principal. A velocidade de deflexão ou velocidade induzida era definida como a velocidade do fluxo de ar aspirado através do disco rotor.

Para um helicóptero de duas pás, com diâmetro de rotor de 11 metros e peso de 1.000 kg, a velocidade induzida era de 6,5 m/s (1.300 ft/min).

Portanto, embora o VRS dependesse do tipo de helicóptero e de seu peso, a razão de descida era geralmente considerada como perigosa quando excedia 500 ft/min.

Dentre os efeitos causados pelo estol de vórtice destacavam-se os seguintes:

- vibrações quando os vórtices deixam as extremidades das pás;
- comandos de arfagem e de rolagem menos suaves por causa do fluxo de ar instável que modifica constantemente o impulso e o momento do comando;
- flutuações na demanda de potência resultantes do fato de que modificações importantes do arrasto provocam variações no empuxo; e
- razão de descida anormalmente elevada quando o vórtice está em desenvolvimento e pode exceder 3.000 ft/min.

Sobre isso, o Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 3-6 - Manual de Investigação do SIPAER, de 2017, ressaltava que estol de vórtice era a fase do voo descendente caracterizada pelo escoamento de ar instável através das pás do rotor.

Ocorria quando o helicóptero estava em velocidade inferior à de sustentação translacional, com razão de descida igual a aproximadamente $\frac{1}{4}$ da velocidade do *downwash* e comando de passo coletivo parcialmente aplicado.

Os efeitos do vórtice atingiam seu pico quando a razão de descida alcançava valores aproximadamente iguais a $\frac{3}{4}$ da velocidade induzida, provocando fortes vibrações e oscilações não comandadas de *pitch* e *roll*, podendo chegar à perda de controle da aeronave (Figura 2).

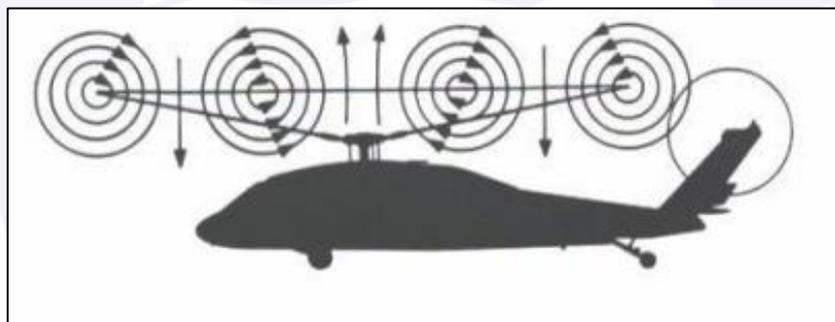


Figura 2 - Estado de anéis de vórtice. Fonte: MCA 3-6.

A recuperação do controle do helicóptero, segundo a *Safety Information Notice* N° 2335-S-00, poderia ser feita agindo sobre o cíclico e/ou coletivo. No entanto, de acordo com o sistema de rotor, uma ação somente no cíclico poderia ser insuficiente para modificar a atitude do helicóptero e aumentar a velocidade. Assim, para recuperar o controle do helicóptero, o coletivo deveria ser reduzido para o passo mínimo. Contudo, a perda de altura durante a recuperação do controle pela redução do passo coletivo era superior à perda correspondente de altura pela ação no cíclico, devido ao fato de a razão de descida em autorrotação com baixa velocidade ser muito alta.

Portanto, prosseguia a *Safety Information Notice*, as ações de recuperação do controle seguintes deveriam ser executadas ainda nos estágios iniciais do evento para minimizar a perda de altura, a saber:

- deslocar o cíclico efetivamente à frente para obter uma atitude de aceleração e aumentar a velocidade;

- recuperar o controle do helicóptero quando a velocidade indicada (VI) atingir a 40 kt; e
- se a velocidade não aumentar, diminuir o coletivo para entrar em autorrotação e depois deslocar o manche cíclico à frente, como necessário para aumentar a velocidade.

Basicamente, essas manobras, chamadas pelo fabricante de “técnicas clássicas”, recomendavam que, para escapar do VRS, o coletivo deveria ser abaixado (se necessário) e o cíclico movido à frente para sair da coluna de ar turbilhonado.

Pelo fato de as ações de recuperação do controle resultarem em perda de altura considerável, seria imperativo evitar o VRS, especialmente, quando próximo ao solo. Assim, deveria ser evitada uma razão de descida superior a 500 ft/min para uma velocidade inferior a 30 kt em voo com potência.

A publicação que algumas operações deveriam ser executadas com extrema cautela, entre as quais destacavam-se o voo pairado fora do efeito solo e a aproximação com vento de cauda.

Alguns anos após essa publicação, a *Airbus Helicopters* difundiu, em 02ABR2020, a *Safety Information Notice* N°3463-S-0. Nessa oportunidade, alertou-se que a entrada no VRS poderia ser iniciada com flutuações no empuxo do rotor e aumento dos níveis de vibração, continuando com uma sensação de leveza no assento que, caso nenhuma ação imediata fosse tomada pelo piloto, o VRS rapidamente se tornaria uma situação perigosa, especialmente quando o helicóptero se encontrasse próximo da superfície.

Nessa condição, a aeronave poderia experimentar razões de descida extremamente elevadas, ao mesmo tempo que perderia a efetividade no comando do cíclico e de guinada. Sem uma adequada aplicação de comandos no tempo necessário para a recuperação, o VRS geralmente evoluiria para um acidente. Um estol de vórtice totalmente desenvolvido se revela extremamente perigoso e muitas vezes fatal.

Nessa mesma publicação foi apresentada a “*Vuichard Recovery Technique*”. Esse método, em adição às “técnicas clássicas” publicadas na *Safety Information Notice* N° 2335-S-00, recomendava o emprego do coletivo, ao mesmo tempo em que era aplicado um comando lateral do cíclico, mantendo-se o controle de direção com os pedais. Assim, esse procedimento foi projetado para possibilitar a saída do VRS, por intermédio de um movimento lateral do helicóptero.

Em que pese o documento não especificar para qual lado escapar, no caso do AS 350, seria recomendável comandar o cíclico para o lado da pá que avança, ou seja, para a esquerda. Nessa condição, a manutenção do voo coordenado seria feita com aplicação do pedal direito.

Entretanto, o documento prosseguia afirmando que, em voo, caso o piloto não tenha reconhecido os alertas antecipados e esteja efetivamente vivenciando um estol de vórtice, as “técnicas clássicas” eram as eficazes para viabilizar a recuperação.

Por sua vez, a “*Vuichard Recovery Technique*” poderia ser aplicada no caso de VRS totalmente desenvolvido em condições operacionais específicas como uma aproximação final com vento de cauda ou com o helicóptero de frente a um obstáculo em voo.

O documento ainda alertava que as técnicas reconhecidas para recuperação de um VRS não deveriam ser treinadas em voo, devendo ser praticadas, sem risco, em um simulador de voo, caso este tenha capacidade para tal.

O treinamento em voo deveria se concentrar somente no reconhecimento dos primeiros sinais e as ações iniciais para evitar a entrada em um estol de vórtice, ou seja: “Reconhecer e Evitar”.

Consequentemente, alertava a *Airbus Helicopters*, a detecção precoce e a prevenção do VRS eram consideradas fundamentais. Os pilotos deveriam entender a importância da recuperação precoce e serem treinados para detectar um VRS em seu estágio inicial, reconhecendo os primeiros sinais de alerta.

Basicamente, os sintomas sentidos pela tripulação eram aumento da vibração, movimentos de *pitch* e *roll* e o aumento da razão de descida, mesmo com aplicação de coletivo para cima.

Por ocasião do Relatório Final A-060/CENIPA/2014 do acidente ocorrido com o PP-SSP este tema já havia sido abordado. Na oportunidade, foram destacadas algumas situações que poderiam levar ao desenvolvimento do estol de vórtice e por isso deveriam ser evitadas:

- descidas com potência aplicada, baixa velocidade e alta razão

A razão de descida necessária para o advento desta condição difere entre os diversos tipos de helicóptero, entretanto ela é geralmente superior a 500 ft/min com pouca ou nenhuma velocidade à frente. Essa situação é agravada e fica mais perigosa com o helicóptero pesado, em um dia quente devido a maior necessidade de potência para manter o pairado.

- manobras e aproximações com vento de cauda

De maneira geral, manobras com vento de cauda sempre serão críticas, ainda mais as aproximações. Em aproximações desse tipo, o fluxo de ar turbilhonado, que ficaria para trás numa aproximação normal, seria jogado novamente em direção ao helicóptero, fazendo a aeronave ingressar no próprio *downwash* e provocando o estol de vórtice.

- paradas rápidas

Quando um helicóptero faz um *flare* agressivo em uma parada brusca, com o disco rotor bem inclinado para trás, o fluxo de ar horizontal passa a vir da parte de baixo do disco rotor devido à direção do deslocamento e à própria atitude da aeronave. Se uma razão de descida for iniciada nessa situação, o deslocamento do fluxo de ar verticaliza ainda mais e a aeronave acaba adentrando mais uma vez na zona do próprio *downwash*.

- recuperação de autorrotação em treinamento

A recuperação de uma autorrotação em que há a aplicação de potência antes do nivelamento da aeronave, no *flare*, é similar à situação da parada rápida na reta, citada anteriormente. É importante considerar que isto não aconteceria em uma situação real de autorrotação (com os motores cortados), pois, em razão da falta de potência, com a aplicação de coletivo não haveria a indução do fluxo de ar no sentido de deslocamento da aeronave.

Além disso, a tentativa de pairar fora do efeito solo acima do teto de pairado *Out Ground Effect* (OGE - fora do efeito solo) e manter esse pairado sem controlar efetivamente a altitude se constituía em fator que concorria para a ocorrência do estol de vórtice.

Em 07JUN2002, a *Airbus Helicopters* também publicou a *Safety Information Notice* N°3349-S-25, na qual informava que, recentemente, havia participado de várias investigações sobre acidentes e incidentes graves durante operações de combate a incêndio envolvendo helicópteros equipados com sistemas suspensos do tipo *Bucket*

Sobre o assunto, a empresa teceu uma série de orientações da instalação do equipamento, destacando assim a importância do cumprimento das recomendações constantes no Manual de Operações do fabricante *Bucket*.

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

Tratava-se de um voo local de treinamento de combate a incêndio com emprego do equipamento *Bambi Bucket*.

De acordo com as informações disponíveis, não houve indícios de contribuição dos sistemas da aeronave para a ocorrência. As escriturações das cadernetas de célula e motores estavam atualizadas.

Verificou-se que as condições eram favoráveis ao voo visual com visibilidade acima de 10 km, com teto de 3.500 ft. O vento tinha a direção de 030° com intensidade de 06 kt.

A superfície d'água da lagoa estava calma e sem turbilhonamentos, formando um grande espelho d'água.

Esse tipo de operação ocorria, anualmente, antes do início do período de combate a incêndio.

Na época do incidente grave, as operações aéreas de Segurança Pública atendiam aos requisitos estabelecidos na Subparte K do RBHA 91, sendo que era responsabilidade do Órgão de Segurança Pública estabelecer os padrões mínimos de treinamento das tripulações.

Apesar de estarem qualificados e possuírem experiência no tipo de voo, fazia cerca de dez meses que os tripulantes não realizavam esse tipo de operação. Dessa forma, infere-se que pode ter ocorrido uma inadequação no planejamento realizado pela organização, sobretudo no tocante à periodicidade dos treinamentos e o seu gerenciamento de risco.

O CMA do OEE estava vencido. Em que pese não haver evidências de contribuição do aspecto médico, esse tripulante deixou de realizar uma série de exames que atestassem que suas condições de saúde não apresentariam qualquer risco à segurança de voo.

Com relação ao voo em tela, esse era o quarto abastecimento sobre a lagoa, tendo o PIC reportado que, após manter a aeronave em voo pairado, iniciou a descida com referências visuais e auxiliado pelo OEE, o qual, segundo a doutrina do operador, deveria auxiliar o piloto na aproximação, indicando a distância até a água.

O PIC relatou que executou essa descida com a carga externa (*Bambi Bucket*) e sem deslocamento horizontal sobre a superfície da lagoa. Nessa condição, houve um incremento abrupto e sem controle da razão de descida da aeronave. Como consequência, sucedeu o impacto do rotor de cauda na superfície da água. Embora a aeronave tenha apresentado vibrações anormais decorrentes dos danos no rotor de cauda, o piloto conseguiu retomar o controle e realizar o pouso no Helicentro BH.

Pela descrição do PIC, todos os indícios apontam para a ocorrência de um estol de vórtice, visto que o PP-EJK, na tentativa de executar um pairado fora do efeito solo com carga externa, iniciou uma descida na vertical com razão superior a 500 ft/min, sem controle efetivo, com nenhuma ou pouca velocidade à frente (inferior a 30 kt).

Aliado a isso, o emprego elevado da potência do motor, sem sustentar a efetiva manutenção da altura, ocasionando o toque do rotor de cauda na superfície da lagoa, também se revelou como evidência do estol de vórtice.

Sobre esses indícios, a *Safety Information Notice* N° 2335-S-00 alertava que, em uma situação de VRS, a razão de descida aumentaria rapidamente, cerca de três vezes superior a anterior, para uma mesma potência do motor. Dessa forma, as medidas corretivas deveriam ser executadas no início do evento para minimizar a perda de altura. Para tanto, segundo a *Safety Information Notice*, as ações de recuperação do controle poderiam ser feitas agindo sobre o cíclico e/ou coletivo.

Nessa perspectiva, o relato do PIC indicou que uma das ações por ele implementadas para minimizar o efeito do estol de vórtice e recuperar o controle do helicóptero divergia do preconizado no *Safety Information Notice*. De acordo com o documento, as ações de recuperação do controle deveriam ser executadas nos estágios iniciais do evento para minimizar a perda de altura.

Basicamente, essas manobras, chamadas pelo fabricante de “técnicas clássicas”, recomendavam que, para escapar do VRS, o coletivo deveria ser abaixado (se necessário) e o cíclico movido à frente para sair da coluna de ar turbilhonado.

Sendo assim, com base nos relatos, não houve uma eficaz compreensão dos indicativos do estol de vórtice, pois o PIC reportou que, após perceber a perda excessiva de altitude, aplicou potência máxima no coletivo e colocou o cíclico à frente, os quais não evitaram o contato do helicóptero com a água.

É importante destacar que o movimento de cíclico para frente com o emprego da potência, por meio do coletivo, causou o efeito contrário ao esperado, pois isso aumentou a área “estolada” na seção interna do disco rotor, incrementando também a razão de descida da aeronave.

No caso do método *Vuichard Recovery Technique*, que recomendava o emprego do coletivo, esse comando somente era aplicado juntamente com comando lateral do cíclico, mantendo-se o controle da direção com o uso dos pedais.

Assim, segundo a *Airbus Helicopters*, essa técnica só poderia ser aplicada, no caso de VRS totalmente desenvolvido em condições operacionais específicas como uma aproximação final com vento de cauda ou com o helicóptero de frente a um obstáculo em voo, o que não era o caso dessa ocorrência.

Na conjuntura em tela, o emprego das “técnicas clássicas” seria mais eficaz para a viabilizar recuperação. Sob nenhuma hipótese, deveria haver a combinação da aplicação de potência com o movimento do cíclico à frente. Assim, sem a adequada aplicação de comandos e tempo suficiente para a recuperação, o VRS evoluiu para este incidente grave, que ocasionou danos à aeronave.

Como a tentativa de recuperação pode gerar uma grande perda de altura, a movimentação do cíclico à frente para acelerar a aeronave, sem baixar o coletivo, ocasionaria uma menor perda de altura. Assim, essa era a alternativa mais indicada para a recuperação da condição vivenciada.

Por conseguinte, a detecção precoce dos sinais do VRS e a sua prevenção devem ser considerados como critérios críticos para uma operação segura. Assim sendo, os pilotos devem entender a importância da recuperação precoce e serem treinados para detectar o VRS em seu estágio inicial, reconhecendo os primeiros sinais de alerta.

Para tanto, as técnicas reconhecidas para recuperação de um VRS devem ser praticadas, sem risco, em um simulador de voo, caso este tenha capacidade para tal. O treinamento em voo deveria se concentrar somente no reconhecimento dos primeiros

sinais e das ações iniciais para evitar a entrada em um estol de vórtice, ou seja: “Reconhecer e Evitar”.

3. CONCLUSÕES.

3.1. Fatos.

- a) o piloto estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido;
- b) o OEE estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) vencido desde 17JUL2016;
- c) o piloto estava qualificado e possuía experiência no tipo de voo;
- d) a última operação deste tipo havia sido realizada no final do período de queimadas do ano anterior;
- e) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido;
- f) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- g) as escriturações das cadernetas de célula e motores estavam atualizadas;
- h) as condições meteorológicas eram propícias à realização do voo;
- i) durante o abastecimento do *Bambi Bucket*, a aeronave iniciou uma descida abrupta e sem controle, estimada pelos tripulantes em 20 metros;
- j) após perceber a perda excessiva de altitude, o PIC aplicou coletivo no máximo para cima e colocou o cíclico à frente, o que não evitou o contato do helicóptero com a água;
- k) a aeronave teve danos substanciais; e
- l) os tripulantes não sofreram lesões.

3.2. Fatores contribuintes.

- **Aplicação dos comandos - contribuiu.**

Houve a aplicação de coletivo máximo após o incremento abrupto na razão de descida. Essa aplicação de potência, por meio do uso do coletivo, resultou no efeito contrário ao desejado, aumentando a área “estolada” na seção interna do disco rotor.

- **Capacitação e treinamento - indeterminado.**

Em razão da provável falta de treinamento específico para identificação dos sinais compatíveis com o estol de vórtice e do conhecimento teórico das técnicas recomendadas para a recuperação de um VRS, os comandos não foram aplicados de forma efetiva para recuperar o helicóptero.

- **Percepção - contribuiu.**

Houve dificuldades para se reconhecer e compreender os sinais característicos de que o helicóptero estava sob uma condição que levaria ao estol de vórtice.

- **Planejamento gerencial - indeterminado.**

Inferiu-se que pode ter ocorrido uma inadequação no planejamento realizado pela organização, sobretudo no tocante à periodicidade dos treinamentos e ao gerenciamento de risco.

- **Processo decisório – contribuiu.**

O PIC apresentou dificuldades para perceber e escolher as ações recomendadas para agir adequadamente em relação à condição de estol de vórtice.

Dessa forma, a decisão de tentar recuperar o controle da aeronave por meio da aplicação de potência mostrou-se ineficaz, contribuindo para a colisão da aeronave contra a superfície do lago.

4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

Proposta de uma autoridade de investigação de acidentes com base em informações derivadas de uma investigação, feita com a intenção de prevenir ocorrências aeronáuticas e que em nenhum caso tem como objetivo criar uma presunção de culpa ou responsabilidade.

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”.

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

IG-114/CENIPA/2016 - 01

Emitida em: 23/03/2023

Divulgar os ensinamentos colhidos na presente investigação às Unidades Aéreas Públicas que operam segundo as regras do RBAC 90, a fim de complementar as orientações contidas no treinamento especial para operação aérea de helicóptero com carga externa, em especial sobre a necessidade de reconhecer os primeiros sinais e as ações iniciais a serem adotadas para evitar a ocorrência de um estol de vórtice.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.

Nada a relatar.

Em, 23 de março de 2023.