

COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



RELATÓRIO FINAL
IG - Nº 018/CENIPA/2013

<u>OCORRÊNCIA:</u>	INCIDENTE GRAVE
<u>AERONAVE:</u>	PR-PSK
<u>MODELO:</u>	EMB-145
<u>DATA:</u>	15NOV2011



ADVERTÊNCIA

Conforme 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 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 podem ter contribuído para desencadear esta ocorrência.

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

O objetivo exclusivo deste trabalho é recomendar o estudo e o estabelecimento de providências de caráter preventivo, cuja decisão quanto à pertinência a acatá-las será de responsabilidade exclusiva do Presidente, Diretor, Chefe ou o que corresponder ao nível mais alto na hierarquia da organização para a qual estão sendo dirigidas.

Este relatório não recorre a quaisquer procedimentos de prova para apuração de responsabilidade civil ou criminal; estando em conformidade com o item 3.1 do Anexo 13 da Convenção de Chicago de 1944, recepcionada pelo ordenamento jurídico brasileiro através 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. A utilização deste Relatório para fins punitivos, em relação aos seus colaboradores, macula o princípio da "não autoincriminação" deduzido do "direito ao silêncio", albergado pela Constituição Federal.

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

ÍNDICE

SINOPSE.....	4
GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS.....	5
1 INFORMAÇÕES FACTUAIS	7
1.1 Histórico da ocorrência.....	7
1.2 Danos pessoais	7
1.3 Danos à aeronave	7
1.4 Outros danos	7
1.5 Informações acerca do pessoal envolvido.....	8
1.5.1 Informações acerca dos tripulantes.....	8
1.6 Informações acerca da aeronave	9
1.7 Informações meteorológicas.....	11
1.8 Auxílios à navegação.....	11
1.9 Comunicações.....	13
1.10 Informações acerca do aeródromo.....	13
1.11 Gravadores de voo	13
1.12 Informações acerca do impacto e dos destroços	15
1.13 Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	16
1.13.1 Aspectos médicos.....	16
1.13.2 Informações ergonômicas	16
1.13.3 Aspectos psicológicos	16
1.14 Informações acerca de fogo	16
1.15 Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	16
1.16 Exames, testes e pesquisas	16
1.17 Informações organizacionais e de gerenciamento	19
1.18 Aspectos operacionais.....	20
1.19 Informações adicionais.....	26
1.20 Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação	26
2 ANÁLISE	27
3 CONCLUSÃO.....	30
3.1 Fatos.....	30
3.2 Fatores contribuintes	30
3.2.1 Fator Humano.....	31
3.2.2 Fator Operacional.....	31
3.2.3 Fator Material	31
4 RECOMENDAÇÃO DE SEGURANÇA DE VOO (RSV)	32
5 AÇÃO CORRETIVA OU PREVENTIVA JÁ ADOTADA	33
6 DIVULGAÇÃO	32
7 ANEXOS.....	34

SINOPSE

O presente Relatório Final refere-se ao incidente grave com a aeronave PR-PSK, modelo EMB-145, ocorrido em 15NOV2011, classificado como pouso longo.

Durante o pouso, após o toque, a aeronave percorreu toda a extensão da pista do aeródromo.

O piloto ao perceber que não seria possível controlar a aeronave dentro dos limites da pista, comandou a saída pela lateral esquerda da pista, percorrendo cerca de 120m na grama até a parada total.

A aeronave teve danos leves.

O piloto e os passageiros saíram ilesos.

Não houve designação de Representante Acreditado de outro Estado.

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

AFM	<i>Aircraft Flight Manual</i>
AGL	<i>Above Ground Level</i>
AMC	<i>Acceptable Means of Compliance</i>
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
AOM	<i>Airplane Operations Manual</i>
ATS	<i>Air Traffic Services</i>
BCU	<i>Brake Control Unit</i>
BCV	<i>Brake Control Valve</i>
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CCF	Certificado de Capacidade Física
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CHT	Certificado de Habilitação Técnica
COMAER	Comando da Aeronáutica
CVR	<i>Cockpit Voice Recorder</i>
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DFDR	<i>Digital Flight Data Recorder</i>
EASA	<i>European Aviation Safety Agency</i>
EICAS	<i>Engine-Indicating and Crew-Alerting System</i>
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FAF	<i>Final Approach Fix</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IAM	Inspeção Anual de Manutenção
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>
IFR	<i>Instrument Flight Rules</i>
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
LDA	<i>Landing Distance Available</i>
Lat	Latitude
Long	Longitude
MDA	<i>Minimum Descent Altitude</i>
METAR	<i>Meteorological Aerodrome Report</i>
MLTE	Habilitação de avião classe multimotor terrestre
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NDB	<i>Non-Directional Beacon</i>

NM	<i>Nautical Mile</i>
PAPI	<i>Precision Approach Path Indicator</i>
PPR	Licença de Piloto Privado – Avião
PFD	<i>Primary Flight Display</i>
PF	<i>Pilot Flying</i>
PLA	Licença de Piloto de Linha Aérea – Avião
PM	<i>Pilot Monitoring</i>
QRH	<i>Quick Reference Handbook</i>
RSV	Recomendação de Segurança de Voo
SBGR	Designativo de localidade – Aeródromo de Guarulhos
SBUL	Designativo de localidade – Aeródromo de Uberlândia
SERIPA	Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SPECI	<i>Special Weather Report</i>
TAS	<i>True Airspeed</i>
TWR	<i>Tower</i>
UTC	<i>Coordinated Universal Time</i>
VApp	Velocidade de Aproximação
VASIS	<i>Visual Approach Slope Indicator System</i>
VDP	<i>Visual Descent Point</i>
VFR	<i>Visual Flight Rules</i>
VHF	<i>Very High Frequency</i>
VOR	<i>VHF Omnidirectional Radio range</i>
VRef	Velocidade de Referência

AERONAVE	Modelo: EMB-145 Matrícula: PR-PSK Fabricante: EMBRAER	Operador: Passaredo Linhas Aéreas
OCORRÊNCIA	Data/hora: 15NOV2011 / 02:15 (UTC) Local: Aeroporto de Uberlândia Lat. 18°58'01"S – Long. 048°13'31"W Município – UF: Uberlândia – MG	Tipo: Pouso Longo

1 INFORMAÇÕES FACTUAIS

1.1 Histórico da ocorrência

A aeronave decolou do Aeródromo de Guarulhos (SBGR) com plano de voo por instrumentos, às 00h55min (UTC), com destino o Aeródromo de Uberlândia (SBUL).

O Aeródromo de Uberlândia operava por instrumentos, com a presença de chuva e pista molhada. A tripulação realizou, inicialmente, o procedimento de aproximação VOR para a pista 04.

Por não atingir condições de voo visuais, a tripulação executou o procedimento previsto de aproximação perdida.

Em seguida, a tripulação realizou uma nova aproximação, para a pista 22, executando o procedimento de aproximação NDB.

A aeronave cruzou a cabeceira 22 a 100ft de altura, com velocidade de 138kt e tocou a pista, próximo a marca de 2000ft, com velocidade de 134kt.

Logo após o pouso, a tripulação percebeu que a aeronave não desacelerava efetivamente e que parecia estar “derrapando” sobre a pista.

A aeronave percorreu toda a extensão da pista de pouso e, julgando que não seria possível uma parada total dentro dos seus limites, a tripulação comandou a saída da pista pela lateral esquerda.

A aeronave percorreu cerca de 120m fora da pista (área gramada) até a parada total.

1.2 Danos pessoais

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	-	-	-
Graves	-	-	-
Leves	-	-	-
Ilesos	03	27	-

1.3 Danos à aeronave

A aeronave teve danos leves no conjunto do trem de pouso.

1.4 Outros danos

Não houve.

1.5 Informações acerca do pessoal envolvido

1.5.1 Informações acerca dos tripulantes

HORAS VOADAS		
DISCRIMINAÇÃO	PILOTO	COPILOTO
Totais	7.000:00	5.500:00
Totais nos últimos 30 dias	48:10	48:10
Totais nas últimas 24 horas	00:55	00:55
Neste tipo de aeronave	2965:00	100:45
Neste tipo nos últimos 30 dias	48:10	48:10
Neste tipo nas últimas 24 horas	00:55	00:55

Obs.: Os dados relativos às horas voadas foram informados pelo Operador da Aeronave.

1.5.1.1 Formação

O comandante realizou o curso de Piloto Privado – Avião (PPR) no Aeroclube Bento Gonçalves, em 1987.

O copiloto realizou o curso de Piloto Privado – Avião (PPR) no Aeroclube de São Paulo, em 1987.

1.5.1.2 Validade e categoria das licenças e certificados

O comandante possuía a licença de Piloto de Linha Aérea – Avião (PLA) e estava com as habilitações técnicas de aeronave tipo E145, Multimotor Terrestre (MLTE) e voo por instrumentos (IFR) válidos.

O copiloto possuía a licença de Piloto de Linha Aérea – Avião (PLA) e estava com as habilitações técnicas de aeronave tipo E145, Multimotor Terrestre (MLTE) e voo por instrumentos (IFR) válidos.

1.5.1.3 Qualificação e experiência de voo

O comandante possuía experiência suficiente de voo e na aeronave para o tipo de operação, sendo o pouso na localidade de SBUL um procedimento de rotina.

Realizou o Curso de Treinamento Inicial do Embraer ERJ-145 - PILOTO, ministrado pelo Operador da Aeronave, em 22DEZ2010.

Estava com o treinamento em simulador de voo em dia, tendo realizado seu último treinamento em 19JAN2011.

Concluiu com aproveitamento o Curso de CRM, ministrado pelo Operador da Aeronave, nos dias 18 e 19DEZ2010.

O copiloto possuía experiência de voo, porém na aeronave Embraer-145 registrava pouco mais de 100 horas de voo.

Realizou o Curso de Treinamento Inicial Embraer ERJ-145 - PILOTO, ministrado pelo Operador da Aeronave, em 10JUN2010.

Estava com treinamento em simulador de voo em dia, tendo realizado seu último treinamento em 20AGO2011.

Concluiu com aproveitamento o Curso de CRM, ministrado pelo Operador da Aeronave, em 03JUN2011.

1.5.1.4 Validade da inspeção de saúde

Os pilotos estavam com o Certificado de Capacidade Física (CCF) válidos.

1.6 Informações acerca da aeronave

A aeronave, de número de série 145387, foi fabricada pela EMBRAER em 2001.

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido. As cadernetas de célula e motor estavam com as escriturações atualizadas.

A última inspeção, do tipo “*Routine*”, foi realizada em 08NOV2011 pelo Operador da Aeronave em Ribeirão Preto, SP.

A última revisão, do tipo “*Check C*”, foi realizada em 07ABR2010 pelo Operador da Aeronave em Ribeirão Preto, SP.

Os cálculos de abastecimento, peso e balanceamento estavam adequados para o tipo de voo proposto.

Sistema de Freios

Segundo o AOM (*Airplane Operations Manual*), o sistema de frenagem da aeronave consiste de um sistema normal e um sistema de freio de emergência / estacionamento.

O sistema normal é alimentado pelos sistemas hidráulicos 1 e 2, é eletronicamente comandado, monitorado e atuado através dos pedais de freio. A frenagem através dos pedais de freio incorpora algumas proteções, que não estarão disponíveis quando se usa a manopla do freio de emergência / estacionamento. O sistema de freio de emergência é mecanicamente atuado pela manopla de freio de emergência / estacionamento.

Para o contexto desse relatório, torna-se relevante saber mais sobre o sistema de freio normal, que segue descrito em maiores detalhes. O sistema de freio de emergência / estacionamento não foi utilizado nesse evento.

Sistema de freio normal

O sistema de freios normal é operado via comandos de pedal de freio. Esse sistema é alimentado pelos sistemas hidráulicos 1 e 2, que são independentes. O sistema é controlado pela BCU (*Brake Control Unit*), que recebe sinais dos transdutores de posição dos pedais (*pedal position transducers*) e comanda as quatro BCV (*Brake Control Valve*) para modular a pressão necessária para as rodas.

As BCV 1 e 4 recebem pressão hidráulica do sistema 1, modulando o par de rodas externo. As BCV 2 e 3 recebem pressão hidráulica do sistema 2 modulando o par de rodas interno.

Transdutores de pressão (*pressure transducers*) e velocidade de roda (*wheel speed transducers*) mandam sinais para a BCU, que age como um monitor: no caso de uma disparidade entre o comportamento esperado e aquele exibido por esses parâmetros. A BCU envia sinais para o EICAS (*Engine-Indicating and Crew-Alerting System*) e outros sistemas indicando uma falha do sistema.

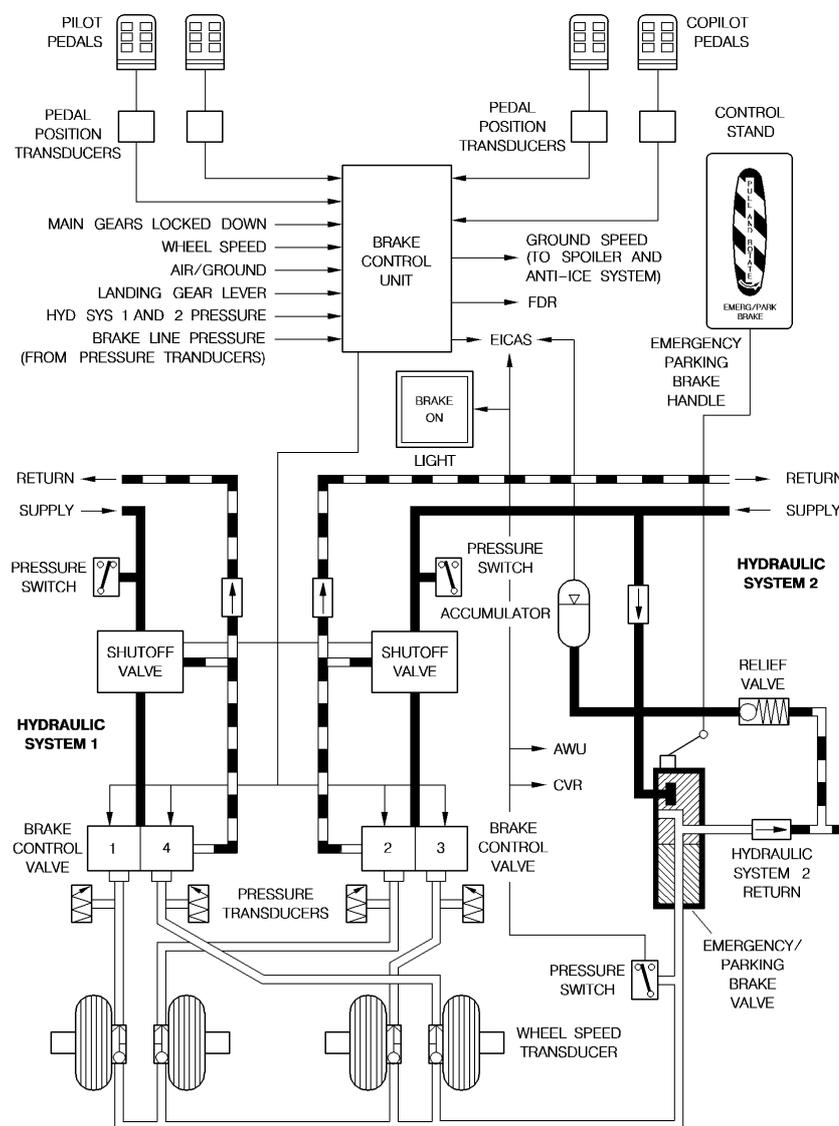
O sistema normal de freio conta ainda com as seguintes funções de proteção: *anti-skid protection*, *locked wheel protection* e *touch-down protection*. Para melhor entendimento desta ocorrência, torna-se relevante conhecer a função *anti-skid protection*, que segue descrita em maiores detalhes.

Anti-skid protection

O *anti-skid protection* controla a pressão hidráulica aplicada pelos pilotos sobre os freios. Essa função permite que o máximo esforço de frenagem seja empregado para determinado estado da superfície da pista, evitando escorregamento e, deste modo, minimizando a distância de frenagem e o desgaste dos pneus.

Para desempenhar essa função, a BCU computa as velocidades de roda dos quatro transdutores. Se um sinal cai abaixo da média, um escorregamento nessa roda, provavelmente, está ocorrendo e a pressão hidráulica é aliviada nessa roda. Uma vez que ela tenha voltado à velocidade normal, a operação do sistema de *anti-skid* é retomada.

O diagrama a seguir ilustra os sistema de freio normal e freio de emergência / estacionamento:



145AOM2120007.MCF

Figura 1: Diagrama esquemático do sistema de freios da aeronave ERJ-145 (Fonte: "Airplane Operational Manual Volume 2 – Section 2-12 – Landing Gear and Brakes").

1.7 Informações meteorológicas

Esta era a sequência METAR/SPECI de SBUL referentes ao horário próximo do pouso do PR-PSK.

15/11/2011 SBUL 150200Z 33003KT 8000 -RA SCT005 18/18 Q1016 RETSRA=

15/11/2011 SBUL 150228Z 36005KT 4500 RA SCT003 SCT025 18/18 Q1014=

De acordo com essas informações, nota-se uma deterioração nas condições meteorológicas a partir das 0200Z do dia 15NOV2011, em razão do início de chuva fraca com restrição de visibilidade.

As duas observações meteorológicas anteriores (2200Z e 2300Z do dia 14NOV2011) indicavam chuva leve. Conseqüentemente, chovia há mais de duas horas no momento do pouso.

O METAR das 0000Z do dia 15NOV2011 reportava visibilidade horizontal de 600m, teto de 200ft e chuva fraca, ou seja, o aeródromo estava abaixo dos mínimos meteorológicos permitidos para operação por instrumentos.

De posse de tais informações, a tripulação decidiu atrasar a decolagem de SBGR em 30 minutos com o objetivo de aguardar a melhoria das condições meteorológicas de SBUL.

Após receber a informação de que o Aeródromo de Uberlândia retornara a operação por instrumentos, a tripulação realizou o voo conforme planejado.

1.8 Auxílios à navegação

O Aeródromo de Uberlândia (SBUL) possui capacidade de operar por instrumentos nas cabeceiras 04/22, possuindo cartas de aproximação VOR e NDB válidas e adequadas para as duas cabeceiras.

Quanto às luzes de auxílio à aproximação, SBUL possuía:

Cabeceira 04: L9-PAPI–Indicador visual de rampa de aproximação e L12–Luzes de cabeceira (verde no início e vermelha no fim da pista).

Cabeceira 22: L12–Luzes de cabeceira (verde no início e vermelha no fim da pista).

A cabeceira 22 não possuía um Sistema Visual Indicador de Rampa de Aproximação.

Precision Approach Path Indicator – PAPI

O PAPI é um sistema projetado para fornecer auxílio visual ao piloto, com indicação precisa da posição da aeronave em relação à rampa ideal de aproximação, especialmente, na reta final para o pouso.

O sistema dispõe de quatro (L-880) e duas (L-881) unidades de luz, que emitem feixes luminosos divididos em duas cores, branco na parte superior e vermelho na parte inferior.

A visualização pelo piloto, de duas unidades de luz na cor vermelha e duas na cor branca (L-880) ou uma unidade na cor vermelha e uma na cor branca (L-881) indica que a aeronave está na rampa ideal de pouso para um adequado ponto de toque na pista.

Legislações Correlacionadas:

No tocante às legislações que determinam os critérios para a instalação de um Sistema Visual Indicador de Rampa de Aproximação, há que se observar o que estabelece a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e o Comando da Aeronáutica (COMAER):

ANAC:

RBAC 154 Emenda 01- Projeto de Aeródromos, Subparte D, 154.305 letra J

“(j) Sistemas visuais indicadores de rampa de aproximação

(1) Aplicação

(i) Um sistema visual indicador de rampa de aproximação deve ser destinado a auxiliar na aproximação de uma pista de pouso e decolagem, conte ou não a pista com outros auxílios visuais ou por instrumentos, quando uma ou mais das seguintes condições estiverem presentes:

(A) a pista é utilizada por turbo-jatos (grifo nosso) ou outras aeronaves com requisitos semelhantes de orientação de aproximação;

(B) o piloto de qualquer tipo de aeronave possa ter dificuldades ao julgar a aproximação devido a:

(1) orientação visual inadequada, como durante aproximações sobre superfície aquática ou terrenos sem referências visuais durante o dia, ou na ausência de luzes externas suficientes na área de aproximação à noite; ou

(2) informações equivocadas, como as produzidas por terrenos vizinhos com características ilusórias ou declividades da pista de pouso;

(C) a presença de objetos na área de aproximação que possam oferecer sérios riscos se uma aeronave descer abaixo da trajetória normal de aproximação, especialmente se não houver auxílios visuais ou por instrumentos para alertar sobre esses objetos;

(D) condições físicas nas duas extremidades de uma pista de pouso que apresentem sérios riscos no caso de uma aeronave realizar o toque antes de alcançar a cabeceira ou que ultrapassar acidentalmente o fim da pista; e

(E) o terreno ou as condições meteorológicas prevalecentes são tais que a aeronave pode estar sujeita a turbulências incomuns durante a aproximação.

NOTA – Orientações sobre a prioridade da instalação de sistemas visuais indicadores de rampa de aproximação podem ser encontradas no Apêndice G deste RBAC.

- APÊNDICE G DO RBAC 154

MATERIAL DE ORIENTAÇÃO COMPLEMENTAR AO RBAC 154

G.10 Prioridade de instalação de sistemas indicadores de rampa de aproximação visual

...

(d) As pistas utilizadas por aeronaves turbo-jato devem ter prioridade (grifo nosso)”.

COMAER:

ICA 63-18 – CRITÉRIOS DE IMPLANTACAO DE ÓRGÃOS ATS E DE AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO AÉREA – 2006.

“4.7 SISTEMA INDICADOR DE RAMPA DE TRAJETÓRIA DE APROXIMAÇÃO VISUAL (VASIS / PAPI)

4.7.1 CRITÉRIOS DE IMPLANTAÇÃO

4.7.1.1 Os seguintes critérios básicos para instalação deverão ser observados:

- a) aeródromo com operação de linhas aéreas regulares internacionais, utilizando aeronaves de médio e grande porte, na cabeceira cujo número anual de pousos seja igual ou superior a 5.000;*
- b) aeródromo com operação de linhas aéreas regulares regionais, na cabeceira cujo número anual de pousos seja igual ou superior a 5.000;*
- c) aeródromo com operação de aeronaves da aviação geral ou militar, na cabeceira cujo número anual de pousos seja igual ou superior a 5.000;*
- d) aeródromo de interesse estratégico;*
- e) aeródromo de interesse político; ou*
- f) a necessidade do tráfego aéreo (será definida após estudos específicos relacionados com a topografia, climatologia, etc. objetivando aumentar a segurança e facilitar o fluxo de tráfego aéreo).*

4.7.1.2 Para determinar a prioridade de instalação, serão observados os seguintes critérios:

- a) aeródromo de interesse estratégico;*
- b) necessidade do tráfego aéreo;*
- c) aeródromo de interesse político;*
- d) aeródromo internacional ou alternativa internacional, que possua maior movimento de pouso anual;*
- e) aeródromo internacional ou alternativa internacional compartilhado com aeródromo militar; ou*
- f) aeródromo que possua maior movimento anual.”*

Após a leitura das documentações supracitadas, fica claro que existem legislações díspares sobre os critérios para a implantação do Sistema Visual Indicador de Rampa de Aproximação.

1.9 Comunicações

Nada a relatar.

1.10 Informações acerca do aeródromo

O aeródromo é público, administrado pela INFRAERO e opera VFR e IFR, em período diurno e noturno.

A pista é de asfalto, com cabeceiras 04 / 22, dimensões de 1950 X 45 metros, com elevação de 3.094ft.

O Relatório de Medição de Atrito e Macrotextura - RT/SBUL-005/2011-PPD-04/22(RO) de 27OUT2011, emitiu o seguinte resultado:

De acordo com o laudo, a pista foi classificada como "Segura Não Supervisionada", o que significa dizer que a pista de pouso e decolagem foi considerada segura para a operação de aeronaves e sem necessidade de supervisão pela ANAC, pois os testes de monitoramento atenderam a Resolução Nº 88, de 11 de Maio de 2009, da ANAC.

O Aeródromo de Uberlândia apresentou um significativo aumento nos movimentos de pouso e decolagem de aeronaves civis entre os anos de 2003 e 2012, conforme tabela abaixo:

Ano X Movimentos de pouso e decolagem										
Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Movimento	12.003	15.122	19.527	18.424	19.368	20.660	23.898	26.909	27.301	28.523

Tabela 1: Movimentos de pouso e decolagem em SBUL (Fonte: INFRAERO).

A tabela acima mostra que em dez anos houve mais que o dobro de aumento no número de movimentos de pouso e decolagem em SBUL.

1.11 Gravadores de voo

De acordo com os dados extraídos do DFDR (*Digital Flight Data Recorder*) e CVR (*Cockpit Voice Recorder*) da aeronave foi possível obter as seguintes informações:

A aeronave manteve o perfil de descida previsto até a MDA do procedimento NDB para a pista 22, definida na carta de aproximação em 500ft de altura. Estava configurada para o pouso e mantinha a velocidade de aproximação de 130kt e *thrust set* em 69% de N1.

Neste momento houve uma redução na razão de descida, a manutenção da velocidade em 130kt e o aumento do *thrust set* para 75% de N1.

Após estabelecer condições de voo consideradas adequadas para prosseguir na rampa visual noturna, a aeronave retomou a descida, porém houve a aceleração da velocidade de aproximação na final, que deveria ser 128kt, atingindo 140kt.

O copiloto reportou vento de través direito, sem especificar a proa, com 12kt de intensidade.

O vento paralelo à pista, medido com base nos dados gravados através da diferença entre a velocidade em relação ao solo e a velocidade verdadeira do ar, a uma altura de 50ft sobre o solo, resultou em uma componente de 3kt de cauda.

A aeronave descrevia uma rampa um pouco mais alta do que a normal e cruzou a cabeceira da pista a 100ft de altura, com 138kt de velocidade indicada (VRef + 15kt).

A aeronave cruzou a marca de 1000ft da pista 22, ainda voando, com 28ft de altura e 136kt de velocidade.

O toque foi realizado na lateral direita da pista, entre a marca de 1500ft e 2000ft, aproximadamente, a 590m da cabeceira da pista 22, com 134kt de velocidade indicada.

A aeronave percorreu toda a extensão da pista e saiu pela lateral esquerda da cabeceira 04, com velocidade indicada de 44kt.

A aeronave percorreu ainda cerca de 120m fora da pista, até a parada total.

Não foi gravado qualquer tipo de mensagem de falha relacionada aos sistemas de desaceleração da aeronave, cujo desempenho foi considerado normal e operacional.

1.12 Informações acerca do impacto e dos destroços

Foi constatado que o conjunto dos pneus do trem de pouso principal esquerdo e direito foram desgastados em somente uma área da banda de rodagem, conforme as figuras a seguir.



Figura 2: Bandas de rodagem exibindo danos localizados. Os pneus são enumerados de 1 a 4, começando do pneu esquerdo externo (*left outboard*) para o direito externo (*right outboard*).

Esses danos, típicos de hidroplanagem a vapor, indicam que havia uma película de água sobre a superfície da pista, a qual, devido à ação do atrito proveniente do “escorregamento” entre a superfície do pneu e a pista, transformou-se em vapor e marcou a banda de rodagem (conhecido como “reversão da borracha”).

Ao sair da pista pela lateral esquerda, o PF da aeronave realizou um “cavalo de pau” e parou sobre uma área gramada, cerca de 130 graus divergentes do sentido original de deslocamento.

1.13 Informações médicas, ergonômicas e psicológicas

1.13.1 Aspectos médicos

Não pesquisados.

1.13.2 Informações ergonômicas

Nada a relatar.

1.13.3 Aspectos psicológicos

Não pesquisados.

1.13.3.1 Informações individuais

Nada a relatar.

1.13.3.2 Informações psicossociais

Nada a relatar.

1.13.3.3 Informações organizacionais

Nada a relatar.

1.14 Informações acerca de fogo

Não houve fogo.

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

Os passageiros foram evacuados pelas portas principais de forma ordenada e coordenada pela tripulação, em aproximadamente cinco minutos.

1.16 Exames, testes e pesquisas

Hidroplanagem:

O fenômeno da hidroplanagem caracteriza-se pela diminuição do atrito entre pneu e pavimento devido à contaminação da superfície da pista.

Segundo o Anexo 6 da ICAO (“*Operation of Aircraft*”, “*Attachment C*”), uma pista é considerada contaminada quando mais de 25% de sua superfície (área contínua ou não) dentro do comprimento e da largura sendo utilizada está coberta com o seguinte:

- Lâmina d'água de espessura superior a 3mm. (grifo nosso)
- Lâmina de "slush" (mistura de neve com água) de espessura superior a 3mm.
- Neve solta com espessura superior a 20mm.
- Neve compactada ou gelo, incluindo gelo misturado com água.

Na condição de hidroplanagem, a aplicação dos freios não causa desaceleração significativa da aeronave, uma vez que o atrito com o solo é muito pequeno.

As aeronaves equipadas com sistema de freio com *anti-skid* apresentam vantagem nesta condição, uma vez que não ocorre o travamento das rodas e, assim, a pressão do freio é liberada gradativamente até que o atrito com o solo seja restabelecido.

Tomando como base o documento *Airplane Hydroplaning / Basic Principles and Frequent Questions* da EMBRAER, algumas considerações são apresentadas para o entendimento dos três tipos de hidroplanagem (termo também conhecido como aquaplanagem):

- A "Hidroplanagem Viscosa" ocorre quando uma pequena camada de água atua como um lubrificante, reduzindo o coeficiente de atrito entre o pneu e pavimento. Ela tem o agravante de poder ocorrer em velocidades menores que as dos outros tipos de hidroplanagens e em uma camada de água extremamente delgada (cerca de um milionésimo de polegada).
- A "Hidroplanagem Dinâmica" ocorre quando a pressão hidrodinâmica gerada pela camada do contaminante à frente do pneu é suficiente para suspender o pneu, fazendo com que ele perca contato com a pista total ou parcialmente. Nessa situação os pneus passarão a rodar mais devagar devido à baixa fricção com a pista e podem eventualmente parar. Esse tipo de hidroplanagem ocorre acima da velocidade crítica de hidroplanagem e requer uma camada de água de pelo menos 3 mm.
- A "Hidroplanagem a Vapor" ocorre quando uma roda travada desliza sobre uma lâmina de contaminante por grandes extensões. Ainda que baixa, a fricção com a pista gera calor suficiente para vaporizar a água abaixo do pneu, que por sua vez poderá gerar pressão suficiente para suspender o pneu, perpetuando a condição de hidroplanagem e causando danos localizados à banda de rodagem por aquecimento excessivo da borracha. Esse tipo de hidroplanagem pode acontecer concomitantemente com a hidroplanagem dinâmica quando o pneu encontra regiões menos contaminadas.

A condição de hidroplanagem é afetada pelos seguintes fatores: espessura da película de água sobre a pista, velocidade da aeronave, pressão dos pneus, qualidade da banda de rodagem, desenho da banda de rodagem, atrito da pista e sua construção.

Segundo o documento "*NASA Technical Note D-2056 – Phenomena of pneumatic tire hydroplaning*", a velocidade aproximada mínima de entrada na condição de hidroplanagem (*NASA Critical Speeds*) para situações em que a aeronave toca a pista já com uma camada de água e as rodas ainda não estão girando é dada por:

$$V_c = 7.7 \sqrt{p} , \text{ onde } p \text{ é a pressão do pneu em psi.}$$

Outra informação importante é que, segundo o documento “NASA Technical Memorandum X-72650 – Wet Runways”, existe, no fenômeno de hidroplanagem, uma histerese fazendo com que a velocidade de saída desta condição seja de até 13kt abaixo da velocidade de entrada.

O ERJ-145LU tem pressão nominal de pneus dos trens de pouso principal igual a 160psi, o que leva a uma velocidade crítica de hidroplanagem de 97kt e velocidade mínima de saída da hidroplanagem de 84kt.

Cálculo do coeficiente de atrito efetivo

Com base nos dados gravados e nos modelos aerodinâmicos e de tração, é possível extrair o coeficiente de atrito efetivo exibido pela aeronave durante a corrida de pouso.

Para o cálculo, foi considerado um espaço de tempo no qual a aeronave encontrava-se sobre o pavimento, os parâmetros de N1 de ambos os motores encontravam-se estabilizados em 26% e que, de acordo com o diálogo gravado pelo CVR, os freios estavam aplicados acima do nível de saturação do sistema de *anti-skid* (ou seja, a eficiência de frenagem era máxima).

O resultado da análise encontra-se sumarizado no gráfico abaixo:

Coeficiente de atrito efeito vs groundspeed

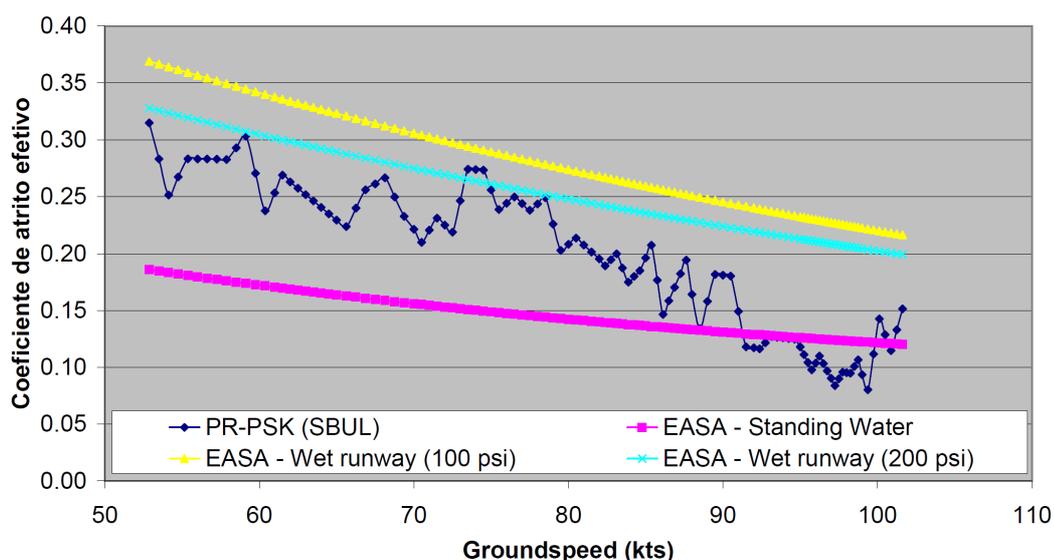


Figura 3: Coeficiente de atrito efetivo em função da *ground speed* (Fonte: dados gravados e modelos aerodinâmicos e de tração).

A curva rosa exibida no gráfico (*EASA – Standing Water*) é baseada em documentos de certificação da *EASA* (*AMC 25.1591*) e exibe o perfil típico do coeficiente de atrito efetivo de uma aeronave frenando sobre uma pista contaminada por água abaixo da velocidade crítica de hidroplanagem, que será descrita mais adiante.

As curvas azul clara e amarela (*EASA – Wet Runway 200psi* e *EASA – Wet Runway 100psi*), respectivamente, são baseadas no mesmo documento e representam o perfil típico do coeficiente de atrito efetivo para aeronaves frenando sobre uma pista molhada em função da pressão dos pneus. A pressão nominal dos pneus do ERJ-145LU é de 160psi e encontra-se entre essas duas curvas.

A curva azul-marinho representa o coeficiente de atrito efetivo exibido pela aeronave no pouso no Aeródromo de Uberlândia. É possível observar que, durante todo o período de tempo analisado, o coeficiente de atrito da aeronave ficou abaixo do esperado para uma pista molhada e que, a altas velocidades, o coeficiente de atrito foi comparável ao de uma pista contaminada.

Acima de 90kt e da velocidade crítica de hidroplanagem (calculada como sendo de 97kt), a curva azul se aproxima do prolongamento da curva em rosa, indicando um baixo coeficiente de atrito resultante do fenômeno de hidroplanagem.

Abaixo de aproximadamente 90kt, nota-se um aumento gradativo do coeficiente de atrito, indicando que os pneus romperam a lâmina d'água e passaram a contatar efetivamente o solo.

A figura abaixo ilustra a variação de velocidade em relação ao espaço percorrido sobre a pista e demonstra o efeito do baixo coeficiente de atrito a altas velocidades:

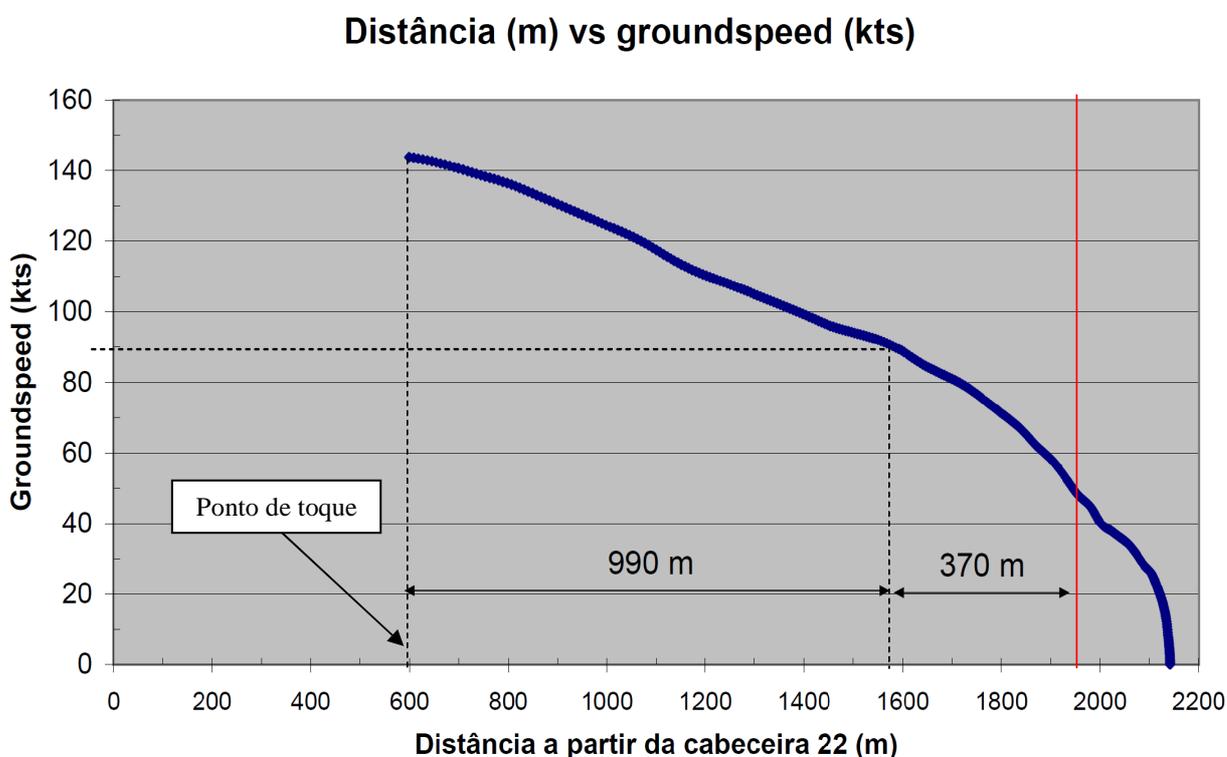


Figura 4: Distância percorrida a partir da cabeceira da pista 22 em função da *ground speed*. O final da pista é simbolizado pela linha vermelha (Fonte: dados gravados).

O gráfico mostra que foram consumidos 990 metros a partir do ponto de toque para desacelerar a aeronave até 90kt, restando apenas 370 metros para a parada da aeronave até o fim da pista 22, simbolizado pela linha vermelha.

1.17 Informações organizacionais e de gerenciamento

Nada a relatar.

1.18 Aspectos operacionais

A aeronave cumpria uma etapa em período noturno, programada pelo Operador da Aeronave, entre SBGR para SBUL e, em coordenação com os órgãos de controle de tráfego aéreo, iniciou a descida em condições de voo por instrumentos (IFR).

Ao atingir a vertical de SBUL, a tripulação optou pela realização do procedimento VOR para a pista 04, porém em razão de uma chuva fina e uma camada de nuvens sobre a cabeceira 04, não foi possível atingir as condições visuais para o pouso.

A tripulação executou o procedimento de aproximação perdida, arremetendo no ar para um novo procedimento, agora o NDB para a cabeceira 22.

Ao ingressar na aproximação final da pista 22, a cerca de 500ft de altura, o piloto nivelou a aeronave na MDA do procedimento, aguardando a obtenção de contato visual com a pista, a fim de interceptar a rampa normal de pouso.

Os procedimentos de não precisão (VOR, NDB e GPS) não oferecem condições para prosseguir na descida, de forma precisa, após atingir a MDA.

Desta forma, o piloto, após a MDA, deve manter o voo nivelado até atingir o ponto ideal para o reinício da descida e a manutenção de uma rampa de descida de 2,5 a 3,0 graus.

Este ponto é representado nas publicações do FAA pela sigla *VDP (Visual Descent Point)*, sendo que é possível utilizar a regra a seguir para determinar uma rampa de 3 graus:

- Distância (NM) = altura (ft) / 300.
- Razão de Descida (ft/min) = *GROUND SPEED* x 5.

Neste caso específico, realizando o procedimento NDB para a pista 22:

Para uma velocidade de aproximação final (VApp) de 128kt (VRef + 5kt) e MDA de 500ft AGL (*Above Ground Level*), o ponto ideal para uma aproximação VFR de 3 graus de rampa fica a 1,6NM do ponto de toque, e a razão de descida recomendada para essa aproximação era de 645ft/min.

Em entrevista com os pilotos, foi reportado que o contato visual com a pista foi estabelecido antes do limite de 1,6NM do ponto de toque.

Na aproximação final para a pista 22, a Torre de Controle de Uberlândia informou o vento na direção de 330° com velocidade de 03kt, o que confere com as informações constantes no METAR da localidade.

As informações de intensidade e direção do vento podem ser consultadas nos equipamentos embarcados na aeronave, disponíveis nos PFD, desta forma, o piloto informou que estava considerando, para o pouso na cabeceira 22, um vento de través direito com 12kt de intensidade.

Na curta final para pouso, a tripulação manteve a aeronave ligeiramente alta na rampa e velocidade 15kt acima da de referência (VRef), que deveria ser 123kt, de acordo com as tabelas do QRH (*Quick Reference Handbook*) para o peso da aeronave no momento e a configuração requerida dos flapes.

Na curta final, sob chuva leve, a aeronave cruzou a cabeceira a 100ft de altura e com 138kt de velocidade indicada.

O PF reportou que pretendia realizar o pouso com um toque firme na pista, porém não conseguiu realizar tal manobra, vindo a tocar de forma suave na pista a uma distância além da marca de 1000ft, mais precisamente entre a marca de 1500ft e 2000ft (aproximadamente a 590 m da cabeceira 22).

Após o pouso, o piloto aplicou os freios normalmente, com a intensidade máxima, e desta forma permaneceu até a parada total da aeronave já fora do limite lateral da pista.

Dados de desempenho para o pouso em SBUL:

O AFM (*Aircraft Flight Manual*) contém os dados de desempenho certificados, apresentados sob a forma de gráficos.

Esses gráficos, no entanto, não contemplam desvios com relação à técnica de pouso padrão e, por isso, fornecem resultados assumindo que a aeronave cruzou a cabeceira da pista a 50ft, na velocidade de referência, e tocou próximo à marca de 1000ft (300 metros).

Para a análise, foram utilizados os seguintes dados de entrada:

- Elevação da cabeceira: 3.088ft (*slope nulo*)
- LDA (*Landing Distance Available*) = 1.950m
- Peso reportado durante o pouso: 17.336kg
- Flapes durante o pouso: 45
- Temperatura = 19°C
- Componente de vento paralelo a pista* = 3kt de cauda, calculado através da diferença entre a *ground speed* e a velocidade verdadeira (TAS – *True Airspeed*).

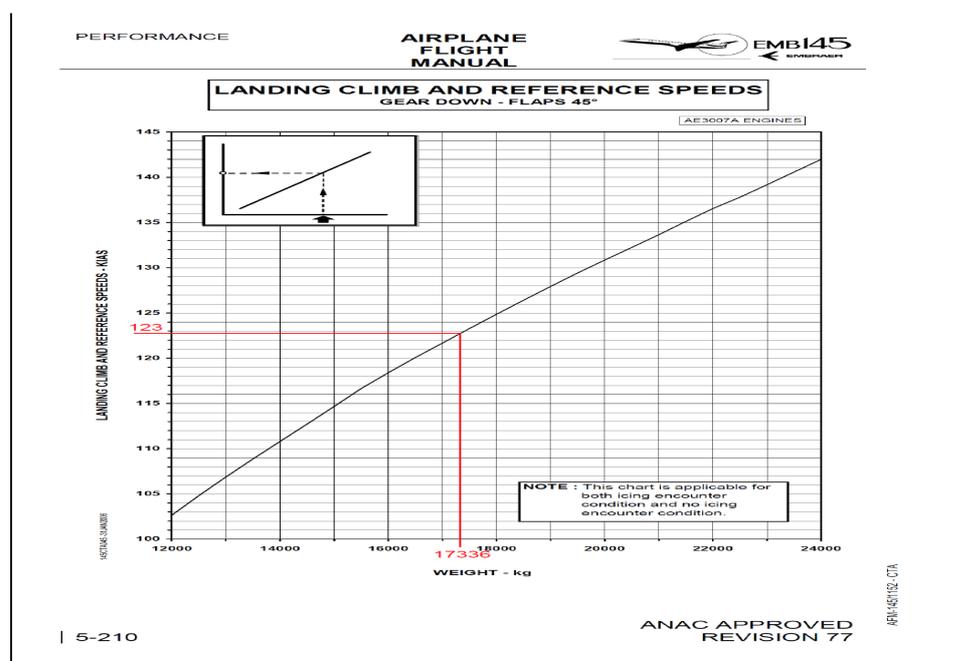


Figura 5: Gráfico para determinação da velocidade de referência em função do peso e configuração da aeronave (Fonte: "Airplane Flight Manual – Section 5").

O gráfico acima demonstra a velocidade de referência para o peso da aeronave e configuração de flapes que, neste caso, resulta em $V_{Ref} = 123kt$.

Os próximos dois gráficos são usados para determinação de distância de pista não fatorada seca, fatorada seca e fatorada molhada.

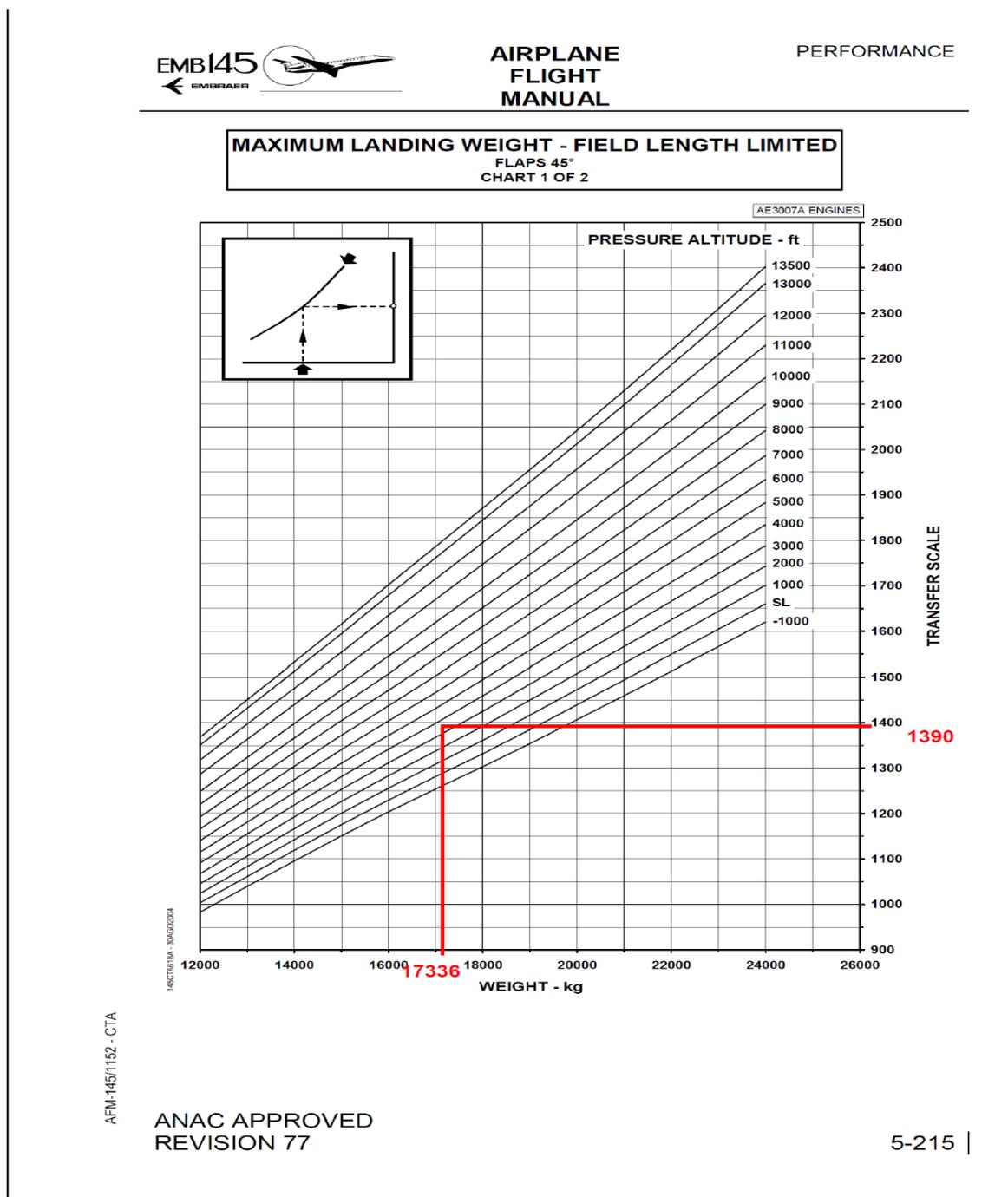


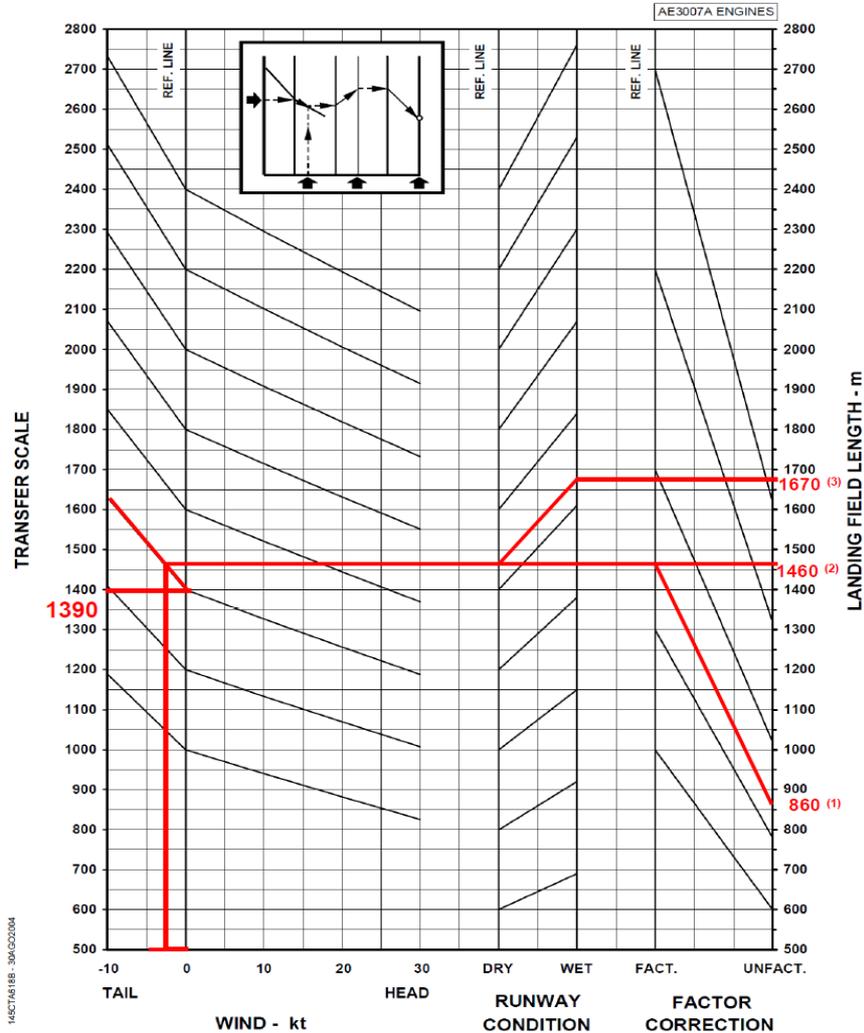
Figura 6: Gráfico para determinação de distância de pouso necessária para pista seca e molhada. O gráfico acima é utilizado para determinar a escala de transferência, que servirá de parâmetro de entrada no próximo gráfico (Fonte: *Airplane Flight Manual – Section 5*).

PERFORMANCE

**AIRPLANE
FLIGHT
MANUAL**



MAXIMUM LANDING WEIGHT - FIELD LENGTH LIMITED
FLAPS 45°
CHART 2 OF 2



| 5-216

ANAC APPROVED
REVISION 77

Figura 7: Gráfico para determinação de distância de pouso necessária para pista seca e molhada (Fonte: *Airplane Flight Manual – Section 5*).

O valor de 860 metros (1) é referente à distância de pista não fatorada seca, enquanto que o valor de 1.460 metros (2) é referente à distância de pista fatorada seca. O valor de 1.670 metros (3) é referente à distância de pista fatorada molhada.

Pistas fatoradas são aquelas que levam em consideração as margens de segurança previstas no RBAC 121.195.

Essas margens de segurança são aplicadas sobre a pista seca não fatorada (distância necessária para parada da aeronave em pista seca demonstrada por ensaios) e equivalem a 67% da pista seca não fatorada para operação em pistas secas e 92% da pista seca não fatorada (ou 15% adicional sobre a pista seca fatorada) para pistas molhadas.

Não é possível determinar a distância não fatorada para pista molhada, uma vez que não há ensaios em voo para se determinar tal condição. É possível afirmar, porém, que é menor do que a distância requerida para pista fatorada molhada.

Em resumo, considerando as legislações em vigor, a operação em SBUL atendia a todos os critérios estabelecidos.

Cálculo de comprimento de pista de pouso necessária para pistas contaminadas através do QRH

Segundo o Anexo 6 da ICAO (“*Operation of Aircraft*”, “*Attachment C*”), uma pista está contaminada por água quando mais de 25% de sua superfície (área contínua ou não), dentro do comprimento e da largura sendo utilizada, está coberta com o seguinte:

- Lâmina d'água de espessura superior a 3mm.

O apêndice G, item G.5(e) do “RBAC 154 – Projeto de aeródromos”, sem se referir especificamente as pistas contaminadas, afirma que:

“[...] poças com aproximadamente 3mm de profundidade, em particular, se estiverem localizadas onde serão atingidas em alta velocidade por aeronaves em pouso, podem induzir aquaplanagem, que pode ser continuada na parte da pista de pouso e decolagem molhada com profundidade de água muito menor. Embora seja fenômeno quase improvável no Brasil, é necessário que o operador de aeródromo impeça a formação de poças nas pistas de aeródromos situados em localidades elevadas onde, eventualmente, haja possibilidade de congelamento das poças nos invernos mais rigorosos.”

Não há, no entanto, no RBAC 121, qualquer menção à operação em pistas contaminadas, assim como não há no “RBAC 25 - Requisitos de Aeronavegabilidade: Aviões Categoria Transporte”, requisito sob o qual se enquadra o projeto ERJ-145 (requisitos para performance de aeronaves operando em pistas contaminadas).

Por isso, as informações de performance para pistas contaminadas inclusas no QRH da aeronave têm caráter de material de apoio (“*advisory information*”) e, ao contrário das distâncias publicadas para pouso em pistas secas e molhadas, não possuem margens de segurança incorporadas.

De acordo com o *Embraer Advisory Information for Contaminated Runway* (*according to Embraer QRH PD-16 Rev 8*) para um peso de 17.500kg (valor superior mais próximo ao peso da aeronave no pouso) e a configuração assumida, em uma pista contaminada por uma camada de água de 4mm, a aeronave consumiria 1.789 metros de pista para parar totalmente.

PERFORMANCE DATA**AE3007A1 ENGINES**

ADVISORY INFORMATION
EMB-145 UNFACTORED LANDING DISTANCES - CONTAMINATED RUNWAYS (m)
ALL ENGINES TYPES – ANAC CERTIFICATION
STANDING WATER 4 mm/SLUSH 4 mm
WET SNOW 8 mm/DRY SNOW 32 mm

WEIGHT (kg)	FLAP 22°	FLAP 45°
13000	1754	1415
13500	1806	1455
14000	1857	1495
14500	1913	1537
15000	1969	1578
15500	2025	1620
16000	2081	1661
16500	2143	1704
17000	2204	1746
17500	2265	1789
18000	2326	1831
18500	2386	1873
19000	2446	1916
19500	2506	1958
20000	2566	2000
20500	2635	2048
21000	2705	2095
21500	2774	2143
22000	2844	2191

CORRECTIONS	
ALTITUDE:	LANDING DISTANCE + 3% per 1000 ft above sea level.
WIND:	LANDING DISTANCE + 11% per 5 kt tailwind.
OVERSPEED:	LANDING DISTANCE + 9% per 5 kt above V _{REF} .

PD-16

REVISION 8

 QRH-145/1167
 CODE 02

Figura 8: Material de apoio para cálculo de distância de pouso em pistas contaminadas (Fonte: *Quick Reference Handbook – Performance Data*).

As correções de 9% para a altitude do aeródromo (3% para cada 1000ft), 11% para o vento (11% a cada 5kt de vento de cauda) e 27% para o excesso de velocidade (9% para cada 5kt de sobrevelocidade), resultam num acréscimo de 47%, ou seja, a distância necessária para pouso seria de 2.630 metros.

As tabelas abaixo sumarizam as informações apresentadas:

Condição	Distância necessária (m)
Peso de pouso de 17500kg, flaps 45 e espessura de contaminante de 4 mm	1789

Correções	Correção %	Distância adicional (m)
Altitude (3% para cada 1000 ft)	9%	161
Vento (11% para cada 5kts de vento de cauda)	11%	197
Excesso de velocidade (9% para cada 5 kts)	27%	483
Total	47%	841

Condição	Distância necessária (m)
Peso de pouso de 17500kg, flaps 45 e espessura de contaminante de 4 mm, 3000 ft de altitude, 5 kts vento de cauda e 15 kts acima da Vref	2630

Figura 9: Sumário das correções aplicadas à distância de pouso para pistas contaminadas (Fonte: *Quick Reference Handbook – Performance Data*).

Vale salientar que as distâncias de pouso publicadas para pistas contaminadas têm caráter de material de apoio (uma vez que não há requisitos de projeto ou operação para pistas contaminadas na legislação brasileira) e que não incorporam margens de segurança.

1.19 Informações adicionais

Aproximação não estabilizada

A maioria das companhias aéreas ao redor do mundo estabelece um mínimo próprio e aceitável para a continuação de uma aproximação para pouso. Existem variações para cada companhia, porém, para unificar os conceitos, segue o que descreve a *Flight Safety Foundation* (FSF) em uma visão ampla e genérica.

O programa *Approach and Landing Accident Reduction* (ALAR) sugere que uma aproximação deve estar estabilizada nas seguintes situações:

- a) 1000ft acima do terreno para condições IMC, e
- b) 500ft acima do terreno para condições VMC.

Nos casos não enquadrados acima recomenda-se: “Go - Around”.

Uma aproximação será considerada não estabilizada se algum dos critérios abaixo não for observado:

- a) A aeronave na trajetória correta de voo;
- b) Apenas pequenas mudanças de *pitch* / *heading* são necessárias;
- c) A aeronave na configuração correta de pouso;
- d) A *airspeed* maior ou igual à VRef e menor que VRef +20 (limite máximo extrapolado);
- e) A razão de descida máxima de 1000ft/min. Acima disso requer um *briefing* específico;
- f) A potência apropriada para a configuração selecionada e não abaixo da mínima prevista no manual de operação da aeronave; e

g) Todos os *briefings*, *checklist items* e *callouts* executados.

Tipos específicos de aproximação:

ILS – um *dot* para *glide* e *localizer*;

ILS Cat II ou III – dentro da faixa expandida de *localizer*, e

Para aproximações para circular – asas niveladas a 300ft.

Efeitos:

Pode resultar em uma aproximação alta, embalada, não configurada e fora da linha central da pista de pouso.

Fatores envolvidos:

- a. Fadiga;
- b. Pressão de horário a ser cumprido (pressão comercial);
- c. Aceitar solicitações do ATC visando à aceleração do fluxo tráfego aéreo;
- d. Excesso de velocidade e altitude no início da aproximação;
- e. Mudança de pista pelo ATC;
- f. Excessivo desvio de atenção para o interior da cabine – *head-down* (ex: reprogramar FMS);
- g. *Short outbound and downwind leg*;
- h. Demora em capturar o *glide*;
- i. Descida prematura ou atrasada por dificuldade de identificar o *Final Approach Fix* (FAF);
- j. Vento de cauda;
- k. Tesoura de vento – *Wind shear*;
- l. Incorreta antecipação na redução de velocidade;
- m. Excesso de velocidade e altitude no início da aproximação;
- n. Demora em reconhecer desvios;
- o. Excessiva confiança do *Pilot Monitoring* (PM) que o *Pilot Flying* (PF) vai estabilizar a aeronave;
- p. Distância hierárquica entre o PF e PM - *Power Distance*;
- q. Excesso de confiança da tripulação;
- r. Quebra da regra de cabine esterilizada – *Sterile Cockpit Rule*.

1.20 Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação

Não houve.

2 ANÁLISE

Os tripulantes estavam com suas habilitações válidas, treinamento em dia e possuíam experiência suficiente para o tipo de voo proposto.

A aeronave estava com as inspeções válidas e com todos os sistemas operando normalmente e de acordo com o fabricante.

O Aeródromo de Uberlândia, no dia da ocorrência, operava por instrumentos e a pista estava molhada. O SPECI emitido às 0228Z do dia 15NOV2011 indicava visibilidade horizontal de 4.500m e chuva moderada.

Ao chegar a SBUL, a tripulação realizou o procedimento VOR para a pista 04 conforme a carta de descida, porém em razão de uma fina camada de nuvens sobre a cabeceira, aliada à precipitação leve na vertical do aeródromo, não foi possível obter condições visuais para o pouso, o que determinou a realização do procedimento de aproximação perdida.

Após a arremetida, a tripulação julgou que as condições meteorológicas para aproximação para a cabeceira 22 estavam melhores e optou pela execução do procedimento NDB para esta cabeceira.

A tripulação manteve o perfil de descida previsto no procedimento NDB para a pista 22 até a MDA (500ft de altura), com a aeronave configurada para o pouso, mantendo a velocidade de aproximação de 130kt e *thrust set* em 69% de N1.

A fim de interceptar a rampa visual para o pouso noturno, a tripulação manteve a altura e a velocidade e ajustou o *thrust set* para 75% de N1.

A pista 22 não possuía o Sistema Visual Indicador de Rampa de Aproximação que, em condições de voo noturno, sob chuva e com restrição de visibilidade dificulta a realização de uma rampa visual de aproximação adequada (2,5° a 3°).

Ao se observar as documentações referentes aos critérios para a implantação do Sistema Visual Indicador de Rampa de Aproximação, ICA 63-18 - CRITÉRIOS DE IMPLANTACAO DE ÓRGÃOS ATS E DE AUXÍLIO À NAVEGACÃO AÉREA e RABC 154 Emenda 01- Projeto de Aeródromos, nota-se que elas legislam de forma díspar sobre o tema.

O copiloto reportou vento de través direito, sem especificar a proa, com 12kt de intensidade.

Até atingir a MDA, o voo transcorria normalmente e, ao avistar a pista e reiniciar a descida, a velocidade da aeronave aumentou para 140kt, enquanto o previsto era uma VApp de 128Kt, ficando em uma rampa de aproximação mais alta que a ideal.

Neste aspecto, verifica-se o acúmulo de desvios que, provavelmente, levaram a uma situação indesejada de uma aproximação não estabilizada:

- Mudança de pista – após a aproximação perdida para a pista 04 a tripulação optou, rapidamente, pela execução de um pouso na pista 22.

- Descida atrasada, após o nivelamento na MDA, por dificuldade em identificar a rampa visual adequada para a aproximação noturna em razão da ausência de PAPI na cabeceira 22.

- Velocidade excessiva – a aeronave chegou a atingir 140kt e cruzou a cabeceira 22 a 100ft com 138kt (VRef + 15kt).

- Incorreta antecipação na redução de velocidade.

- Demora em reconhecer desvios – retardo na correção de altura e velocidade na aproximação final.

- Excessiva confiança do PM que o PF iria estabilizar a aeronave – em momento nenhum o PM alertou o PF sobre o excesso de velocidade e altura, podendo-se supor que o mesmo também não percebeu tal desvio.

- Excesso de confiança e repetição de atividade pela tripulação – o pouso em SBUL era frequente na escala de voo do PF.

O PF reportou que pretendia realizar o pouso firmemente, porém não conseguiu realizar tal manobra, vindo a tocar de forma suave na pista a uma distância além da marca de 1000ft, mais precisamente entre a marca de 1500ft e 2000ft (aproximadamente a 590 m da cabeceira 22).

A aeronave realizou o toque na lateral direita da pista com a velocidade de 134kt.

Apesar do PF ter aplicado os freios normais da aeronave imediatamente e com a máxima intensidade, a tripulação percebeu que os freios não estavam atuando efetivamente e a aeronave parecia estar “derrapando” sobre a pista.

Uma vez que a investigação não revelou qualquer indício de mau funcionamento do sistema de freios, a percepção da tripulação da baixa desaceleração foi atribuída ao fenômeno de hidroplanagem.

Durante a hidroplanagem, o coeficiente de atrito entre pneu e pista se manteve em níveis muito baixos devido à reduzida área de contato entre as duas partes, resultando numa baixa desaceleração.

A ocorrência da hidroplanagem é reforçada pelas fotos dos danos localizados nos pneus, característicos de uma hidroplanagem a vapor.

Pelo comportamento do coeficiente de atrito efetivo, é provável que a hidroplanagem a vapor tenha acontecido no início da corrida de pouso, concomitante, com uma hidroplanagem dinâmica, quando a aeronave passava por regiões menos contaminadas.

Quando a aeronave encontrava-se abaixo da velocidade crítica de hidroplanagem (97kt), a aproximadamente 90kt de *ground speed*, finalmente os pneus romperam a lâmina de água e adquiriram efetivo contato com o solo, conforme pode ser observado pelo aumento do coeficiente de atrito efetivo.

No tocante à performance de frenagem da aeronave, é possível concluir que se a técnica de pouso fosse estritamente seguida (cruzamento da cabeceira da pista a 50ft de altura, na velocidade de referência e toque a aproximadamente 1000ft além da cabeceira), a distância de pista de 1.950 metros disponível em Uberlândia seria suficiente para acomodar o pouso caso a pista estivesse seca ou molhada.

No entanto, ficou constatado que em altas velocidades, acima de 90kt, o coeficiente de atrito era comparável a uma pista contaminada, ou seja, muito baixo. Nessa condição de baixo atrito e alta velocidade, grandes distâncias são consumidas para reduções relativamente pequenas de velocidade.

Conclui-se também que, dos 1.360 metros disponíveis após o toque da pista 22, 990 metros foram consumidos para desacelerar a aeronave até a condição de saída da hidroplanagem, restando apenas 370 metros para a parada total da aeronave antes do fim da pista.

Verifica-se, portanto, que a aeronave percorreu a maior porção da pista em condições de hidroplanagem e, conseqüentemente, com performance compatível a uma pista contaminada. Por isso, torna-se mais adequado avaliar a performance de pouso do evento em relação aos valores obtidos através do cálculo para pista contaminada.

Ficou comprovado que a distância necessária para o pouso da aeronave numa pista contaminada por água com espessura de 4mm, nas condições do evento, era de 2.630 metros. Esse resultado, que não contém margens de segurança incorporadas, supera a distância de 1.950 metros disponíveis para pouso no Aeródromo de Uberlândia.

Conclui-se, portanto, que os efeitos da condição degradada de frenagem da pista de Uberlândia pela contaminação por água, em conjunto com os efeitos do excesso de velocidade no cruzamento da cabeceira e toque além da região da marca dos 1.000ft, levaram a exceder a distância de pouso disponível na pista 22 do Aeródromo de Uberlândia e culminaram num pouso longo.

3 CONCLUSÃO

3.1 Fatos

- a) a aeronave decolou de SBGR com plano de voo por instrumentos com destino à SBUL, com três tripulantes e vinte e sete passageiros.
- b) os tripulantes estavam com suas habilitações válidas, treinamento em dia e possuíam experiência para o tipo de voo proposto.
- c) a aeronave estava com as inspeções válidas e com todos os sistemas operando normalmente.
- d) o Aeródromo de Uberlândia operava por instrumentos, sob chuva fraca e a pista molhada.
- e) a tripulação realizou o procedimento VOR para a pista 04 e realizou um procedimento de aproximação perdida, devido a uma aproximação não estabilizada.
- f) após o procedimento de aproximação perdida, a tripulação optou pela execução do procedimento NDB para a pista 22, havendo pouco tempo para a preparação da nova aproximação, bem como um estudo adequado das condições da pista para o pouso.
- g) o PF manteve adequadamente o perfil de descida NDB para a pista 22 até a MDA (500ft de altura).
- h) a pista 22 não possuía Sistema Visual Indicador de Rampa de Aproximação.
- i) de acordo com os dados gravados, o vento paralelo à pista era de 03kt de cauda.
- j) após estabelecer condições visuais para a aproximação da cabeceira 22, o piloto retomou a descida, mantendo um perfil de rampa mais alta que a ideal, atingindo a velocidade de 140kt.
- k) na curta final, sob chuva leve, a aeronave cruzou a cabeceira a 100ft de altura e 138kt de velocidade indicada (VRef + 15kt).
- l) a aeronave cruzou a marca de 1.000ft da pista 22, ainda voando, com 28ft de altura e 136kt de velocidade.
- m) A tripulação realizou o toque na lateral direita da pista, entre a marca de 1.500ft e 2.000ft (aproximadamente a 590m da cabeceira 22), com 134kt de velocidade indicada.
- n) após o pouso, o PF aplicou os freios normais da aeronave e percebeu que a aeronave estava “derrapando” sobre a pista.
- o) A aeronave experimentou o fenômeno chamado hidroplanagem a vapor, concomitantemente com uma hidroplanagem dinâmica.
- p) a aeronave permaneceu sob o efeito da hidroplanagem dinâmica até uma distância de aproximadamente 370 metros do final da pista de pouso.

- q) a aeronave percorreu toda a extensão da pista de pouso e, ao perceber que não seria possível a parada dentro dos limites, a tripulação efetuou a saída da pista pela lateral esquerda.
- r) a aeronave percorreu cerca de 120m fora da pista (grama), realizou um giro e parou.
- s) a aeronave teve danos leves e todos os tripulantes e passageiros saíram ilesos.

3.2 Fatores contribuintes

3.2.1 Fator Humano

3.2.1.1 Aspecto Médico

Nada a relatar.

3.2.1.2 Aspecto Psicológico

3.2.1.2.1 Informações Individuais

Nada a relatar.

3.2.1.2.2 Informações Psicossociais

Nada a relatar.

3.2.1.2.3 Informações organizacionais

Nada a relatar.

3.2.2 Fator Operacional

3.2.2.1 Concernentes à operação da aeronave

a) Aplicação dos comandos – Contribuiu

Ao longo do curso de aproximação final para a pista 22, não houve correções efetivas no intuito de reduzir a velocidade de aproximação e enquadrar-se na rampa adequada para o pouso noturno, uma vez que a aeronave atingiu 140kt (12kt acima da VApp prevista) e estava numa rampa mais alta que a ideal.

Essa condição permaneceu até o cruzamento da cabeceira da pista 22 a 100ft de altura e 138kt de velocidade indicada (VRef + 15kt), com o pouso ocorrendo na lateral direita da pista, entre a marca de 1.500ft e 2.000ft (aproximadamente a 590m da cabeceira 22), com 134kt de velocidade indicada.

b) Condições Meteorológicas Adversas – Contribuiu

No momento da ocorrência, o Aeródromo de Uberlândia operava por instrumentos, pista molhada, com chuva leve e visibilidade horizontal de 4.500m.

c) Coordenação de cabine – Contribuiu

Após o procedimento de aproximação perdida para a pista 04 a tripulação optou, rapidamente, pela execução de um procedimento para pouso na pista 22. Desta forma, houve pouco tempo para a preparação da nova aproximação, bem como um estudo adequado das condições da pista para o pouso.

No procedimento NDB para a pista 22, não houve alerta entre os tripulantes sobre o excesso de velocidade e altura inadequada durante a aproximação final.

d) Infraestrutura aeroportuária – Contribuiu

A pista 22 do Aeródromo de Uberlândia não possuía um Sistema Visual Indicador de Rampa de Aproximação que, em condições de voo noturno, sob de chuva e com restrição de visibilidade, dificultou a realização de uma rampa visual de aproximação adequada (2,5° a 3°).

e) Julgamento de pilotagem – Contribuiu

Houve inadequada avaliação das condições do Aeródromo de Uberlândia (pista molhada, operação por instrumento, período noturno e sob influência de chuva) ao se decidir por prosseguir em uma aproximação para o pouso na pista 22, estando o perfil da rampa final acima da ideal e com velocidade 12kt maior que a prevista para a velocidade de aproximação final.

Esses fatores culminaram com o cruzamento da cabeceira a 100ft de altura, na velocidade de 138kt (15kt acima da VRef prevista) e o pouso além da marca de 1.000ft, entre a marca de 1.500ft e 2.000ft (aproximadamente a 590m da cabeceira 22).

f) Outro – Contribuiu

Contaminação da pista de pouso por água:

Em virtude das condições metrológicas reinantes em SBUL, estando a pista molhada, pautado nos cálculos apresentados e demonstrados neste relatório e em todas as evidências físicas e de performance, admite-se que a pista de pouso estivesse contaminada por água.

3.2.2.2 Concernentes aos órgãos ATS

Não contribuiu.

3.2.3 Fator Material**3.2.3.1 Concernentes a aeronave**

Não contribuiu.

3.2.3.2 Concernentes a equipamentos e sistemas de tecnologia para ATS

Não contribuiu.

4 RECOMENDAÇÃO DE SEGURANÇA DE VOO (RSV)

É o estabelecimento de uma ação que a Autoridade Aeronáutica ou Elo-SIPAER emite para o seu âmbito de atuação, visando eliminar ou mitigar o risco de uma condição latente ou a consequência de uma falha ativa.

Sob a ótica do SIPAER, é essencial para a Segurança de Voo, referindo-se a um perigo específico e devendo ser cumprida num determinado prazo.

Recomendações de Segurança de Voo emitidas pelo CENIPA:

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

IG-018/CENIPA/2013 – RSV 001

Emitida em: 16/07/2013

Realizar gestões junto ao Operador de Aeródromo de Uberlândia (SBUL) no intuito de viabilizar a instalação de um Sistema Visual Indicador de Rampa de Aproximação para a cabeceira 22.

IG-018/CENIPA/2013 – RSV 002**Emitida em: 16/07/2013**

Realizar gestões junto aos aeródromos públicos brasileiros que operam com aeronaves turbo-jato, que não possuam um Sistema Visual Indicador de Rampa de Aproximação, no intuito de viabilizar a instalação do referido sistema, visando adequá-los ao que estabelece o RBAC 154 Emenda 01, Subparte D, 154.305 letra J.

IG-018/CENIPA/2013 – RSV 003**Emitida em: 16/07/2013**

Realizar gestões junto ao DECEA no intuito de estabelecer critérios unificados sobre a implantação de Sistemas Visuais de Indicadores de Rampa de Aproximação, adequando, desta forma o RBAC154 Emenda 01 - Projeto de Aeródromos com a ICA 63-18 CRITÉRIOS DE IMPLANTACAO DE ÓRGAOS ATS E DE AUXÍLIO À NAVEGACÃO AÉREA.

IG-018/CENIPA/2013 – RSV 004**Emitida em: 16/07/2013**

Adotar uma metodologia, com base científica, de medição e avaliação do nível de “contaminação de pista de pouso e decolagem por água” dos aeródromos públicos brasileiros operados por empresas aéreas regulares e regionais, tendo como referência os parâmetros estabelecidos no Anexo 14 da OACI e no RBAC 154 (Regulamento Brasileiro de Aviação Civil) com a finalidade de mitigar a possibilidade de ocorrências aeronáuticas associadas à hidroplanagem;

Ao DECEA, recomenda-se:

IG-018/CENIPA/2013 – RSV 005**Emitida em: 16/07/2013**

Realizar gestões junto à ANAC no intuito de estabelecer critérios unificados sobre a implantação de Sistemas Visuais Indicadores de Rampa de Aproximação, adequando, desta forma o RBAC154 Emenda 01 - Projeto de Aeródromos com a ICA 63-18 CRITÉRIOS DE IMPLANTACAO DE ÓRGAOS ATS E DE AUXÍLIO À NAVEGACÃO AÉREA.

IG-018/CENIPA/2013 – RSV 006**Emitida em: 16/07/2013**

Visto que ainda não há um método de avaliação definido pelo órgão de fiscalização e regulação da Aviação Civil Brasileira (ANAC) quanto ao aspecto de contaminação de pista por água nos aeródromos públicos brasileiros e visando mitigar possíveis ocorrências aeronáuticas em caso de chuva intensa sobre as pistas de pouso e decolagem, estudar a possibilidade de implementar a necessidade de solicitação de reporte junto as tripulações do “*breaking action*” após o pouso pelos controladores de tráfego aéreo, mesmo sabedores de que se trata de uma informação subjetiva e dependente da performance específica de cada aeronave e da experiência pregressa de cada tripulação.

5 AÇÃO CORRETIVA E PREVENTIVA JÁ ADOTADA

Durante o curso da investigação deste Incidente Grave foram emitidas pelo CENIPA, por meio do Ofício nº32/SECR/10277, de 20 de dezembro de 2011, oito Recomendações de Segurança de Voo para a ANAC, uma Recomendação de Segurança de Voo para o DECEA e nove Recomendações de Segurança de Voo para o Operador da Aeronave.

6 DIVULGAÇÃO

- Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).
- Passaredo Linhas Aéreas.
- Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DCEA).
- EMBRAER

7 ANEXO

Não há.

Em, 16/07/2013.