

COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



RELATÓRIO FINAL
IG-071/CENIPA/2020

OCORRÊNCIA:	INCIDENTE GRAVE
AERONAVE:	PR-FPM
MODELO:	EC-120B
DATA:	27MAIO2020



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.

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 incidente grave com a aeronave PR-FPM, modelo EC-120B, ocorrido em 27MAIO2020, classificado como “[LOC-I] Perda de controle em voo”.

Durante um voo de um voo de traslado entre um heliponto, localizado na sede da Superintendência da Polícia Rodoviária Federal e o Aeródromo de Jacarepaguá - Roberto Marinho (SBJR), Rio de Janeiro, RJ, ao se aproximar da posição M2 do pátio de estacionamento, o helicóptero girou rapidamente à direita e, em seguida, tocou o solo abruptamente.

A aeronave teve danos leves.

Os pilotos e os passageiros saíram ilesos.

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.....	6
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.....	9
1.18. Informações operacionais.....	9
1.19. Informações adicionais.....	9
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	15
2. ANÁLISE.....	15
3. CONCLUSÕES.....	19
3.1. Fatos.....	19
3.2. Fatores contribuintes.....	20
4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA	20
5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....	20

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

AC	<i>Advisory Circular</i>
ADF	Categoria de Registro de Aeronave - Administração Direta Federal
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
BEA	<i>Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile</i>
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CG	Centro de Gravidade
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CIMAER	Centro Integrado de Meteorologia Aeronáutica
DOA	Divisão de Operações Aéreas
EHST	<i>European Helicopter Safety Team</i>
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
HMNT	Habilitação de Classe de Helicóptero Monomotor a Turbina
IAM	Inspeção Anual de Manutenção
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LTE	<i>Loss of Tail Rotor Effectiveness - Perda de Efetividade do Rotor de Cauda</i>
PIC	Piloto em Comando
PCH	Licença de Piloto Comercial - Helicóptero
RBAC	Regulamento Brasileiro de Aviação Civil
SBJR	Designativo de localidade - Aeródromo de Jacarepaguá - Roberto Marinho, Rio de Janeiro, RJ
SERIPA III	Terceiro Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SIC	Segundo em Comando
SIN	<i>Safety Information Notice</i>
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SN	<i>Serial Number</i> - Número de Série
SPECI	<i>Aerodrome Special Meteorological Reports</i> - Informe Meteorológico Especial de Aeródromo
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> - Tempo Universal Coordenado
VFR	<i>Visual Flight Rules</i> - Regras de Voo Visual

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	Modelo: EC-120B Matrícula: PR-FPM Fabricante: Eurocopter France	Operador: Departamento de Polícia Rodoviária Federal
Ocorrência	Data/hora: 27MAIO2020 - 15:16 (UTC) Local: Aeródromo de Jacarepaguá (SBJR) Lat. 22°59'15"S Long. 043°22'12"W Município - UF: Rio de Janeiro - RJ	Tipo(s): [LOC-I] Perda de Controle em Voo Subtipo(s): NIL

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do heliponto da sede da Superintendência da Polícia Rodoviária Federal, Rio de Janeiro, RJ, com destino ao Aeródromo de Jacarepaguá - Roberto Marinho (SBJR), Rio de Janeiro, RJ, às 15h01min (UTC), para um voo de traslado, com quatro tripulantes a bordo.

Ao se aproximar da posição M2 do pátio de estacionamento de SBJR, a aeronave girou rapidamente à direita e, em seguida, tocou o solo abruptamente.

A aeronave teve danos leves restritos aos esquis.



Figura 1 - Vista dos danos na parte traseira do lado esquerdo do esqui.

Os quatro tripulantes saíram ilesos.

1.2. Lesões às pessoas.

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	-	-	-
Graves	-	-	-
Leves	-	-	-
Ilesos	4	-	-

1.3. Danos à aeronave.

A aeronave teve danos leves.

1.4. Outros danos.

Não houve.

1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.

1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.

Horas Voadas		
Discriminação	PIC	SIC
Totais	1.777:17	432:50
Totais, nos últimos 30 dias	87:12	13:52
Totais, nas últimas 24 horas	00:34	00:34
Neste tipo de aeronave	1.344:11	432:50
Neste tipo, nos últimos 30 dias	87:12	13:52
Neste tipo, nas últimas 24 horas	00:34	00:34

Obs.: os dados relativos às horas voadas foram informados pelos pilotos.

1.5.2. Formação.

O PIC realizou o curso de Piloto Privado - Helicóptero (PPH) na EACAR - Escola de Aviação Civil Asas Rotativas, em 2009.

O piloto na função de Segundo em Comando (SIC) realizou o curso de PPH na Rangel Escola de Aviação Civil, em 2012.

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

Os pilotos possuíam a licença de Piloto Comercial - Helicóptero (PCH) e estavam com as habilitações de Classe de Helicóptero Monomotor a Turbina (HMNT) válidas.

1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

Os pilotos estavam qualificados e possuíam experiência no tipo de voo.

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, modelo EC-120B, *Serial Number* (NS) 1280, foi fabricada pela *Eurocopter France*, em 2002, e estava inscrita na Categoria de Registro Administração Direta Federal (ADF).

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

As escriturações das cadernetas de célula e motor estavam atualizadas, estando a Inspeção Anual de Manutenção (IAM) válida até 20JAN2021.

1.7. Informações meteorológicas.

Em consulta às mensagens do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da Estação Automática Rio de Janeiro - Jacarepaguá, foi detectado às 15h00min (UTC) uma direção do vento de 287°, com velocidade de 2,5kt com rajadas de 16,5kt.

O relatório do Centro Integrado de Meteorologia Aeronáutica (CIMAER) informou que as condições meteorológicas eram propícias ao voo visual.

No entanto, entre 15h00min e 15h20min (UTC), existiam ventos de superfície que variavam a velocidade em até 09kt e sua direção em até 080°.

Embora essas condições não tenham sido suficientes para emissão de um Informe Meteorológico Especial de Aeródromo (SPECI), elas demonstram a variação da direção e da intensidade do vento local, fato frequente em localidades situadas nas proximidades de regiões montanhosas.

Em relação à dinâmica do acidente, foram selecionados três momentos distintos, contendo valores de direção, intensidade e azimute relativo com relação à proa da aeronave gravados pelo sistema anemométrico de SBJR.

Inicialmente, foi separado o momento correspondente ao horário de 15h14min (UTC) (2 minutos antes do incidente). Posteriormente, separou-se o momento do horário do incidente, às 15h16min (UTC) e, por fim, dois minutos após, às 15h18min (UTC).

15h14min (UTC): vento de 178° com 07kt;

15h16min (UTC): Vento de 241° com 10kt; e

15h18min (UTC): Vento de 205° com 05kt.

1.8. Auxílios à navegação.

Nada a relatar.

1.9. Comunicações.

Nada a relatar.

1.10. Informações acerca do aeródromo.

O Aeródromo de Jacarepaguá - Roberto Marinho (SBJR), Rio de Janeiro, RJ, era público, administrado pela INFRAERO, possuía uma pista de asfalto, com dimensões de 900mX30m, cabeceiras 03/21, e operava sob as Regras de Voo Visual (VFR), nos períodos diurno e noturno.

1.11. Gravadores de voo.

Nada a relatar.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

Nada a relatar.

1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.

1.13.1. Aspectos médicos.

Nada a relatar.

1.13.2. Informações ergonômicas.

Nada a relatar.

1.13.3. Aspectos Psicológicos.

Nada a relatar.

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.

Após o incidente, a aeronave foi inspecionada em oficina especializada, com acompanhamento dos técnicos do Terceiro Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SERIPA III). Não foram identificados problemas nos sistemas do helicóptero que pudessem ter contribuído para a perda de controle.

Os danos ficaram restritos ao esquí, devido ao toque brusco contra o solo. A aeronave retornou à operação após cumprir inspeções relacionadas ao pouso duro.

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

A Divisão de Operações Aéreas (DOA) da Polícia Rodoviária Federal tinha como atribuições a execução do patrulhamento aéreo nas rodovias federais em apoio às operações de segurança pública e de segurança do trânsito, além do resgate aeromédico e transporte de pessoas e bens.

1.18. Informações operacionais.

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

O voo havia transcorrido normalmente até o momento de estacionar a aeronave. O SIC, que estava pilotando, e sentado no assento da direita, iniciou um giro de 90° em torno do próprio eixo para a direita, de forma a posicionar o helicóptero com a proa voltada para 210°, conforme demanda do aeródromo.

Neste instante, a aeronave iniciou um giro descontrolado para a direita, seguido de um toque brusco contra o solo, completando mais um giro arrastando os esquis no piso do pátio de estacionamento (Figura 2).



Figura 2 - Registro da trajetória do PR-FPM durante a perda de controle.
Fonte: Câmeras de monitoramento do pátio de SBJR.

1.19. Informações adicionais.

- **Advisory Circular (AC) n° 90-95 - Unanticipated Right Yaw in Helicopters (guinada inadvertida à direita em helicópteros). (tradução nossa)**

Em 26DEZ1995, a AC n° 90-95 publicada pela *Federal Administration Aviation* (FAA) descrevia LTE como sendo um fenômeno aerodinâmico crítico, de baixa velocidade, que pode resultar em uma guinada não comandada e, se não for corrigido adequadamente, pode levar a perda de controle da aeronave. A LTE não está relacionada com problemas de manutenção e pode ocorrer, em graus variáveis, em helicópteros com apenas um rotor principal a velocidades inferiores a 30kt.

Segundo o texto, a LTE foi identificada como um fator contribuinte em vários acidentes de helicóptero envolvendo perda de controle em operações de voo a baixa altitude e a baixa velocidade. O documento destacava que as pás do rotor de cauda não estolavam por ocasião de uma LTE.

Qualquer manobra que exija que o piloto opere em um ambiente de alta potência e baixa velocidade com vento lateral ou vento de cauda cria condições onde pode ocorrer

uma guinada imprevista para a direita ou para a esquerda, dependendo do sentido da rotação do rotor principal.

A *Advisory Circular* ainda detalhava outra característica dos helicópteros, conhecida como *weathercock stability*. Por construção, os helicópteros possuem uma área lateral menor à frente do centro de gravidade do que a área lateral atrás do mesmo, gerando uma estabilidade direcional positiva no voo à frente. Essa característica é reforçada tanto pelo perfil da fuselagem quanto pela construção do estabilizador vertical ao final do cone de cauda.

Por outro lado, ventos de cauda de 120° a 240° causam uma grande carga de trabalho ao piloto. A característica mais significativa dos ventos de cauda é que eles provocam a aceleração da razão de guinada pré-existente. Mesmo uma suave razão de giro pode ser acelerada bruscamente caso o piloto não contrarie esta tendência, aplicando o pedal oposto à guinada, a partir do momento em que o vento incidir no quadrante de cauda (de 120° a 240°).

Dessa forma, a AC ressaltava que uma resposta correta e oportuna por parte do piloto a uma guinada não comandada seria crítica. A guinada inesperada, geralmente, é corrigível se o pedal contrário ao giro for aplicado imediatamente. Se a resposta for incorreta ou lenta, a taxa de guinada pode aumentar rapidamente a um ponto em que a recuperação não será possível.

Uma simulação em computador mostrou que o atraso na aplicação do pedal para contrariar a guinada inadvertida poderia implicar na perda de controle do helicóptero e/ou na demora para interromper o giro não comandado.

Assim, prosseguia a Circular, o piloto deveria se antecipar a qualquer incremento na velocidade de guinada do helicóptero, concentrando-se em voar a aeronave, não permitindo a elevação da velocidade do giro, principalmente, quando executar curvas à esquerda, no caso de helicóptero com rotor em sentido horário, em condições favoráveis para a ocorrência de uma LTE.

Os seguintes fatores contribuem para a ocorrência da LTE: peso elevado; baixa velocidade à frente, curva à esquerda (para aeronaves com rotores principais que girem no sentido horário); vento cruzado; vento de cauda; e rápidas variações de potência.

Por isso, compreender o que é uma guinada inesperada é importante para evitá-la, principalmente porque ela se constitui em um fator contribuinte para alguns acidentes.

Sobre isso em 07MAR2019, a *Airbus Helicopters* publicou uma *Safety Information Notice* na qual abordava, sob outro ponto de vista, a guinada inesperada à esquerda de um helicóptero, cujo rotor principal girava no sentido horário.

– ***Safety Information Notice n° 3297-S-00 - Unanticipated left yaw (main rotor rotating clockwise), commonly referred to as LTE. (tradução nossa)***

O documento relatava que a guinada imprevista é uma característica de voo, a qual todos os tipos de helicópteros de rotor único (independentemente do projeto antitorque) podem ser suscetíveis em baixa velocidade, dependendo, geralmente, da direção e da intensidade do vento em relação ao helicóptero.

Segundo a publicação, essa característica foi identificada e analisada, inicialmente, em relação aos helicópteros OH-58 pelo Exército dos EUA, que cunhou a descrição "perda de efetividade do rotor de cauda" (LTE), embora o rotor de cauda sempre permanecesse totalmente operacional. É importante esclarecer que o fenômeno não está associado a nenhuma falha material e não tem nada a ver com a perda total de empuxo do rotor de cauda.

A guinada imprevista pode ser rápida e, na maioria das vezes, ocorre na direção oposta da rotação das pás do rotor principal (ou seja, guinada para a esquerda onde as pás giram no sentido horário). Uma ação corretiva imediata deve ser aplicada, caso contrário, pode ocorrer a perda de controle e um possível acidente.

O documento alertava que o fato de o uso do pedal para a correção, em um primeiro momento, não garantir que a guinada diminua imediatamente induzia o piloto a suspeitar que a efetividade do rotor de cauda estivesse comprometida, quando, na realidade, a capacidade de empuxo disponível do rotor de cauda ainda permanecia inalterada.

Dessa forma, a publicação destacava que o termo "Perda de efetividade do rotor de cauda" não era, portanto, a descrição mais eficiente, pois implicava, erroneamente, que a eficiência do rotor de cauda era reduzida em certas condições.

Nesse sentido, a *Safety Information Notice* nº 3297-S-00 fornecia informações detalhadas sobre quando a situação poderia surgir, por que o rotor de cauda poderia parecer aparentemente ineficaz e como reagir para manter ou recuperar o controle total do equipamento.

A aparente falta de eficiência no emprego do pedal, para evitar o giro inesperado, pode levar à interpretação errônea de perda total de empuxo do rotor de cauda (por exemplo, como seria o caso após a ruptura do acionamento do rotor de cauda). O sintoma (intensa guinada inesperada esquerda) é semelhante e a resposta, a curto prazo, a um comando tardio e não efetivo de pedal é quase zero para ambos os casos.

Apenas a aplicação imediata do pedal direito em toda sua amplitude e de forma tempestiva será capaz de contrariar o giro e permitir que o piloto identifique se está experimentando uma guinada inesperada ou perda total de empuxo do rotor de cauda, devido a mau funcionamento.

Se o uso total do pedal direito não tiver efeito sobre a guinada, após uma correção tempestiva, o pouso imediato é necessário, por falha no sistema de acionamento do rotor de cauda. Se, no entanto, a aplicação completa do pedal direito desacelerar a guinada, fica claro que o problema é uma guinada inesperada, o que exige ficar bem longe do solo e dos obstáculos até que uma recuperação completa seja alcançada.

A razão mais provável para acidentes após eventos de guinada imprevistos é uma aplicação tardia e muito limitada do pedal.

Durante um evento de guinada imprevista, o rotor de cauda permanece totalmente eficaz e oferece a melhor chance de recuperação. A razão da guinada e as condições do vento reduzem a efetividade do rotor se ele se mantiver em um passo constante. Isso deve ser contrariado aumentando-se substancialmente o passo do rotor de cauda.

O único sinal antecipado que o piloto pode receber de uma possível perda de controle é o início de uma guinada inesperada.

Dessa forma, a *Safety Information Notice* recomendava algumas ações a seguir:

- tenha especial cuidado quando o vento vier do lado direito ou do quadrante dianteiro-direito. Não voe desnecessariamente nessas condições;

- prefira, tanto quanto possível, giros pela direita, especialmente em condições de *performance* limitada. É mais fácil monitorar a demanda de torque no início da manobra do que ao responder a uma guinada inesperada e abrupta;

- ao fazer um giro de cauda, faça-o com uma baixa razão de guinada; e

- se ocorrer uma guinada inesperada, reaja imediatamente e com grande amplitude, empregando o pedal contrário à direção do giro. Esteja pronto para usar o pedal em toda

sua amplitude, caso necessário. Não se limite ao que você acha suficiente, seu sentimento pode estar errado. Nunca coloque o pedal em neutro antes que a guinada seja interrompida.

Para a descrição do fenômeno, utilizou-se um gráfico do *Safety Information Notice* nº 3297-S-00, que aborda a curva de posição do pedal, em função da direção de incidência do vento relativo do helicóptero, em uma condição estabilizada de pairado. Para cada combinação de peso, altitude, temperatura e velocidade do vento há uma curva correspondente (Figura 3).

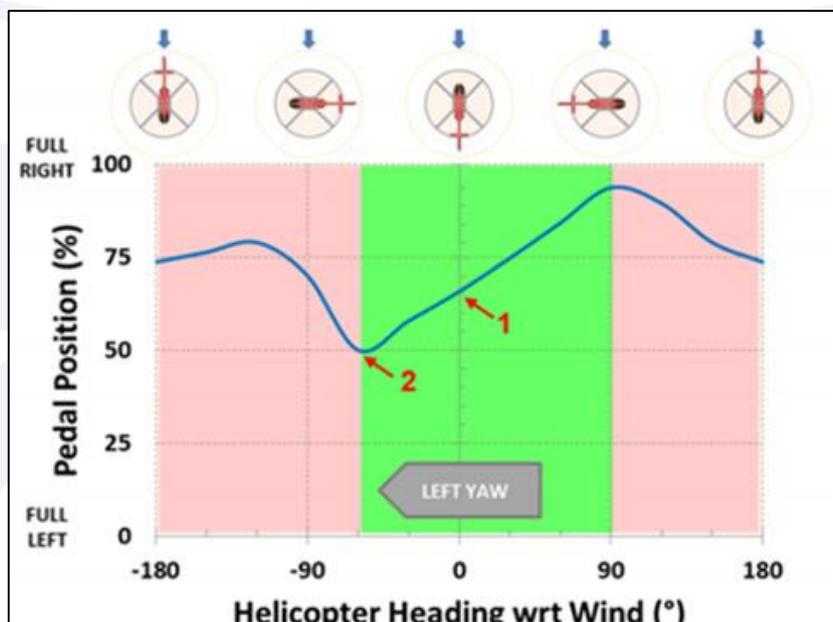


Figura 3 - Posição Estabilizada de Pedal em Função do Vento Relativo.
Fonte: Airbus Helicopters.

Com referência a um helicóptero com rotação do rotor principal no sentido horário, a manutenção de um pairado com vento relativo de 0° (número 1 da Figura 3, vento alinhado com a proa do helicóptero) requer a aplicação de cerca de 65% de pedal, ou seja, com pedal um pouco mais próximo do batente de pedal direito (parte superior do gráfico) do que do batente esquerdo (parte inferior do gráfico).

Importante ressaltar que estas são posições estabilizadas de pairado. Ou seja, a manutenção do pairado para determinada direção do vento relativo irá ocorrer se a posição de pedal for ajustada de acordo com a curva apresentada.

Se o comando do pedal estiver ajustado para uma posição acima da curva, o helicóptero produzirá um diferencial na tração de rotor de cauda em relação à tração necessária para a manutenção da proa, guinando para a direita. Em contrapartida, com o rotor de cauda ajustado para uma posição de pedal inferior àquelas indicadas pela curva, o helicóptero irá guinar para a esquerda.

Além disso, a área verde da Figura 3 corresponde ao intervalo de direção do vento em que o helicóptero é estável em guinada. Neste intervalo, se houver uma rajada de vento alterando a proa do helicóptero de 0° para -10° sem nenhuma entrada de comando no pedal (eixo x para a esquerda sem variação no eixo y), a porcentagem do pedal irá se situar em uma posição acima da curva (helicóptero da proa Norte para a proa 350°, o que equivale a uma proa do helicóptero -10° em relação à direção do vento, mantendo a posição do pedal que existia com proa de vento relativo de 0°). Em resposta (pedal direito acima do necessário para esta nova posição), o helicóptero guina para a direita até cruzar a curva em uma posição estabilizada para a posição de pedal selecionada, o que acontece na proa inicial 0°. Portanto, ao se afastar da posição estabilizada, é gerado um movimento de retorno a esta posição.

A área vermelha da Figura 3 representa uma área de instabilidade em guinada. Quando o helicóptero é deslocado de sua posição estabilizada, ele se afasta ainda mais daquela posição inicial. Esta instabilidade em guinada nas regiões de vento de cauda é frequentemente reconhecida pelos pilotos de helicóptero, gerando aumento de carga de trabalho para o controle de guinada, principalmente em baixas velocidades, quando as derivas verticais e a fuselagem pouco influenciam na manutenção de proa

O limite inferior da faixa estável (proa do helicóptero de cerca de -60° em relação a direção do vento) está indicado como número 2 na Figura 3. A partir deste ponto (-60°), a diminuição de proa relativa do helicóptero está ligada à região instável em guinada (área vermelha esquerda do gráfico). Neste ponto de inflexão (número 2 da Figura 3), quando um pedal esquerdo é aplicado (de 50% de posição de pedal para 45%), a posição de pedal situa-se abaixo do ponto mais baixo da curva do pedal. Isso significa que ocorrerá um giro de nariz para esquerda, sem, contudo, atingir um ponto estabilizado de proa relativa.

A menos que o pedal direito seja adicionado, a aeronave não irá cessar o giro de nariz pela esquerda. Partindo deste exemplo, ao manter a posição de pedal em 45% à medida que o helicóptero guina (gira em torno do seu eixo Z), a razão de giro é drasticamente aumentada, uma vez que a diferença entre a posição de pedal estabilizada e o comando aplicado passa a aumentar (distância entre a posição de pedal de 45% e a curva). Ou seja, quanto maior o atraso para corrigir a manobra por meio do pedal direito, maior será a aceleração em guinada, o que define a guinada inadvertida (aumento da razão de giro de forma não comandada, o qual não reduz por conta própria.

Sobre a guinada inesperada a *Safety Information Notice* recomendava algumas ações a seguir:

- tenha especial cuidado quando o vento vier do lado direito ou do quadrante dianteiro-direito. Não voe desnecessariamente nessas condições;
- prefira, tanto quanto possível, giros pela direita, especialmente em condições de performance limitada. É mais fácil monitorar a demanda de torque no início da manobra do que ao responder a uma guinada inesperada e abrupta;
- ao fazer um giro de cauda, faça-o com uma baixa razão de guinada; e
- se ocorrer uma guinada inesperada, reaja imediatamente e com grande amplitude, empregando o pedal contrário à direção do giro. Esteja pronto para usar o pedal em toda sua amplitude, caso necessário. Não se limite ao que você acha suficiente, seu sentimento pode estar errado. Nunca coloque o pedal em neutro antes que a guinada seja interrompida.

– ***Safety Information Notice n° 2335-S-00 - Segurança em voo de helicópteros - Difusão do livreto da European Helicopter Safety Team (EHST).***

Em 07FEV2011, a *Eurocopter An Eads Company* havia publicado a *Safety Information Notice* n° 2335-S-00 que, entre outros temas, abordava a questão da LTE ou perda de eficácia do rotor de cauda. O documento teve como referência o livreto sobre segurança de voo em helicópteros publicado pela EHST, e estava baseado na análise de acidentes com todos os tipos de helicópteros ocorridos em diversos países e regiões do mundo, incluindo o Brasil e a Europa.

A *Safety Information Notice* n° 2335-S-00 destacava que em um helicóptero com um único rotor principal, uma das principais funções do empuxo do rotor de cauda era controlar o rumo do helicóptero. Se o empuxo do rotor de cauda for insuficiente, uma guinada inesperada e descontrolada pode ocorrer. Este fenômeno tem sido um fator determinante em um determinado número de acidentes de helicóptero e é comumente chamado de LTE.

Dessa forma, a *Safety Information Notice* considerou a LTE como um empuxo insuficiente do rotor de cauda associado a uma margem insuficiente de controle, pois isso

pode levar a uma velocidade de guinada rápida não controlada. Essa velocidade não pode diminuir naturalmente e, na ausência de correção, ela pode causar a perda de controle do helicóptero.

A publicação prossegue informando que uma LTE é mais provável de ocorrer quando o pedal de guinada crítica está próximo de sua posição de fim de curso.

O pedal de guinada, que é considerado como crítico, é o pedal direito para um rotor principal girando no sentido horário e o pedal esquerdo para um rotor girando anti-horário.

Uma LTE geralmente ocorre em uma velocidade baixa à frente, normalmente inferior a 30kt, quando:

- a deriva traseira tem uma baixa eficiência aerodinâmica;
- o fluxo de ar e o efeito de deflexão gerados pelo rotor principal interfere com o fluxo de ar que entra no rotor de cauda;
- uma regulagem de potência elevada demanda uma posição do pedal de guinada próxima do fim de curso;
- as condições de vento desfavoráveis aumentam a necessidade de empuxo do rotor de cauda; e
- as condições de vento turbulento exigem comandos de guinada e coletivo importantes e rápidos.

No que diz respeito à recuperação de uma LTE, o documento esclarecia que durante o planejamento do voo, os pilotos devem considerar o desempenho do aparelho em função dos azimutes de vento críticos, da altitude em que voam, do peso bruto na decolagem do helicóptero e das características do voo.

Assim, durante o voo, os pilotos devem estar sempre cientes das condições do vento e da margem de empuxo do rotor de cauda disponível, que é representada pela posição de pedal crítico (pedal direito).

Sempre que possível, os pilotos devem evitar uma combinação das seguintes condições:

- condições de ventos desfavoráveis em baixa velocidade;
- guinada não comandada;
- comandos de guinada e coletivo importantes e rápidos em velocidade baixa; e
- voo em baixa velocidade em condições de vento turbulento.

A *Safety Information Notice* prosseguiu afirmando que os pilotos devem estar cientes de que, se entrarem em um regime de voo em que uma condição ou uma combinação delas ocorrer, eles podem entrar em situação de LTE, devendo ser capazes de reconhecer seu início e de começar imediatamente as medidas positivas de recuperação do controle.

Assim, as ações de recuperação do controle variam de acordo com as circunstâncias. Se a altura permitir, aumentar a velocidade à frente sem aumento de potência (se possível por meio da sua redução). Isso deve resolver o giro inadvertido.

Portanto, como essas ações podem implicar em perda de altitude considerável, é recomendado aos pilotos identificá-las de forma clara, antes de efetuar as operações mencionadas acima.

O documento foi finalizado indicando as seguintes ações para sair de uma LTE: pressionar totalmente o pedal oposto à direção da curva; adotar uma atitude de aceleração para aumentar a velocidade de avanço e, se a altitude permitir, reduzir a potência.

– Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 90, Requisitos para Operações Especiais de Aviação Pública.

Em 12ABR2019, a seção 90.173 da Subparte M do RBAC nº 90 estabeleceu que fossem difundidos os conceitos de LTE no currículo de solo para treinamento inicial para pilotos:

90.173 Treinamento inicial: currículo de solo

...

(d) O componente curricular de conhecimentos gerais deverá conter:

- (i) ressonância de solo;
- (ii) colisão com fio;
- (iii) LTE;
- (iv) rolamento dinâmico e estático;
- (v) recuperação de atitudes anormais;
- (vi) *mast bumping* e *low G*;
- (vii) *vortex ring*;
- (viii) *runway excursion* e *incursion*; e
- (ix) *deep stall*.

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

Tratava-se de um voo de traslado entre um heliponto, localizado na sede da Superintendência da Polícia Rodoviária Federal e SBJR.

Os pilotos possuíam a licença de Piloto Comercial - Helicóptero (PCH) e estavam com as habilitações de Classe de Helicóptero Monomotor a Turbina (HMNT) válidas.

Eles estavam com o seus Certificados Médicos Aeronáuticos (CMA) válidos, eram qualificados e possuíam experiência para a realização do voo.

A aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido e operava dentro dos limites de peso e balanceamento.

A aeronave, modelo EC-120B, *Serial Number* (NS) 1280, foi fabricada pela *Eurocopter France*, em 2002, e estava inscrita na Categoria de Registro Administração Direta Federal (ADF).

As escriturações das cadernetas de célula e motor estavam atualizadas, estando a Inspeção Anual de Manutenção (IAM) válida até 20JAN2021.

Não foram identificados problemas nos sistemas do helicóptero que pudessem ter contribuído para a perda de controle. Os danos ficaram restritos ao esqui, devido ao toque brusco contra o solo. A aeronave retornou à operação após cumprir inspeções relacionadas ao pouso duro.

O voo havia transcorrido normalmente até o momento de estacionar a aeronave. O SIC, que estava pilotando, e sentado no assento da direita, iniciou um giro de 90° em torno do próprio eixo para a direita, de forma a posicionar o helicóptero com a proa voltada para 210°, conforme demanda do aeródromo.

Neste instante, a aeronave iniciou um giro descontrolado para a direita, seguido de um toque brusco contra o solo, completando mais um giro arrastando os esquis no piso do pátio de estacionamento.

O relatório do CIMAER informou que as condições meteorológicas eram propícias ao voo visual.

No entanto, entre 15h00min e 15h20min (UTC), existiam ventos de superfície que variavam a velocidade em até 09kt e sua direção em até 080°.

Em consulta às mensagens do INMET da Estação Automática Rio de Janeiro - Jacarepaguá, foi detectado às 15h00min (UTC) uma direção do vento de 287°, com velocidade de 2,5kt com rajadas de 16,5kt.

O símbolo azul da Figura 4 indica a direção da rajada de vento 287° segundo o INMET.

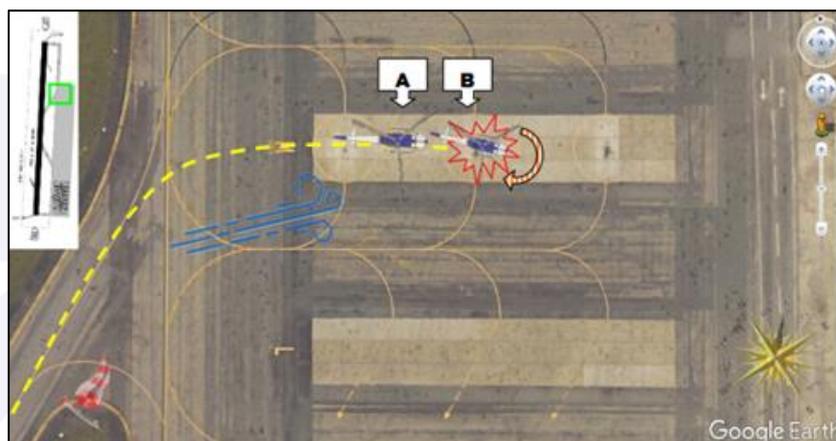


Figura 4 - Trajetória do PR-FPM, a seta indicando o sentido de rotação da aeronave.

Embora essas condições não tenham sido suficientes para emissão de um SPECI, elas demonstram a variação da direção e da intensidade do vento local, fato frequente em localidades situadas nas proximidades de regiões montanhosas.

Para analisar os efeitos aerodinâmicos advindos da inconstância do vento, foram selecionados três momentos distintos, contendo valores de direção, intensidade e azimute relativo com relação à proa da aeronave gravados pelo sistema anemométrico de SBJR.

Inicialmente, foi separado o momento correspondente ao horário de 15h14min (UTC) (2 minutos antes do incidente). Posteriormente, separou-se o momento do horário do incidente, às 15h16min (UTC) e, por fim, dois minutos após, às 15h18min (UTC).

- 15h14min (UTC): vento de 178° com 07kt (Azimute: -58°);
- 15h16min (UTC): Vento de 241° com 10kt (Azimute: -121°); e
- 15h18min (UTC): Vento de 205° com 05kt (Azimute: -85°).

Levando-se em conta que a proa da aeronave, por ocasião do giro inesperado, estava voltada na direção de 120°, o vento relativo incidente sobre o PR-FPM variava entre -58° e -121° nesses três momentos (retângulo azul na Figura 5)

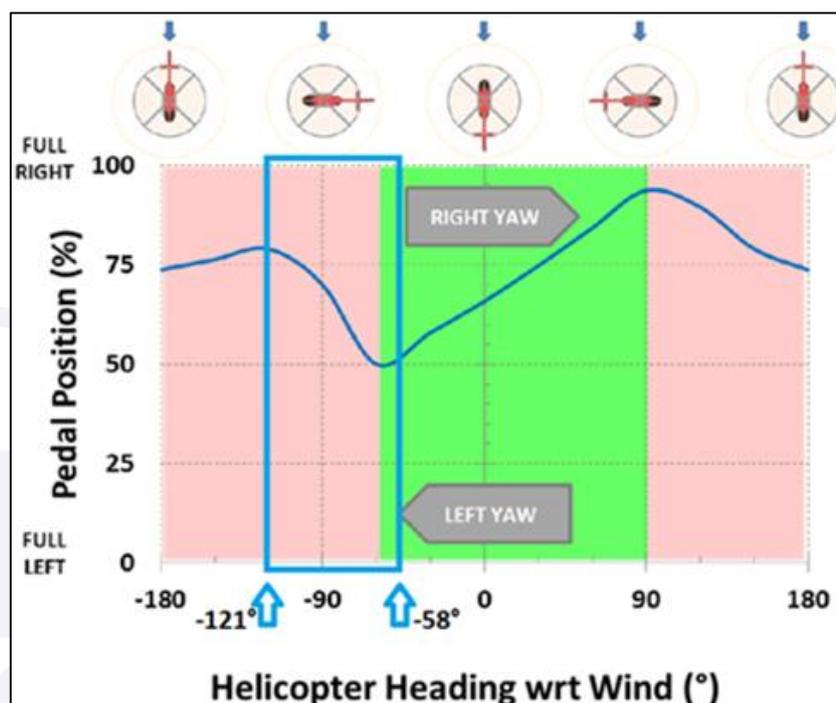


Figura 5 - Exemplo da curva do pedal no voo pairado. Fonte: *Safety Information Notice* n° 3297-S-00.

Considera-se azimute crítico aquele no qual se tem a menor margem para a aplicação do pedal, o que corresponde, no caso do gráfico da Figura 5, a condição de $+90^\circ$, ou seja, vento de través proveniente do lado esquerdo em relação ao helicóptero. Nessa condição, o helicóptero tem a tendência de aproar o vento e, para contrariar, faz-se necessário o uso do pedal direito que, nessa situação, encontra-se, aproximadamente, em 90% de seu curso.

A curva azul corresponde à posição do pedal no voo pairado estabilizado. A partir daí, quando o pedal direito é aplicado (ou seja, a posição do pedal se move acima da curva azul) o helicóptero gira para a direita, e quando o pedal esquerdo é comandado, ele gira para a esquerda (a posição do pedal se move abaixo da curva).

O helicóptero está estável em guinada, quando a direção do vento é proveniente dos azimutes -60° e $+90^\circ$ (área verde na Figura 5). Nessa região, a uma posição de nariz mais à direita (azimute relativo maior), por exemplo, corresponde uma posição de pedal direito mais à frente.

Lembrando que a posição dos pedais é medida com a aeronave estabilizada em uma determinada proa, e não durante o movimento. Ou seja, trabalha-se os pedais para posicionar a aeronave em uma determinada proa e, com ela estabilizada nessa posição, é feita a leitura da posição dos pedais. Na prática essa condição traz segurança à operação, pois caso ocorra uma variação abrupta na direção do vento a aeronave irá girar somente até anular essa variação. Em resumo, ao sair de sua posição de equilíbrio, sem variação da posição dos comandos, a aeronave tende a retornar a ela.

Tomando-se como exemplo um helicóptero no pairado com vento de proa, pode-se afirmar que, caso ocorra uma alteração na direção do vento e ele passe a vir de direita (-10°), a posição do pedal estará acima da curva, fazendo com que a aeronave gire para a direita, no sentido de aproar o vento, trazendo o azimute relativo novamente para zero. Com isso, a aeronave se estabiliza na nova proa sem atuação do piloto na posição dos pedais.

Após os limites da região verde ($+90^\circ$ e -60°), encontra-se a área vermelha, que representa uma região de instabilidade direcional. Ela está situada entre os azimutes -60° e -180° (vento de direita e de cauda), $+90^\circ$ e $+180^\circ$ (vento de esquerda e de cauda). A região de instabilidade apresenta uma certa dificuldade na pilotagem, pois, a uma posição de nariz

mais à direita, por exemplo, corresponde uma posição de pedal esquerdo mais à frente (redução da posição do pedal direito).

Essa instabilidade provocada tanto pelo vento de través como pelo vento de cauda é bem conhecida pelos pilotos de helicóptero que sabem que a guinada deve ser controlada com muito cuidado, principalmente, quando o vento é proveniente do quadrante traseiro (vento de cauda).

Nesse sentido, o helicóptero pode atingir o limite inferior da faixa estável (-60° na Figura 5) sem muito aviso prévio e, como resultado, passar de um comportamento direcional estável para um comportamento de guinada totalmente instável, como foi o caso deste incidente grave.

Isso pode dar ao piloto a sensação de que o helicóptero tenha girado por conta própria, mesmo que isso tenha sido resultado dos comandos de pedal aplicados pelo piloto e das consequências provocadas pela direção do vento no empuxo do rotor de cauda. Em uma situação de vento (través direito), o rotor de cauda opera dentro da própria esteira de ar turbilhonado, criando variações na tração.

No caso desta ocorrência, no momento em que houve o giro inesperado à direita, o vento incidia no helicóptero pelo azimute -121° , ou seja, em área de instabilidade direcional, na qual a posição do pedal para manter a estabilidade, encontrava-se próxima aos 80%, conforme registrado na Figura 5.

Tendo em vista que, para ingressar no local de estacionamento, o piloto deveria fazer um movimento em torno do seu próprio eixo para a direita e isso requeria uma aplicação de pedal nessa direção.

Considerando que o azimute de vento no momento era de -121° e, observando a Figura 5, sabe-se que o piloto deveria comandar o pedal direito à frente para iniciar o giro e, logo em seguida, reduzir a amplitude de comando, chegando mesmo a invertê-lo (pedal direito em uma posição menor que aquela em que se encontrava antes do início do giro), de forma a não permitir a aceleração do giro.

Na eventualidade de se comandar o início do giro e manter os pedais na mesma posição, a aeronave estaria com os pedais em uma posição correspondente ao azimute relativo de aproximadamente $+60^\circ$, ou seja, haveria uma variação de proa de 180° até se atingir a nova posição de equilíbrio. Considerando a aceleração do giro, é razoável crer que a aeronave passaria dessa posição, ocasionando a perda de controle.

Assim, é possível que o SIC tenha mantido o pedal direito aplicado, ou não o tenha reduzido o suficiente, após o início do giro, permitindo a aceleração da guinada e a consequente perda de controle.

O PIC, que estava sentado na cadeira da esquerda, assumiu os comandos da aeronave e efetuou o pouso ainda em uma condição de giro, arrastando os esquis no solo por mais 365° (Figura 6).



Figura 6- Detalhes das marcações no solo após o giro no solo (a seta verde indica o sentido de rotação da aeronave).

Sobre uma guinada inesperada a *Safety Information Notice* recomendava algumas ações a seguir:

- tenha especial cuidado quando o vento vier do lado direito ou do quadrante dianteiro-direito. Não voe desnecessariamente nessas condições;
- prefira, tanto quanto possível, giros pela direita, especialmente em condições de performance limitada. É mais fácil monitorar a demanda de torque no início da manobra do que ao responder a uma guinada inesperada e abrupta;
- ao fazer um giro de cauda, faça-o com uma baixa razão de guinada; e
- se ocorrer uma guinada inesperada, reaja imediatamente e com grande amplitude, empregando o pedal contrário à direção do giro. Esteja pronto para usar o pedal em toda sua amplitude, caso necessário. Não se limite ao que você acha suficiente, seu sentimento pode estar errado. Nunca coloque o pedal em neutro antes que a guinada seja interrompida.

3. CONCLUSÕES.

3.1. Fatos.

- a) os pilotos estavam com os seus Certificados Médicos Aeronáuticos (CMA) válidos;
- b) os pilotos possuíam a licença de Piloto Comercial - Helicóptero (PCH) e estavam com as habilitações de Classe de Helicóptero Monomotor a Turbina (HMNT) válidas;
- c) os pilotos eram qualificados e possuíam experiência para a realização do voo;
- d) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido;
- e) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- f) as cadernetas de célula e motor estavam com as escriturações atualizadas;
- g) não houve evidências de mau funcionamento dos sistemas da aeronave;
- h) as condições meteorológicas eram propícias à realização do voo;
- i) ao ingressar no estacionamento, a aeronave iniciou um giro descontrolado para a direita, seguido de um toque brusco contra o solo, completando mais um giro arrastando os esquis no piso do pátio de estacionamento;

- j) a aeronave teve danos leves; e
- a) os tripulantes saíram ilesos.

3.2. Fatores contribuintes.

- Aplicação dos comandos - indeterminado.

É possível que o SIC tenha mantido o pedal direito aplicado, ou não o tenha reduzido o suficiente, após o início do giro, permitindo a aceleração da guinada e a consequente perda de controle.

- Atenção - indeterminado.

É provável que tenha ocorrido uma redução na capacidade de resposta do SIC, ao não atuar de forma de forma rápida e precisa durante o giro inesperado do helicóptero.

- Capacitação e Treinamento - indeterminado.

Não se pode descartar a possibilidade de que o SIC não tenha recebido a plenitude dos conhecimentos e demais condições técnicas necessárias para identificar e reagir, tempestivamente, aos sinais de perda de controle da aeronave.

- Julgamento de pilotagem - indeterminado.

Houve uma provável avaliação inadequada, por parte do SIC, de determinados parâmetros relacionados à operação da aeronave, mormente aqueles relacionados com as correções necessárias a serem empregadas durante a guinada inesperada.

- Percepção - indeterminado.

Provavelmente, ocorreu uma redução da consciência situacional do SIC, em razão da sua dificuldade em reconhecer, compreender e reagir adequadamente aos sinais de perda de controle do helicóptero.

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-071/CENIPA/2020 - 01

Emitida em: 03/11/2022

Divulgar os ensinamentos colhidos na presente investigação às Unidades Aéreas Públicas que operam segundo as regras do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 90, a fim de complementar as orientações contidas nos currículos de solo dos treinamentos iniciais dos pilotos, em especial sobre a necessidade de reconhecer os primeiros indícios e as ações iniciais a serem adotadas para a recuperação de uma guinada inadvertida.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.

Nada a relatar.

Em, 3 de novembro de 2022.

