

COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



RELATÓRIO FINAL
IG-136/CENIPA/2013

OCORRÊNCIA:	INCIDENTE GRAVE
AERONAVE:	PP-PTU
MODELO:	ATR-72-212A
DATA:	26JUL2013



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 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 PP-PTU, modelo ATR-72-212A, ocorrido em 26JUL2013, classificado como “[ICE] Formação de gelo” e “[LOC-I] Perda de controle em voo”.

Durante o voo de cruzeiro, no nível de voo (FL) 160, enquanto a aeronave voava em condição de formação de gelo, com o sistema *de-ice* desativado e o sistema *anti-icing* ativado, houve degradação do seu desempenho, levando à redução da *Indicated Airspeed* (IAS).

Após forte vibração, a tripulação reduziu a potência de ambos os motores para 20% de torque, fazendo com que a velocidade caísse para 10 kt abaixo da velocidade mínima em condições de gelo. O piloto assumiu o controle manual e o ângulo de ataque aumentou consideravelmente, acarretando a ativação dos sistemas de proteção contra *stall*.

O voo normal foi restabelecido ao atingir o FL110, e o pouso foi efetuado, de modo controlado, no Aeródromo Internacional Deputado Luís Eduardo Magalhães (SBSV), Salvador, BA.

A aeronave não teve danos.

Os quatro tripulantes e os 58 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 e fabricação da aeronave.

Houve a designação de Representante Acreditado do *Transportation Safety Board* (TSB) - Canadá, Estado de projeto/fabricação do motor.

ÍNDICE

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS	5
1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....	7
1.1. Histórico do voo.....	7
1.2. Lesões às pessoas.....	7
1.3. Danos à aeronave.	7
1.4. Outros danos.....	8
1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.....	8
1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.....	8
1.5.2. Formação.....	8
1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.....	8
1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.....	8
1.5.5. Validade da inspeção de saúde.....	8
1.6. Informações acerca da aeronave.....	8
1.7. Informações meteorológicas.....	14
1.8. Auxílios à navegação.....	17
1.9. Comunicações.....	17
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	17
1.11. Gravadores de voo.....	17
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.....	20
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	20
1.13.1. Aspectos médicos.....	20
1.13.2. Informações ergonômicas.....	20
1.13.3. Aspectos Psicológicos.....	20
1.14. Informações acerca de fogo.....	20
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	20
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	20
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.....	23
1.18. Informações operacionais.....	23
1.19. Informações adicionais.....	32
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	35
2. ANÁLISE.....	35
3. CONCLUSÕES.....	37
3.1. Fatos.....	37
3.2. Fatores contribuintes.....	38
4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA	39
5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....	40

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

AC	<i>Alternating Current</i> - Corrente Alternada
ACC-RF	Centro de Controle de Área de Recife
ADC	<i>Air Data Computer</i> - Computador de Dados de Voo
AFM	<i>Aircraft Flight Manual</i> - Manual de Voo da Aeronave
AMM	<i>Aircraft Maintenance Manual</i> - Manual de Manutenção de Aeronave
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
AOA	<i>Angle of Attack</i> - Ângulo de Ataque
APM	<i>Aircraft Performance Monitoring</i> - Monitoramento de Desempenho da Aeronave
APP-SV	Controle de Aproximação de Salvador
ASAS	Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
AT47	Habilitação de Aeronave Tipo ATR (que incluía o modelo ATR-72-212A)
ATC	<i>Air Traffic Control</i> - Controle de Tráfego Aéreo
ATIS	<i>Automatic Terminal Information Service</i> - Serviço Automático de Informação de Terminal
BEA	<i>Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile</i>
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CCAS	<i>Centralized Crew Alert System</i> - Sistema Centralizado de Alerta de Tripulação
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
CMV-RE	Centro Meteorológico de Vigilância de Recife
CSN	<i>Cycles Since New</i> - Ciclos Desde Novo
CVR	<i>Cockpit Voice Recorder</i> - Gravador de Voz da Cabine
DA	Diretriz de Aeronavegabilidade
DFDR	<i>Digital Flight Data Recorder</i> - Gravador Digital de Dados de Voo
EASA	<i>European Aviation Safety Agency</i>
EFIS	<i>Electronic Flight Instrument System</i> - Sistema Eletrônico de Instrumentos de Voo
EWIS	<i>Electrical Wiring Interconnect System</i> - Sistema de Interconexão de Cabeamento Elétrico
FCOM	<i>Flight Crew Operating Manual</i> - Manual de Operação de Tripulação de Voo
FL	<i>Flight Level</i> – Nível de Voo
IAS	<i>Indicated Airspeed</i> - Velocidade Indicada
IEP	<i>Ice Evidence Probe</i> - Sonda de Indicação de Gelo
IFR	<i>Instrument Flight Rules</i> - Regras de Voo por Instrumentos
IFRA	Habilitação de Voo por Instrumentos - Avião
JIC	<i>Job Instruction Card</i> - Cartão de Instruções de Tarefa
LH	<i>Left Hand</i> - Lado Esquerdo

MEL	<i>Minimum Equipment List</i> - Lista de Equipamentos Mínimos
METAR	<i>Meteorological Aerodrome Report</i> - Reporte Meteorológico de Aeródromo
MFC	<i>Multifunction Computer</i> - Computador Multifunção
MSIS	<i>Minimum Severe Icing Speed</i> - Velocidade Mínima de Voo em Condição de Formação de Gelo Severo
MSN	<i>Manufacturer's Serial Number</i> - Número de Série do Fabricante
NSCA	Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica
PCM	Licença de Piloto Comercial - Avião
PLA	Licença de Piloto de Linha Aérea - Avião
PLA	<i>Power Lever Angle</i> - Ângulo do Manete de Potência
PN	<i>Part Number</i> - Número de Peça
PPR	Licença de Piloto Privado - Avião
PUM	<i>Pitch Uncoupling Mechanism</i> - Mecanismo de Desacoplamento do Profundor
QAR	<i>Quick Access Recorder</i> - Gravador de Acesso Rápido
RADAR	<i>Radio Detection And Ranging</i> - Detecção e Telemetria por Rádio
RBAC	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
REDEMET	Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica
RH	<i>Right Hand</i> - Lado Direito
SAT	<i>Static Air Temperature</i> - Temperatura Estática do Ar Externo
SBAR	Designativo de localidade - Aeródromo de Aracaju, SE
SBMO	Designativo de localidade - Aeródromo Internacional Zumbi dos Palmares, Maceió, AL
SBSV	Designativo de localidade - Aeródromo Internacional Deputado Luís Eduardo Magalhães, Salvador, BA
SIGWX	<i>Significant Weather</i> - Tempo Significativo
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SOP	<i>Standard Operating Procedures</i> - Procedimentos Operacionais Padrão
SPECI	Informe Meteorológico Aeronáutico Especial Selecionado
STAR	<i>Standard Instrument Arrival</i> - Procedimento Padrão de Chegada
TAT	<i>True Air Temperature or Total Air Temperature</i> - Temperatura Verdadeira do Ar ou Temperatura Total do Ar
TLA	<i>Thrust Lever Angle</i> - Ângulo do Manete de Potência
TPR	Categoria de Registro de Aeronave de Transporte Aéreo Público Regular
TQ	Torque
TSB	<i>Transportation Safety Board</i>
TSN	<i>Time Since New</i> - Tempo Desde Novo
UPRT	<i>Upset Prevention and Recovery Training</i> - Treinamento de Prevenção e Recuperação de Atitudes Anormais
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> - Tempo Universal Coordenado

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	Modelo: ATR-72-212A	Operador: Trip Linhas Aéreas
	Matrícula: PP-PTU Fabricante: GIE Avions de Transport Régional	
Ocorrência	Data/hora: 26JUL2013 - 22:00 (UTC)	Tipo(s): [ICE] Formação de gelo [LOC-I] Perda de controle em voo
	Local: Voo em rota	
	Lat. 11°48'12"S Long. 038°09'09"W	Subtipo(s): NIL
	Município - UF: Esplanada - BA	

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Aeródromo Internacional Zumbi dos Palmares (SBMO), Maceió, AL, com destino ao Aeródromo Deputado Luís Eduardo Magalhães (SBSV), Salvador, BA, às 21h10min (UTC), a fim de transportar pessoal, com 4 tripulantes e 58 passageiros a bordo.

Por volta das 21h42min (UTC), no FL160, a aeronave adentrou em uma região que apresentava condições de *ice accretion* (acúmulo de gelo), com o sistema *anti-icing* (antigelo) ativado e o sistema *de-ice* (degelo) desativado. Em seguida, houve uma degradação significativa do desempenho da aeronave, levando à redução da *Indicated Airspeed* (IAS - Velocidade Indicada).

A velocidade de cruzeiro inicial da aeronave era de 202 kt e decresceu 10 kt antes da ativação do sistema *anti-icing*. A tripulação ouviu um ruído descrito como similar ao de um *stall* de compressor, seguido de forte vibração.

Na sequência, a aeronave perdeu mais 10 kt, atingindo 180 kt antes que os manetes de potência fossem reduzidos para 20% de torque (TQ), o que levou a IAS para 148 kt. O piloto automático foi desacoplado pelo comandante. A tripulação não identificou a causa da vibração.

Aproximadamente quatro segundos após o piloto automático ter sido desacoplado, o *Angle of Attack* (AOA - Ângulo de Ataque) aumentou, resultando na ativação dos sistemas de proteção de *stall* (*stick shaker* e *stick pusher*).

Os pilotos neutralizaram o *stick pusher* e houve a perda de controle da aeronave. Durante a perda de controle, o *Pitch Uncoupling Mechanism* (PUM - Mecanismo de Desacoplamento do Profundor) foi acionado.

A tripulação declarou emergência e, ao atingir o FL110, o controle da aeronave foi restabelecido. O pouso foi realizado de modo controlado em SBSV.

A aeronave não teve danos.

Os 4 tripulantes e os 58 passageiros saíram ilesos.

1.2. Lesões às pessoas.

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	-	-	-
Graves	-	-	-
Leves	-	-	-
Ilesos	4	58	-

1.3. Danos à aeronave.

Não houve.

1.4. Outros danos.

Não houve.

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

Horas Voadas		
Discriminação	Comandante	Copiloto
Totais	5.300:00	1.640:35
Totais, nos últimos 30 dias	48:55	63:55
Totais, nas últimas 24 horas	06:55	06:55
Neste tipo de aeronave	1.738:20	1.211:30
Neste tipo, nos últimos 30 dias	48:55	63:55
Neste tipo, nas últimas 24 horas	06:55	06:55

Obs.: os dados relativos às horas voadas foram obtidos por meio dos registros do operador da aeronave.

1.5.2. Formação.

O comandante formou-se na Academia da Força Aérea (AFA) em Pirassununga, SP, em 1978 e obteve sua Licença com base na experiência militar.

O copiloto realizou o curso de Piloto Privado - Avião (PPR) no Aeroclube de Votuporanga, SP, em 2000.

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

O comandante possuía a licença de Piloto de Linha Aérea - Avião (PLA) e estava com as habilitações de aeronave tipo AT47 (que incluía o modelo ATR-72-212A) e Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas.

O copiloto possuía a licença de Piloto Comercial - Avião (PCM) e estava com as habilitações de aeronave tipo AT47 e Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) 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, de número de série 891, foi fabricada pela GIE *Avions de Transport Régional*, em 2009 e estava registrada na Categoria de Transporte Aéreo Público Regular (TPR).

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

A última inspeção da aeronave, do tipo "800FH", foi realizada, em 05JUL2013, pela organização de manutenção Trip Linhas Aéreas, em Belo Horizonte, MG, tendo voado 169 horas e 50 minutos após a inspeção.

A última revisão da aeronave, do tipo "1CFH", foi realizada, em 20DEZ2012, pela organização de manutenção Trip Linhas Aéreas, em Belo Horizonte, MG, tendo voado 4.329 horas após a revisão.

Os registros técnicos de manutenção estavam com suas escriturações atualizadas.

A aeronave possuía *Time Since New* (TSN - Tempo Desde Novo) de 9.362 horas e 10 minutos e *Cycles Since New* (CSN - Ciclos Desde Novo) de 9.087 ciclos.

Descrição dos sistemas de proteção contra gelo.

A aeronave possuía sistemas que permitiam a operação em diversas condições ambientais e, em particular, em condições atmosféricas de formação de gelo.

O ATR 72-212A possuía um *Ice Evidence Probe* (IEP - Sonda de Indicação de Gelo) instalado na lateral esquerda, externamente à cabine de pilotos. O IEP era o principal meio para detectar o acúmulo de gelo (Figura 1).

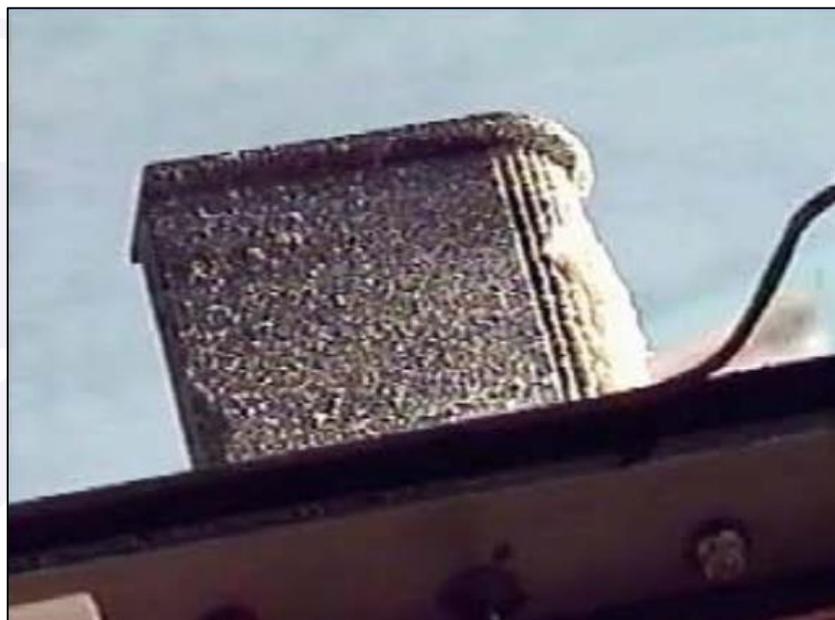


Figura 1 - Vista do IEP, a partir do posto de pilotagem da esquerda (*Ice & Rain, ATR Training Center*).

Adicionalmente, um *Electronic Ice Detector* (Detector Eletrônico de Gelo) conectado ao *Centralized Crew Alert System* (CCAS - Sistema Centralizado de Alerta de Tripulação) fornecia um sinal de alerta “assim que” e “durante o período em que” a condição de *ice accretion* era identificada pelo detector.

O sistema de proteção contra gelo do ATR-72-212A era fornecido por:

- a) aquecimento elétrico (*electrical anti-icing*), alimentado por corrente ACW:
 - das pás de hélice (*propellers*);
 - do para-brisas (*windshields*);
 - da parte frontal das janelas laterais;
 - dos *probes*; e
 - dos *horns* das superfícies de controle de voo.

Para o aquecimento elétrico do sistema de proteção contra gelo, a energia era fornecida pelos geradores ACW.

- b) sistema pneumático (*pneumatic de-icing*) que operava nas seguintes áreas:
 - bordos de ataque das asas centrais e externas (*wing leading edges*);
 - bordos de ataque dos estabilizadores horizontais (*horizontal tailplane leading edge*); e
 - entradas de ar do motor e dutos de ar (*engine air intakes / gas path de-icer*).

Para o sistema pneumático de proteção contra gelo, os motores forneciam ar sangrado por meio das válvulas LH e RH (*Left e Right Hand*), independentemente da posição das válvulas de sangria do motor.

A remoção da chuva dos para-brisas dianteiros era obtida por meio de limpadores de para-brisas.

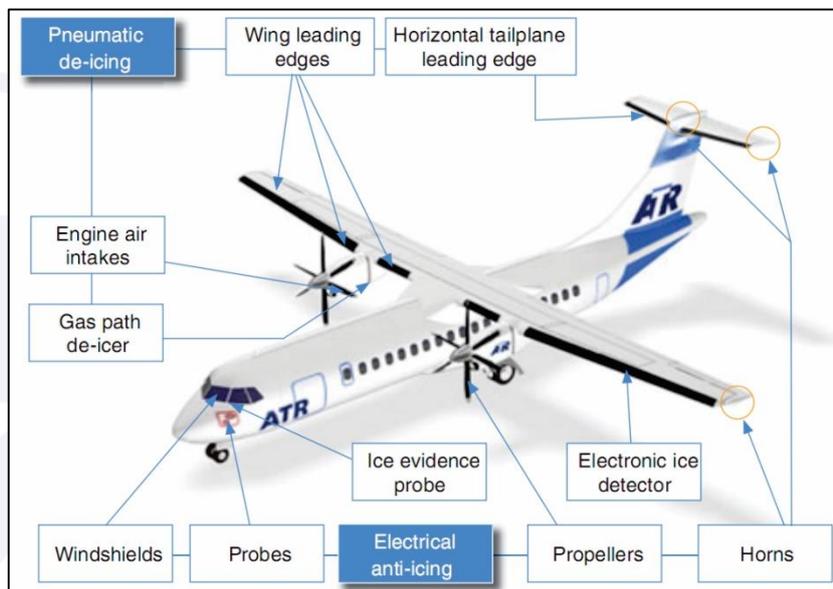


Figura 2 - Sistema básico de proteção contra gelo do ATR-72.

O fabricante definiu uma filosofia baseada em três níveis de proteção contra gelo (*permanent anti-icing/heating level; pending weather conditions anti-icing level e de-icing level*):

- (1) Nível permanente antigelo/aquecimento (aquecimento elétrico dos *probes* e para-brisas). A ser selecionado durante a preparação preliminar da cabine de acordo com os *Standard Operating Procedures* (SOP - Procedimentos Operacionais Padrão);
- (2) Nível de proteção contra gelo (*anti-icing* - aquecimento elétrico das janelas laterais para desembaçamento, dos *horns*, das superfícies de controle de voo e da parte interna dos bordos de ataque das pás de hélice); e
- (3) Nível de descongelamento (*de-icing* - sistema pneumático dos bordos de ataque das asas e estabilizadores horizontais, entradas de ar do motor e dutos de admissão de ar dos motores).

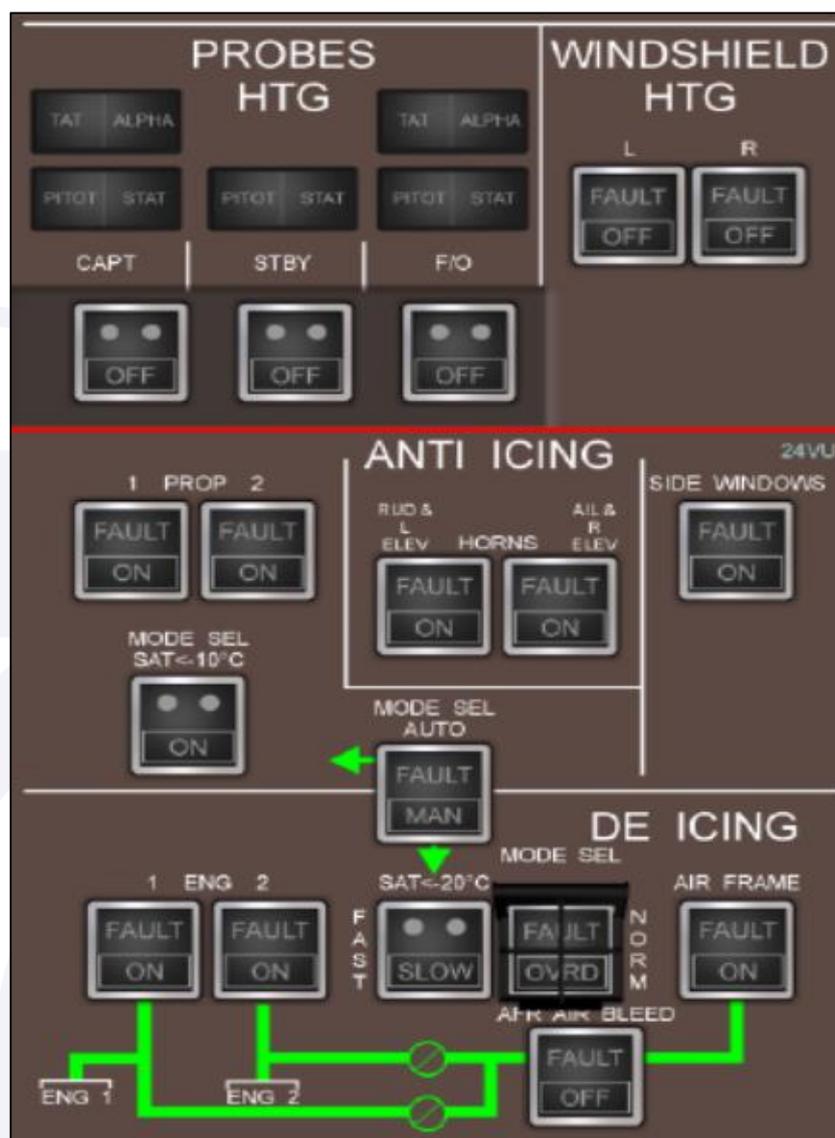


Figura 3 - Painel de controle dos sistemas *anti-icing* e *de-icing* da aeronave ATR-72-212A, subdividido nos três níveis de proteção contra gelo.

Adicionalmente, a aeronave estava equipada como um *Aircraft Performance Monitoring* (APM - Monitoramento de Desempenho da Aeronave).

A função do APM era monitorar o arrasto da aeronave em condições de *ice accretion*, a fim de alertar a tripulação sobre o risco de degradação do seu desempenho quando condições de gelo fossem encontradas durante o voo.

O APM monitorava o desempenho da aeronave em voo para aumentar a consciência situacional da tripulação sobre o risco de condições de gelo severas. Ele comparava o arrasto teórico da aeronave com o arrasto calculado em voo. Ele monitorava a velocidade de cruzeiro e a comparava com o ICING BUG.

Se o arrasto e a degradação da velocidade excedessem os valores limite, os alertas eram acionados nos seguintes níveis:

- CRUISE SPEED LOW (Baixa Velocidade de Cruzeiro).

Indicava uma degradação limitada no arrasto (na ordem de 10%) combinada com uma velocidade de, pelo menos, 10 kt abaixo da velocidade de cruzeiro esperada. Este alerta era acionado apenas na fase de cruzeiro.

- DEGRADED PERFORMANCE (Desempenho Degradado).

Indicava uma degradação significativa no arrasto (na ordem de 22 a 28%, dependendo da IAS). Em cruzeiro, era combinada com uma velocidade de pelo menos 15 a 20 kt abaixo da velocidade de cruzeiro esperada.

Durante a subida, cruzeiro ou descida, se um aumento anormal do arrasto induzisse uma diminuição na velocidade, este alerta era acionado juntamente com um único sinal sonoro (*single chime*).

- INCREASE SPEED (Aumente a Velocidade).

Indicava que as condições para DEGRADED PERFORMANCE haviam sido atingidas e que a velocidade era inferior a ICING BUG + 10 kt.

Durante o voo de cruzeiro, subida ou descida, se o arrasto fosse anormalmente alto e a IAS fosse menor do que a *Minimum Severe Icing Speed* (MSIS - Velocidade Mínima de Voo em Condição de Formação de Gelo Severo - equivalente a *Red Bug* + 10 kt), essa mensagem piscaria em associação com um único sinal sonoro e um alarme MASTER CAUTION.

Dependendo das circunstâncias, o alerta INCREASE SPEED poderia ser disparado ao mesmo tempo em que o desempenho fosse degradado.

Registros de manutenção referentes ao APM e ao MFC no *technical logbook*.

Os registros de manutenção fornecidos pelo operador da aeronave traziam os seguintes reportes:

- Dia 16JUL2013:

APM inop no solo - Aceita *reset* em voo.

Efetuada *operational test* de acordo JIC 30-84-00 OPT 10000. APM operando normalmente.

- Dia 21JUL2013:

APM FAULT.

Resetado o sistema, testado de acordo JIC 30-84-00 OPT 10000.

- Dia 26JUL2013:

Pack valve 2 inoperante em voo. Só funciona no solo.

Efetuada INV dos MFC #1 e #2 conforme item 02 e 03 deste TGB 123276 para T/S

Efetuada inversão dos MFCs para pesquisa de pane junto ao T/S em acordo AMM JIC -3148-81 RAI 10.000 (P/N OFF: LA4E 20606 HM 0100 - S/N OFF: 4E 200 3560 - P/N ON: LA4E 20606 HM 0100 - S/N ON: 4E 200 4281) / POS #1

Efetuada inversão dos MFCs para pesquisa de pane junto ao T/S em acordo AMM JIC -3148-81 RAI 10.000 (P/N OFF: LA4E 20606 HM 0100 - S/N OFF: 4E 200 4281 - P/N ON: LA4E 20606 HM 0100 - S/N ON: 4E 200 3560) / POS #2

Red BUG

Os velocímetros dos postos esquerdo e direito possuíam *Bugs* para referência de velocidades que poderiam ser ajustados manualmente (Figura 4).

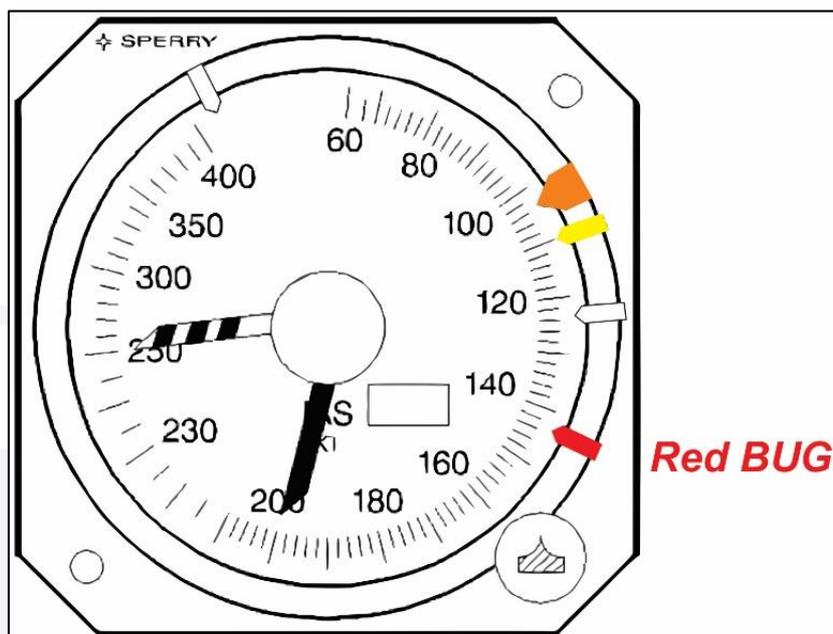


Figura 4 - Ilustração do velocímetro do ATR-72-212A.

O *Red Bug* indicava a velocidade mínima para voo em condições de gelo (com *flaps* recolhidos e pequena inclinação de asas) e deveria ser ajustado para cada voo, de acordo com o peso da aeronave.

Durante a ação inicial de investigação, observou-se que somente o instrumento do posto da direita possuía o *Red Bug* instalado e este estava ajustado em 160 kt. Também, verificou-se que não havia qualquer registro da ausência do *Red Bug* no *technical logbook* da aeronave.

Pitch Uncoupling Mechanism (PUM - Mecanismo de Desacoplamento do Profundor)

O profundor da aeronave ATR-72-212A consistia de duas superfícies de controle (esquerda e direita) localizadas na parte superior da estrutura da cauda. Era operado pelos pilotos ao empurrar ou puxar a coluna de controle no *cockpit*, o que resultava na variação do ângulo de arfagem da aeronave (*pitch*). Durante a operação normal, as superfícies esquerda e direita do profundor se movimentavam na mesma direção e na mesma amplitude.

O ATR-72-212A dispunha de um mecanismo chamado *Pitch Uncoupling Mechanism* (PUM), localizado entre as superfícies direita e esquerda do profundor, na cauda da aeronave. No caso de o profundor ficar emperrado, o desacoplamento poderia ser acionado para que as superfícies operassem independentemente uma da outra.

O PUM era instalado entre os últimos guinchois de controle do profundor. Um came simetricamente bifurcado era conectado ao eixo do guincho esquerdo. Um mecanismo de roletes conectado ao eixo do guincho direito era mantido conectado no came por meio de uma mola. Se a rotação de um dos eixos fosse aplicada pelo outro eixo, em sentido oposto e com força acima dos limites definidos, a roldana era forçada para fora da ranhura do came, comprimindo, momentaneamente, a mola e desacoplando ambos os eixos. Isso fechava um microinterruptor, e acionava a luz WARNING e o sinal sonoro (*repetitive chime*).

Em caso de bloqueio do profundor, o controle de *pitch* seria recuperado, aplicando, em ambas as colunas de controle, uma força diferencial (520 N) que desengatava o sistema de acoplamento do *pitch*.

O lado não emperrado permitia que a aeronave fosse operada com segurança. O acoplamento do sistema só poderia ser realizado em solo por meio de uma chave instalada no painel de manutenção existente no compartimento de voo (Figura 5).

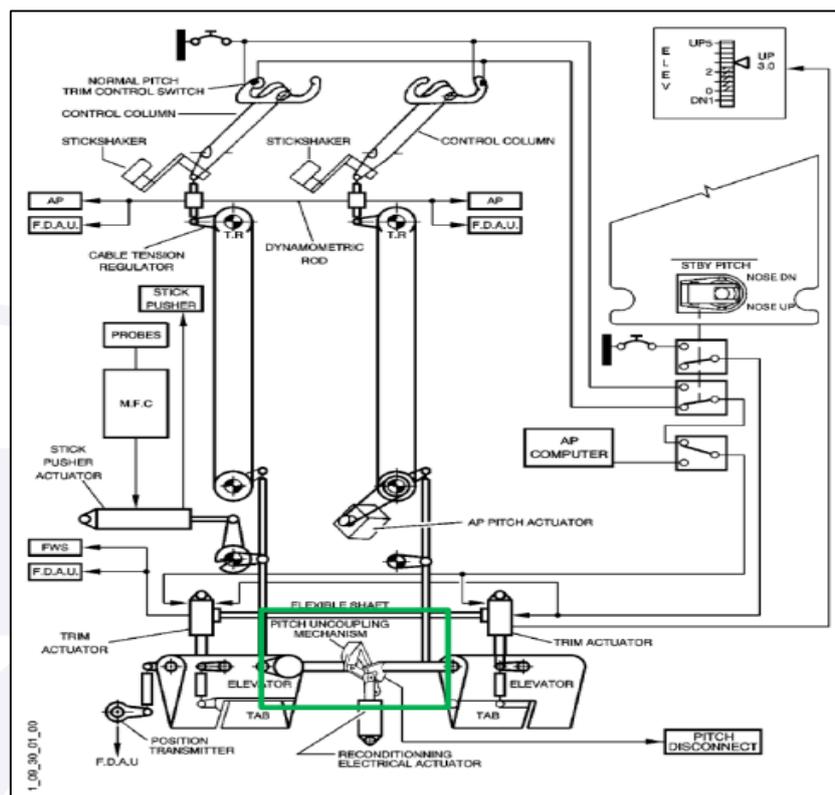


Figura 5 - Sistema de comandos do profundor e do PUM da aeronave ATR-72-212A (Contribution Report, ref BEA pp-u130726, de 08AGO2014).

Durante o voo, na ausência de travamento do controle do profundor, o PUM poderia ser ativado nas seguintes situações:

- atuação simultânea nos comandos, com ambos os pilotos aplicando grande esforço (cerca de 500 N cada) em direção oposta; ou
- única atuação brusca de um membro da tripulação (aplicando cerca de 500 N opostos ao momento da superfície do profundor), no caso particular de travamento do profundor oposto.

Os níveis de esforços necessários para ativar o PUM, seja com atuação dupla ou única, poderiam ser reduzidos em situações que envolviam atuações sucessivas.

A ativação do *stick pusher* também poderia alterar a força necessária para ativar o PUM, uma vez que aquele sistema gerava esforços na coluna de comando do profundor. No entanto, em uma configuração de voo padrão, a ativação isolada do *stick pusher* não geraria uma ativação do PUM.

Quando o PUM era acionado, uma luz indicativa de PITCH DISCONNECT se acendia no CCAS, a luz MASTER WARNING ciclava e os avisos sonoros, *continuous repetitive chime*, eram ativados.

1.7. Informações meteorológicas.

No tocante às condições meteorológicas, antes da decolagem, a tripulação dispunha dos seguintes *Meteorological Aerodrome Report* (METAR - Reporte Meteorológico de Aeródromo) das localidades de origem, destino e alternativa:

SBMO 261900Z 10006KT 8000 FEW010 SCT017 BKN080 25/23 Q1018=

SBMO 262000Z 10004KT 9999 SCT016 BKN070 25/23 Q1018=

SBSV 261900Z 09011KT 5000 HZ SCT010 BKN015 FEW020TCU BKN070 25/21 Q1019=

SBSV 262000Z 11009KT 6000 SCT010 BKN015 FEW020TCU BKN070 24/21 Q1019=

SPECI SBSV 262022Z 15011KT 3000 RA BKN010 BKN015 FEW020TCU BKN070 24/21 Q1019=

SBSV 262100Z 13012KT 4000 -RA BKN010 SCT015 FEW020TCU BKN070 23/21 Q1019 RERA=

SBAR 261900Z 09005KT 9999 SCT015 BKN100 24/21 Q1018=

SBAR 262000Z 08005KT 9999 SCT015 BKN100 24/21 Q1018=

Nas duas horas que antecederam a decolagem, o aeródromo de partida (SBMO) operou sob condições visuais, com a base da camada constituindo teto entre 8.000 ft e 7.000 ft, e temperatura de 25°C.

No mesmo período, o aeródromo de destino (SBSV) operou em condições visuais, porém, com restrição de visibilidade de 5.000 m, às 19h00min (UTC), devido à névoa seca (HZ) e de 6.000 m, às 20h00min (UTC). A base da camada constituía teto a 1.500 ft, havia a presença de poucas nuvens cúmulos de grande extensão vertical com base a 2.000 ft (FEW020TCU) e temperatura variando de 25°C a 24°C.

Às 20h22min (UTC), foi emitido um Informe Meteorológico Aeronáutico Especial Seleccionado (SPECI) para SBSV, reportando redução de visibilidade para 3.000 m devido à chuva (RA) e a base da camada constituindo teto a 1.000 ft. Nesse momento, o aeródromo passava a operar sob Regras de Voo por Instrumentos (IFR).

O aeródromo de alternativa (SBAR - Aracaju, SE) manteve-se operando sob condições visuais, com visibilidade acima de 10 km, com base da camada constituindo teto a 10.000 ft e temperatura de 24°C.

Havia disponível, também, uma carta de *Significant Weather* (SIGWX), Tempo Significativo, das 17h31min (UTC), com validade do dia 27JUL2013 às 06h00min (UTC) conforme a Figura 6:

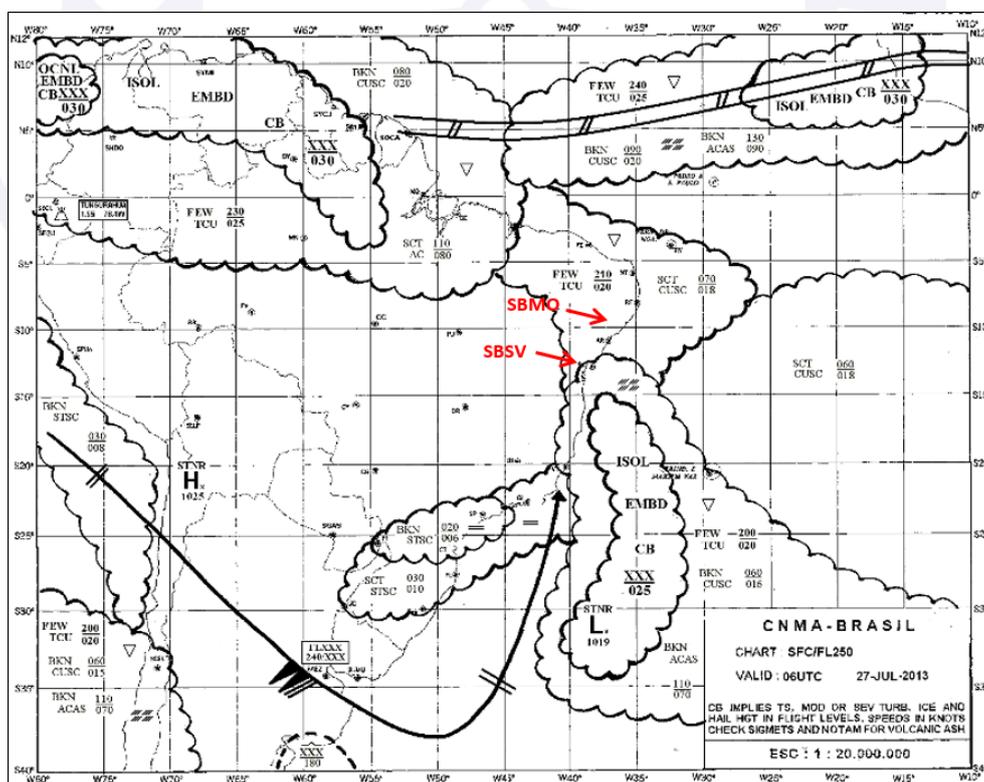


Figura 6 - Carta SIGWX do nível do solo até o FL250, atualizada às 17h31min (UTC), com validade do dia 27JUL2013 às 06h00min (UTC).

A carta SIGWX apontava a presença de poucas nuvens cúmulos de grande extensão vertical com base a 2.000 ft e topo no FL210, bem como a presença de nuvens cúmulos e estratos-cúmulos esparsas com base a 1.800 ft e topo no FL070 na região da rota pretendida da aeronave.

As informações disponíveis nas últimas duas horas que antecederam a perda de controle da aeronave não evidenciavam condições de formação de gelo na rota e no nível de voo planejado.

Às 22h00min (UTC), no momento que houve a perda de controle da aeronave, foi gerada uma imagem do satélite GOES 12, disponível na Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET), a qual indicava, de forma realçada, as condições climáticas da América do Sul (Figura 7).

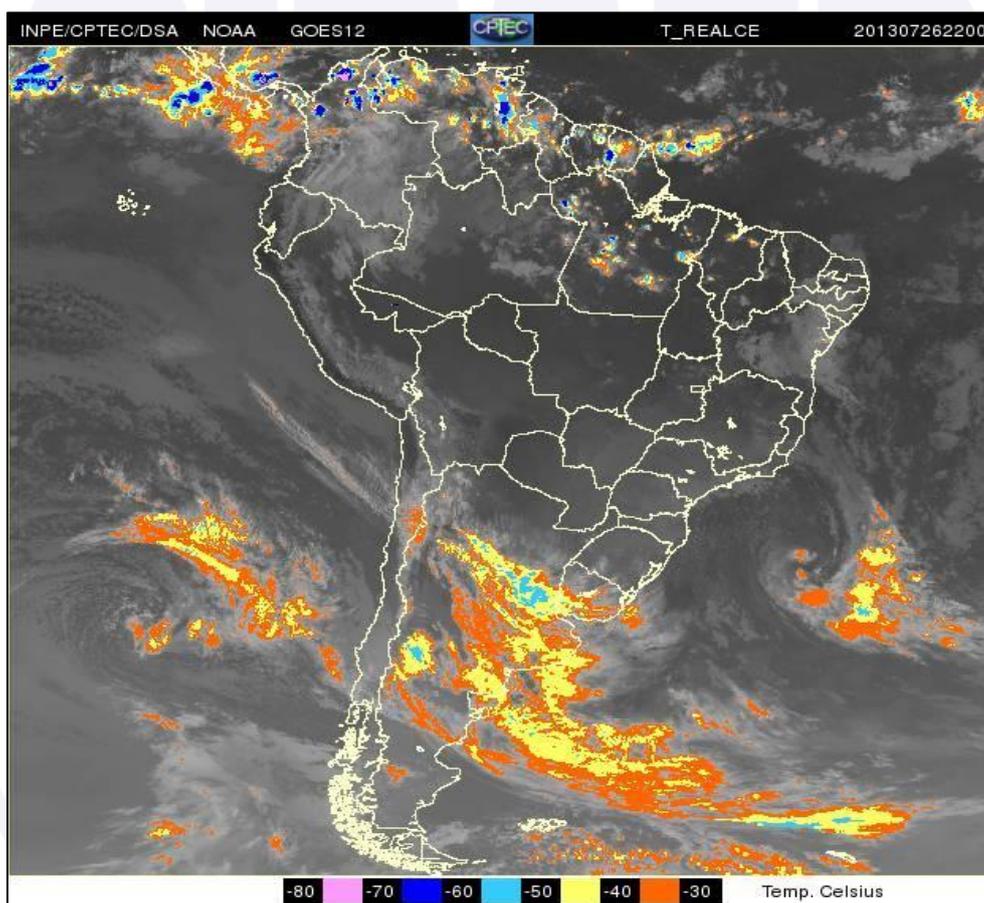


Figura 7 - Imagem das 22h00min (UTC) geradas pelo satélite GOES 12.

Por solicitação da Comissão de Investigação, o Centro Meteorológico de Vigilância de Recife (CMV-RE) emitiu um parecer sobre as condições meteorológicas que predominavam na rota Maceió-Salvador do dia 26JUL2013, no período das 20h00min às 24h00min (UTC), entre os níveis FL100 e FL180.

O parecer identificou que, em 26JUL2013, havia uma forte circulação anticiclônica, gerada pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), posicionado a Leste de 030°W e ao Norte de 20°S, transportando considerável umidade do oceano para o continente por meio dos ventos de leste e sudeste, tornando o tempo bastante instável em baixos níveis sob condições de chuva significativa.

O céu estava de nublado a encoberto, com nuvens formadas por gotas de chuva e cristais de gelo, *altostratus* (AS) e *cumulus* encastelados (TCU) com razoável desenvolvimento vertical na rota Maceió-Salvador, principalmente, entre Aracaju e Salvador.

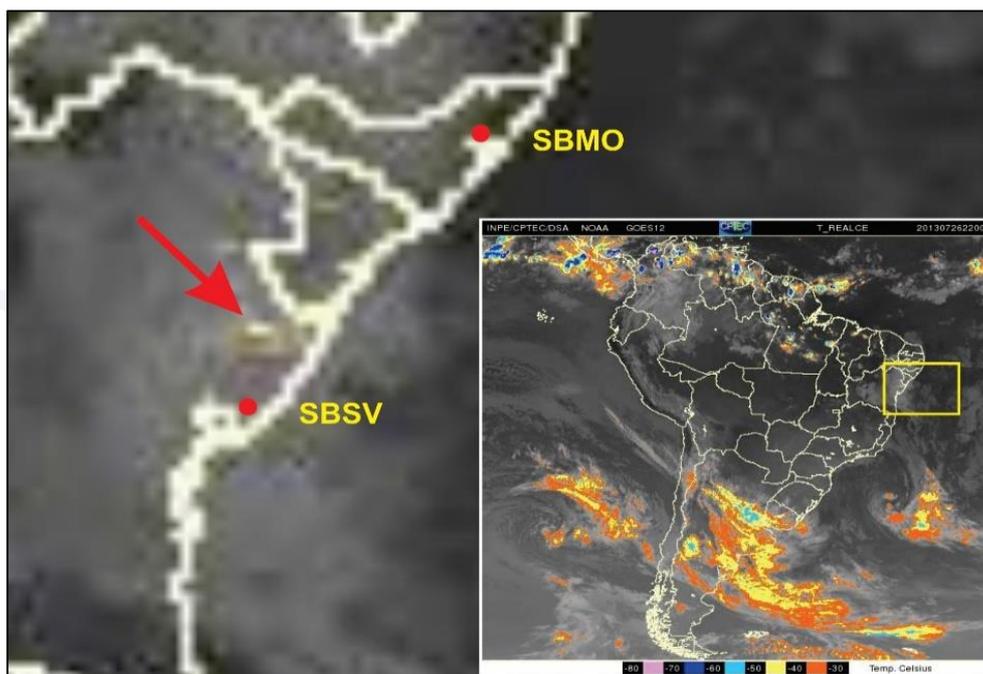


Figura 8 - Destaque da região analisada pelo CMV-RE. A seta indica a posição onde ocorreu a perda de controle da aeronave.

A aeronave voava no FL160, entre as Isotermas de 0°C a -10°C, onde é possível ocorrer a formação de gelo (leve, moderado ou forte).

Conforme a pesquisa das condições de tempo real, o diagnóstico dos parâmetros e os fenômenos meteorológicos em questão, verificou-se que as condições meteorológicas não eram favoráveis às operações aéreas, na rota em tela, entre os níveis de voo FL100 e FL210.

Existiam indicadores que apontavam a possibilidade de existência de turbulência leve-moderada e formação de gelo entre as isotermas já mencionadas. Desse modo, é possível que tenha ocorrido a formação de gelo severo na região indicada pela seta.

1.8. Auxílios à navegação.

Nada a relatar.

1.9. Comunicações.

De acordo com as gravações, a tripulação manteve contato rádio integral com os órgãos de controle de tráfego aéreo e não houve qualquer anormalidade técnica de equipamentos de comunicação durante todo o voo.

As comunicações do PP-PTU com os órgãos de controle, nas terminais e em rota, foram realizadas de maneira clara, sem que houvesse algo significativo a ser relatado.

1.10. Informações acerca do aeródromo.

A ocorrência se deu fora de aeródromo.

1.11. Gravadores de voo.

A aeronave estava equipada com um *Digital Flight Data Recorder* (DFDR - Gravador Digital de Dados de Voo) e um *Cockpit Voice Recorder* (CVR - Gravador de Voz da Cabine) que possuía memória com capacidade de gravação de até duas horas.

A degravação foi realizada no Laboratório de Gravadores de Voo do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), em Brasília, DF.

De acordo com o áudio do CVR, toda a preparação para o voo, o táxi e a decolagem ocorreram sem anormalidades.

Durante a subida, houve uma mensagem de PACK FAULT. Após o desligamento da *Pack 2* pela tripulação, a mensagem desapareceu.

No voo em rota, voando no FL160, a tripulação foi orientada pelo Centro de Controle de Área de Recife (ACC-RF) a realizar a chegada *Standard Instrument Arrival (STAR - Procedimento Padrão de Chegada) BONF*, e a reportar quando estivesse pronta para a descida.

Ao preparar a chegada, a tripulação verificou que entraria em uma região com formações de nuvens “mais pesadas” e que seria necessário realizar alguns desvios. Nesse momento, o diálogo da tripulação deixou transparecer algumas dúvidas com relação à utilização do RADAR meteorológico e o comandante sugeriu ao copiloto que o manual fosse consultado.

O comandante acionou as luzes de “atar cintos” e orientou as comissárias para que permanecessem sentadas devido à possibilidade de turbulência.

O ACC-RF orientou o PP-PTU a prosseguir com proa da posição ADOLF, aguardando a coordenação com o Controle de Aproximação de Salvador (APP-SV) para prosseguir com proa da posição BONF.

Às 21h43min43s (UTC), o comandante solicitou ao copiloto realizar o procedimento de *Entering Icing Conditions Checklist* e este último cotejou:

Entering Icing Conditions
Anti-ice, Propeller, Horns, Side Windows on
Propeller, Horns,
Mode Select ALT
Minimum Maneuver Speed... Speed Bug set and observer
Vai ser 171 (sic).

Após esses procedimentos, a tripulação realizou desvios à esquerda da rota, em coordenação com o ACC-RF, e retornou para a proa de ADOLF.

Às 21h49min25s (UTC), o comandante solicitou que as luzes de “atar cintos” fossem desligadas.

Às 21h51min24s (UTC), o comandante comentou com o copiloto a respeito da perda de desempenho observada na aeronave por estarem voando em condições de formação de gelo. O copiloto concordou, dizendo que “o sistema *anti-icing* também contribui para a perda de potência” (sic).

Instantes após, o comandante saiu da cabine, deixando os comandos com o copiloto. Nesse ínterim, houve uma solicitação do ACC-RF para que fosse mantido o perfil da chegada com proa de ADOLF.

Às 21h53min48s (UTC), o copiloto acionou as luzes de “atar cintos” e solicitou desvio à esquerda para o ACC-RF. Nesse momento, ouviu-se um som que indicava que a aeronave estava voando em área de chuva.

Às 21h54min47s (UTC), o comandante retornou à cabine, reassumiu os comandos e coordenou desvios com o ACC-RF.

O copiloto queixou-se das indicações do RADAR meteorológico, sendo orientado pelo comandante quanto ao ajuste do *range* e do ângulo da antena.

Conforme os dados do fabricante da aeronave, no FL160 (ISA +10) a IAS deveria corresponder a 210 kt, o Torque (TQ) aproximado de 72,5% e o *Fuel Flow* de 357 kg/h. Exceto pela indicação de IAS que estava menor, denotando a degradação do desempenho da aeronave, os demais parâmetros apresentaram-se conforme o esperado.

Às 22h00min00s (UTC), o valor da IAS atingiu 180 kt, com o piloto automático engajado e os manetes de potência posicionados no entalhe. Nesse momento, essa IAS estava 30 kt abaixo da velocidade esperada e a tripulação tentava copiar a informação do *Automatic Terminal Information Service* (ATIS - Serviço Automático de Informação de Terminal) de SBSV.

Às 22h00min08s (UTC), ouviu-se um barulho de vibração na cabine o qual aumentou de intensidade, progressivamente.

Às 22h00min10s (UTC), a potência foi reduzida de 72% para 20% de torque.

Às 22h00min23s (UTC), a campainha de “atar cintos” foi ativada e a comissária chefe orientou os passageiros a permanecerem sentados e com os cintos afivelados.

A partir desse momento, as ações e as comunicações na cabine ficaram conturbadas em meio a uma sucessão de alarmes e do acionamento do *stick shaker*, na seguinte sequência (em horário UTC):

- 22h00min28s - houve um alarme triplo. O copiloto solicitou descida;
- 22h00min30s - *stick shaker* (duração de 4 segundos);
- 22h00min33s - o copiloto declarou MAYDAY MAYDAY MAYDAY ao APP-SV;
- 22h00min35s - *stick shaker* (duração de 2 segundos);
- 22h00min39s - *stick shaker* (duração de 34 segundos);
- 22h01min14s - *stick shaker* (duração de 2 segundos); e
- 22h01min16s - alarme triplo.

Em meio aos acionamentos de *stick shaker* e de alarmes, o comandante solicitou ao copiloto que cortasse o motor. O copiloto questionou se deveria cortar os dois motores, porém, não obteve resposta.

Às 22h01min21s (UTC), os manetes das hélices foram colocados na posição bandeira, sendo possível ouvir a mudança de passo das hélices.

Após, o copiloto informou que ambos os motores haviam sido cortados, embora houvesse apenas embandeirado as hélices.

Às 22h01min24s (UTC), o manete da hélice nº 1 foi colocado de volta na posição auto e o manete de potência nº 2 foi movido para 50%.

O copiloto questionou se poderia acionar um dos motores e o comandante respondeu afirmativamente.

Às 22h01min27s (UTC), a hélice nº 2 atingiu a posição bandeira e a hélice nº 1 foi ajustada de volta a 82% NP.

Às 22h01min36s (UTC), o manete de potência nº 2 foi recuado para a posição FI.

Às 22h01min39s, o manete da hélice nº 2 saiu da posição bandeira.

Às 22h01min43s (UTC), o manete da hélice nº 2 voltou à posição bandeira.

Finalmente, às 22h01min57s (UTC), o manete da hélice nº 2 foi colocado novamente na posição auto.

Às 22h02min06s (UTC), a hélice nº 2 voltou a 82% NP.

De acordo com dados obtidos na leitura do DFDR, foi possível verificar que a aeronave voava no FL160 quando teve uma rápida variação de velocidade seguida de uma perda de 5.000 ft de altitude.

A *Total Air Temperature* (TAT - Temperatura Verdadeira do Ar ou Temperatura do Ar Total) correspondia a +3,8°C e os motores operavam em regime estável de 64% (TQ - motor 1) e 69% (TQ - motor 2) até o momento em que houve a redução dos manetes de potência, conforme observado nos parâmetros de *Power Lever Angle* (PLA - Ângulo do Manete de Potência).

Entre 22h00min42s e 22h01min03s (UTC), verificou-se que o ajuste dos motores em baixa potência (manete de potência em *Flight Idle*), o elevado AOA e a baixa velocidade acarretaram uma variação de $\pm 2\%$ de NP (variação em torno de 82%).

Por volta de 22h01min30s (UTC), a vibração cessou e a tripulação retomou o controle e o gerenciamento do voo. Identificaram que ainda estavam com ambos os motores acionados e que a luz PITCH DISCONNECT estava acesa no CCAS.

O APP-SV direcionou a aeronave para SBSV, e a tripulação optou por manter a velocidade em torno de 170 kt (IAS) até a aproximação para pouso.

Segundo as leituras do DFDR, não houve evidências de mau funcionamento ou de falha do motor em voo.

No momento em que se deu início à vibração, a *Pack Valve 2* encontrava-se em OFF.

Com relação ao sistema *electrical anti-icing*, as *propeller anti-icing* se encontravam em ON, *probes right and left anti-icing* - ON, *horns and elevators de-ice* - ON.

Com relação ao sistema pneumático da fuselagem (*pneumatic de-icing system*), tanto os *ice boots*, quanto o *airframe de-ice* permaneceram em OFF durante todo o voo.

Os valores de torque do motor permaneceram conforme esperado, indicando que não houve *stall* do compressor durante o evento.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

Nada a relatar.

1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.

1.13.1. Aspectos médicos.

Os tripulantes foram submetidos a novos exames para revalidação do CMA, após ocorrência aeronáutica.

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.

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.

Durante a avaliação dos dados do DFDR da aeronave, verificou-se que, ao final da etapa anterior ao voo da ocorrência, o APM mudou seu *status* de ON para OFF, permanecendo nessa condição durante todo o voo.

O APM estava com *status* OFF no final do voo anterior, no solo. Quando o APM estava em OFF, os cálculos eram executados normalmente, mas os alertas eram inibidos.

Ainda, foi possível verificar que o APM foi ajustado de 15T para 21T (21 Toneladas, correspondente ao peso da aeronave) antes da decolagem (Figuras 9 e 10).

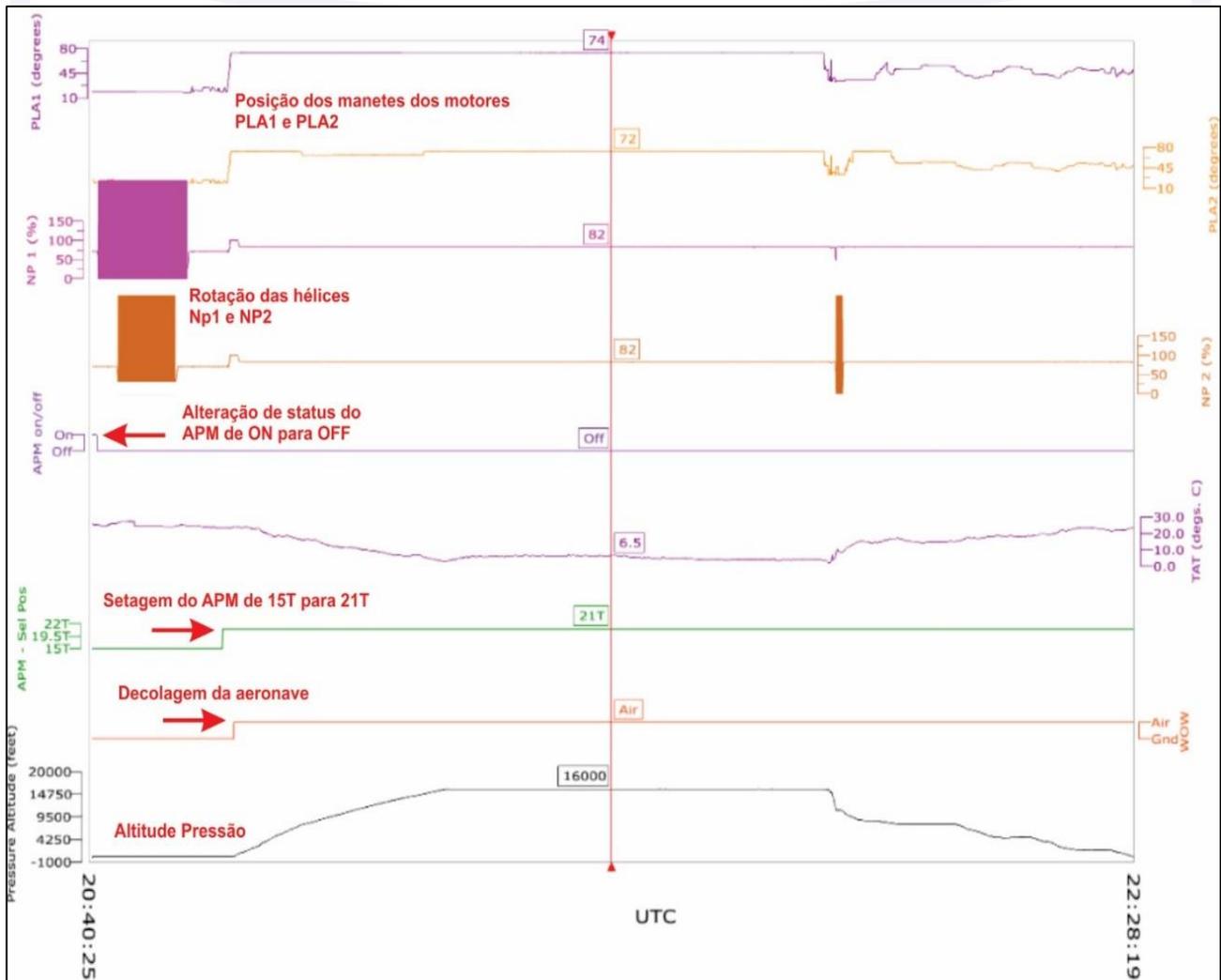


Figura 9 - Dados do DFDR da aeronave PP-PTU.



Figura 10 - Painel de controle do APM do ATR-72-212A ajustados para 21T em três condições: normal (ON), falha (FAULT) e desligado (OFF), respectivamente.

Na busca por informações que pudessem identificar uma possível condição de operação e/ou de falha que resultassem na inoperância do APM, buscou-se fazer um levantamento sobre as condições de operação das aeronaves da frota da Trip Linhas Aéreas, nos 45 dias anteriores ao incidente grave.

Em vários voos de aeronaves da frota da companhia aérea foram detectadas configurações inválidas de APM devido ao fato de as tripulações não terem selecionado o peso de decolagem no início do voo. O peso de decolagem deveria ser selecionado no painel do APM, antes da decolagem, realizando uma rotação do botão de seleção. Se o valor indicado já correspondesse ao peso de decolagem, o botão deveria ser movido para fora do ajuste e de volta para o peso selecionado.

Se a tripulação não selecionasse nenhum peso, o APM calcularia o peso durante a decolagem, mas o valor seria menos preciso.

De 2.659 voos analisados, em 328 o APM apresentou *status* OFF (12,3% dos voos), em parte ou, durante todo o voo (Figura 11).

AERONAVE	QUANTIDADE DE VOOS COM APM OFF
PP-PTT	131
PP-PTU	71
PP-PTR	62
PP-PTO	59
PP-PTP	2
PP-PTL	1
PP-PTM	1
PP-PTN	1
PP-PTQ	0
PP-PTY	0
PP-PTZ	0
PR-TKA	0

Figura 11 - Registros de status, em voo, dos APM das aeronaves da frota da Trip Linhas Aéreas, no período de 45 dias que antecederam à ocorrência.

Seis dos comandantes que operaram as aeronaves de matrículas PP-PTT e PP-PTR nos voos que apresentaram APM OFF nos dados de *Quick Access Recorder* (QAR - Gravador de Acesso Rápido) foram consultados e afirmaram que os equipamentos foram “setados” conforme o *checklist*, que estes permaneceram em ON e que não houve qualquer indicação de que estivessem em OFF ou em FAULT.

Analisando-se os dados de QAR, verificou-se que, dos dezessete voos anteriores ao incidente grave, em oito voos o APM constava com *status* OFF. Seis voos consecutivos foram realizados com o APM em *status* OFF. Houve seis transições de APM de ON para OFF em solo, cinco deles ocorreram no final do voo e um no início. Cada uma dessas transições apresentava a mesma sequência de eventos:

- trem embaixo e *flaps* estendidos;
- APM *Fault* devido ao sinal de discrepância do *Air Data Computer* (ADC - Computador de Dados de Voo);
- alarme MASTER CAUTION;

- cancelamento do MASTER CAUTION; e
- APM selecionado em OFF.

O APM comparava informações de altitude, IAS e TAT fornecidas por ambos os ADC.

Quando a aeronave estava no solo, esses parâmetros eram mais sensíveis às condições externas e o APM poderia detectar uma discrepância, induzindo a um APM FAULT.

O fabricante da aeronave atualizou o MFC para evitar essa falha espúria do APM no solo. O novo MFC *Part Number* (PN): ED35 E109-0105 foi introduzido nas aeronaves de produção e foi proposta uma atualização dos equipamentos desde o início de 2011.

Segundo o fabricante, um teste do APM deveria ser realizado todos os dias, durante a preparação preliminar do *cockpit* conforme *Flight Crew Operating Manual* (FCOM - Manual de Operação de Tripulação de Voo - 2.03.06). Nesse caso, o teste não seria bem sucedido se o APM estivesse desligado.

Uma falha do botão do APM (208TU *push button*) foi identificada como a única falha, *single failure*, capaz de acarretar a desativação do APM sem qualquer indicação. O teste diário, no entanto, permitiria detectar tal falha. Se a luz OFF tivesse falhado, tal falha poderia, no entanto, ser evidenciada durante o teste de lâmpadas, previsto no *checklist* de preparação preliminar do *cockpit*.

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

Nada a relatar.

1.18. Informações operacionais.

O plano de voo apresentado pela companhia aérea no trecho SBMO-SBSV previa a decolagem às 20h10min (UTC) e a rota, sob IFR, no FL180 pela aerovia G677 até a vertical de Aracaju, SE, seguindo para o fixo BONF, onde realizaria a STAR para SBSV.

O tempo estimado em rota era de uma hora e treze minutos com autonomia de voo declarada de duas horas e cinquenta e três minutos (Figura 12).

```
(FPL-TIB5591-IS
-AT72/M-SDFGHIR/S
-SBMO2010
-N0257F180 DEND1A DENDO G677 ARU BONF
-SBSV0113 SBAR
-PBN/B2D202 DOF/130726 REG/PPPTU PER/B
-E/0253 P/TBN S/J
A/WHITE AND BLUE
```

Figura 12 - Plano de voo da aeronave.

O *Loadsheet* (Manifesto de Carga) da aeronave indicava 59 passageiros a bordo e o peso de decolagem calculado era de 20.948 kg. No momento do embarque, no entanto, houve a confirmação da ausência de um dos passageiros.

Os dados de peso e de balanceamento encontravam-se dentro dos limites de centro de gravidade da aeronave (Figura 13).

L O A D S H E E T		CHECKED	APPROVED		
ALL WEIGHTS IN KILOGRAMS				1	
FROM/TO FLIGHT	FLTDATE	A/C REG	VERSION	CREW	DATE TIME
MCZ SSA 5591	26JUL13	PP-PTU	68YB	2/2	26JUL13 1726
LOAD IN COMPARTMENTS		WEIGHT	DISTRIBUTION		
PASSENGER/CABIN BAG		4385	1/328 2/211		
			47/11/1/0 TTL 59 CAB 0		
			Y 59 SOC 0		
			BLKD 0		

TOTAL TRAFFIC LOAD		4924			
DRY OPERATING WEIGHT		13774			
ZERO FUEL WEIGHT ACTUAL		18698	MAX 20500	ADJ	
TAKE OFF FUEL		2250			
TAKE OFF WEIGHT ACTUAL		20948	MAX 22500	L ADJ	
TRIP FUEL		820			
LANDING WEIGHT ACTUAL		20128	MAX 22350	ADJ	
TAXI OUT FUEL		50			
LAST MINUTE CHANGES					
BALANCE AND SEATING CONDITIONS	DEST	SPEC	CL/CPT	+ -	WEIGHT
DOI	-14.8				
MACZFW	27.8				
MACTOW	28.8				
MACLAW	28.5				
CABIN AREA					
A	25	C	34		
UNDERLOAD BEFORE LMC		1552	LMC TOTAL	+ -	
FLAP15 STAB TO		0.8	NOSE UP		

Figura 13 - Loadsheet do voo da ocorrência.

O *technical logbook* da aeronave trazia a informação de que a *Pack Valve 2* estava inoperante em voo. Desse modo, segundo a *Minimum Equipment List* (MEL - Lista de Equipamentos Mínimos da aeronave), o voo ficaria restrito ao FL170. Desse modo, a tripulação prosseguiu conforme a programação, porém, mantendo o FL160.

A sequência de eventos a seguir foi descrita com base nos dados de voz extraídos do CVR, dos dados do DFDR e da análise realizada pelo *Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile* (BEA), por meio do *Contribution Report*, ref BEA pp-u130726, de 08AGO2014.

Durante a subida, houve a indicação de PACK 2 FAULT.

Às 21h33min (UTC), a aeronave voava nivelada no FL160 com o *Autopilot* (Piloto Automático) acoplado, IAS de 202 kt e TAT de +6,3°C. O torque desenvolvido nos motores correspondia a 67% no motor esquerdo e 73,5% no motor direito. A rotação das hélices estava estável com 82% NP e a turbina dos gases em 96% NH (Figura 14).



Figura 14 - Parâmetros de voo da aeronave PP-PTU às 21h33min34s (UTC). Simulação com dados do DFDR.

Às 21h37min (UTC), foram identificadas algumas formações em rota e os pilotos comentaram sobre a necessidade de efetuar desvios.

Nesse momento, observou-se que havia dúvidas entre os pilotos sobre a operação do RADAR meteorológico da aeronave, demandando a necessidade de se consultar o manual do equipamento.

Às 21h41min (UTC), o ACC-RF orientou que a aeronave curvasse à direita com proa do fixo ADOLF.

Após realizar a curva, a tripulação identificou que estava adentrando em uma área com formação de gelo, identificada por meio do IEP e, às 21h44min13s (UTC), realizaram o procedimento de *Entering Icing Conditions*. Os procedimentos foram enunciados pelo copiloto, quando foi reportado “BUG 171 kt”. O *BUG* se referia à velocidade mínima de operação em condições de formação de gelo na aeronave ATR-72-212A.

Segundo o SOP da companhia aérea, ao entrar em condições de formação de gelo, devia-se executar os procedimentos previstos pelo fabricante da aeronave, conforme Figura 15.

ENTERING ICING CONDITIONS	
ANTI-ICING (PROP - HORNS - SIDE WINDOWS).....	ON
MODE SEL	AUTO
MINIMUM MANEUVER/OPERATING ICING SPEEDS	BUGGED AND OBSERVED
ICE ACCRETION	MONITOR
AT FIRST VISUAL INDICATION OF ICE ACCRETION AND AS LONG AS ICING CONDITIONS EXIST	
ANTI-ICING (PROP - HORNS - SIDE WINDOWS).....	CONFIRM ON
MODE SEL	CONFIRM AUTO
ENG DE-ICING	ON
AIRFRAME DE-ICING	ON
MINIMUM MANEUVER/OPERATING ICING SPEEDS	BUGGED AND OBSERVED
BE ALERT TO SEVERE ICING DETECTION In case of severe icing, refer to 1.09	
■ If significant vibrations occur	
BOTH CL	100 OVRD for not less than 5 minutes
LEAVING ICING CONDITIONS	
DE-ICING AND ANTI-ICING MAY BE SWITCHED OFF	
WHEN THE AIRCRAFT IS VISUALLY VERIFIED CLEAR OF ICE	
ICING AOA CAPTION MAY BE CANCELLED AND NORMAL SPEEDS MAY BE USED	

Figura 15 - Procedimentos previstos para *Entering Icing Conditions* e *Ice Accretion*, conforme SOP da companhia aérea.

Os procedimentos previam o acionamento dos sistemas *anti-icing* das hélices, *horns* e janelas laterais. O seletor de modo (MODE SEL) deveria ser verificado em AUTO, o BUG ajustado, e as condições de *ice accretion* (acúmulo de gelo) monitoradas.

Ao ser constatado o acúmulo de gelo, além dos itens acima, os sistemas ENG DE-ICING e AIRFRAME DE-ICING (descongelamento dos motores, asas e fuselagem) deveriam ser acionados e, em caso de vibrações significativas, os manetes de hélice deveriam ser avançados para máximo (100% NP).

SEVERE ICING

MINIMUM ICING SPEED INCREASE RED BUG by 10 kt
PWR MGT MCT
CL / PL 100% / MCT
AP (if engaged) FIRMLY HOLD CONTROL WHEEL and DISENGAGE
SEVERE ICING CONDITIONS ESCAPE
ATC NOTIFY

- If an unusual roll response or uncommanded roll control movement is observed :
Push firmly on the control wheel
FLAPS 15
- If the flaps are extended, do not retract them until the airframe is clear of ice.
- If the aircraft is not clear of ice :
GPWS FLAP/GPWS OVRD
STEEP SLOPE APPROACH ($\geq 4.5^\circ$) PROHIBITED
APP/LDG CONF MAINTAIN FLAPS 15
with "REDUCED FLAPS APP/LDG icing speeds" + 5 kt
Multiply landing distance FLAPS 30 by 2.12.

DETECTION

Visual cue identifying severe icing is characterized by ice covering all or a substantial part of the unheated portion of either side window
and / or
Unexpected decrease in speed or rate of climb
and / or

The following secondary indications :

- . Water splashing and streaming on the windshield
- . Unusually extensive ice accreted on the airframe in areas not normally observed to collect ice
- . Accumulation of ice on the lower surface of the wing aft of the protected areas
- . Accumulation of ice on propeller spinner farther aft than normally observed

The following weather conditions may be conducive to severe in-flight icing :

- . Visible rain at temperatures close to 0°C ambient air temperature (SAT)
- . Droplets that splash or splatter on impact at temperatures close to 0°C ambient air temperature (SAT)

Figura 16 - Procedimentos para *Severe Icing*, conforme SOP da companhia aérea.

No caso de condições de formação de gelo severas, os procedimentos previam que fosse mantida velocidade de *Red Bug* + 10 kt, potência máxima contínua de 100% de NP, segurar o manche firmemente, desacoplar o piloto automático, sair da condição de formação de gelo e notificar o *Air Traffic Control* (ATC - Controle de Tráfego Aéreo).

Caso a aeronave apresentasse comportamento anormal de rolamento, devia-se empurrar o manche firmemente, baixando os *flaps* para 15°. Os *flaps* estendidos não deveriam ser recolhidos até que a fuselagem estivesse livre de gelo em sua superfície.

No que dizia respeito à detecção de gelo, o manual informava que a identificação visual de gelo severo era caracterizada por gelo cobrindo toda porção não aquecida de qualquer janela lateral, parte substancial desta e/ou uma diminuição inesperada da velocidade ou da razão de subida.

Outras indicações secundárias se referiam a:

- água respingando e escorrendo no para-brisa;
- gelo extensamente acumulado em áreas da estrutura, onde normalmente não eram observados;
- acúmulo de gelo na parte dianteira da superfície inferior da asa em áreas protegidas; e
- acúmulo de gelo no *spinner* da hélice, mais à frente do que normalmente observado.

As seguintes condições climáticas seriam propícias para a formação de gelo severo:

- chuva visível a temperaturas próximas de 0°C *Static Air Temperature* (SAT - Temperatura Estática do Ar Externo); e
- gotas que se espalham ou respingam no impacto, a temperaturas próximas de 0°C SAT.

Às 21h48min (UTC), o comandante comentou com o copiloto sobre a queda de desempenho da aeronave ao ingressar em área de formação de gelo. Após, a tripulação solicitou desvios à esquerda para evitar formações meteorológicas. Naquele momento, a IAS estava em torno de 185 kt (25 kt abaixo da velocidade esperada), com desempenho degradado e o Nível 3 (*de-icing*) desligado.

Às 21h54min (UTC), o CVR registrou o som semelhante ao voo da aeronave em uma região com chuva.

O ACC-RF transferiu a comunicação para o APP-SV, orientando a aeronave para que solicitasse a proa do fixo BONF àquele APP.

Às 21h59min59s (UTC), a TAT indicada era de +2,6°C. O CVR registrou um forte ruído de vibração da aeronave e a IAS havia caído para 184 kt.

Ambos os manetes de potência do motor foram reduzidos para 50° de PLA (20% de torque). Com potência reduzida e o piloto automático engajado em modo ALT, o ângulo de arfagem da aeronave aumentou e a IAS reduziu rapidamente para 158 kt (a velocidade operacional mínima com gelo correspondia a 161 kt). Segundo o Comandante, ele desengajou o piloto automático. Concomitantemente, o torque dos motores atingiu 21% (Figura 17).



Figura 17 - Parâmetros de voo da aeronave PP-PTU às 21h59min59s (UTC). Simulação com dados do DFDR.

O *stick pusher* foi ativado. O comandante contrariou o *stick pusher*, o AOA aumentou (*local AOA LH 10,3° e RH 10,6°*) e ambos os *stick shakers* foram ativados.

Na sequência, a aeronave teve um giro acentuado de asas à esquerda (43°), embora o manche estivesse comandado à direita. A *vertical speed* indicava descida com -1.350 ft/min (Figura 18).

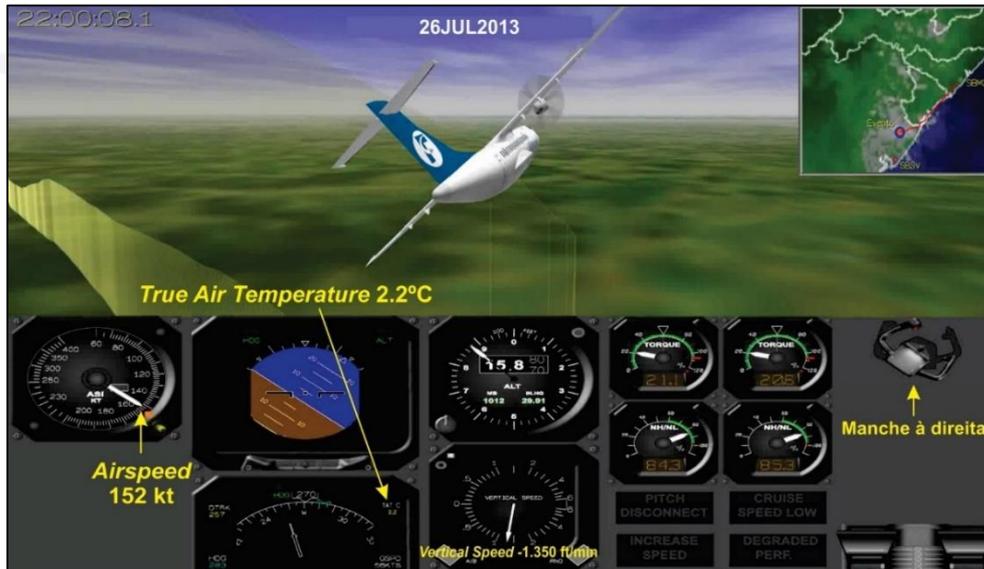


Figura 18 - Parâmetros de voo da aeronave PP-PTU às 22h00min08s (UTC). Simulação com dados do DFDR.

O *stick pusher* foi acionado por dois segundos (*local AOA LH: 16,3° e RH 15,9°*). O ângulo de arfagem da aeronave caiu para -5° (atitude *nose down*) com movimento de rolagem para a direita. Simultaneamente à ativação do *stick pusher*, um esforço de arfagem no sentido de “cabrar” (*nose up*) foi registrado no lado do comandante.

A velocidade estabilizou momentaneamente em 151 kt, a aeronave reverteu a inclinação para a direita. O manche foi aplicado no sentido de “cabrar”, o ângulo de arfagem era de 0° , no entanto, a razão de descida aumentou para -3.600 ft/min.

O AOA ficou abaixo do limite, portanto, o *stick pusher* e o *stick shaker* foram desativados por um segundo. O manche ainda estava sendo comandado no sentido de “cabrar” enquanto o ângulo de arfagem atingia 6° .

O *stick pusher* e o *stick shaker* engajaram uma segunda vez por dois segundos (*local AOA LH: 21,7° e RH 23,7°*). O ângulo de arfagem da aeronave, então, caiu para -8° . Simultaneamente à ativação do *stick pusher*, um esforço de arfagem no sentido de “cabrar” (*nose up*) foi registrado no lado do comandante.

O AOA ficou abaixo do limite, portanto, o *stick pusher* e o *stick shaker* foram desativados por um segundo. O ângulo de arfagem aumentou, novamente, e atingiu 1° . O *stick pusher* e o *stick shaker* engajaram pela terceira vez (*local AOA LH: 12,6° e RH 14,6°*).

O ângulo de arfagem se manteve em 1° e atingiu um ângulo de rolagem de 24° para a direita (Figura 19). O comandamento de arfagem no sentido de picar (*nose down*) pelo comandante foi registrado, pela terceira vez, 10 segundos após o engajamento contínuo do *stick pusher*.



Figura 19 - Parâmetros de voo da aeronave PP-PTU às 22h00min19s (UTC).

O ângulo de rolagem para a direita diminuiu e a aeronave iniciou uma nova curva à esquerda.

Esforços contínuos de arfagem no sentido de “cabrar” foram registrados no lado do comandante e neutralizaram a ação do *stick pusher*. Como resultado, os profundores se moveram várias vezes entre as posições de nariz para cima (*stick pusher* não ativado) e nariz para baixo (*stick pusher* ativado) e o ângulo de arfagem variou entre -6° (nariz para baixo) e $+5^\circ$ (nariz para cima).

A razão de descida aumentou para -5.000 ft/min e o AOA atingiu valores acima de 20° . Em seguida, o *stick pusher* foi ativado durante 35 segundos (comandamento de nariz para baixo). Nesse momento, os esforços de arfagem no sentido “a cabrar” (nariz para cima) do comandante alcançaram 580 N, acarretando o PITCH DISCONNECT.

A posição da superfície direita do profundor alcançou o valor máximo no sentido “a cabrar” e permaneceu estável. A posição da superfície esquerda do profundor permaneceu em uma posição neutra. O ângulo de arfagem atingiu 21° “a cabrar” e a aeronave iniciou um movimento de rolamento para a esquerda. Nesse momento, a aeronave voava no FL150 (o AOA atingiu um valor máximo de 52°).

Às 22h00min24s (UTC), a luz de “use cintos” foi acionada e as comissárias orientaram os passageiros para que permanecessem sentados, com cinto de segurança afivelados. Após, elas se sentaram nas poltronas mais próximas disponíveis.

Na sequência, o ângulo de arfagem atingiu 17° e o velocímetro indicou 0 kt (Figura 20).



Figura 20 - Parâmetros de voo da aeronave PP-PTU às 22h00min24s (UTC).

O ângulo de arfagem diminuiu significativamente, até -16° . Ao mesmo tempo, foi atingido um valor máximo de rolagem, à esquerda, de 58° .

O ângulo de arfagem ainda estava diminuindo enquanto o ângulo de rolagem alternava da esquerda para a direita.

Quando a aeronave estava quase nivelada (ângulo de arfagem aproximado de -4° , e ângulo de rolagem em torno de 1° à esquerda), houve nova redução do ângulo de arfagem com giro de asa à direita (os ângulos de arfagem e rolagem alcançaram -24° e 37° à direita, respectivamente) e razão de descida de -6.000 ft/min.

O AOA ficou abaixo do limite, o ângulo de rolagem diminuiu para 31° e o *stick pusher* e o *stick shaker* foram desativados por um segundo. O copiloto solicitou descida imediata ao APP-SV, sendo autorizado a descer até 2.000 ft. Ao cotejar a informação, o copiloto declarou condição de socorro (MAYDAY).

O CVR registrou o som de um alarme triplo seguido de acionamentos intermitentes do *stick shaker*. O *stick pusher* e o *stick shaker* permaneceram ativados durante 34 segundos (Figura 21).



Figura 21 - Parâmetros de voo da aeronave PP-PTU às 22h00min29s (UTC).

O APP-SV autorizou proa direta de SBSV e, a partir desse momento, a comunicação tornou-se bastante conturbada entre os tripulantes, entre a tripulação e o APP-SV, e com outra aeronave que voava na região.

Às 22h00min40s (UTC), a aeronave cruzava o FL110, com razão de descida de -1.000 ft/min, IAS de 181 kt e a TAT aumentou para 10°C (Figura 22).



Figura 22 - Parâmetros de voo da aeronave PP-PTU às 22h00min40s (UTC).

O comandante solicitou ao copiloto que cortasse o motor e este questionou se deveria cortar os dois motores. Não obtendo resposta, o copiloto selecionou os dois motores para *flight idle* e informou ao comandante que havia cortado os dois motores, 44 segundos depois, a hélice nº 2 foi embandeirada.

O ângulo de arfagem diminuiu e atingiu -10°. O *stick pusher* e o *stick shaker* acionaram pela quarta vez.

Segundo relatos dos pilotos, em 07JAN2013, uma das aeronaves da companhia aérea (ATR-72-212A, matrícula PR-TKA) teve uma ocorrência de forte vibração em uma das hélices, fato que os induziu a tratar a vibração da aeronave PP-PTU como uma ocorrência semelhante à do PR-TKA, reduzindo a potência dos motores.

Por fim, a aeronave se estabilizou, e o *stick pusher* e o *stick shaker* foram desativados por um segundo. O ângulo de arfagem aumentou para 6°. A altitude foi estabilizada em torno de 11.000 ft.

Segundo os dados do DFDR, o ângulo beta da hélice nº 1 foi reduzido, mas rapidamente restaurado ao valor inicial. Isso indica uma seleção momentânea do manete da hélice próximo à posição bandeira antes de ser posicionado novamente na posição auto. O manete da hélice nº 1 permaneceu em auto (82% NP) no restante do evento.

O copiloto questionou se poderia “acionar o motor”, sendo orientado pelo comandante para acionar o motor nº 1.

A hélice do motor nº 2 permaneceu embandeirada por 35 segundos. Em seguida, o manete de potência do motor nº 1 foi movido gradualmente para 75° enquanto o manete de potência do motor nº 2 permaneceu em *flight idle*. A velocidade aumentou para valores acima de 180 kt. Durante esse período, o empuxo assimétrico dos motores foi compensado pelo leme.

Em seguida, o manete de potência do motor nº 2 foi movido para a frente e, finalmente, ambos os manetes de potência foram ajustados simetricamente. O voo se estabilizou em condições normais no FL110, com TAT acima de 10°C.

Após alguns comentários sobre o acionamento do PITCH DISCONNECT e as condições dos motores, os tripulantes constataram que ambos os motores estavam operando normalmente e decidiram prosseguir para pouso em SBSV com velocidade reduzida.

O APP-SV foi informado pelo comandante sobre a normalização das condições de voo. Após, reportou aos passageiros que haviam tido uma condição de vibração em uma das hélices da aeronave e informou que estavam prosseguindo para pouso em Salvador, BA.

O pouso em SBSV foi realizado sem maiores problemas.

Durante todo o voo, não houve o acionamento de alertas pelo APM.

1.19. Informações adicionais.

Diretriz de Aeronavegabilidade (DA) Nº 2009-0170

Em 2009, foi emitida uma DA pela *European Aviation Safety Agency* (EASA) com aplicação nas aeronaves das séries ATR-42 e ATR-72.

Tal diretriz foi incorporada, na fábrica, às aeronaves ATR-72-212A com *Manufacturer's Serial Number* (MSN - Número de Série do Fabricante) 699, 722, 724, e do MSN 726 em diante, abrangendo, portanto, a aeronave PP-PTU.

Essa diretriz determinava a instalação de um MFC com função de APM.

A diretriz destinava-se a minimizar os perigos associados ao encontro inadvertido de condições de gelo severo (que estariam além dos requisitos para aviões certificados segundo a *Part 25* da EASA), fornecendo à tripulação de voo indicações objetivas e alertas oportunos quando eram encontradas condições de gelo severo.

A experiência acumulada na frota mundial de aviões de passageiros e de incidentes nos ATR-42/72 revelaram que uma longa exposição a condições severas de gelo, fora do envelope de certificação, poderia resultar em condições inseguras que levariam a uma rápida degradação do desempenho, a uma perda de sustentação repentina das superfícies aerodinâmicas e de controle, e à subsequente perda de controle da aeronave.

A diretriz informava que a exposição prolongada a tais condições se devia à falta de conhecimento das tripulações sobre essas condições ambientais extremas, levando à sua detecção tardia e/ou aplicação incorreta dos procedimentos previstos em manuais, exigindo que a tripulação monitorasse ativamente as condições de gelo encontradas para que as evitassem assim que fossem reconhecidas como graves.

Assim, para melhorar a consciência situacional das tripulações de voo em condições de gelo, a ATR desenvolveu o APM que era compatível com as aeronaves ATR que possuísem o MFC instalado.

Reconhecia-se que, embora o sistema de proteção contra gelo do avião fosse compatível com o envelope de certificação para o voo em condições conhecidas de gelo, a possível condição insegura originada por uma exposição prolongada a um ambiente de gelo severo seria anunciada pelos alertas fornecidos pelo APM.

Como os alertas do APM indicavam apenas as restrições aerodinâmicas significativas, os procedimentos de emergência do *Aircraft Flight Manual* (AFM - Manual de Voo da Aeronave) previstos para as condições de gelo severo permaneciam válidos e aplicáveis. Nesses casos, o uso do APM não poderia resultar em nenhum descumprimento dos procedimentos relativos às indicações visuais anteriores para detecção das condições de formação de gelo severo, pois a função APM visava, tão somente, o fornecimento de indicações objetivas que aprimorassem a consciência situacional.

Regulamento Brasileiro da Aviação Civil 25 (RBAC 25)

O Regulamento Brasileiro da Aviação Civil de nº 25 que tratava dos requisitos de aeronavegabilidade para aviões da categoria transporte trazia, na subparte F - *Equipment*, os seguintes requisitos¹:

General

§ 25.1301 *Function and installation.*

(a) Each item of installed equipment must:

- (1) Be of a kind and design appropriate to its intended function;*
- (2) Be labeled as to its identification, function, or operating limitations, or any applicable combination of these factors;*
- (3) Be installed according to limitations specified for that equipment; and*
- (4) Function properly when installed.*

(b) EWIS must meet the requirements of subpart H of this part.

A referida subparte requeria que: cada item dos equipamentos instalados deveria ter um tipo e projeto adequado à função pretendida; ter placas de identificação, função ou limitações operacionais, ou qualquer combinação aplicável desses fatores; ser instalado de acordo com as limitações especificadas para o referido equipamento; e funcionar corretamente quando instalado.

O § 25.1419 *Ice protection* do RBAC 25, na sua alínea (e), trazia os seguintes requisitos:

(e) One of the following methods of icing detection and activation of the airframe ice protection system must be provided:

- (1) A primary ice detection system that automatically activates or alerts the flightcrew to activate the airframe ice protection system;*
- (2) A definition of visual cues for recognition of the first sign of ice accretion on a specified surface combined with an advisory ice detection system that alerts the flightcrew to activate the airframe ice protection system; or*
- (3) Identification of conditions conducive to airframe icing as defined by an appropriate static or total air temperature and visible moisture for use by the flightcrew to activate the airframe ice protection.*

A alínea (e) requeria que um dos seguintes métodos de detecção de gelo e ativação do sistema de proteção contra gelo da estrutura deveria ser fornecido:

- (1) um sistema primário de detecção de gelo que ative automaticamente ou alerte a tripulação para ativar o sistema de proteção contra gelo da estrutura;
- (2) uma definição de indicações visuais para o reconhecimento do primeiro sinal de acúmulo de gelo em uma superfície especificada combinada com um sistema de aviso de detecção de gelo que alerte a tripulação de voo para a necessidade de ativação do sistema de proteção contra gelo da estrutura; ou
- (3) identificação de condições que permitam o acúmulo de gelo na estrutura, conforme definido por uma temperatura de ar estática ou total apropriada e umidade visível para uso pela tripulação para ativar a proteção de gelo da estrutura.

Upset Prevention and Recovery Training (UPRT - Treinamento de Prevenção e Recuperação de Atitudes Anormais)

Entre 2001 e 2011, acidentes aéreos resultantes de perda de controle em voo (LOC-I) foram a principal causa de fatalidades na aviação comercial.

¹ O Regulamento Brasileiro da Aviação Civil de nº 25 foi escrito originalmente em inglês.

Em razão disso, várias iniciativas foram desenvolvidas com o objetivo de reduzir o número de LOC-I. Comitês e grupos de trabalho foram formados para estudar tendências da indústria de aviação, avanços em tecnologia de simulação, requisitos de treinamento, projetos de equipamentos e desempenho humano.

Em 2012, a ICAO e a FAA trouxeram muitos desses grupos para participarem conjuntamente das discussões do recém-criado Comitê de Treinamento de Recuperação e Prevenção de Perda de Controle, *Loss of Control Avoidance and Recovery Training* (LOCART).

Os estudos desenvolvidos pelo LOCART demonstraram que algumas práticas consagradas na aviação eram não apenas ineficazes, mas, também, contribuíam para respostas inadequadas em algumas situações de voo.

Por exemplo, em certos casos, as técnicas aplicadas no treinamento de *stall* eram baseadas na capacidade de o piloto obter a recuperação com perda mínima de altitude. Isso resultou em práticas que enfatizavam a aplicação rápida de potência com o mínimo de redução do AOA para minimizar a perda de altitude em vez de valorizar a importância de reduzir o AOA para restaurar, efetivamente, a capacidade das asas gerarem sustentação.

Ações foram tomadas tanto pelos reguladores quanto pelas escolas de aviação para corrigir tais procedimentos, com novos padrões de treinamento, enfatizando que a recuperação eficaz requeria, acima de tudo, redução imediata do ângulo de ataque. As tripulações, também, deveriam estar cientes de que essa redução do AOA, sempre que o avião se encontrar em estado de baixa energia nas operações em grandes altitudes, poderia, até mesmo, exigir perda substancial de altitude para garantir recuperação efetiva.

A análise dos dados de acidentes LOC-I indicou que os fatores contribuintes para esse tipo de ocorrência podem ser categorizados como sendo induzidos pelos sistemas do avião, fatores ambientais, pilotos, ou qualquer combinação desses três fatores. Dos três, os acidentes induzidos pelo piloto representaram o fator contribuinte mais frequentemente identificado, principalmente resultante da aplicação de procedimentos incorretos, incluindo informações de controle de voo inadequadas; desorientação dos tripulantes; má gestão da energia da aeronave; distração de um ou mais membros da tripulação; e treinamento inadequado.

A iniciativa LOCART resultou nas seguintes recomendações para a implementação de melhorias nas práticas de treinamento existentes, que mais tarde vieram a integrar um programa abrangente de treinamento de prevenção e recuperação de atitudes anormais (UPRT):

- a) fornecer treinamento acadêmico abrangente que cobrisse o amplo espectro de questões relacionadas a atitudes anormais nos estágios iniciais de aprendizagem do piloto comercial, durante o treinamento de qualificação de tipo, bem como ao longo de toda a carreira profissional do piloto em intervalos regulares de treinamento;
- b) fornecer treinamento específico de UPRT em voo real durante a obtenção de licença de piloto comercial (em aviões leves capazes de realizar as manobras recomendadas, mantendo margens aceitáveis de segurança);
- c) fornecer treinamento de prevenção e recuperação de atitudes anormais em dispositivos de treinamento de simulação de voo;
- d) fornecer cenários de treinamento envolvendo condições que possam resultar em atitudes anormais como parte da qualificação de tipo e exercícios de treinamento recorrentes em simuladores específicos do tipo de aeronave;
- e) implementar padrões que exijam que o UPRT seja ministrado por instrutores devidamente qualificados e competentes; e

- f) implementar padrões que exijam que o treinamento de prevenção e recuperação de atitudes anormais em simuladores seja conduzido em dispositivos devidamente qualificados (utilizando o mais alto nível de fidelidade disponível).

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

Tratava-se de um voo de transporte de passageiros.

Havia uma Diretriz de Aeronavegabilidade (DA - nº 2009-0170) que determinava a instalação de um *Multi Function Computer* (MFC), Computador de Multifunção, com função de *Aircraft Performance Monitoring* (APM), Monitoramento de Desempenho da Aeronave, a qual havia sido incorporada à aeronave pelo fabricante.

A aplicação dessa diretriz destinava-se a minimizar os perigos associados ao encontro inadvertido de condições de gelo, fornecendo, à tripulação de voo, alertas quando eram encontradas condições de gelo severo.

No que diz respeito aos serviços de manutenção, havia lançamentos no *technical logbook* da aeronave com reportes de falha no APM nos dias 16 e 21JUL2013. Em ambos os casos, foram adotadas as ações conforme JIC 30-84-00 OPT 10000 e o problema foi considerado solucionado. No dia da ocorrência, o *technical logbook* da aeronave reportava falha da *Pack* nº 2 em voo.

A indisponibilidade da *Pack* nº 2 restringia a operação da aeronave ao FL170, porém, não a indisponibilizava para o voo. Desse modo, segundo os registros de manutenção, a aeronave possuía restrições à sua operação, no entanto, não impediam o voo nas condições realizadas.

Os pilotos estavam habilitados e possuíam a experiência e o treinamento requeridos para a realização do voo. A etapa foi planejada pela companhia aérea e os dados da rota e das condições da aeronave foram informados à tripulação.

As informações meteorológicas para o Aeródromo de Salvador, BA, indicavam condições favoráveis ao voo visual, havendo a possibilidade de degradação por chuva com redução da visibilidade e operação sob IFR. Também, era prevista a presença de poucas nuvens cúmulos de grande extensão vertical com base a 2.000 ft e topo no FL210 ao longo da rota da aeronave.

As informações disponíveis nas últimas duas horas que antecederam à perda de controle da aeronave não indicavam condições de formação de gelo na rota e no nível de voo planejado.

Os procedimentos normais foram executados de acordo com o *checklist* e o voo prosseguiu sem anormalidades até a decolagem. Durante a subida, houve a indicação de PACK 2 FAULT. A tripulação desligou a referida *Pack* e a indicação desapareceu.

Uma análise das condições meteorológicas apontou a presença de indicadores que evidenciavam as condições para formação de gelo no nível de voo e na rota do PP-PTU.

Durante o voo em rota, a tripulação reconheceu as condições de baixa temperatura propícias à formação de gelo e executou os procedimentos para *Entering Icing Conditions* previstos em *checklist*, acionando os sistemas *anti-icing* da aeronave.

Segundo o áudio do CVR, verificou-se que a tripulação percebeu a presença de *ice accretion* (acúmulo de gelo), no entanto, os sistemas *de-icing* do motor, asas e fuselagem não foram acionados, conforme previsto no manual de voo.

Apesar da baixa *Total Air Temperature* (TAT), +3,8°C, da redução de velocidade da aeronave (20 kt abaixo da velocidade de cruzeiro esperada) e de haver água respingando no para-brisa, a tripulação não reconheceu tais condições como anormais.

Nesse contexto, embora as condições de *ice accretion* tenham sido identificadas, não houve uma percepção adequada de como tais condições poderiam afetar a operação aérea. Esse fato indicou um nível de consciência situacional rebaixado, o que favoreceu que a tripulação mantivesse o voo em condições desfavoráveis e deixasse de aplicar as ações corretivas previstas para o gerenciamento da situação (seleção do sistema de descongelamento - Nível 3 e/ou saída daquelas condições, conforme *checklist*).

Adicionalmente, verificou-se que a tripulação tinha dúvidas sobre o correto ajuste do *range* e do ângulo da antena do RADAR meteorológico da aeronave. O seu uso correto poderia ter auxiliado a tripulação a evitar as formações meteorológicas “mais pesadas”.

Durante o voo em rota, houve uma redução progressiva da IAS de 202 kt para 184 kt, em decorrência do gelo acumulado na aeronave e não eliminado devido ao não acionamento do sistema de *de-icing*.

Em seguida, ocorreu uma forte vibração na aeronave e os manetes de potência foram reduzidos em ambos os motores. Isto acarretou a diminuição da IAS de 184 kt para 158 kt (a velocidade operacional mínima em condições de gelo correspondia a 161 kt), o piloto automático foi desacoplado e a atuação nos comandos levou ao aumento do AOA, acarretando a ativação do *stick shaker*, do *stick pusher* e à perda de controle da aeronave.

Durante a ação inicial de investigação, foi verificada a ausência do *Red Bug* do velocímetro do posto esquerdo, o qual tinha a função de indicar a velocidade mínima para voo em condições de gelo severo ao comandante da aeronave.

A ausência desse *BUG* pode ter contribuído para que o comandante não percebesse que a velocidade, aos poucos, se aproximava do limite mínimo para o voo naquelas condições.

A tripulação não aplicou o procedimento de recuperação de *stall*, conforme previsto em manual (empurrar o manche firmemente, baixando os *flaps* para 15° e aplicando potência máxima - MCT).

Durante a perda de controle, as ações na cabine ficaram conturbadas, e as variações de grande amplitude nos comandos de voo realizadas pelo comandante acarretaram o desacoplamento dos painéis do profundor e o acendimento da luz PITCH DISCONNECT no CCAS.

Considerando os dados do DFDR, inferiu-se que o desacoplamento das superfícies do profundor ocorreu como consequência da atuação nos comandos de voo pelo comandante no sentido de “cabrar” (na tentativa de reverter a diminuição do ângulo de arfagem), associado ao acionamento do *stick pusher* (que leva o nariz da aeronave a “picar”).

Devido a uma recente ocorrência de forte vibração nas hélices de outra aeronave da companhia aérea (ATR-72-212A, matrícula PR-TKA em 07JAN2013), a tripulação considerou que aquela condição se tratava da mesma anormalidade e, desse modo, tentou efetuar o corte dos motores.

Tal fato denotou que houve uma avaliação inadequada da situação, a qual concorreu para que a tripulação adotasse uma ação inapropriada para o gerenciamento do problema. É possível que a ciência de um problema anterior com outra aeronave da companhia aérea tenha influenciado o processo decisório da tripulação e prejudicado o reconhecimento do baixo nível de energia da aeronave.

A análise dos dados do DFDR do PP-PTU revelou que o APM mudou seu *status* de ON para OFF após o término da etapa anterior ao voo da ocorrência. Apesar da mudança do *status*, a tripulação não identificou qualquer falha ou que o equipamento estivesse desligado (OFF). Desse modo, a tripulação seguiu os procedimentos previstos, fazendo o ajuste do APM de 15T para 21T, conforme o peso da aeronave registrado na *loadsheets*.

Deve-se considerar, no entanto, que, quando o APM estava em OFF, os cálculos eram executados normalmente, mas os alertas eram inibidos, ou seja, não eram emitidos os alertas de CRUISE SPEED LOW, DEGRADED PERFORMANCE ou INCREASE SPEED.

O fato de os dados do DFDR indicarem que o APM permaneceu com *status* OFF contradiz a afirmação da tripulação de não ter observado qualquer indicação de que o equipamento se encontrava em OFF, uma vez que essa indicação deveria aparecer no painel do APM. Da mesma maneira, outros seis comandantes de voos nos quais o APM se encontrava em OFF afirmaram que os equipamentos foram “setados” conforme o *checklist*, que estes permaneceram em ON e que não houve qualquer indicação de que estivessem em OFF ou em FAULT.

Em que pese os pilotos não terem recebido os alertas do APM (CRUISE SPEED LOW, DEGRADED PERFORMANCE ou INCREASE SPEED), havia uma gama de informações disponíveis à tripulação que poderiam indicar se tratar de um *stall* provocado pelo acúmulo de gelo: aeronave voando em uma área com características de formação de gelo; desempenho da aeronave degradada; *stick shaker* e *stick pusher* atuando; velocidade baixa e alto ângulo de ataque.

A aeronave perdeu 10 kt antes da ativação do sistema *anti-ice* e mais 10 kt antes da redução dos manetes de potência. A 180 kt, os manetes de potência foram reduzidos para 20% de TQ com o piloto automático ainda engajado no modo de altitude, levando a IAS para 148 kt.

Assim, tanto a percepção imprecisa das consequências do acúmulo de gelo, quanto as falhas em analisar corretamente o comportamento anormal da aeronave, concorreram para que os tripulantes deixassem de aplicar, em dois momentos distintos, as ações de correção previstas.

Verificou-se, ainda, que houve ineficiência no aproveitamento dos recursos humanos disponíveis para operação da aeronave, em virtude do gerenciamento inadequado das tarefas afetas a cada tripulante por confusão na comunicação, haja vista a interpretação equivocada quanto à necessidade do corte dos motores durante a ocorrência.

3. CONCLUSÕES.

3.1. Fatos.

- a) os pilotos estavam com os Certificados Médicos Aeronáuticos (CMA) válidos;
- b) os pilotos estavam com as habilitações de aeronave tipo AT47 (que incluía o modelo ATR-72-212A) e Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas;
- c) os pilotos estavam qualificados e possuíam experiência no tipo de voo;
- d) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido;
- e) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- f) os registros técnicos de manutenção estavam com suas escriturações atualizadas;
- g) não havia reporte da ausência do *Red Bug* do velocímetro do posto esquerdo no *logbook* da aeronave;

- h) as previsões meteorológicas não indicavam a possibilidade de formação de gelo na rota da aeronave;
- i) ao final da etapa anterior ao voo da ocorrência, o APM mudou seu *status* de ON para OFF;
- j) a tripulação relatou não ter observado qualquer indicação de que o APM se encontrava em OFF;
- k) a tripulação tinha dúvidas sobre o correto ajuste do *range* e do ângulo da antena do RADAR meteorológico da aeronave;
- l) a tripulação reconheceu as condições de baixa temperatura propícias à formação de gelo;
- m) a tripulação acionou os sistemas *anti-icing* da aeronave;
- n) a tripulação percebeu a presença de *ice accretion* (acúmulo de gelo), no entanto, os sistemas *de-icing* do motor, asas e da fuselagem não foram acionados;
- o) a tripulação não reconheceu as condições de baixa energia da aeronave, as quais requeriam a execução de procedimentos específicos para tais condições;
- p) houve uma redução progressiva da IAS, de 202 kt para 184 kt, em decorrência do gelo acumulado na aeronave;
- q) apesar da baixa TAT (+3,8°C), da redução de velocidade da aeronave (20 kt abaixo da velocidade de cruzeiro esperada) e de haver água respingando no para-brisas, a tripulação não reconheceu tais condições como anormais;
- r) não foram emitidos alertas de CRUISE SPEED LOW, DEGRADED PERFORMANCE ou INCREASE SPEED pelo APM da aeronave;
- s) houve uma forte vibração na aeronave e os manetes de potência foram reduzidos em ambos os motores, acarretando a diminuição da IAS de 184 kt para 148 kt;
- t) houve a perda de controle da aeronave associada a amplas variações de atitude e de velocidade;
- u) o *stick shaker* e o *stick pusher* foram acionados várias vezes em razão dos grandes ângulos de ataque aos quais a aeronave foi submetida durante o evento;
- v) o *stick pusher* foi contrariado pelo comandante, acarretando um aumento do *pitch* (até +20°) e a desconexão das superfícies do profundor (PITCH DISCONNECT);
- w) o controle da aeronave foi retomado e o pouso foi efetuado sem maiores problemas;
- x) a aeronave não teve danos; e
- y) os tripulantes e os passageiros saíram ilesos.

3.2. Fatores contribuintes.

- Aplicação dos comandos - contribuiu.

A redução de potência em ambos os motores, associada à tentativa de manter voo nivelado acarretaram: a diminuição da IAS para valores abaixo da velocidade mínima de operação nas condições encontradas; o aumento do ângulo de ataque; e a subsequente ativação dos sistemas de proteção contra *stall*.

- Condições meteorológicas adversas - contribuiu.

As condições meteorológicas verificadas no nível e na rota do PP-PTU, sem que a aeronave estivesse com o sistema *de-ice* ativado, acarretaram acúmulo de gelo e uma

perda significativa de velocidade aerodinâmica. Essa condição, agravada por uma atuação inadequada nos comandos de voo levou a aeronave a uma condição de *stall*.

- Coordenação de cabine - contribuiu.

Verificou-se que houve ineficiência no aproveitamento dos recursos humanos disponíveis para operação da aeronave, em virtude de gerenciamento inadequado das tarefas afetas a cada tripulante por confusão na comunicação, haja vista a interpretação equivocada com relação à necessidade do corte dos motores durante a ocorrência.

- Julgamento de pilotagem - contribuiu.

Houve uma inadequada avaliação, por parte da tripulação, dos parâmetros relacionados à operação da aeronave, no que tange ao não acionamento do sistema *de-icing* para as condições de formação de gelo apresentada, assim como com relação ao uso dos comandos de voo ao tentar contrariar a atuação do *stick pusher* em uma situação de *stall*.

- Manutenção da aeronave - indeterminado.

A ausência do *Red Bug* do velocímetro do posto esquerdo, sem que houvesse registro no *technical logbook* denotou que, na época do incidente grave, não havia uma percepção das tripulações e das equipes de manutenção sobre a importância de se observar os limites mínimos de operação em condições de formação de gelo, o que pode ter contribuído para que esse limite de velocidade não tenha sido respeitado nessa operação.

- Percepção - contribuiu.

Durante o voo, houve uma percepção imprecisa do impacto das condições de *ice accretion* (acúmulo de gelo) na operação aérea, o que concorreu para que a tripulação mantivesse o voo em condições desfavoráveis e não percebesse a ocorrência do *stall* provocado pelo acúmulo de gelo.

- Processo decisório - contribuiu

Houve uma avaliação inadequada acerca dos fatores que impactaram no desempenho da aeronave, o que prejudicou o reconhecimento da condição de *severe icing* (gelo severo) e resultou na adoção de medidas equivocadas para o gerenciamento daquela situação adversa.

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. Além das recomendações de segurança decorrentes de investigações de ocorrências aeronáuticas, recomendações de segurança podem resultar de diversas fontes, incluindo atividades de prevenção.

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-136/CENIPA/2013 - 01

Emitida em: 04/10/2021

Atuar junto aos operadores de aeronaves ATR, a fim de que estes garantam que os treinamentos teóricos, simulados e práticos sejam suficientes para que as tripulações

adquiram o conhecimento e desenvolvam as habilidades necessárias para reconhecer e realizar as ações adequadas em um voo sob condições de formação de gelo.

IG-136/CENIPA/2013 - 02

Emitida em: 04/10/2021

Atuar junto aos operadores de aeronaves ATR, a fim de que estes implementem a filosofia UPRT no manual de operação da companhia aérea e no treinamento associado.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.

O fabricante da aeronave procedeu uma extensa busca por possíveis falhas que pudessem levar à inoperância do APM, sem que essa condição fosse indicada para a tripulação. A única condição identificada, no entanto, seria a hipótese de uma falha do botão do APM (208TU *push button*) como a única falha (*single failure*) capaz de acarretar a desativação do APM sem qualquer indicação.

O teste diário, no entanto, permitiria detectar essa falha. Se a luz OFF tivesse falhado, tal falha poderia ser evidenciada durante o teste de lâmpadas, previsto no *checklist* de preparação preliminar do *cockpit*.

Adicionalmente, o fabricante realizou uma visita técnica à companhia aérea com o objetivo de trocar informações e esclarecer eventuais questões afetas à execução de procedimentos de voo em condições de *ice accretion*.

A companhia aérea emitiu um alerta para os tripulantes sobre a necessidade de estarem atentos aos parâmetros de voo da aeronave e para que os procedimentos previstos em caso de *ice accretion* fossem rigorosamente seguidos.

O treinamento periódico dos pilotos foi reformulado, dando-se maior ênfase ao gerenciamento do voo em condições de formação de gelo na aeronave.

Os procedimentos da ATR associados à condição de formação de gelo, incluindo procedimentos normais e de emergência do AFM (gelo severo e operação em condição de congelamento) foram amplamente retrabalhados pelo fabricante.

Com a contribuição de diferentes especialistas e com base na experiência em serviço, a ATR identificou áreas de melhoria em termos de redação, formatação e apresentação para facilitar a tomada de decisão da tripulação e a recuperação de informações essenciais durante o voo.

A experiência em serviço demonstrou que a tripulação de voo pode ter dificuldade em identificar as condições externas e gerir o voo de acordo com tais condições. Na verdade, o acúmulo de gelo depende de vários parâmetros e a gravidade das condições de formação de gelo em uma aeronave não é diretamente acessível.

Além disso, a experiência e o nível de conforto dos pilotos também podem influenciar sua percepção quanto à intensidade do gelo. Para melhorar a consciência situacional da tripulação, a ATR modificou os procedimentos de acordo com o manual ICAO UPRT, para vincular a tomada de decisão ao desempenho da aeronave, ou seja, de acordo com estado de energia.

As principais mudanças na abordagem foram as seguintes:

- Foco em fornecer a maioria das informações essenciais de maneira clara e lógica.

Isso passou a ser feito melhorando a sequência de ações em casos de "entrada em condições de gelo" e "quando o acúmulo de gelo for observado ou detectado" no AFM, e harmonizar o FCOM e o QRH com o AFM, fundindo os dois procedimentos distintos em uma única "condição atmosférica de gelo" usando a mesma lógica.

- Uso de informações factuais e verificáveis para auxiliar na tomada de decisões.

O procedimento de "condições de gelo" fornece gatilhos claros e factuais para identificar "congelamento severo" e exige o procedimento de emergência de congelamento severo (impossibilidade de manter ICING BUG +10 kt, ou impossibilidade de manter razão de subida de 100 ft/min, ou se ocorrerem vibrações anormais).

- Aumento da consciência situacional orientando a atenção da tripulação para as informações mais críticas durante a operação em condição de congelamento.
- Mais ênfase foi dada a dados simples (como 300 ft/min, a taxa residual mínima de subida no teto operacional máximo) para permitir a identificação precoce de uma situação anormal (estado indesejado da aeronave).

Em linha com a filosofia UPRT, a ATR destacou fatores-chaves para gerenciar de forma eficiente a energia da aeronave.

Conforme mostrado na Figura 23, a energia da aeronave é dividida entre a energia potencial (distância do terreno), energia cinética (velocidade indicada) e energia mecânica (potência do motor).

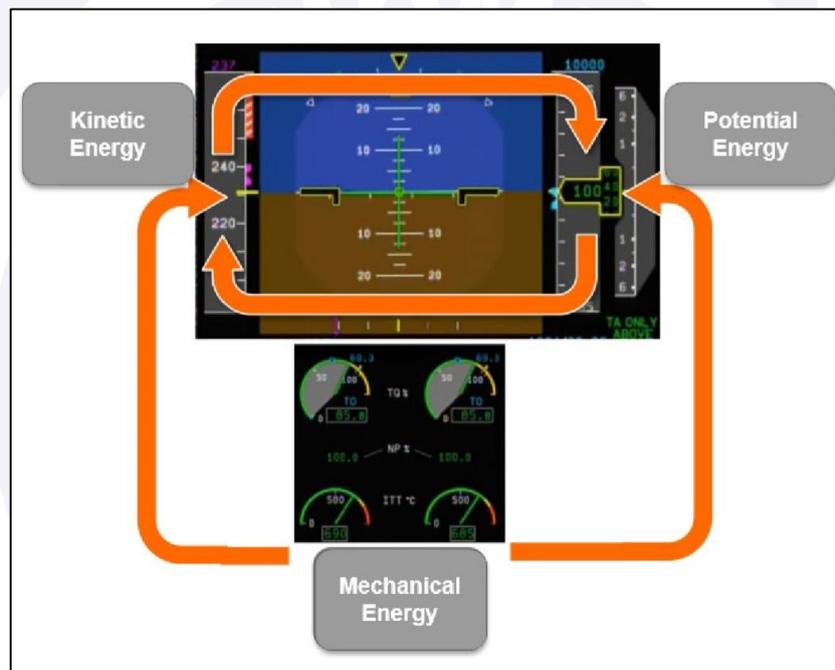


Figura 23 - EFIS do ATR-72 (BEA)

O piloto, de acordo com as condições de voo, deve gerenciar a energia total da aeronave.

A ATR enfatiza a necessidade de seguir, cuidadosamente, as seguintes etapas para melhorar a consciência situacional:

- Preparação de voo: Antecipação é o primeiro passo para evitar que a tripulação de voo seja colocada em uma posição difícil;
- Gerenciamento do voo: O gerenciamento da energia da aeronave durante o voo é a pedra angular da prevenção de atitudes anormais; e
- Escape: as manobras de escape permitem que a energia da aeronave seja mantida dentro de limites aceitáveis.

Em, 04 de outubro de 2021.

