

**RELATÓRIO SUMÁRIO DE INCIDENTE GRAVE COM AERONAVE
 AIRCRAFT SERIOUS INCIDENT SUMMARY REPORT**
**Aterragem dura com danos significativos na
 estrutura primária da aeronave**

||

**Hard landing with significant aircraft primary
 structure damage**
1- SINOPSE
1- SYNOPSIS

PROCESSO GPIAAF GPIAAF PROCESS ID 2019/SINCID/09		<i>Classificação Classification</i> Incidente Grave Serious Incident	
		<i>Tipo de evento Type of event</i> Contacto anormal com a pista (ARC) Abnormal Runway Contact (ARC)	
OCORRÊNCIA OCCURRENCE			
<i>Data Date</i> 18-AUG-2019	<i>Hora Time</i> 08:24 UTC	<i>Local Location</i> N037° 43' 31", W25° 41' 52", Ponta Delgada (LPPD) – Açores - Portugal	
AERONAVE AIRCRAFT			
<i>Tipo Type</i> Boeing B757-251		<i>N.º de série Serial No.</i> 26490	<i>Matrícula Registration</i> N543US
<i>Categoria Category</i> Aeronave de asa fixa Fixed wing airplane			<i>Operador Operator</i> Delta Air Lines, Inc.
VOO FLIGHT			
<i>Origem Origin</i> New York KJFK (USA)		<i>Destino Destination</i> Ponta Delgada LPPD (Portugal)	
<i>Tipo de voo Type of flight</i> Transporte Aéreo Comercial Commercial Air Transport		<i>Tripulação Crew</i> 07	<i>Passageiros Passengers</i> 161
<i>Fase do voo Phase of flight</i> Aterragem Landing		<i>Condições de luminosidade Lighting conditions</i> Diurno Daylight	
CONSEQUÊNCIAS CONSEQUENCES			
<i>Lesões Injuries</i>	<i>Tripulação Crew</i>	<i>Passageiros Passengers</i>	<i>Outros Other</i>
Fatais Fatal	0	0	0
Graves Serious	0	0	0
Ligeiras Minor	0	0	0
Nenhuma None	7	161	0
Total	7	161	0
<i>Danos na aeronave Aircraft damage</i> Substanciais Substantial		<i>Outros danos Other damage</i> nenhum none	

2- DESCRIÇÃO FACTUAL DA OCORRÊNCIA
2- FACTUAL OCCURRENCE DESCRIPTION
História do voo

Uma aeronave Boeing modelo B757-251 realizou no dia 18 de agosto de 2019 um voo sem incidentes (DAL414) com descolagem de Nova York (KJFK) às 04:01 UTC e chegada a Ponta Delgada (LPPD) às 08:24 UTC.

History of the flight

An aircraft Boeing B757-251 performed on August 18th 2019 a flight without incidents (DAL414) with departure from New York (KJFK) at 04:01 UTC and arrival at Ponta Delgada (LPPD) at 08:24 UTC.

A tripulação antecipou e preparou uma aproximação ILS à pista 30, contudo, na descida para Ponta Delgada, o voo foi autorizado a realizar uma aproximação RNAV (GNSS¹) Z à pista 12.

Devido ao valor da massa máxima estimada para a aeronave à aterragem de 196000lb e atendendo ao valor máximo autorizado (MLW) de 198000lb, a tripulação reviu os parâmetros de aterragem, calculando a velocidade de referência (Vref) de 133kt, as distâncias de aterragem e optando pela seleção de *brake 4* no sistema de travagem automático da aeronave, baseado nas informações guia do operador para o aeroporto de destino.

O vento reportado à tripulação foi de 050° com 16kt de intensidade, variável entre 020° e 080°, com uma temperatura local de 21°C.

Na aproximação, em torno dos 1500ft, o copiloto que assumia a posição do piloto a voar (PF), desacoplou o piloto automático e seguiu os procedimentos operacionais padronizados do operador (SOPs).

Já na final curta, foram sentidas algumas variações de velocidade com as respetivas correções nos comandos de voo e ajustes de potência dos motores realizados pelo PF e com indicações verbais do piloto comandante (PIC).

O contacto inicial com a pista foi efetuado pelo trem principal esquerdo, seguido do trem principal direito, ambos os toques considerados normais. Logo depois, o nariz da aeronave desceu abruptamente, tendo o trem de nariz tocado duro na pista.

A aeronave estava posicionada na linha central da pista e, após o toque duro do trem de nariz sentido e comentado pelos pilotos, esta desacelerou rapidamente. Logo de seguida e ainda sem se aperceberem do que se tinha passado, a aproximadamente 100kt de velocidade, o piloto comandante (PIC) assumiu o controlo da aeronave.

A aeronave após a desaceleração, inverteu o sentido de marcha na pista e dirigiu-se ao lugar de

The crew anticipated and prepared an ILS approach to runway 30, however, on the descent to Ponta Delgada, the flight was cleared for RNAV (GNSS¹) Z approach for runway 12.

Due to the aircraft estimated landing weight of 196000lb and the maximum authorized landing weight (MLW) of 198000lb, the crew reviewed the landing parameters calculating the reference speed (Vref) with 133kt, the landing distances and opting for the brake 4 on the aircraft automatic brake system, based on the company guidance for the destination airport.

The reported wind to the crew was 050° with 16kt, variable between 020° and 080°, with a local temperature of 21°C.

During the approach, around 1500ft, the co-pilot who assumed the position of the pilot flying (PF), uncoupled the autopilot and followed the operator standard operational procedures SOPs.

On short final, some speed variations were felt with the respective corrections in the flight controls and engine power adjustments by the PF closely followed by the pilot in command (PIC) adding verbal inputs.

The initial touchdown was on the left main gear, followed by the right main gear, both contacts were considered normal. Right after that, the aircraft nose abruptly pitched down and the nose landing gear touched hard on the runway.

The aircraft was on the runway centreline and, after the hard touch of the nose landing gear felt and commented by the pilots, it decelerated rapidly. Right after that and still without realizing what had happened, at a speed of approximately 100kt, the pilot in command (Captain) took control of the aircraft.

The aircraft, after deceleration, reversed the direction of travel on the runway and headed for the

¹ RNAV GNSS – Navegação de área suportado no sistema de satélites de navegação global || Navigation area supported on global navigation satellite systems

estacionamento atribuído, sem qualquer reporte de anomalias pelos pilotos.

Durante a inspeção depois do voo, foram observados danos na fuselagem dianteira inferior junto ao trem de nariz e na parte superior da fuselagem central na zona à frente da asa.

assigned parking space, without any reports of anomalies by the crew.

During the post-flight walk-around, damage was observed on the lower front fuselage near the nose landing gear and on the upper central fuselage in the area in front of the wing.

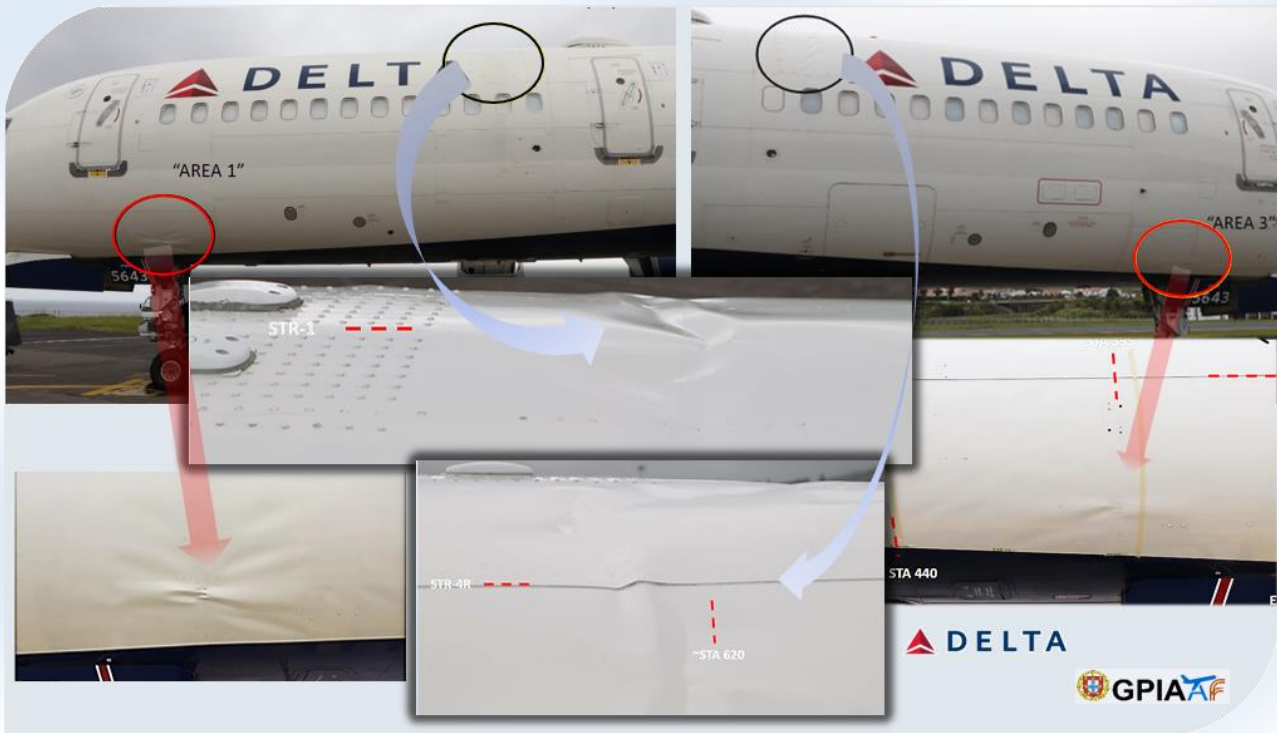


Figura 1 || **Figure 1**

Detalhe da localização dos danos na fuselagem || Aircraft fuselage damage location detail

Lesões e danos

A tripulação e os passageiros saíram ilesos da aeronave.

A aeronave sofreu danos na estrutura primária da fuselagem com deformações de cérceas, lissas e revestimento, bem como deformação permanente nos eixos do trem de nariz.

Injuries and damages

Crew members and passengers left the aircraft uninjured.

The aircraft suffered damage on the primary fuselage structure with deformed frames, stringers and skin, as well as permanent nose landing gear axle deformation.

3- SOBRE A INVESTIGAÇÃO

O GPIAAF foi notificado por volta das 11:00 UTC, tendo desenvolvido as necessárias ações para proceder à recolha de evidências da ocorrência, nomeadamente os gravadores de dados de voz e de voo, bem como levantamento de danos na aeronave.

3- ABOUT THE INVESTIGATION

The GPIAAF was notified around 11:00 UTC, having developed the necessary actions to proceed to the event evidence gathering, namely the flight and voice records and the aircraft damage assessment data.

Considerando as circunstâncias do evento e atendendo a que a ocorrência se configura como um incidente grave, o GPIAAF abriu um processo de investigação de segurança, em cumprimento do Regulamento (UE) n.º 996/2010 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de outubro, e do Decreto-Lei n.º 318/99, de 11 de agosto.

A referida legislação prevê que o relatório da investigação, conformando-se com as normas e práticas internacionais, adotará forma apropriada ao tipo e gravidade do acidente ou incidente.

Após a recolha de evidências e os testes realizados, a equipa de investigação entende que o evento tem reduzida complexidade e que os ensinamentos de segurança a retirar do mesmo são limitados, ficando cobertos pelo âmbito e abrangência do trabalho já realizado, permitindo assim a apresentação dos seus resultados de uma forma mais rápida e num formato mais simples do que o requerido pelo Anexo 13 da ICAO.

Nestas circunstâncias, com o presente Relatório Sumário dá-se por encerrado o processo de investigação, divulgando de forma célere junto da comunidade aeronáutica os factos apurados e as constatações relevantes, assim como as conclusões e ensinamentos resultantes da investigação no sentido de prevenir a sua repetição através do alerta para os aspetos de segurança que o acidente suscita.

Considering the event boundaries and circumstances, the occurrence was classified as serious incident, GPIAAF initiated a safety investigation process in accordance with EU Regulation No. 996/2010 from the European Parliament and Council, of October 20th, and Portuguese Decree-Law No. 318/99, of August 11th. The above-mentioned legislation states that the investigation report, while complying with international rules and practices, shall adopt the format most appropriate to the type and severity of the accident or incident.

After evidence collection and the performed tests, the investigation team considers that the event has a low level of complexity and that the extractable safety learning is limited, being sufficiently covered by the remit of the work carried out so far, thus allowing to present its results in a shorter period and in a simpler way than the formal ICAO Annex 13 format.

In these circumstances, the safety investigation is closed with the publishing of this Summary Report, disseminating within the aeronautical community and in a short timeframe, the relevant evidence and findings, as well as the conclusions and learning resulting from the investigation, to prevent its reoccurrence by raising the awareness to the safety issues evidenced by the accident.

4- CONSTATAÇÕES RELEVANTES

Tripulação técnica de voo

O piloto comandante, do sexo masculino, 59 anos de idade à data do evento, natural dos Estados Unidos da América, é titular de uma Licença de Piloto de Linha Aérea e de um certificado médico, ambos válidos à data do evento.

Registava um tempo de voo total, desde ingresso no operador, de 18000h, das quais 3350h são no tipo de aeronave.

O copiloto, do sexo masculino, 42 anos de idade à data do evento, natural dos Estados Unidos da

4- RELEVANT FINDINGS

Flight Crew

The pilot in command (Captain), male, 59 years old at the time of the event, United States of America nationality, holding an Airline Transport Pilot Licence and a medical certificate, both valid at the time of the event.

Has a total flight time, since joining the operator, of 18000h of which 3350h are on the aircraft type.

The co-pilot (First Officer), male, 42 years old at the time of the event, United States of America

América, é titular de uma Licença de Piloto de Linha Aérea e de um certificado médico, ambos válidos à data do evento.

Registava um tempo de voo total ao serviço do operador de 850h, todas efetuadas no tipo de aeronave. Segundo os dados recolhidos pela investigação, esta foi a segunda aterragem com *auto brake 4* realizada pelo copiloto (PF).

Não há indícios de que qualquer condição médica da tripulação tenha interferido negativamente na ocorrência.

O aeródromo

A pista de Ponta Delgada (LPPD), com 2323m de comprimento e 45m de largura, está preparada e autorizada para realização de voos IFR/VFR e possui as seguintes referências:

RWY 12 - 374445.80N 0254238.24W elevação: 79m

RWY 30 - 374418.90N 0254112.86W elevação: 57,1m

A pista 12, usada pela tripulação, é caracterizada por uma inclinação descendente de 0,5°, ou seja, por cada metro que a aeronave percorre a sua posição decresce aproximadamente 1%.

A aeronave

O modelo da aeronave é utilizado em transporte aéreo comercial de configuração convencional com fuselagem estreita de corredor único, bimotor, usado em operações de médio curso.

Não foram evidenciados registos de danos ou anomalias relevantes para a condição da aeronave no pré-evento.

No incidente, as várias áreas da fuselagem sofreram deformação sobretudo por cargas de compressão. Várias lissas possuem danos por esmagamento com zonas de fissuras pela aplicação de combinação de tensões.

Os danos sofridos na aeronave são consistentes com uma sobrecarga no trem de nariz, com propagação de esforços para a estrutura primária, induzindo deformações permanentes em zonas propensas à concentração de tensões.

nationality, holding an Airline Transport Pilot Licence and a medical certificate, both valid at the time of the event.

Since he joined the company, he totalized 850h flight time, all performed on the aircraft type. According to the data gathered by the investigation, this was the second landing with auto brake 4 performed by the co-pilot (PF).

There is no evidence of any crew medical condition that may negatively influenced the occurrence.

The airfield

The Ponta Delgada (LPPD) runway, with 2323m long and 45m wide, is prepared and authorized for IFR/VFR flights and is characterized by the following:

RWY 12 - 374445.80N 0254238.24W elevation: 79m

RWY 30 - 374418.90N 0254112.86W elevation: 57,1m

Runway 12, used by the crew, is characterized by having a downward inclination of 0,5°, that is, for each meter that the aircraft travels its position decreases approximately 1%.

The aircraft

The aircraft model is a commercial air transport plane, conventional configuration with narrow fuselage single aisle, twin-engine, used in medium range operations.

No record of damage or anomalies relevant to the condition of the aircraft were found in the pre-event.

On the event, several fuselage areas deformation occurred mainly due to compression stress. Several stringers exhibit damage of crush/crippling with cracks on the affected areas by stress combination.

The damage incurred on the airplane are consistent with a nose landing gear overload, with propagation of efforts to the primary structure, inducing permanent deformations in areas prone to the concentration of stresses.

De acordo com a análise desenvolvida ao trem de nariz após o evento:

Não foram encontrados danos externos ou internos no amortecedor (*shock strut*);

O eixo apresentava uma deformação de 2,03mm (0,08 in) na posição inferior (dano consistente com uma aterragem dura);

A quantidade de óleo no amortecedor era de 10,65l total (0,23l abaixo da capacidade máxima de 10,88l, condição normal).

Os registos históricos de intervenções no trem de nariz mostram uma verificação das dimensões efetuada a 10 de maio de 2017 e uma verificação completa efetuada a 23 de setembro de 2017.

Durante as verificações de rotina (*service check*), são avaliadas as amplitudes dos amortecedores, corrigindo se necessário, através do *servicing* onde são aferidas as pressões em relação à temperatura ambiente. Não foram encontrados registos de fugas hidráulicas ou ajustes de pressão de nitrogénio e/ou fluido hidráulico.

Análise do registo de dados de voo (FDR)

De acordo com os dados registados no FDR, e apesar de não poderem ser determinados momentos exatos de alguns parâmetros devido à baixa taxa de amostragem e gravação, foi possível determinar que:

- A aproximação final da aeronave sofreu variações de atitude e potência dos motores, motivadas eventualmente pela atmosfera com alguma agitação (vento variável entre 020° e 080° com 16kt de intensidade)
- Após o contacto com o solo pelos trens principais e depois de um alívio instantâneo da carga nesses mesmos trens, a aeronave começou a rodar no sentido descendente (*derotate*²) e, à medida que a coluna do comando foi empurrada,

According to the nose landing gear shop analysis:

No damage found on shock strut, externally or internally;

Axle out round by 2.03mm (0.08in) on the downward position (consistent with hard landing);

Shock strut fluid was 10.65l total (0.23l below the full capacity of 10.88l, considered acceptable).

The nose landing gear history shows a X-dimension checks performed on May 10th 2017 and a full service check performed on September 23rd 2017.

During the routine checks (*service check*), are evaluated the shock strut amplitude, correcting it if necessary, through servicing where the pressures are measured regarding the air temperature. No records of hydraulic fluid leakage or pressure adjustments by nitrogen and/or hydraulic fluid were found.

Flight Data Recorder (FDR) analysis

According to data collected from the FDR, and although the timing could not be determined definitively due to the low sample rate of the parameter, it is possible to consider that:

- The aircraft final approach suffered variations in pitch and engines power, possibly driven by the unstable atmosphere (wind variable between 020° and 080° with 16kt)
- After the main landing gear (MLG) touchdown, with an instant load alleviation on those same MLG, the aircraft began to derotate² and, as the control column was pushed, the pitch rate increased.

² *Derotate* - Rodar o nariz da aeronave no sentido descendente em torno do eixo lateral descreve a parte da manobra de aterragem após o contacto com o solo do trem principal quando o piloto comanda ou permite baixar o nariz da aeronave para contacto do trem de nariz com a pista || *Derotate* - The term "derotation" or aircraft rotation over the lateral axis (nose down) describes the portion of the landings after main gear touchdown when the pilot lowers or allow the aircraft nose towards the runway

a razão de inclinação longitudinal (*pitch*) aumentou.

- A razão de *pitch* foi inicialmente controlada puxando a coluna de controlo seguida de uma segunda aplicação mais rápida.
- Esta razão de *pitch* atingiu um máximo, quando a aeronave começou a *derotation*, com $-2,2^{\circ}/s$, sendo reduzida para quase zero antes do contacto do trem de nariz com a pista.
- A aterragem foi efetuada a uma velocidade de 140kt (VREF+7kt), com as asas praticamente niveladas e com uma razão de descida consistente com a manobra.
- Na figura 2 abaixo (linha a vermelho), é visível a tendência no incremento de amplitude dos comandos do leme de profundidade aplicados pelo PF, demonstrando uma técnica de aterragem suscetível de permitir ou potenciar uma razão de *pitch* elevada durante a *derotation*.
- O fator de carga (linha azul figura 2) atingiu o valor de 1,53G aquando do toque com o trem principal (2^o toque) e atingiu o valor de 1,88G, valor provável para o toque do trem de nariz na pista.

- The pitch rate was arrested with a pull of the column, followed by a second, more rapid push.
- The maximum pitch rate, during derotation, was of $-2.2^{\circ}/s$, but was reduced to near zero prior to nose gear touchdown.
- The touchdown occurred at a speed of 140kt (this value consists in VREF+7, with VREF of 133kt), with the wings nearly levelled at a sink rate consistent with the manoeuvre.
- In figure 2 below (red line), it can be seen the increasing trend in amplitude of elevator controls input by the PF, evidencing a landing technique that may allow or enhancing a high pitch ratio during derotation.
- The load factor reached 1.53G when the main landing gear touched the runway (2nd touch) and then increased up to 1.88G, probable value of the nose landing gear in contact with the runway.

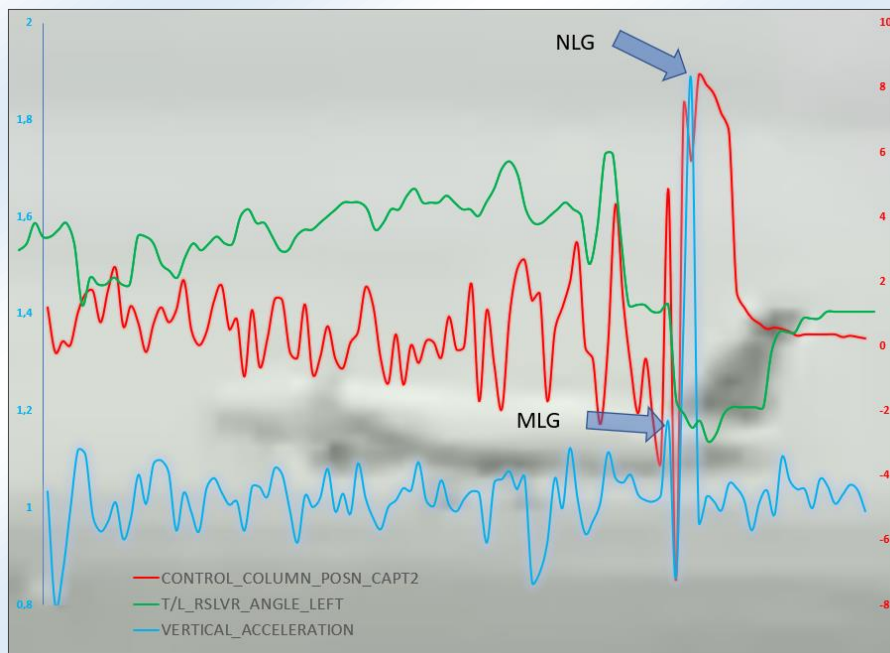


Figura 2 || Figure 2

Análise dos dados do FDR (amostra de 27 segundos) || FDR data analysis (27 second sample)

O gráfico da figura 2 mostra os valores da aceleração vertical, a posição da coluna de controlo e a posição da manete de potência esquerda (a direita é semelhante).

Estão ainda assinalados os pontos de toque prováveis para o trem principal (MLG) e trem de nariz (NLG).

Analisando os movimentos da coluna de controlo (linha vermelha), podemos constatar que:

- movimentos vários na coluna de comando, com crescente amplitude, sendo que a variação de valores de -5,0 (nariz em baixo) ocorre imediatamente antes da aceleração vertical desenvolver um valor máximo (contacto com o solo) e é efetuada uma correção para +7,40 (nariz em cima) logo de seguida;
- foi possível verificar que, para o mesmo período de tempo, o ângulo de *pitch* sofreu uma alteração significativa de valores de +3,9 para -1,4.

The graph from figure 2 shows the values related with the vertical acceleration, the control column position and the left thrust lever resolver angle (right is similar).

The likely touch points for the main landing gear (MLG) and nose landing gear (NLG) are also marked.

Considering the control column movements (red line), we can verify that:

- several movements in the control column, with increasing amplitude, being that the variation of values of -5.0 (nose down) occurs immediately before the vertical acceleration develops a sudden change (contact with the ground) and a correction is made for +7.40 (nose up) right afterwards;
- it was possible to verify that, for the same period of time, the pitch angle changed significantly from +3.9 to -1.4.

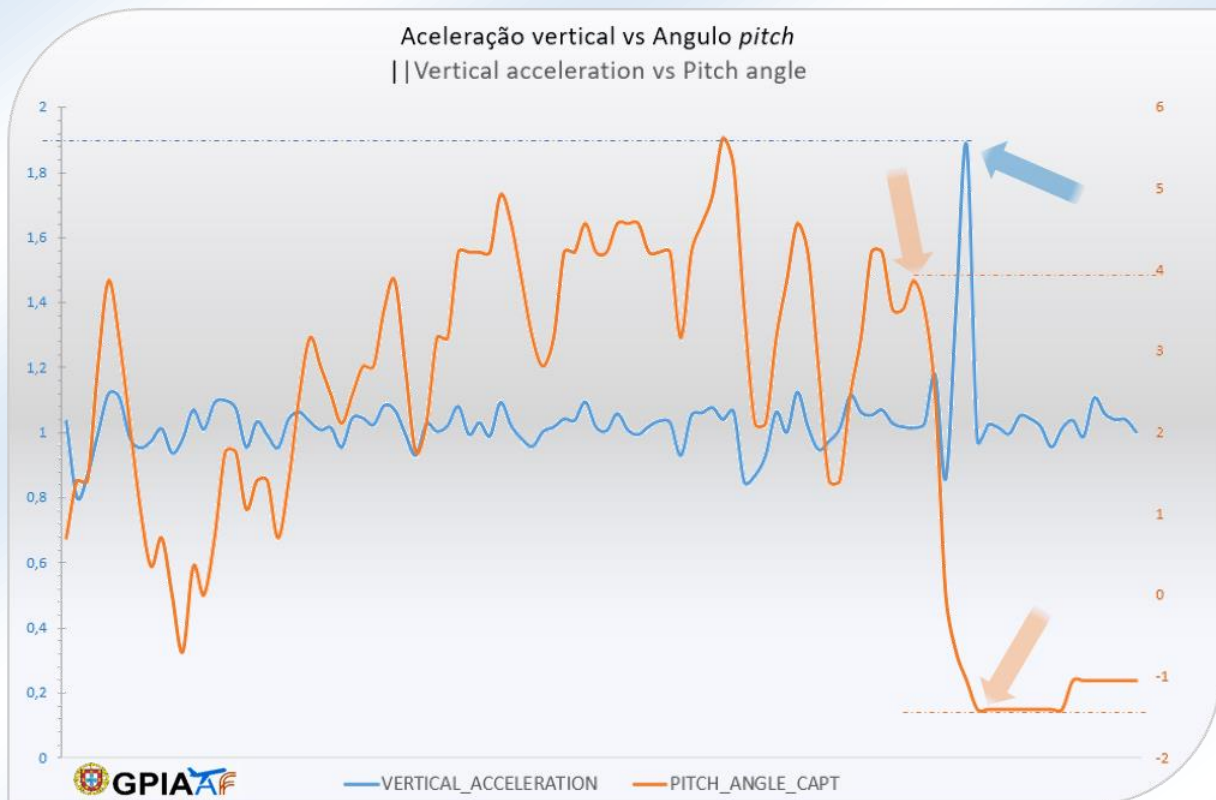


Figura 3 || Figure 3

Análise dos dados da aceleração vertical e do ângulo de *pitch*

Vertical acceleration and pitch angle data analysis

A taxa de recolha de dados do FDR de apenas uma amostra por segundo não permitiu concluir inequivocamente se a aplicação de pressão automática nos travões terá sido fator direto por forma a determinar se o conseqüente momento criado de nariz em baixo na travagem influenciou a carga estática passada à estrutura primária da fuselagem dianteira.

Segundo um estudo realizado pelo OEM (Boeing Aero n.º 18 abril 2002), onde é debatida a movimentação excessiva da coluna de controlo para a frente aplicada entre o momento do contacto do trem de aterragem principal com a pista e o toque do trem de nariz, este revela que os lemes de profundidade têm efetividade suficiente para danificar a estrutura da aeronave se o *derotate* for realizado rapidamente logo após o contacto do trem principal com a pista.

Tal acontece porque o movimento “nariz em baixo” máximo do leme de profundidade é projetado para efetuar as manobras de aterragem rejeitada, que requerem um controlo longitudinal consideravelmente superior relativamente à manobra de aterragem.

The FDR data collection rate of only one sample per second did not allow to conclude unequivocally whether the application of pressure on the auto brakes was a direct factor in order to determine whether the consequent moment created with the nose down during braking influenced the static load passed to the primary fuselage front structure.

According to an OEM study (Boeing Aero n.º 18 Apr 2002), it is discussed the excessive forward column movement applied between the time of main gear runway contact and nose gear touchdown, shows that enough nose-down elevator authority exists to damage the airframe structure if the airplane is rapidly derotated following main gear touchdown.

This is possible because the maximum nose-down elevator authority is designed to control the aircraft during rejected landings, which require considerably more longitudinal control than the landing manoeuvre.

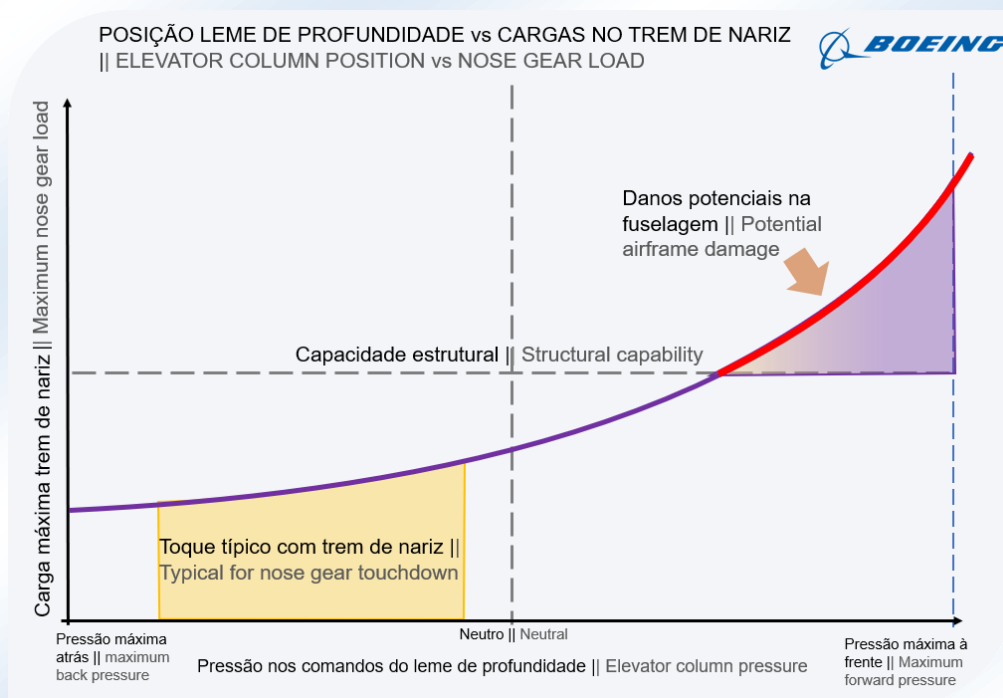


Figura 4 || Posição dos comandos de voo vs carga no trem de nariz
 [fonte: Boeing]

Figure 4 || Elevator column position vs nose gear load
 [source: Boeing]

O estudo também compara o ângulo de *pitch* com as forças na coluna de controlo para aterragens normais e para aterragens durante as quais ocorreram danos na estrutura da aeronave.

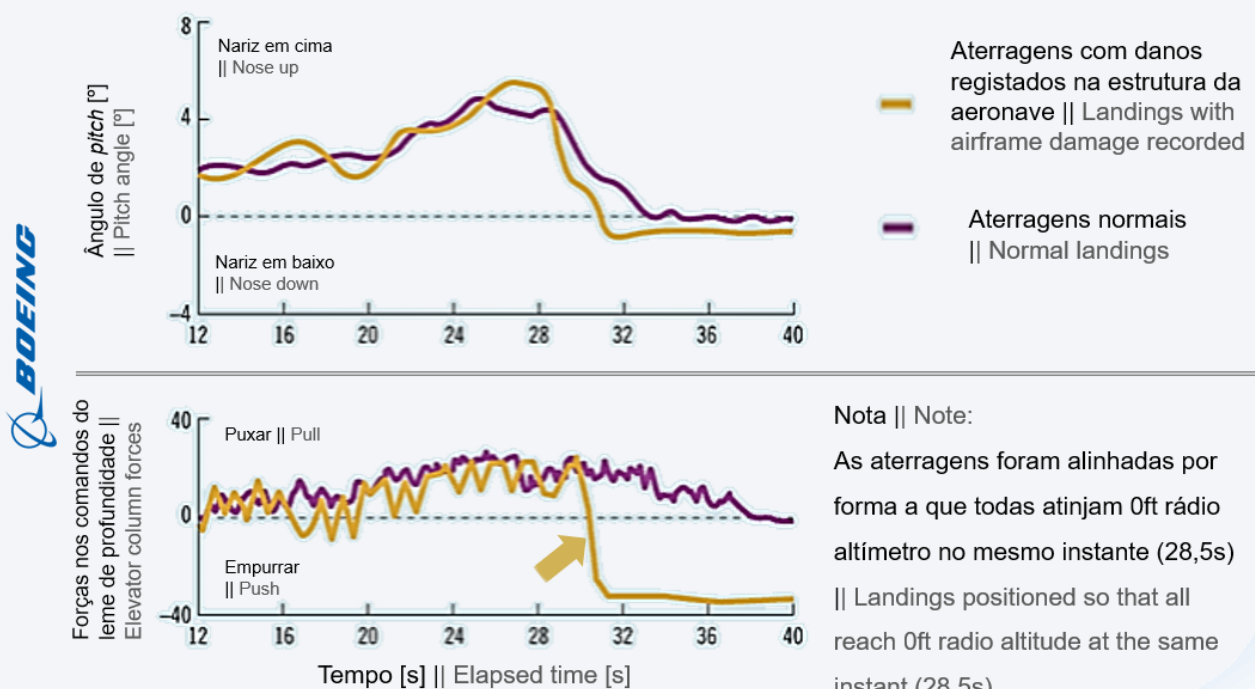
De acordo com o mesmo estudo da Boeing, a *derotation* deve ser realizada pela tripulação logo após as rodas principais tocarem na pista, por forma garantir um toque suave das rodas de nariz. Para esse objetivo, a tripulação deve controlar a razão de *pitch* da aeronave enquanto alivam a pressão (de puxar) da coluna de controlo. Quando for necessária a aplicação de uma travagem forte, como foi o caso da aterragem do incidente, com ou sem aplicação de travagem automática, poderá ser necessário aumentar a pressão da coluna (puxar) para diminuir a razão de *derotação*.

The study also compares the pitch angle and control column forces for both normal landings and landings during which airframe damage occurred.

As per Boeing same study, derotation should be performed so that the flight crew immediately starts flying the nosewheels smoothly onto the runway when the main wheels touch down.

Flight crews can accomplish this by controlling the airplane pitch rate while relaxing aft column pressure. When heavy brake applications are needed, with and without autobrakes, increased aft column pressure may be required to slow the derotation rate.

ÂNGULO DE *PITCH* E FORÇAS NA COLUNA DE CONTROLO LEME DE PROFUNDIDADE – ATERRAGENS NORMAIS E DURAS || PITCH ANGLE AND CONTROL COLUMN FORCES – NORMAL AND HARD LANDINGS



Nota || Note:
 As aterragens foram alinhadas por forma a que todas atinjam 0ft rádio altímetro no mesmo instante (28,5s)
 || Landings positioned so that all reach 0ft radio altitude at the same instant (28,5s)

Figura 5 || Figure 5
 Ângulo de *pitch* e forças nos comandos de voo para aterragens normais e duras || Pitch angle and control column forces for normal and hard landings
 [fonte: Boeing] [source: Boeing]

Como pode ser observado, o perfil das forças e respetivos movimentos de atitude da aeronave representados nas curvas a laranja das figuras 3 e 5 são em tudo semelhantes.

As can be seen, the applied forces profile and the respective aircraft attitude represented in orange graphs on figures 3 and 5 are very similar.

5- CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

Da avaliação da condição da aeronave, dos dados recolhidos da tripulação e dos dados disponíveis no aeródromo, a investigação aponta como causa mais provável para o evento, a rotação excessiva no sentido descendente da aeronave (*derotation*), resultando numa aterragem dura com sobrecarga no trem de nariz.

Para este evento terão contribuído os seguintes fatores ou a combinação deles:

- a indicação para fazer a aproximação RNAV (GNSS) para a pista 12 quando a tripulação tinha preparado uma aproximação ILS para a pista 30;
- técnica de pilotagem do PF com correções excessivas de atitude e potência, em particular o movimento excessivo de “nariz em baixo” no leme de profundidade após toque com os trens principais;
- Para as repetidas correções do PF, terá contribuído o efeito do vento cruzado lateral de nordeste durante a fase de aterragem (050° com 16kt de intensidade e variação entre 020° e 080°);
- a massa da aeronave à aterragem terá contribuído para as consequências nos danos registados na estrutura primária.

Não se pode excluir a possibilidade de contribuição da redução de potência dos motores durante o movimento de rotação de nariz em baixo, potenciando o momento excessivo em torno do eixo transversal da aeronave.

As constatações e conclusões da investigação suscitam os seguintes comentários:

Ao longo dos anos, os dados de testes de voo de várias aterragens com taxas excessivas de “nariz em baixo” quando a aeronave começa a rodar no sentido descendente tiveram como resultado uma melhoria

5- CONCLUSIONS & COMMENTS

From the aircraft assessment condition, the data collected from the crew and from the airfield available data, the investigation establishes as most probable cause for the event, the excessive nose landing gear derotation rate, resulting in a hard landing with nose gear overload.

To this event would have contributed the following factors or their combination:

- the clearance for RNAV (GNSS) approach on runway 12 when the crew have prepared the ILS approach on runway 30;
- PF piloting technique with excessive corrections of attitude and thrust corrections, namely the excessive nose down elevator input after MLG touchdown;
- For the repeatedly PF corrections, may have contributed the lateral northeast crosswind effect during the landing (050° with 16kt variable between 020° and 080°);
- the aircraft's mass on landing contributed to the consequences on the inflicted damage to the primary structure.

The engines thrust reduction during the derotation movement, enhancing the excessive moment around the aircraft lateral axis cannot be excluded as a possible contribution factor.

The findings and conclusions from the investigation suggest the following comments:

Over the years, examination of flight test data from many landings with excessive nose landing gear derotation rates had resulted on enhanced designed requirements that enable nose gear and fuselage

nos requisitos de projeto que permitem as estruturas do trem de nariz e da fuselagem suportar contactos mais duros do trem de nariz com o solo, todavia, se um ou mais dos seguintes elementos estiverem presentes:

- ventos laterais moderados/altos,
- aproximação não estabilizada,
- salto após o contacto inicial do trem de nariz com a pista,
- movimento excessivo de “nariz em baixo” no leme de profundidade,
- inicialmente o fabricante referia os *speedbrakes* não configurados para a aterragem como um fator, revendo recentemente a sua posição, não considerando agora determinante para o tipo de evento.

podem resultar valores de cargas que excedam os valores dos requisitos de projeto.

Durante uma aterragem típica a carga máxima no trem de nariz é muito abaixo da capacidade estrutural da aeronave. À medida que o movimento para a frente nos comandos de voo aumenta existe um aumento na carga máxima do trem de nariz, eventualmente superando a capacidade estrutural da aeronave, atingindo um ponto em que podem ocorrer danos.

A Boeing emitiu um *Technical Bulletin* número 757-48, em 1 de fevereiro de 1993, onde são abordadas técnicas de aterragem, com informação aos pilotos referindo que o leme de profundidade tem efetividade suficiente para provocar uma razão excessiva de “nariz em baixo” se este for totalmente comandado para baixo durante a aterragem. Refere ainda que a tripulação deve estar consciente de que o comando de profundidade “nariz em baixo” durante a aterragem não é necessário e, se usado, pode resultar em danos estruturais.

Embora os *Technical Bulletins*, artigos, vídeos e apresentações estejam disponíveis para os operadores que utilizam produtos Boeing, estes podem não garantir a distribuição da informação às tripulações de voo. Deverá, portanto, ser adicionado material informativo permanente na formação inicial e recorrente das tripulações dos operadores.

structures to withstand harder nose gear contacts, however if one or more of the following factors are present:

- moderate/high crosswinds,
- non-stabilized approach,
- bounce after initial nose gear touchdown,
- excessive nose down elevator input,
- the speed brakes not armed for landing was initially considered a factor by Boeing, that recently reviewed as not a direct contributor.

it can result in loads that exceed the designed requirements.

During a typical landing a maximum nose gear load is well below the structural capability of the airframe

As forward control column pressure increases, maximum nose gear load also increases, eventually surpassing the structural capability of the airframe, reaching a point where possible damage may occur.

Boeing issued a Technical Bulletin number 757-48, dated February 1st, 1993, addressing landing techniques, informing pilots that sufficient elevator authority is available to develop an excessive pitch rate if full-nose down elevator is used during landing.

It also refers that the flight crews should be advised that full nose down elevator during landing is not necessary, and if used, may result in structural damage.

Although the Technical Bulletins, articles, videos and presentations are available to Boeing operators, it may not guarantee the information distribution to flight crews.

Therefore, a more permanent material should be added to operator’s crew initial and recurrent training.

É de salientar que os dados usados na elaboração do presente relatório e que permitiram uma análise teórica aos elementos disponíveis do evento, foram suportados nos dados do FDR com análise conjunta do fabricante e os dados fornecidos pelo operador relativamente aos danos achados na aeronave.

It should be noted that the data used in the preparation of this report and which allowed a theoretical analysis of the available elements of the event, were supported in the FDR data with the manufacturer joint analysis and with data provided by the operator on the damage found in the aircraft.

6- AÇÕES DE SEGURANÇA E RECOMENDAÇÕES

Após uma análise criteriosa de todos os factos deste evento e, atendendo aos factos e ações já desenvolvidas pelo fabricante em resultado de eventos passados, o GPIAAF considera não ser necessário emissão de recomendações de segurança adicionais.

No entanto, o GPIAAF destaca uma investigação conduzida pelo AAIB (UK) a um acidente ocorrido com uma aeronave Boeing 767-324 de registo G-OOBK, reforçando-se o conteúdo da recomendação emitida:

6- SAFETY ACTIONS & RECOMMENDATIONS

After a careful review of all the facts of this event and, taking into account the facts and actions already developed by the manufacturer as a result of past events, GPIAAF deemed that it is not necessary to issue additional safety recommendations.

However, GPIAAF highlight an investigation conducted by AAIB (UK) to a Boeing 767-324 registered G-OOBK aircraft accident reinforcing the safety recommendation content:

Safety Recommendation 2012–016



It is recommended that Boeing Commercial Airplanes review archived training and safety information, to ensure that relevant safety information is promulgated, and continues to be promulgated, to operators.

Source: Accident Report EW/C2010/10/01 on AAIB Bulletin: 5/2012, SR Status: **OPEN** (<https://sris.jrc.ec.europa.eu/sris/www.gov.uk/aaib-reports/boeing-767-324-g-oobk-3-october-2010>)

O operador publicou na sua Newsletter de frota (7ER) em novembro de 2019 uma orientação às tripulações das aeronaves B757/767, denominada “Overderotation of the Aircraft Nose after Main Gear Touchdown”.

The operator published on its Fleet Newsletter (7ER) in November 2019, a guidance to B757/767 flight crews termed “Overderotation of the Aircraft Nose after Main Gear Touchdown”.

O GPIAAF alerta ainda a comunidade aeronáutica para a qual sejam relevantes as constatações e conclusões da presente investigação, no sentido de, no âmbito das respetivas responsabilidades, tomarem as ações adequadas com vista a minimizar a possibilidade de causas similares resultarem em acidentes ou incidentes.

GPIAAF also stresses the aeronautical community to whom this investigation findings and conclusions may be relevant for the importance of taking, within their own responsibilities and whatever necessary, actions to minimize the opportunity for similar causes to result in accidents or incidents.

Em específico, alertam-se os operadores e respetivas tripulações para o material-guia elaborado e distribuído pelo fabricante, nomeadamente um vídeo “*Airplane Derotation; A Matter of Seconds*”, e informações adicionais sobre o contacto firme com o trem nariz nos Boletins Técnicos de Operações de Voo da Boeing Commercial Airplanes n.ºs 757-48 e 767-47.

A investigação de segurança é um processo técnico conduzido com o único propósito da prevenção de acidentes o qual inclui a recolha e análise da informação, a determinação das causas e, quando apropriado, a formulação de recomendações de segurança.

Em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 996/2010 do Parlamento Europeu e do Conselho, e com o Decreto-lei n.º 318/99, a investigação e o relatório correspondente não têm por objetivo o apuramento de culpas ou a determinação de responsabilidades.

Nos termos da legislação aplicável, o GPIAAF remeteu, para obtenção de comentários, uma versão preliminar do relatório final às entidades envolvidas.

Este relatório foi preparado, somente, para efeitos de prevenção de acidentes. O seu uso para outro fim pode conduzir a conclusões erradas.

A equipa de investigação,

Lisboa, 24 de abril de 2020

In particular, operators and their crews are alerted to the guidance material prepared and distributed by the manufacturer, namely a training video, “*Airplane Derotation: A Matter of Seconds*,” Additional information on hard nose gear contact is available in Boeing Commercial Airplanes Flight Operations Technical Bulletins nos. 757-48 and 767-47

Safety investigation is a technical process conducted only for the purpose of accident prevention, comprising the gathering and analysis of evidence, in order to determine the causes and, if appropriate, to issue safety recommendations

In accordance with EU Regulation No. 996/2010 from the European Parliament and Council, and Decree-Law No. 318/99, it is not the purpose of any safety investigation and associated investigation report to apportion blame or liability.

According to the applicable legislation, GPIAAF has sent a draft version of the final report seeking comments from the involved parties:

The only aim of this report is to disseminate lessons which may help to prevent future accidents. Its use for other purposes may lead to incorrect conclusions.

The investigation team,

Lisbon, April 24rd, 2020