

RELATÓRIO SUMÁRIO DE INCIDENTE COM AERONAVE
AIRCRAFT INCIDENT SUMMARY REPORT
Abertura da porta do porão de carga dianteiro após colisão com aves durante a decolagem
Forward cargo door became unlatched following multiple bird strike on take-off
1- SINOPSE
1- SYNOPSIS

PROCESSO GPIAAF GPIAAF PROCESS ID 07/SINCID/2011		<i>Classificação Classification</i> Incidente grave Serious Incident	
		<i>Tipo de evento Type of event</i> BIRD – Colisão com aves Collision with birds	
OCORRÊNCIA OCCURRENCE			
<i>Data Date</i> 20-06-2011	<i>Hora Time</i> 08:21 UTC	<i>Local Location</i> Pista 05 Aeroporto da Madeira, Funchal Runway 05 Madeira Airport, Funchal	
AERONAVE AIRCRAFT			
<i>Tipo Type</i> Airbus A320-212		<i>N.º de série Serial No.</i> 0795	<i>Matrícula Registration</i> CS-TKJ
<i>Categoria Category</i> Avião Airplane			<i>Operador Operator</i> SATA International
VOO FLIGHT			
<i>Origem Origin</i> Madeira (LPMA)		<i>Destino Destination</i> Copenhaga (EKCH) Copenhagen (EKCH)	
<i>Tipo de voo Type of flight</i> CAT - Transporte aéreo comercial CAT - Commercial Air Transport		<i>Tripulação Crew</i> 07	<i>Passageiros Passengers</i> 105
<i>Fase do voo Phase of flight</i> Decolagem Take-off		<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	105	0
Total	7	105	0
<i>Danos na aeronave Aircraft damage</i> Ligeiros Minor		<i>Outros danos Other damage</i> nenhuns None	

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

Na manhã de 20 de junho de 2011, um Airbus A320 operado pela SATA International tinha agendado um voo do Funchal (LPMA) para Copenhaga (EKCH) com 7 tripulantes e 105 passageiros a bordo.

A aeronave dirigiu-se para a pista 05 para decolar e acelerou normalmente. À medida que se

History of the flight

On the morning of the 20th of June 2011, an Airbus A320 aircraft operated by SATA International was scheduled for a flight from Funchal (LPMA) to Copenhagen (EKCH) with 7 crew members and 105 passengers on board.

The aircraft taxied to runway 05 for take-off and accelerated normally. As it approached rotation

aproximava da velocidade de rotação, a cerca de dois terços da pista, às 08:21:50 UTC, a aeronave deparou-se com um bando de gaivotas na superfície da pista. Ao levantarem voo, as aves colidiram com o avião na sua fase de descolagem, atingindo o trem de aterragem, os *flaps* e as superfícies inferiores da fuselagem e asas.

Algumas das aves foram ingeridas por ambos os motores, resultando em vibrações intensas que foram sentidas por toda a aeronave.

As indicações de vibração N1 exibidas na página do *Electronic Centralized Aircraft Monitor (ECAM)* estavam a piscar e atingiram o seu valor máximo.

Às 08:22:16 UTC a tripulação declarou *mayday* e alertou para a possibilidade de falha dos dois motores solicitando ao controlador de tráfego aéreo (CTA) o regresso imediato ao aeroporto.

A tripulação realizou uma volta em subida pela direita e a cerca de 900 pés (às 08:22:21 UTC), reduziu a potência dos motores para tentar diminuir as vibrações. A aeronave iniciou uma descida, perdendo 150 pés de altitude.

Às 08:23:07 UTC, a tripulação solicitou aterragem imediata, o que foi autorizado pelo ATC.

A potência foi reposta e a aeronave subiu para cerca de 1000 pés (08:23:30 UTC) antes de iniciar a descida num circuito direito para a aproximação e aterragem na pista 05, mantendo uma velocidade em torno dos 150kts (Figura 1).

Apesar das vibrações, os motores continuaram a funcionar normalmente com uma redução de impulso insignificante.

O trem de aterragem foi inicialmente recolhido após a descolagem mas descido poucos segundos depois após decisão de aterragem imediata. A configuração de *flaps/slats* manteve-se inalterada desde a descolagem.

A aeronave, em pouco mais de 3 minutos desde a descolagem e múltiplas colisões com as aves, realizou uma aterragem segura na pista 05 às 08:25:06 UTC, com uma configuração acima da massa máxima.

speed, about two-thirds down the runway, the aircraft encountered a large flock of seagulls which were perched on the runway surface, at 08:21:50 UTC. As the birds sprung into the air, they struck the aircraft as it was getting airborne, hitting the landing gear, flaps and the lower surfaces of the fuselage and wings.

Some of the birds were ingested into both engines resulting in intense vibration which was felt throughout the aircraft.

The N1 vibration readings displayed on the Electronic Centralized Aircraft Monitor (ECAM) Engine page were flashing and had reached their maximum value.

At 08:22:16 UTC the crew declared mayday and warned the air traffic controller of the possibility of failure of both engines, requesting to return immediately to the airport.

The crew performed a climbing turn to the right and at approximately 900ft (08:22:21 UTC) reduced power on the engines in order to attempt to diminish the vibrations. The aircraft began descending and lost 150ft.

At 08:23:07 UTC, the crew requested to land immediately, which was acknowledged by ATC.

Power was re-applied and the aircraft climbed to approximately 1000ft (08:23:30 UTC) before descending on a right-hand circuit to approach and land on runway 05, maintaining an average airspeed of 150kts (Figure 1).

Despite the vibrations, the engines continued to operate normally and any reduction of thrust was negligible.

The landing gear was initially retracted after take-off but extended a few seconds later after the decision to land immediately. The flaps/slats configuration remained unchanged since take-off.

The aircraft performed a safe overweight landing on runway 05 at 08:25:06 UTC, in just over 3 minutes since taking-off and suffering the multiple bird strike.

Durante a rolagem na pista e corrida de desaceleração já abaixo dos 80kts, a tripulação recebeu a mensagem de *master caution* DOOR FWD CARGO no *engine/warning display (E/WD)* do ECAM e a página DOOR apareceu automaticamente no ecrã do mesmo sistema, mostrando o símbolo da porta do porão de carga dianteira com indicação em âmbar (08:25:21 UTC).

Pouco depois, a torre informou também a tripulação de que a porta do porão de carga dianteiro estava aberta, enquanto a aeronave rolava para o estacionamento.

During the landing-roll, as the aircraft decelerated below 80kts, the crew received the DOOR FWD CARGO master caution message on the ECAM'S engine/warning display (E/WD) and the DOOR page automatically appeared on the ECAM's system display, showing the forward cargo door symbol and indication in amber (08:25:21 UTC).

Soon thereafter, the tower also informed the crew that the forward cargo door was open, while the aircraft was taxiing to the stand.

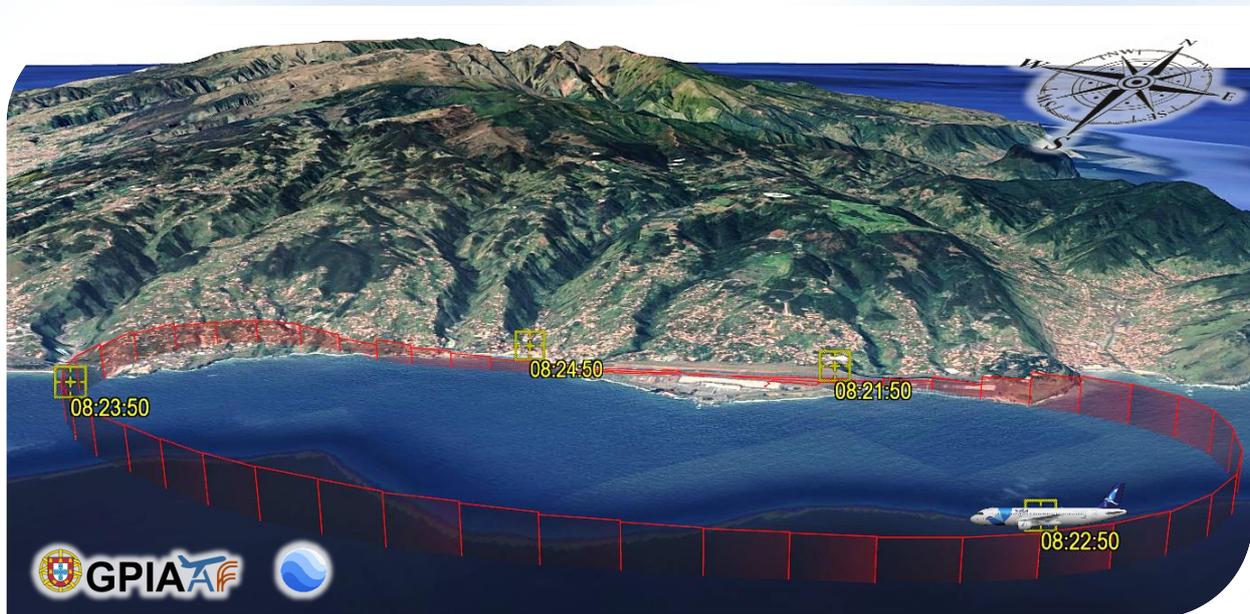


Figura 1 || Rota do voo após o *bird strike*, mostrada no Google Earth.

Figure 1 || Flight path following the bird strike, shown in Google Earth.

Um entusiasta da aviação e fotógrafo posicionado nas proximidades da cabeceira da pista 05, fotografou a aeronave enquanto se dirigia para a decolagem e, posteriormente, quando regressou à pista 05. As fotos que tirou das últimas etapas do voo mostram que a porta do porão de carga dianteiro estava de facto aberta (Figura 2).

An aviation enthusiast and photographer positioned in close proximity to the threshold of runway 05, photographed the aircraft as it taxied into position for take-off and subsequently when it returned to land on runway 05. The photos he took of the latter stages of the flight show that the forward cargo door was indeed open (Figure 2).



Figura 2

Foto da aeronave na aproximação à pista 05 com a porta do porão de carga dianteiro aberta.

Crédito fotográfico: Sergey Bocharov

Figure 2

Photo showing the aircraft on approach to runway 05 with the forward cargo door open.

Photo credit: Sergey Bocharov

Lesões e danos

Ainda que sem danos aparentes, à chegada ao estacionamento, o pessoal de terra encontrou a porta do porão de carga dianteiro aberta e o manípulo na sua posição totalmente desbloqueada (Figura 3).

Não houve feridos entre os 105 passageiros e sete tripulantes a bordo da aeronave.

A pista foi inspecionada e várias carcaças de gaivotas foram recolhidas da mesma.

Foram observados vestígios de sangue em vários pontos ao longo da fuselagem inferior, na carenagem central e nas superfícies inferiores interiores das asas, *flap* interior esquerdo e no *strut* do trem de aterragem principal esquerdo (Figura 3).

Injuries and damage

Although with no apparent damage, upon arrival on stand, ground support staff found the forward cargo door swung open and the handle in its fully unlocked position (Figure 3).

No injuries were reported among the 105 passengers and 7 crew members who were on-board the aircraft.

The carcasses of several seagulls were recovered from the runway when it was inspected.

Traces of blood were observed at multiple points along the lower fuselage, belly fairing and the lower inboard surfaces of the wings, left-hand inboard flap and left-hand main landing gear strut and door (Figure 3).



Figura 3

Fotos da porta do porão de carga dianteiro, como foi encontrada à chegada ao estacionamento e evidências de *bird strikes*.

A inspeção da porta de carga dianteira revelou manchas de sangue pronunciadas na superfície logo à ré da flapeta do manípulo. Havia também evidência de sangue no interior do encaixe do manípulo, na estrutura da porta (Figura 4). Não houve danos visíveis na porta e nenhum objeto de bagagem se soltou do porão (Figura 4).



Figure 3

Photos showing the forward cargo door, as it was found upon arrival on stand, and evidence of bird strikes.

Examination of the forward cargo door revealed pronounced blood smear on the surface skin just aft of the handle flap. There was also evidence of blood inside the handle recess, within the door structure (Figure 4). There was no visible damage to the door and no luggage items had ejected the cargo hold (Figure 4).



Figura 4

Vestígios de sangue na superfície da porta do porão de carga dianteiro e no interior do encaixe do manípulo da porta.

Figure 4

Blood smear on the surface skin of the forward cargo door and within the door handle enclosure.

As entradas de ar e carenagens do motor não apresentaram danos visíveis nem marcas de impacto, contudo os painéis acústicos internos apresentavam marcas de sangue significativas. Foi observada a deformação do tipo *tip curl* em 9 pás da *fan* no motor número 2 e 12 pás da *fan* no motor número 1. Os danos nas pás da *fan* estavam fora dos limites de operação, obrigando à sua substituição. A inspeção boroscópica interna efetuada em ambos os motores não revelou danos adicionais (Figura 5).

Foi realizada uma inspeção de aterragem acima da massa máxima autorizada que não revelou quaisquer danos na aeronave.

Engine intake lip and cowlings showed no visible damage or impact marks, but the inner liner had substantial blood smear and tip curl deformation was observed on 9 fan blades on engine number 2 and 12 fan blades on engine number 1. The damage to the fan blades was out of operating limits and these had to be replaced. Boroscopic inspection performed on both engines did not reveal any further damage (Figure 5).

A heavy weight landing inspection was performed but did not find any damage to the aircraft.



Figura 5
Indícios de sangue no motor #1 e #2 e detalhes da deformação do tipo *tip curl* nas pás da *fan*.

A porta de carga dianteira foi também inspecionada pelo prestador de serviços de manutenção, sem danos ou anomalias reportadas.

Figure 5
Engine #1 and #2 blood smear and detail of fan blade tip curl deformation.

The forward cargo door was also inspected by the maintenance provider but did not reveal any damage or abnormalities. The manufacturer

O fabricante da aeronave solicitou igualmente a realização de ensaios adicionais, os quais foram realizados sem detetar qualquer anomalia ou discrepância técnica que pudesse explicar a abertura da porta.

3- SOBRE A INVESTIGAÇÃO

O ex-GPIAA foi notificado às 11h49 UTC do próprio dia do evento, tendo desencadeado as ações necessárias para proceder à recolha de evidências.

Considerando as circunstâncias do evento e atendendo a que a ocorrência se configura como um incidente grave, o ex-GPIAA 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.

Atendendo a escassez de meios e dificuldades internas no ex-GPIAA, não foi possível prosseguir com a investigação e produzir o correspondente relatório. Com ativação do GPIAAF em 2017 foi possível estabelecer um plano de conclusão das numerosas investigações pendentes, de acordo com a respetiva criticidade.

A legislação prevê que o relatório da investigação, indo ao encontro das normas e práticas internacionais, adotará forma apropriada ao tipo e gravidade do acidente ou incidente grave.

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 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 junto da comunidade aeronáutica os factos apurados e as constatações relevantes, assim como as conclusões,

requested also for additional testing to be conducted, all of which without any findings and without uncovering any technical discrepancy which could explain the opening of the door.

3- ABOUT THE INVESTIGATION

Ex-GPIAA was notified at 11h49 UTC on the same day, having initiated the necessary actions to proceed with gathering of evidence.

Considering the circumstances of the event and taking into account that the occurrence is defined as a serious incident, ex-GPIAA initiated a safety investigation 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.

Considering the lack of resources of the former GPIAA, it was not possible to proceed with the investigation and produce the corresponding report. With the creation of GPIAAF in 2017 it was possible to establish an action plan to conclude the numerous pending investigations, according to their criticality.

The 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 serious incident.

After evidence collection and tests performed, 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 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, the relevant evidence and findings, as well as the conclusions and learning resulting from the



recomendações e ensinamentos resultantes da investigação, no sentido de prevenir a sua repetição através do alerta para os aspetos de segurança que o evento suscita.

investigation, to prevent its reoccurrence by raising the awareness to the safety issues uncovered by the occurrence.

4- CONSTATAÇÕES RELEVANTES

Tripulação técnica de voo

De acordo com a escala, a tripulação do dia era constituída por 3 elementos; o Comandante (Instrutor e Examinador de A320 - TRI/TRE), um copiloto em formação e outro copiloto em função de piloto de segurança.

Todos tinham licenças válidas, certificados médicos e estavam atualizados com as suas verificações de proficiência. A tripulação estava bem descansada e o voo do Funchal para Copenhaga era o primeiro voo do dia.

O copiloto estava a operar sob a supervisão de um TRI e o voo do incidente era o seu segundo voo no treino de linha, como pouco mais de 300 horas de experiência em A320.

Os dados do voo indicam que o copiloto estava aos comandos (*pilot flying - PF*) para a descolagem do Funchal, informação confirmada pelo piloto Comandante (PIC). O Manual de Operações de Voo do operador permitia, na época, que os copilotos realizassem descolagens do Funchal, ao critério do Comandante.

O PIC informou que, na sequência do *bird strike*, a aeronave estremeceu seguido de uma vibração intensa. As indicações de vibração do motor, N1, compressor de baixa pressão, exibidas no ECAM estavam a piscar e atingiram o valor máximo de 10 CU (*cockpit units*) em ambos os motores.

A tripulação tentou diminuir as vibrações reduzindo a potência, contudo a aeronave começou a afundar devido à configuração de carregamento. A potência foi restabelecida e a aeronave conseguiu manter o voo nivelado.

Considerando as persistentes e altas vibrações em ambos os motores, a tripulação estava preocupada com a perda iminente de um ou ambos os motores

4- RELEVANT FINDINGS

Flight Crew

According to the roster, the flight crew on the day consisted of 3 elements; the Captain (A320 Type Rating Instructor and Type Rating Examiner), a first officer in training and another first officer acting as the safety pilot.

All of them had valid licenses, medical certificates and were up to date with their proficiency checks. The crew was well rested and the Funchal to Copenhagen flight was their first leg of the day.

The first officer was operating under supervision of a TRI and the incident flight was his second flight in line training, with little more than 300 hours of experience on the A320.

Flight data indicates that the first officer was pilot flying (PF) for the take-off out of Funchal. This was also confirmed by the Captain (PIC). The operator's Flight Operations Manual at the time permitted first officers to perform take-offs from Funchal at the Captain's discretion.

The Captain reported that following the bird strike, the aircraft shook and there was intense vibration. The N1, low pressure compressor, vibration indications displayed on the ECAM System Display were blinking and reached the maximum value of 10 CU (cockpit units) for both engines.

The crew attempted to diminish the vibrations by reducing thrust, but the aircraft began to sink due to the loading configuration. Power was restored and the aircraft was able to maintain level flight.

Considering the persistent high vibrations on both engines, the crew were concerned about the imminent loss of one or both engines and declared

e declarou *mayday*. O piloto de segurança fez as comunicações com o controlo de tráfego aéreo durante a emergência.

O Comandante referiu ter pensado em entrar em espera e executar os *checklists*, contudo, dadas as circunstâncias e a proximidade do aeroporto, sentiu que a ação mais segura seria uma aterragem imediata.

Uma chamada de "*cabin crew at stations, please*" foi transmitida por equívoco na frequência aeronáutica, possivelmente quando a tripulação já se preparava para a aterragem.

O circuito pela direita foi continuado e a tripulação aterrou em segurança na pista 05, com uma razão de descida de 300 pés/min.

A tripulação tomou conhecimento pela primeira vez que a porta do porão de carga dianteiro estava aberta quando viram o aviso do ECAM, quando estavam a desacelerar durante a aterragem, confirmado pouco depois, quando foram informados pelo controlo de tráfego aéreo.

De acordo com o depoimento do Comandante, se se tivesse apercebido da abertura da porta do porão de carga enquanto estava em voo, a opção de entrar em espera e completar os *checklists* teria sido imediatamente excluída.

A aeronave

A família de aviões Airbus A320 entrou em serviço em 1988 e, desde então, registou mais de 270 milhões de horas de voo. A família de aeronaves produzida pela Airbus é constituída pelos A318, A319, A320 e A321, que diferem principalmente em termos do comprimento da fuselagem e consequente capacidade de passageiros e pesos máximos à descolagem (MTOW) dos mais baixos (A318) para os mais elevados (A321). Em 2016, entrou em serviço a versão re-motorizada da aeronave, mais conhecida como A320neo - *new engine option*. O A320 original (A320ceo - *current engine option*) pode ser equipado por motores *CFM International CFM56* ou motores *International Aero Engines IAE V2500*. A CS-TKJ juntou-se à frota da

Mayday. The safety pilot was making the communications with air traffic control (ATC) during the emergency.

The Captain mentioned that the thought of entering a hold and running the checklists did briefly cross his mind but given the circumstances and the proximity of the airport, he felt that the safest course of action was to land immediately.

A 'cabin crew at stations, please' call was mistakenly transmitted on the ATC frequency, possibly as the crew were rushing to prepare for the landing.

The right-hand circuit was continued and the crew safely landed the aircraft on runway 05, with a rate of descent of 300ft/min.

The crew first became aware that the forward cargo door was open when they saw the ECAM warning, as they were decelerating during the landing roll, and were also informed shortly afterwards by ATC.

According to the Captain's statement, had he known of the open forward cargo door whilst airborne, the option of entering a hold and completing checklists would have been immediately excluded from his mind.

The aircraft

The Airbus A320 family of aircraft first entered service in 1988 and has since logged over 270 million flight hours. The family of aircraft produced by Airbus consists of the A318, A319, A320 and the A321, which differ primarily in terms of the fuselage length, passenger capacity and, consequently, maximum take-off weights (MTOW) from the lowest (A318) to the highest (A321). In 2016, the re-engined version of the aircraft entered service, better known as the A320neo - new engine option. The original A320s (A320ceo - current engine option) can either be powered by CFM International CFM56 engines or International Aero Engines IAE V2500 engines. CS-TKJ joined SATA's fleet in 2004 and remained with the airline until 2016.

SATA em 2004 e permaneceu com a companhia aérea até 2016.

Porta do porão de carga

O A320 tem três portas, uma por porão de carga no lado direito da fuselagem inferior. São referidas como portas FWD (dianteira), AFT (traseira) e BULK (a granel) que dão acesso ao respetivo compartimento de carga.

As portas do compartimento de carga FWD e AFT têm um mecanismo de bloqueio manual com operação hidráulica para fora da aeronave. Só é possível abrir ou fechar as portas dos porões de carga FWD e AFT a partir do exterior.

Ao longo dos anos, foram várias as configurações do manípulo e respetiva porta de ventilação da porta de carga. Em particular, no passado, o manípulo tinha uma configuração horizontal, sendo libertada e girada para baixo para destrancar a porta. A configuração do manípulo vertical é a mais comum atualmente na família de aeronaves A320.

Quando a porta está fechada (engatada e trancada), o manípulo assenta no encaixe dentro da estrutura da porta e fica nivelada com o contorno externo da porta.

Na posição fechada, a flapeta acionada por mola do manípulo agarra-se ao gancho da estrutura da porta, mantendo assim o manípulo no encaixe.

Para abrir a porta, o operador precisa de empurrar a flapeta, acionada por mola para dentro, libertando-a do gancho, de modo a inserir a mão no encaixe e agarrar o manípulo.

Para desbloquear a porta de carga, o manípulo tem de ser puxado e girado para cima até à posição totalmente aberta.

O mecanismo do manípulo da porta opera o mecanismo de bloqueio e porta de ventilação através de um veio de excêntricos de bloqueio quando o manípulo da porta é puxado para uma posição de 65 graus. Quando o manípulo da porta é levantado para a posição de 128 graus (totalmente aberta), os mecanismos do manípulo da porta operam o mecanismo de engate da porta através

Cargo door

The A320 has three cargo compartment doors on the right side of the lower fuselage. They are referred to as FWD, AFT and BULK cargo-compartment doors and give access to the respective cargo compartment.

The FWD and AFT cargo compartment doors have a manual locking mechanism and open hydraulically away from the aircraft. It is only possible to open or close the FWD and AFT cargo-compartment doors from the outside.

Over the years there have been multiple different handle and vent door position configurations of the cargo door. Notably, in the past the handle was of a horizontal configuration, being released and rotated downwards to unlock the door. The vertical handle configuration is most common nowadays on the A320 family of aircraft.

When the door is closed (latched and locked), the handle rests in its recess within the door structure and is flush with the outer contour of the door.

In the closed position, the spring-loaded handle flap catches onto the hook of the door structure, thereby holding the handle in place.

To open the door, the operator needs to push the spring-loaded handle flap inboard, releasing it from the catch hook, in order to insert his hand into the recess and grab hold of the handle.

To release the cargo door, the handle needs to be pulled away from the cargo door and rotated upwards to its fully open position.

The door handle mechanism operates the locking and vent door mechanism via the Maltese-cross lock when the door handle is pulled up to the 65-degree position. When the door handle is further lifted to the 128-degree position (fully open), the door handle mechanism operates the latching mechanism via the Maltese-cross latch, and the door becomes free (Figure 6).

do excêntrico de engate, e a porta fica desengatada (Figura 6).

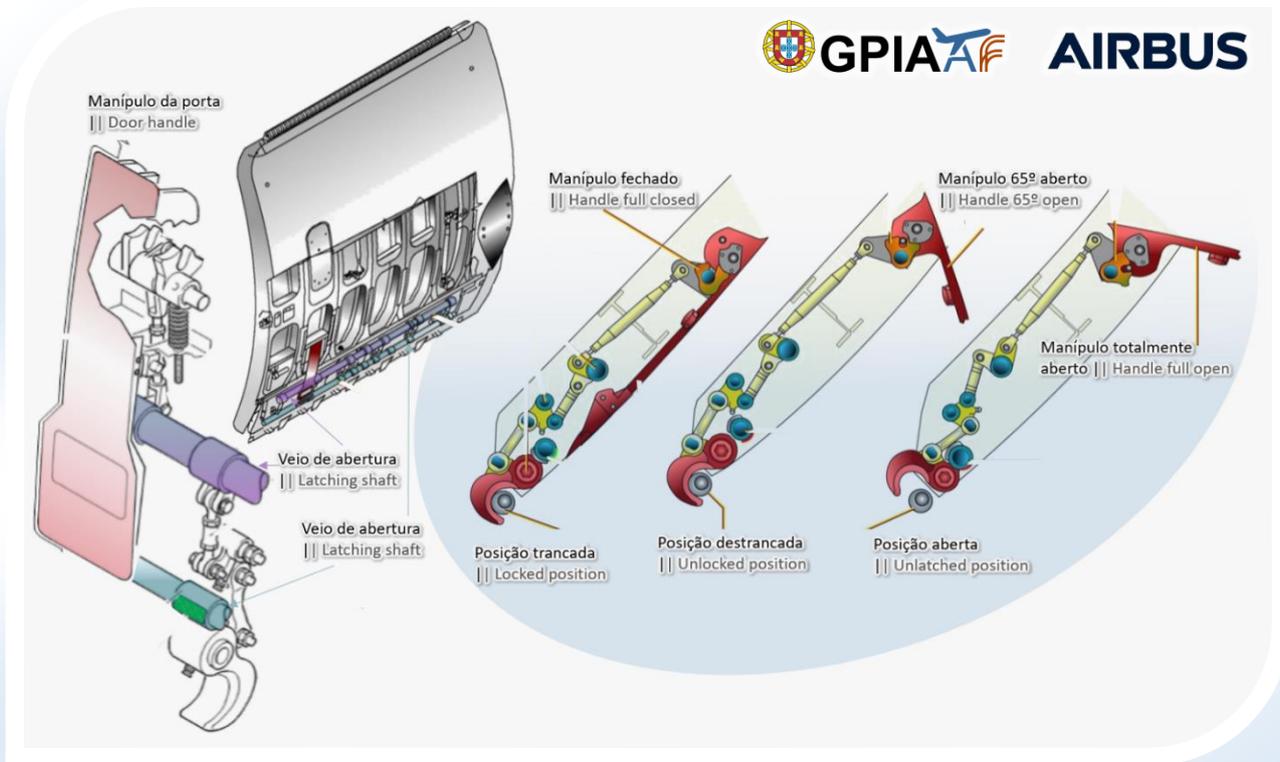


Figura 6

Vista geral do mecanismo do manípulo da porta de carga e da sua operação dos mecanismos de engate e bloqueio.

Quando a porta de carga estiver corretamente bloqueada, as cames de bloqueio do eixo de bloqueio trancam os ganchos de engate, mantendo-os no lugar. Para mostrar esta condição existem janelas de indicação no painel de acesso da porta de carga. A marca verde em cada came de bloqueio mostra que o mecanismo de bloqueio tranca cada unidade de engate na sua posição engatada. As marcas vermelhas mostram que as unidades de engate não estão bloqueadas e encontram-se destrancadas (Figura 6).

Estas três indicações visuais indicam que uma porta de carga não está corretamente fechada e bloqueada:

- A porta de ventilação permanece na posição aberta;
- O manípulo da porta permanece destacado do contorno exterior da porta de carga;

Figure 6

Overview of the cargo door handle mechanism and its function of the latching and locking mechanisms.

When the cargo door is correctly locked, the lock cams of the locking shaft engage with the latching hooks, keeping them securely in place. To show this condition there are indication windows in the access panel of the cargo door. The green mark on each lock cam shows that the locking mechanism blocks each latching unit in its latched position. The red marks show that the latching units are not blocked and in an unsecure condition (Figure 6).

The following 3 visual indications show that a cargo door is not correctly latched and locked:

- The vent door stays in the open position;
- The door handle remains exposed from the outer contour of the cargo door;
- The red mark of each lock cam can be seen through the indication windows.

- A marca vermelha de cada came de bloqueio pode ser vista através das janelas de indicação.

Fotografias tiradas da aeronave quando se posicionava para a descolagem mostram a porta de carga dianteira e não há nenhum indício de que possa ter sido indevidamente trancada.

Procedimentos, lógica e indicação da porta de carga no ECAM

Os interruptores de proximidade do sistema de aviso da porta monitorizam o estado fechado e bloqueado das portas de carga. Enviam um sinal para o ECAM quando uma porta de carga não está trancada. Isto aciona um alerta tipo *master caution* no cockpit e a porta de carga correspondente é mostrada em âmbar na página DOOR do ecrã do sistema ECAM.

Os interruptores de proximidade da porta de carga incluem um alvo e um sensor com um sistema eletrónico independente. Existem três interruptores de proximidade a monitorizar o estado da porta de carga:

- O interruptor de proximidade (28WV *Functional Item Number*) monitoriza a posição do manípulo da porta.
- O interruptor de proximidade da estrutura (30WV FIN) monitoriza a posição da porta de carga.
- O interruptor de proximidade do eixo de bloqueio (5MJ FIN) incluído no sistema de controlo da porta.

Os interruptores de proximidade 28WV e 30WV enviam informações para o sistema ECAM do estado da porta de carga. O interruptor de proximidade 5MJ impede a operação hidráulica da porta de carga enquanto a porta está engatada (Figura 7).

Photographs taken of the aircraft as it positioned for take-off show the forward cargo door and there are no indications suggesting that it may have been improperly locked.

ECAM cargo door indication, logic and procedures

The proximity switches of the door warning system monitor the closed and locked condition of the cargo doors. They send a signal to the ECAM when a cargo door is not locked. This triggers a master caution alert in the cockpit and the corresponding cargo door is shown as amber on the DOOR page of the ECAM system display.

The proximity switches of the cargo door include a target and a sensor and have an independent electronic system. There are 3 proximity switches monitoring the state of the cargo door:

- Handle proximity switch (28WV *Functional Item Number*) monitors the position of the door handle.
- Frame proximity switch (30WV FIN) monitors the position of the cargo door.
- Latching shaft proximity switch (5MJ FIN) is included in the door control system.

Proximity switches 28WV and 30WV send information to the ECAM system when the cargo door is closed or opened. Proximity switch 5MJ prevents the hydraulic operation of the cargo door while the door is latched (Figure 7).

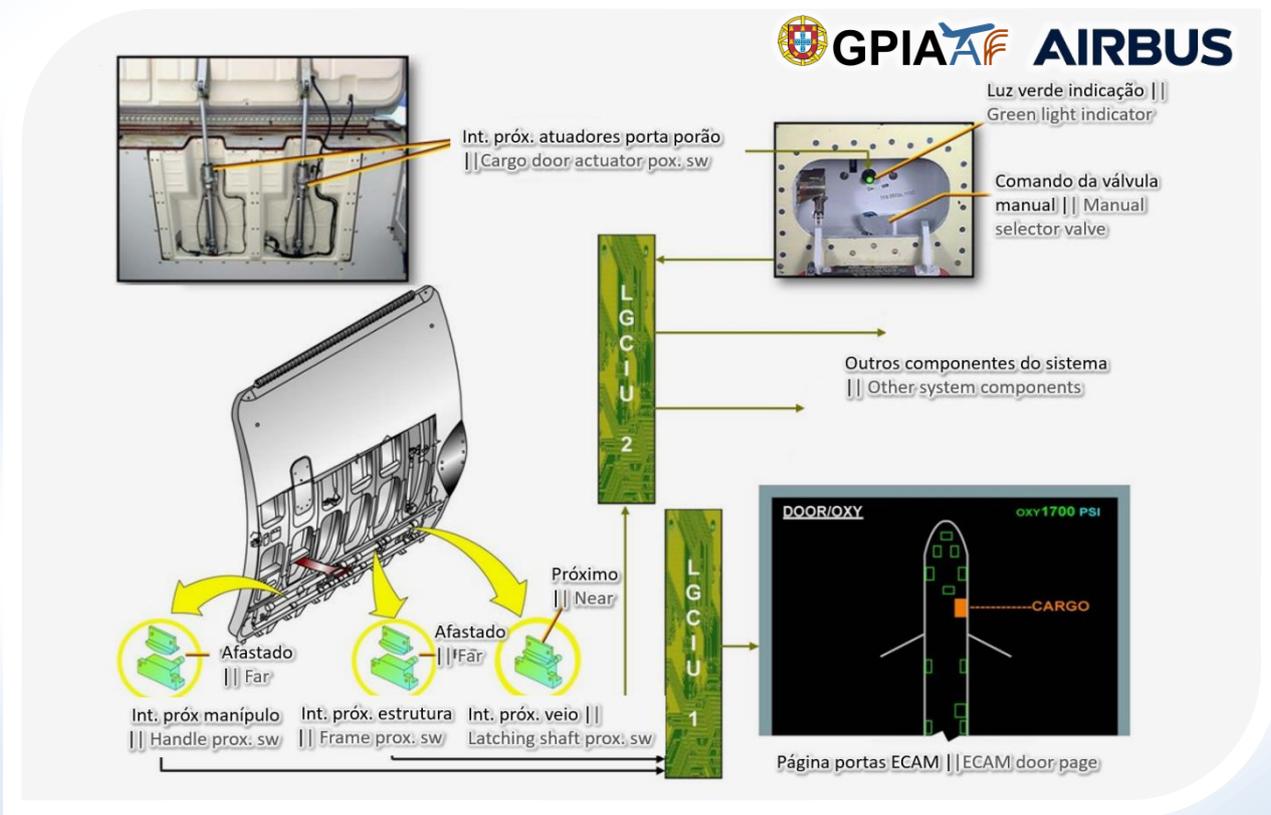


Figura 7

Posições dos interruptores de proximidade da porta de carga e a transmissão do sinal quando a porta está aberta.

O alerta ECAM de DOOR FWD CARGO é acionado numa das seguintes condições:

- O interruptor de proximidade (28WV) transmite um sinal discreto UNLOCKED via LGCIU1 (*Landing Gear Control Interface Unit*) (isto é, o interruptor de proximidade 28WV está com o alvo FAR, afastado),
- O interruptor de proximidade da estrutura (30WV) transmite um sinal discreto UNSAFE via LGCIU1 (isto é, o interruptor de proximidade 30WV está com o alvo FAR, afastado).

O procedimento no *Flight Crew Operating Manual (FCOM)/ECAM* associado ao alerta ECAM de DOOR FWD CARGO não exige que a tripulação de voo tome qualquer ação se a pressão da cabine estiver normal (Figura 8).

Se o aviso da porta for acompanhado de um aumento anormal da altitude de cabine, a tripulação deve descer e limitar a sua altitude a

Figure 7

Cargo door proximity switch locations and signal transmission when the door is unlatched.

The DOOR FWD CARGO ECAM alert is triggered when either the of the following conditions are met:

- Handle proximity switch (28WV) transmits an UNLOCKED discrete signal via LGCIU1 (*Landing Gear Control Interface Unit*) (i.e., proximity switch 28WV target FAR),
- Frame proximity switch (30WV) transmits an UNSAFE discrete signal via LGCIU1 (i.e., proximity switch 30WV target FAR).

Flight Crew Operating Manual (FCOM)/ECAM procedure associated with the DOOR FWD CARGO ECAM alert does not require the flight crew to take any action as long as the cabin pressure is normal (Figure 8).

If the door warning is accompanied by an abnormal increase in cabin altitude, the crew must descend

nível de voo 100. No entanto, não é necessária nenhuma ação para interromper o voo.

and limit their altitude to FL100. There is however no action required to interrupt the flight.

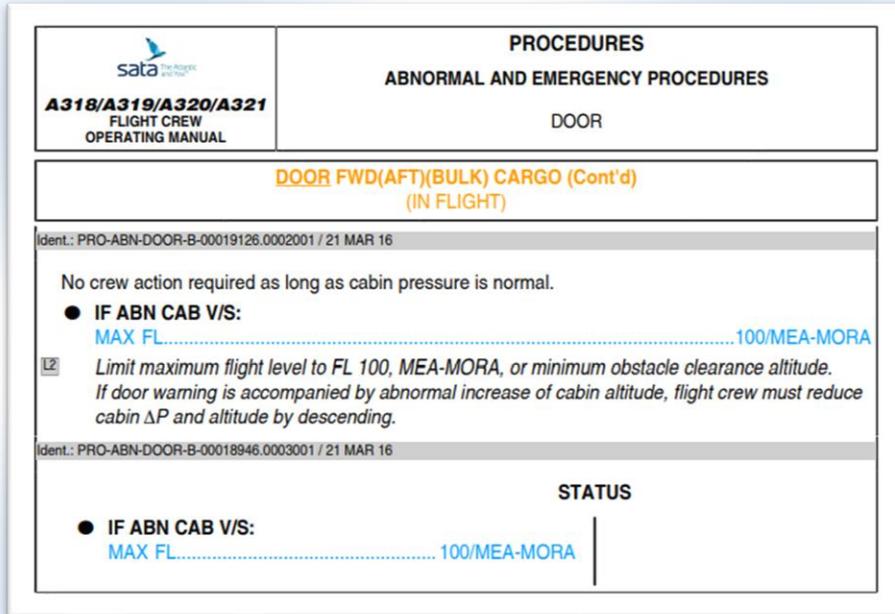


Figura 8

O procedimento no FCOM/ECAM associado ao alerta ECAM de DOOR FWD CARGO.

Figure 8

FCOM/ECAM procedure associated with the DOOR FWD CARGO ECAM alert.

O *Flight Warning Computer (FWC)* inibe alguns alertas *warnings* e *cautions* para determinadas fases de voo. Fá-lo para evitar alertar os pilotos desnecessariamente em momentos em que têm carga de trabalho elevada, como durante a decolagem ou a aterragem. O alerta ECAM de DOOR FWD CARGO é inibido e não é apresentado no E/WD se for acionado nas fases de voo 1, 4, 5, 7, 8 e 10 (Figura 9).

The Flight Warning Computer (FWC) inhibits some warnings and cautions for certain flight phases. It does so to avoid alerting pilots unnecessarily at times when they have high workloads, such as during take-off or landing. The DOOR FWD CARGO ECAM alert is inhibited and is not displayed on the E/WD if it is triggered in flight phases 1, 4, 5, 7, 8 and 10 (Figure 9).

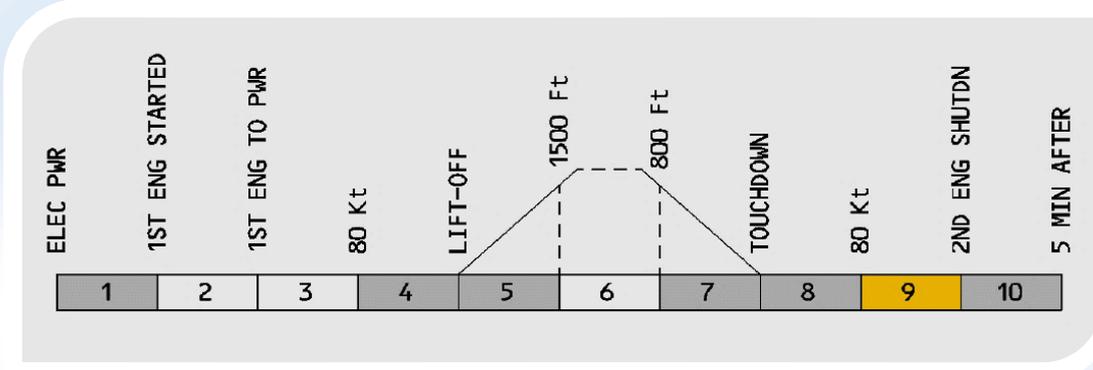


Figura 9

As fases de voo do FWC (cinza) correspondem à lógica de inibição do alerta ECAM de DOOR FWD CARGO. Âmbar denota indicação do alerta no ECAM no voo do evento.

Figure 9

Greyed-out FWC flight phases correspond to the DOOR FWD CARGO ECAM alert inhibition logic. Amber denotes alert indication on the ECAM during the event flight.

O *Post-Flight Report (PFR)* para o voo do evento registou as seguintes mensagens de falha e de alerta ECAM (Figura 10).

The *Post-Flight Report (PFR)* for the incident flight provided the following ECAM warning and failure messages (Figure 10).

A/C ID	DATE	GMT	FLTN	CITY PAIR
.CS-TKJ	20JUN	0921	RZ0680	LPMA LPMA
----- MAINTENANCE POST FLIGHT REPORT -----				
A/C ID	DATE	GMT	FLTN	CITY PAIR
.CS-TKJ	20JUN	0818/0825	RZ0680	LPMA LPMA
ECAM WARNING MESSAGES -----				
GMT	PH	ATA		
0821	05	52-00	DOOR FWD CARGO	
FAILURE MESSAGES -----				
GMT	PH	ATA	SOURCE	IDENT.
0822	05	34-12-34	AFS:ADIRU1/2/3 DISAGREE	AFS
0822	07	52-35-13	FWD CARGO DOOR LOCKSHAFT PROX SNSR 05MJ TGT POS	LGCIU 2
0822	07	52-31-15	FWD CARGO DR SAFETY MECH PROX SNSR 30UV TGT POS	LGCIU 1
0822	07	52-31-15	FWD CARGO DOOR HANDLE PROX SNSR 28UV TGT POS	LGCIU 1

Figura 10 ||
 O *Post-Flight Report (PFR)* para o voo do evento.

Figure 10 ||
 Post-Flight Report (PFR) for the incident flight.

Foi registado um único evento de alerta ECAM, DOOR FWD CARGO às 08:21 UTC, durante a fase de voo 5 (caixa âmbar, Figura 10). Embora o alerta do ECAM tenha sido registado no PFR na fase 5 do voo, quando ocorreram os bird strikes, durante a decolagem, o alerta só foi exibido à tripulação quando já se encontravam no solo, durante a rolagem na pista, o que corresponde à fase de voo 9 (ver Figura 9). Isto deve-se à lógica de inibição do FWC em que a fase de voo passou da fase 5 do voo diretamente para a fase 7 do voo. A fase do voo 6 (onde o alerta teria sido exibido) foi ignorada por ausência de condição, assumindo diretamente a fase do voo 7 imediatamente após a fase de voo 5, também esta muito breve (12 segundos) e porque a altitude da aeronave nunca ultrapassou os 1500 pés RA. Assim, a fase de voo 7 permaneceu ativada até ao pouso e a fase de voo 6 nunca chegou a ser ativada.

A single ECAM warning event was recorded and this was the DOOR FWD CARGO alert at 08:21 UTC, during flight phase 5 (amber box, Figure 10). Although the ECAM alert was recorded on the PFR at flight phase 5, when the bird strikes occurred, during lift-off, the alert was only presented to the crew while they were already on the ground, during the landing-roll, which corresponds to flight phase 9 (see Figure 9). This is because of the FWC inhibition logic whereby the flight phase switched from flight phase 5 directly to flight phase 7. Flight phase 6 (where the alert would have been displayed) was skipped because the condition for flight phase 7 was met immediately after flight phase 5, which was very brief in itself (12 seconds) and because the aircraft altitude never exceeded 1500ft RA. Therefore, flight phase 7 remained engaged until touchdown and flight phase 6 was never activated.

Este facto explica também as três mensagens de falha relacionadas com os sensores de proximidade da porta de carga acionadas na fase 7 do voo às 08:22 UTC (caixa cinzenta, Figura 10). De facto, estes ocorreram ao mesmo tempo, ou muito pouco tempo depois, do alerta ECAM de DOOR FWD CARGO, mas foram registados na fase 7 do voo porque a fase 5 do voo foi muito curta. Isto significa que a porta de carga dianteira ficou desengatada como consequência do *bird strike* na flapeta do manípulo da porta do porão de carga dianteira, completando a sua abertura devido às forças aerodinâmicas.

A mensagem de falha ADIRU1/2/3 DISAGREE (caixa cinzenta, Figura 10) é uma falha genérica que é acionada sempre que o *Flight Augmentation Computer (FAC)* e/ou o *Flight Management and Guidance Computer (FMGC)* rejeitam por comparação uma ou mais referências de dados do ar (*air data reference - ADR*) ou referência inercial (*inertial reference - IR*).

Análise de risco

Em julho de 2011, a Airbus realizou a sua análise interna à ocorrência, que incluiu uma avaliação de risco das circunstâncias que levaram à abertura da porta do porão de carga dianteiro.

A probabilidade de um impacto direto de uma ave na flapeta do manípulo da porta de carga foi calculada como uma ordem de magnitude de $10^{-09}/\text{FH}$ (hora de voo) - ou seja, extremamente improvável.

Tendo em conta as circunstâncias específicas do evento, a Airbus classificou a gravidade como "Major". No entanto, se o evento ocorresse com um diferencial de pressão da cabine superior (portanto, a uma altitude mais elevada, mas com uma probabilidade muito menor de encontrar aves), a consequência da abertura da porta em voo pressurizado poderia, em última análise, ser "catastrófica", considerando também que haveria uma maior resistência no mecanismo de engate e bloqueio da porta de carga e que esse impacto teria de ocorrer com aves de maior volume.

This also explains why the three failure messages related to the cargo door proximity sensors all triggered in flight phase 7 at 08:22 UTC (grey box, Figure 10). In fact, these occurred at the same time, or very soon after, the DOOR FWD CARGO ECAM alert but were recorded in flight phase 7 because flight phase 5 was very short. This means that the forward cargo door became unlatched as a consequence of the bird strike on the forward cargo door handle flap and opened due to the aerodynamic forces.

The ADIRU1/2/3 DISAGREE failure message (grey box, Figure 10) is a generic failure which is triggered whenever the Flight Augmentation Computer (FAC) and/or the Flight Management and Guidance Computer (FMGC) reject one or more air data reference (ADR) or inertial reference (IR) by comparison.

Risk Assessment

In July 2011, Airbus carried-out its own review of the occurrence which included a risk assessment of the circumstances which led to the opening of the forward cargo door.

The probability of a direct bird impact on the cargo door handle flap was calculated to be of an order of magnitude $10^{-09}/\text{FH}$ (flight hour) - i.e. extremely improbable.

Considering the circumstances specific to the event, Airbus classified the severity as "Major". However, had the event occurred at a higher cabin pressure (therefore at a higher altitude but with much lower probability to encounter birds), the consequence of the door unlatching in pressurised flight could ultimately be "Catastrophic", also considering that there would be greater counteracted resistance overall in the cargo door latching and locking mechanism and that impact would have to occur with birds of bigger volume.

A avaliação de risco salientou também que este evento foi o único conhecido até à data, resultando na abertura inadvertida da porta de carga entre as centenas de milhões de horas de voo acumuladas na família de aeronaves A320. Como tal, foi considerado um acontecimento isolado e não foram necessárias ações corretivas imediatas relacionadas com o produto.

No entanto, para melhor avaliar o impacto na aeronavegabilidade, um efeito importante da avaliação de risco, a Airbus estabeleceu um plano para estudar as forças aplicadas no manípulo (sem a rutura) que poderiam resultar na abertura da porta de carga versus a pressão relativa da cabine.

Análise técnica das portas

Em novembro de 2011, a Eurocopter Deutschland, fabricante e fornecedor das portas de carga da família A320, realizou uma análise técnica exaustiva na sequência da avaliação de risco realizada anteriormente pela Airbus.

A análise testou as seguintes 3 configurações diferentes de porta:

- **Configuração 1: MSN 001 - 758:**
Manípulo angular horizontal na parte inferior esquerda e porta de ventilação na parte superior direita da porta de carga.
- **Configuração 2: MSN 759 - 2157:**
Manípulo de movimento único vertical na parte inferior esquerda e porta de ventilação no canto superior direito da porta de carga.
- **Configuração 3: MSN 2158 em diante:**
Manípulo de movimento único vertical na parte inferior esquerda e porta de ventilação na parte superior esquerda (acima do manípulo) da porta de carga.

A aeronave envolvida, MSN 795, tinha portas de carga instaladas na configuração 2.

Para cada configuração da porta de carga, foram realizados testes para determinar o seguinte:

The risk assessment also highlighted that this event was the only one known at the time resulting in an inadvertent cargo door opening in-flight among the hundreds of millions of flight hours accumulated on the family of A320 aircraft. As such it was considered as an isolated event and that no immediate product-related corrective actions were required.

However, to better assess the impact on airworthiness, one important outcome of the risk assessment was Airbus' plan to analyse the forces applied on the handle (without rupturing it) which could result in the opening of the cargo door versus relative cabin pressure.

Technical analysis of the doors

In November 2011, Eurocopter Deutschland, the manufacturer and supplier of the A320 family cargo doors to Airbus, conducted a thorough technical analysis as a follow-on to the risk assessment performed earlier by Airbus.

The analysis tested the following 3 different door configurations:

- **Configuration 1: MSN 001 - 758:**
Horizontal angular handle on the lower left and vent flap on the upper right of the cargo door.
- **Configuration 2: MSN 759 - 2157:**
Vertical single-motion handle on the lower left and vent flap on the upper right of the cargo door.
- **Configuration 3: MSN 2158 onwards:**
Vertical single-motion handle on the lower left and vent flap on the upper left (above the handle) of the cargo door.

The incident aircraft, MSN 795, had cargo doors installed in configuration 2.

For each cargo door configuration, tests were conducted to determine the following:

- Avaliar a força necessária no manípulo para superar o mecanismo de bloqueio.
- Avaliar a possibilidade de deslocação do manípulo devido a vibrações induzidas por falha do motor.
- Avaliar a possibilidade de um manípulo, inicialmente aberto, se deslocar devido à força de arrasto do fluxo de ar.
- Avaliar a força necessária no manípulo para superar o mecanismo de bloqueio com um diferencial de pressão interna de 115 hPa (limiar de descompressão rápida).

Foram testadas quatro amostras de configuração 2 e 3 (manípulo de movimento único vertical). Os resultados mostraram que a força média necessária para ultrapassar o mecanismo de bloqueio é de 6,69 daN.

Para a configuração 1 apenas uma porta de amostra estava disponível e para uma condição igualmente não pressurizada, uma força de 7,18 daN foi necessária para operar o mecanismo de bloqueio.

Para representar as vibrações induzidas pela falha do motor, uma carga de 3g foi usada como uma abordagem muito conservativa. Para as configurações 2 e 3, uma aceleração de 3g causada por vibrações do motor, por exemplo, não foi capaz de desbloquear a porta de carga com a flapeta do manípulo libertada. A aceleração necessária foi na realidade de 22g. Para a configuração 1, o peso e a força do manípulo são semelhantes e, portanto, o mesmo resultado é válido para esta configuração.

A fórmula clássica da força de arrasto foi aplicada para pesquisar a possibilidade do fluxo de ar deslocar um manípulo inicialmente aberto. Assumiu-se que um impacto externo poderia fazer com que o manípulo se movesse 10°. Neste ângulo, o manípulo ainda está na posição de bloqueio. Assumindo um ângulo de ataque de 5° (nariz para cima), um ângulo de guinada de 15° para a esquerda e uma área exposta do manípulo de 0,003 m² perpendicular ao fluxo de ar, a força de arrasto estimada atuando sobre o manípulo é de 7,55 daN.

- Evaluate the required force at the handle to overcome the locking mechanism.
- Assess the possibility of the handle shifting due to vibrations induced by engine failure.
- Assess the possibility of an initially opened handle shifting due to drag force from air flow.
- Evaluate the required force at the handle to overcome the locking mechanism at an internal pressure differential of 115 hPa (rapid decompression threshold).

Four configuration 2 and 3 (vertical single-motion handle) samples were tested. The results showed that the average required force to overcome the locking mechanism is 6.69 daN.

For configuration 1 only one sample door was available and for a similarly unpressurised condition, a force of 7.18 daN was required to operate the locking mechanism.

To represent the vibrations induced by engine failure, a load of 3g was used as a very conservative approach. For configurations 2 and 3 an acceleration of 3g caused by engine vibrations, for example, was not able to unlock the cargo door with the handle flap released. The required acceleration was in fact equal to 22g. For configuration 1 the weight and handle force are similar and therefore the same result is valid for this handle configuration.

The classical drag force formula was applied in order to explore the possibility of air flow shifting an initially opened handle. It was assumed that an external impact could cause the handle to move by 10°. At this angle, the handle is still in the locked position. Assuming an aircraft angle of attack of 5° (nose up), a yaw angle of 15° to the left and an exposed handle area of 0.003 m² perpendicular to the air flow, the estimated drag force acting on the handle is 7.55 daN.



Para simular a pressão diferencial interna, foram adicionadas massas na flapeta de ventilação em incrementos de 5, 10 e 20 kg, correspondentes a 9,13, 18,25 e 36,51 hPa. Devido à relação linear entre a força de abertura do manípulo e a pressão diferencial, o valor de 115 hPa foi extrapolado.

Para a configuração 2, uma pressão interna de 115 hPa criará uma força de abertura do manípulo de 56 daN. Isto é muito superior tanto a força de arrasto do fluxo de ar (7,55 daN) como a força necessária em condições não pressurizadas (6,69 daN). As mesmas condições internas de pressão para a configuração 1 e 3 resultaram numa força de abertura do manípulo de 88 e 113 daN, respetivamente.

Este teste confirmou que, com a aeronave pressurizada, a força externa necessária para mexer o manípulo seria muito significativa e poderia levar à rotura do mecanismo antes de causar qualquer desbloqueio da porta.

Com a aeronave em condições não pressurizadas, os testes simulados de vibração do motor não tiveram qualquer influência no movimento do manípulo. A estimativa técnica das forças de arrasto aerodinâmicas que atuam no manípulo inicialmente aberto indica que, em condições não pressurizadas, o fluxo de ar poderia continuar a deslocar o manípulo e destrancar a porta. A força de arrasto aerodinâmica estimada de 7,55 daN é maior do que a força medida de 6,69 daN, necessária para ultrapassar o mecanismo de bloqueio da porta de carga. Os resultados destes testes foram confirmados com precisão através de análises com modelos de sistema multicorpo.

Embora não seja possível identificar com precisão as contribuições específicas das vibrações, as forças aerodinâmicas e o impacto da ave, a pressurização relativamente reduzida da fuselagem (pré-pressurização antes da descolagem na ordem dos 7 a 15 hPa) pode explicar por que razão foi possível que o manípulo de movimento único rodasse com as reduzidas forças de resistência agindo na flapeta de ventilação e

To simulate internal differential pressure, weights were added on the vent flap in steps of 5, 10 and 20 kg, corresponding to 9.13, 18.25 and 36.51 hPa. Due to the linear handle force/differential pressure ratio, the value for 115 hPa was extrapolated.

For configuration 2, an internal pressure of 115 hPa will create a handle opening force of 56 daN. This is many times higher than both the air flow drag force (7.55 daN) and the force required in an unpressurised condition (6.69 daN). The same internal pressure conditions for configuration 1 and 3 resulted in a handle opening force of 88 and 113 daN, respectively.

This test confirmed that with the aircraft pressurised the external force required to move the handle would be very significant and may very well rupture the mechanism before causing any effective unlocking of the door.

With the aircraft in an unpressurised condition, the simulated engine vibration tests did not indicate any influence on the movement of the handle. The engineering estimation of the aerodynamic drag forces acting on the initially opened handle indicate that, in unpressurised conditions, air flow could further move the handle and unlock the door. The estimated aerodynamic drag force of 7.55 daN is greater than the measured force of 6.69 daN, required to overcome the cargo door locking mechanism. The results of these tests could be accurately confirmed by analysis with multibody system models.

Even though it is not possible to precisely identify the specific contributions of the vibrations, the aerodynamic forces and the impact of the bird, the relatively limited pressurisation of the fuselage (pre-pressurisation before take-off in the order of between 7 to 15 hPa) may explain why it was possible for the single motion handle to rotate with limited resisting forces acting on the vent flap and other components of the cargo door latching and locking mechanism.

outros componentes do mecanismo de engate e bloqueio da porta de carga.

Motores

A aeronave estava equipada com dois motores *turbofan* CFM56-5A3 de alta razão de *bypass*, fornecendo 26500lbf de impulso cada um (potência máxima ao nível do mar, condições ISA).

Os motores CFM56-5 estão equipados com uma *fan* de design aerodinâmico 3D e um *Full Authority Digital Electronic Control (FADEC)* que integra eficazmente os sistemas da aeronave e dos motores.

As principais partes constituintes e relevantes do motor *turbofan* CFM56-5 são (ver Figura 11 para referência genérica):

- **Compressor/turbina de baixa pressão:**
O conjunto de baixa velocidade (N1) é composto por uma *fan* única dianteira e um compressor de baixa pressão de quatro estágios ligado a uma turbina de baixa pressão de quatro estágios por um eixo de transmissão interno;
- **Compressor/turbina de alta pressão:**
O conjunto de alta velocidade (N2) é composto por um compressor de alta pressão de nove estágios ligado a uma turbina de alta pressão de um único estágio por um eixo concêntrico;
- **Câmara de combustão:**
A câmara de combustão anelar equipada com 20 injetores de combustível e 2 velas de ignição;
- **Caixa de acessórios:**
A caixa de acessórios, localizada na parte inferior na zona da *fan*, recebe binário do eixo horizontal do veio N2 de alta pressão e transmite movimento aos acessórios.

Engines

The aircraft was powered by two CFM56-5A3 high bypass ratio turbofan engines, supplying 26500lbf thrust each (maximum power at sea level, ISA conditions).

CFM56-5 engines are equipped with a 3D aerodynamic fan design and a Full Authority Digital Electronic Control (FADEC) that effectively integrates aircraft and engine systems.

These are the main and significant parts of the CFM56-5 turbofan engine (please refer to Figure 11 for generic reference):

- **Low pressure (LP) compressor/turbine:**
The low-speed rotor (N1) consists of a single stage front fan and a four stage LP compressor connected to a four stage LP turbine by an inner drive shaft;
- **High pressure (HP) compressor/turbine:**
The high-speed rotor (N2) consists of a nine stage HP compressor connected to a single stage HP turbine by a hollow shaft;
- **Combustion chamber:**
The annular combustion chamber is fitted with 20 fuel nozzles and 2 igniters;
- **Accessory gearbox:**
The accessory gearbox, located at the bottom of the fan case, receives torque from the horizontal HP rotor drive shaft and drives the gearbox mounted accessories.

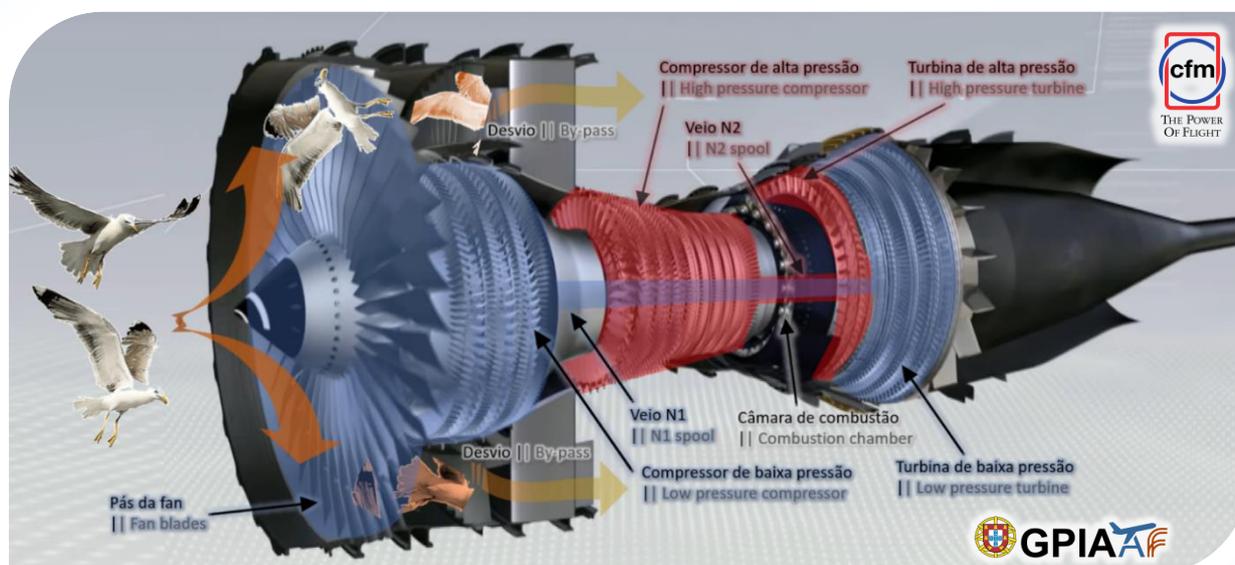


Figura 11
 Vista geral de um motor CFM56-5.

Figure 11
 A generic overview of a CFM56-5 engine.

Com um diâmetro de 1,73m, a *fan* do motor CFM56-5 é composta por 36 pás de titânio sólidas, forjadas, ligadas ao disco da *fan*. A maior parte do impulso produzido pelo motor é gerado pela *fan* impulsionada pelo conjunto da turbina.

With a diameter of 1.73m, the fan on the CFM56-5 engine consists of 36 solid, forged, titanium fan blades attached to the fan disk. Most of the engine's propulsive thrust is generated by the fan which is driven by the gas turbine assembly.

Com uma razão de *bypass* de 6,0, a *fan* comprime o ar na conduta de entrada, acelerando a maior parte pela conduta de *bypass* ou desvio (desviando assim o ar do interior do motor) e expelindo-o com alta energia através do ducto da *fan*, pela parte traseira do motor.

With a by-pass ratio (BPR) of 6.0, the fan compresses the air in the intake duct, accelerating most of it through the by-pass duct (by-passing the core of the engine) and expelling it with high energy through the fan case, at the rear of the engine.

As forças centrífugas geradas pela *fan*, expulsam quaisquer objetos estranhos ou aves (no caso de um *bird strike*) através do ducto de *bypass*, afastado do interior do motor. Esta é a razão pela qual as pás da *fan* tipicamente sofrem deformação nas pontas.

The centrifugal forces generated by the fan will often expel any foreign objects or birds (in the case of a bird strike) through the by-pass duct, away from the core of the engine. This is why fan blades typically experience curling deformation, dents and damage at the tip of the blade.

Este tipo de dano foi observado em várias pás da *fan* tanto no motor direito como no esquerdo. Juntamente com os vestígios significativos de sangue nos revestimentos acústicos da entrada de ar do motor, a investigação determinou que as aves que foram ingeridas pelos motores foram expelidas através da conduta de desvio.

This type of damage was observed on several fan blades on both the right and left engines. Together with the significant traces of blood smear on the acoustic liners of the engine intake, the investigation determined that the birds which were ingested by the engines were expelled through the by-pass duct.

Tal facto foi sustentado pelas inspeções boroscópicas realizadas na sequência do evento e

This is further supported by the boroscopic inspections which took place subsequent to the

onde não foram encontrados vestígios de aves ou danos no núcleo do motor.

Os dados do voo demonstram que, após o *bird strike*, houve uma intensa vibração de N1 em ambos os motores que persistiu durante a maior parte do voo. Esta vibração deveu-se aos danos sofridos em várias pás da *fan* de ambos os motores. Os valores de vibração N2, no entanto, permaneceram normais durante todo o voo. Da mesma forma, houve pouca ou nenhuma perda de impulso o que demonstra que os motores tiveram o comportamento esperado durante este evento de *bird strike*.

Controlo de vida selvagem pelo aeroporto

A região autónoma da Madeira é um arquipélago situado no Oceano Atlântico Norte, numa região conhecida como Macaronésia, a cerca de 400 km ao norte das Ilhas Canárias e a pouco mais de 500 km a oeste de Marrocos.

O arquipélago é constituído pelas ilhas da Madeira, Porto Santo, Desertas e ilhas Selvagens. A Madeira tem geralmente um clima subtropical muito suave e moderado, com secas no verão mediterrânicas e chuva no inverno. Existem muitos microclimas em diferentes elevações. Como tal, os ecossistemas ricos das ilhas suportam uma grande variedade de aves terrestres e marinhas, incluindo espécies endémicas, incomuns e ameaçadas, como o Petrel de Zino ou o Bis-Bis da Madeira. No total, existem 42 espécies de reprodução ou subespécies de aves na Madeira.

O aeroporto da Madeira está localizado na costa leste da ilha, mesmo à beira-mar, perto da cidade de Santa Cruz. O aeroporto fica tão perto do mar que parte da pista foi construída sobre a água, durante a extensão que ocorreu em 2000.

A leste do aeroporto existe um grande porto (Porto Comercial do Caniçal) que inclui atividades de pesca e uma instalação de tratamento de resíduos perto da vila de Camacha, nas colinas a noroeste do aeroporto (Estação de Tratamento de Resíduos da Meia Serra).

event and which did not find any traces of birds or damage to the core of the engine.

Flight data shows that, following the bird strike, there was intense N1 vibration on both engines which persisted throughout most of the flight. This vibration was due to the damage sustained by several fan blades of both engines. N2 vibration values, however, remained normal throughout the flight. Similarly, there was little or no loss of thrust which demonstrates that the engines performed as would be expected during this bird strike event.

Wildlife management at the airport

The autonomous region of Madeira is an archipelago situated in the North Atlantic Ocean in a region known as Macaronesia, about 400km to the north of the Canary Islands and just over 500 km to the west of Morocco.

The archipelago consists of the islands of Madeira, Porto Santo, the Desertas and the Savage Islands. Madeira generally has a very mild and moderated subtropical climate with Mediterranean summer droughts and winter rain. Many microclimates are found at different elevations. As such, the islands' rich ecosystems support a wide variety of land and sea birds, including endemic, unusual and endangered species such as Zino's Petrel or the Madeira Firecrest. Overall, there are 42 breeding species or subspecies of birds in Madeira.

Madeira airport is located on the east coast of the island, right on the shoreline, near the town of Santa Cruz. The airport is so near the sea that part of the runway was built over the water, during the extension which occurred in 2000.

To the east of the airport there is a major harbour (Porto Comercial do Caniçal) which includes fishing activities and a waste treatment facility near the village of Camacha, in the hills to the north-east of the airport (Estação de Tratamento de resíduos da Meia Serra).



À data do evento de *bird strike* da SATA CS-TKJ, estavam ativas as seguintes medidas de controlo de aves no aeroporto da Madeira:

- Dispositivos de bioacústica portáteis ligados aos veículos *Follow-Me* e utilizados pelo pessoal de controlo de aves.
- Canhões a gás.
- Pistola de “*verylights*”.
- Gaiolas de captura (para a remoção física das aves).
- Controlador de vida selvagem (com recurso a arma de fogo) para controlar as populações, reduzir ou eliminar a presença de animais selvagens que podem constituir uma ameaça para a segurança do voo.

Adicionalmente, estavam em vigor as seguintes medidas passivas:

- Desinfestação das bermas relvadas para evitar a presença de gafanhotos.
- Cobertura da vala de drenagem, a norte da pista.
- Intervenção junto das Câmaras Municipais para o controlo de pombais.
- Monitorização permanente da presença de aves no que diz respeito à sua espécie e quantidades.

Por fim, o aeroporto abordou a autoridade portuária local para evitar que os barcos de pesca passassem perto da costa, nas imediações do aeroporto. As instalações de tratamento de resíduos nas proximidades e os proprietários de lagoas de água agrícola também foram abordados para incentivar a cobertura das mesmas, a fim de diminuir a presença de aves.

Também em 2011, foi solicitado à Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves (SPEA) que renovasse um estudo que já tinha sido realizado em conjunto com a Universidade da Madeira.

The following active bird control measures were in place at Madeira airport when the SATA CS-TKJ bird strike event occurred:

- Portable bioacoustics devices attached to the Follow-Me vehicles and used by bird-control staff.
- Propane cannons.
- Flare guns.
- Use of live traps (for the physical removal of birds).
- Use of firearm to control populations, reduce or eliminate the presence of wildlife which can pose a threat to flight safety.

Furthermore, the following passive measures were also in place:

- Disinfestation of the grassy edges in order to prevent the presence of locusts.
- Covered water drainage ditches, to the north of the runway.
- Intercession with the local municipalities in order to control dovecotes.
- Permanent monitoring of the presence of birds with respect to their species and quantities.

Finally, the airport approached the local port authority in order to avoid fishing boats from passing close to the shore, in the vicinity of the airport. The nearby waste treatment facility and agricultural water lagoon owners were also approached in order to encourage them to install covers in order to detract the presence of birds.

Also, in 2011, the Portuguese society for the study of birds (Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves - SPEA) was requested to renew a study which had previously been conducted with the University of Madeira.

Este estudo exaustivo identificou e documentou as diferentes espécies presentes no aeroporto, as suas quantidades, a presença durante o dia, o ano e os comportamentos alimentares, etc. e propôs uma série de medidas ecológicas para diminuir a atratividade do aeroporto como um todo.

Entre as espécies que representam a maior ameaça à segurança do voo no aeroporto da Madeira está o Pombo da Rocha que se encontra presente ao longo de todo o ano em várias zonas do aeroporto. A Gaivota de patas amarelas, espécie de aves suspeita de ter estado envolvida no *bird strike*, é a terceira mais abundante no aeroporto e está presente ao longo do ano, embora os números tendam a aumentar nos meses entre fevereiro e julho devido à época de acasalamento.

O estudo, que incluiu também o aeroporto do Porto Santo, foi concluído em 2015 e as medidas repelentes recomendadas, como a pirotecnia, bioacústica, controlo da população, etc. estavam maioritariamente já implementadas no aeroporto.

Como tal, o aeroporto decidiu reforçar as medidas já existentes através da introdução em 2017 de um serviço de falcoaria, através do qual aves de rapina treinadas são usadas para repelir outras aves caçando-as. À medida que o predador captura uma ave de vez em quando, o dissuasor é reforçado e, portanto, o problema da habituação é diminuído, particularmente se for combinado com outras medidas de repelir, como a pirotecnia.

As publicações de informação aeronáutica Portuguesa (AIP) incluem informações sobre as medidas em vigor no aeroporto da Madeira e alertam os pilotos para o perigo representado pelas aves nas proximidades do aeródromo, nomeadamente durante a aterragem ou descolagem (Figura 12).

This comprehensive study identified and documented the different species which are present at the airport, their quantities, presence during the day, the year and feeding behaviours, etc. and proposed a series of ecological measures to diminish the attractiveness of the airport as a whole.

Among the species which poses the greatest threat to flight safety at Madeira airport is the rock dove which is present throughout the year in various areas of the airport. The yellow-legged gull, the bird species suspected to have been involved in the bird strike, is the third most abundant at the airport and is present throughout the year although numbers tend to rise in the months between February and July because of the mating season.

The study, which also included the airport of Porto Santo was concluded in 2015 and the recommended repellent measures, such as pyrotechnics, bioacoustics, population control, etc. were mostly already implemented at the airport.

As such, the airport decided to reinforce the existing measures by introducing in 2017 a falconry service, whereby trained birds of prey are used to repel other birds by hunting for them. As the predator captures a bird from time to time, the deterrent is reinforced and therefore the problem of habituation is diminished, particularly if combined with other repelling measures, such as pyrotechnics.

The Portuguese Aeronautical Information Publications (AIPs) includes information on the measures in force at Madeira airport and alerts pilots to the hazard posed by birds in the vicinity of the aerodrome, particularly when landing or taking-off (Figure 12).

LPMA AD 2.23 ADDITIONAL INFORMATION

2.23.1 Bird concentrations in the Movement Area and in the Vicinity of the Airport

Birds activity takes place daily from sunrise to sunset at the movement area (including STRIPS) and in the vicinity of the airport. Birds concentration in aerodrome vicinity and on the STRIP of RWY 05/23.

As far as practicable, Air Traffic Service will inform pilots of this Bird activity and the estimated location, if possible.

During the above periods, pilots of aircraft are advised that birds may not always be promptly detect and caution is requested during approach-to-land, descent, take-off, climb and Taxi procedures.

Dispersal activities include the using of gas cannon units, scarecrow hand-held and vehicle devices distress calls and the presence of wildlife personnel.

A Wildlife Hazard Management Plan is also in force in Madeira Airport.

Gas cannon activity takes place during all year, daily from sunrise to sunset and scarecrow devices area activated whenever birds are detected.

Wildlife personnel available daily between 08:30-18:00 (07:30-17:00)

Figura 12

Informação sobre o perigo de aves no aeroporto da Madeira incluída na AIP.

Figure 12

Information of the bird hazard at Madeira airport included in the AIP.

O índice dos *bird strikes* confirmados no aeroporto da Madeira é mostrada na Figura 13. Os *bird strikes* confirmados são aqueles para as quais se encontram provas, na forma de uma carcaça, ou outros restos mortais, ocorrendo um pico destes eventos em 2017. Antes disso, o índice médio de *bird strikes* confirmados foi na ordem dos 4,00 por 10 000 movimentos de aeronaves.

The rate of confirmed bird strikes at Madeira airport is shown in Figure 13. Confirmed bird strikes are those for which evidence, in the form of a carcass, or other remains, is found on the ground. A peak of such events occurred in 2017. Prior to that the average rate of confirmed bird strikes was in the order of 4.00 per 10,000 aircraft movements.

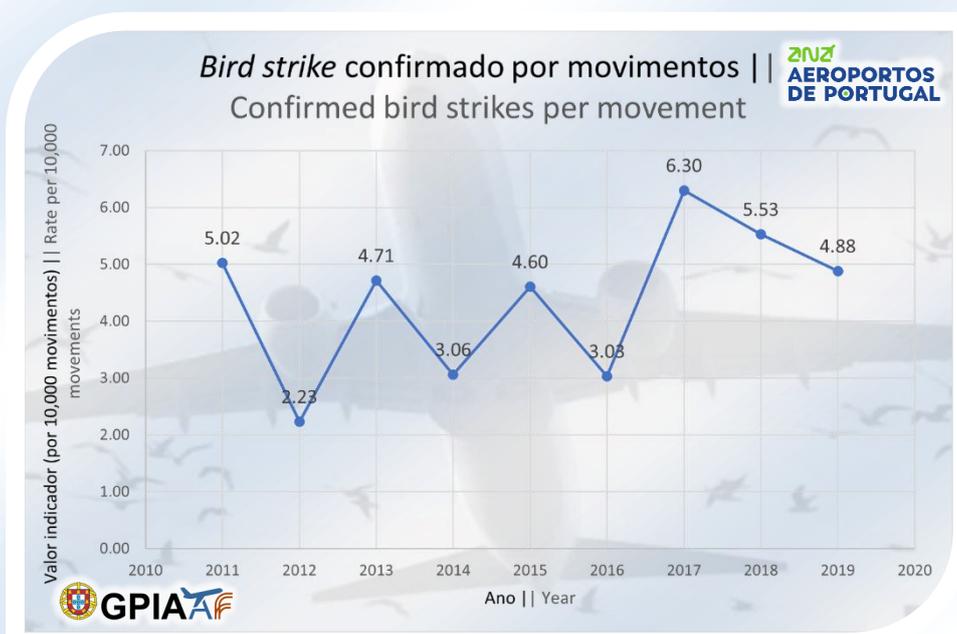


Figura 13

Bird strikes confirmados por 10 000 movimentos (LPMA)

Figure 13

Confirmed bird strikes per 10,000 aircraft movements at (LPMA).



Desde o pico em 2017, que coincide com a introdução do serviço de falcoaria, tem havido uma diminuição do índice de *bird strikes* confirmados até 2019. Os dados ainda são limitados para se poder concluir que este declínio é uma tendência sustentada provocada pela introdução do serviço de falcoaria.

Como medida de comparação, a autoridade de aviação civil do Reino Unido (UK CAA) publicou dados relativos a *bird strikes* confirmados no Reino Unido e o índice de eventos por 10 000 movimentos de aeronaves tem vindo a aumentar de 4,00 em 2012 para 5,00 em 2016¹. Na Alemanha, por exemplo, o índice médio de *bird strikes* por 10 000 movimentos de aeronaves foi de 4,42 entre 2010 e 2018². Por conseguinte, o índice global de *bird strikes* confirmados no aeroporto da Madeira não é pior do que os aeroportos de outros países.

5- CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

Vestígios de sangue em vários pontos ao longo da fuselagem inferior, asas e trem de aterragem, bem como a identificação de várias carcaças de gaivotas na pista, permitem à investigação concluir que a aeronave atingiu um bando de gaivotas durante a descolagem, algumas das quais colidiram com a fuselagem e foram ingeridas nos motores.

Um dos pássaros atingiu diretamente a flapeta do manípulo da porta do porão de carga dianteiro, penetrando no encaixe e forçando o manípulo para fora.

Em 2009, a Agência Europeia para a Segurança da Aviação (EASA) publicou um estudo sobre as tendências da população de aves e o seu impacto na segurança da aviação, abrangendo um período de 1999 a 2008³.

O estudo avaliou as zonas da aeronave onde os danos foram sofridos em resultado de *bird strike* e determinou que em 44% dos casos os motores foram afetados, de longe a parte mais

Since the peak in 2017, which coincides with the introduction of the falconry service, there has been a decline in the rate of confirmed bird strikes up to 2019. The data is still limited to conclude that this decline is a sustained trend brought about by the introduction of the falconry service.

As a measure of comparison, the UK Civil Aviation Authority has published data regarding confirmed bird strikes in the United Kingdom and the rate of events per 10,000 aircraft movements has been growing from 4.00 in 2012 to 5.00 in 2016¹. In Germany, for example, the average rate of bird strikes per 10,000 aircraft movements was 4.42 between 2010 and 2018². Therefore, the overall rate of confirmed bird strikes at Madeira airport is not any worse than airports elsewhere.

5- CONCLUSIONS & COMMENTS

Traces of blood at multiple points along the lower fuselage, wings and landing gear as well as the finding of several seagull carcasses on the runway allows the investigation to conclude that the aircraft encountered a flock of seagulls during the take-off run, some of which struck the fuselage and were ingested in the engines.

One of the birds directly struck the forward cargo door handle flap, penetrating the recess and forcing the handle out.

In 2009, the European Aviation Safety Agency (EASA) published a study on bird population trends and their impact on aviation safety, covering a period from 1999 to 2008³.

The study assessed the location on the aircraft where damage was sustained as a result of the bird strike and determined that in 44% of cases the engines were affected, by far the most frequent

¹ Reported birdstrikes, 2012 - 2016, published in 2017 by the UK Civil Aviation Authority (CAA), Crawley, United Kingdom.

² Deutscher Ausschuss zur Verhütung von Vogelschlägen im Luftverkehr e.V. *Jahresbericht 2018*; DAVVL: Bremen, Germany, 2019.

³ Bird population trends and their impact on aviation safety 1999-2008, Ilias Maragakis, European Aviation Safety Agency (EASA) 2009, Cologne, Germany.



frequentemente atingida. A asa, o para-brisas e o nariz da aeronave seguiram com 31%, 13% e 8%, respetivamente.

A zona menos frequente da aeronave a ser atingida por aves foi a fuselagem, que ocorreu em apenas 4% dos casos incluídos no estudo.

No entanto, mesmo as ocorrências mais improváveis podem, com o passar do tempo, manifestar-se, como foi o caso de uma ave a atingir a aeronave, em movimento acelerado, diretamente na flapeta do manípulo da porta de carga dianteira, que tem uma superfície total de 66 cm².

A análise efetuada do manípulo da porta demonstrou que uma vez exposta ao fluxo de ar, a força de arrasto aerodinâmica é suficiente para superar o mecanismo de bloqueio da porta de carga e, em última análise, resultar no desengate da porta, como foi o caso do evento.

Apesar dos danos sofridos pela *fan*, os motores continuaram a operar com uma perda de impulso insignificante. As pás da *fan* permaneceram íntegras, sem separação, apesar da vibração intensa.

A vibração intensa causou preocupação à tripulação sobre a iminente falha de um ou ambos os motores. Como tal, a decisão da tripulação de aterrar imediatamente foi a ação mais segura dadas as circunstâncias, apesar das manobras a baixa altitude sobre o mar e de apenas se aperceberem que a porta estava aberta quando já estavam no chão.

O facto de o PIC ser natural da Madeira e um piloto experiente com mais de 9000 aterragens no Funchal, provavelmente contribuiu para a decisão e respetivas ações rápidas para regressar ao aeroporto, em pouco mais de 3 minutos após ter descolado.

Os *bird strikes* têm sido um perigo desde os primórdios da aviação. Orville Wright, um dos famosos irmãos Wright, terá sofrido uma *bird strike* na primavera de 1905, quando estava a

part of the aircraft. The wing, windshield and nose of the aircraft followed with 31%, 13% and 8% respectively.

The least frequent location of the aircraft to get struck by birds was the fuselage which occurred in just 4% of the events included in the study.

Yet, even the most improbable occurrences can in time manifest themselves as was the case of a bird striking a rapidly moving aircraft directly on the forward cargo door handle flap, which has a total surface area of 66 cm².

The analysis conducted of the door handle demonstrated that once exposed to the air flow, the aerodynamic drag force is sufficient to overcome the cargo door locking mechanism, and ultimately result in the unlatching of the door, as was the case in the event.

Despite the damage sustained by the fan, the engines continued to operate with negligible loss of thrust. The fan blades remained operational and there was no separation despite the intense vibration.

The intense vibration caused the crew concern about the imminent failure of one or both engines. As such, the crew's decision to land immediately was the safest course of action given the circumstances, despite manoeuvring at low altitude over the sea and only becoming aware that the door was open, once they were already on the ground.

Being a native of Madeira and a seasoned pilot with over 9000 landings at Funchal probably contributed towards the Captain's decision and swift actions to return to the airport, in little over 3 minutes after getting airborne.

Bird strikes have been a hazard since the early days of aviation. Orville Wright, one of the famous Wright brothers, is reported to have experienced a bird strike in the spring of 1905 when he was

realizar um voo experimental sobre um campo em Ohio.

No dia 29 de janeiro de 2012, a tripulação de um A319 da companhia *Air France* estava em aproximação final a Argel quando, a cerca de 100 pés, a tripulação ouviu uma batida seguida de um ruído aerodinâmico. Durante a rolagem na pista, a cerca de 80kts, receberam o alerta ECAM DOOR FWD CARGO e, quando chegaram ao estacionamento, verificou-se que o manípulo da porta de carga dianteira se tinha deslocado para fora do seu encaixe, numa posição desbloqueada. A flapeta de ventilação também estava parcialmente aberta, permanecendo contudo a própria porta de carga engatada e alinhada com a fuselagem (Figura 14).

conducting an experimental flight over a field in Ohio.

On the 29th of January 2012, the crew of an Air France A319 were on final approach to Algiers when at about 100ft the crew hear a thud followed by a change to the aerodynamic noise. During roll-out, at approximately 80kts, they received the DOOR FWD CARGO ECAM alert and when they reached the stand, the forward cargo door handle was found to have shifted outside of its recess, in an unlocked position. The vent flap was also partially open but the cargo door itself remained flush with the fuselage, in a latched condition (Figure 14).

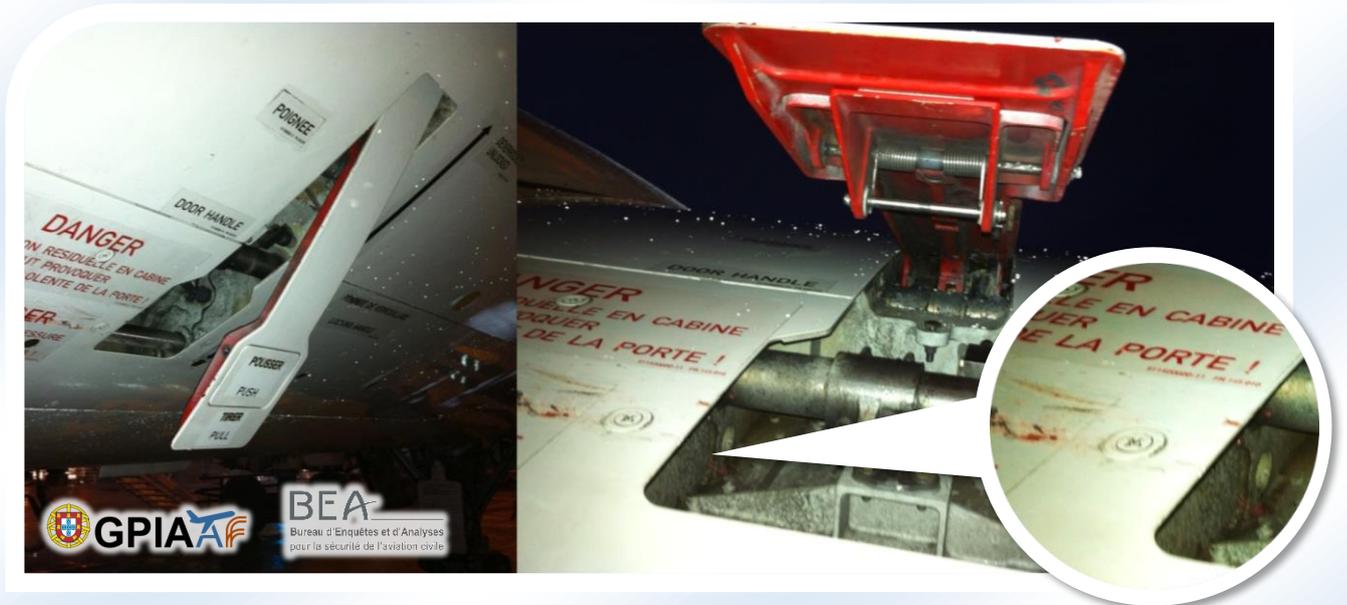


Figura 14

O manípulo da porta de carga dianteira do A319 da *Air France*, à chegada a Argel.

À semelhança do evento no Funchal, o *bird strike* em Argel deixou vestígios de sangue imediatamente atrás e no interior do encaixe (ver detalhe da Figura 14). No entanto, neste caso o movimento do manípulo não foi suficiente para desengatar a porta. O facto de ter ocorrido nos momentos finais do voo, com a aeronave já com uma energia inferior, pode explicar o desfecho diferente do evento da SATA no Funchal.

Embora seja impossível eliminar completamente a ameaça que representam os *bird strikes*, podem

Figure 14

The forward cargo door handle of the Air France A319 as it was found upon arrival in Algiers.

Similar to the event in Funchal, the bird strike in Algiers left traces of blood immediately aft and within the handle recess (see inset, Figure 14). However, in this event the movement of the handle was not sufficient to unlatch the door. The fact that it occurred at the final moments of the flight, with the aircraft already in a lower energy state, may explain the different outcome to the SATA event in Funchal.

Although it is impossible to entirely eliminate the threat posed by bird strikes, several mitigating

ser tomadas várias medidas mitigadoras para reduzir a concentração de aves nas proximidades de aeródromos e repeli-las das áreas de movimento.

Embora grande parte destas medidas já estivessem em vigor no aeroporto da Madeira à data do evento, foram insuficientes para impedir que um grande bando de gaivotas atingisse a aeronave durante a decolagem.

Os *bird strikes*, à semelhança de outros riscos operacionais de segurança de voo, devem ser objeto de monitorização contínua, avaliação e mitigação de riscos no âmbito do sistema de gestão da segurança operacional do aeródromo, à semelhança da análise de risco do próprio operador aos riscos de um determinado tipo de operação ou de um aeródromo.

Os requisitos previstos no Regulamento N.º 139/2014 da UE, de 12 de fevereiro de 2014, ao abrigo da subparte D, Gestão (ADR.OR.D) especificam a implementação de um sistema de gestão da segurança operacional do aeródromo, incluindo:

- Linhas de responsabilidade claramente definidas e uma responsabilização direta pela segurança por parte da alta direção,
- Um processo formal que garanta a identificação dos riscos nas operações,
- Um processo formal que garanta a análise, avaliação e mitigação dos riscos de segurança nas operações do aeródromo,
- A necessidade de monitorização do desempenho da segurança da organização do operador do aeródromo em referência aos indicadores de desempenho da segurança e aos objetivos de desempenho da segurança do sistema de gestão da segurança operacional e a validação da eficácia dos controlos de risco.

Por conseguinte, os *bird strikes* devem ser geridos ativamente, não só em conformidade com a ADR. OPS. B.020 (Redução do risco de *wildlife strike*), mas como parte integrante das atividades de

measures can be taken to reduce the concentration of birds in the vicinity of aerodromes and repel them from the movement areas.

While much of these measures were already in place at Madeira airport at the time of the event, they were insufficient to prevent a large flock of seagulls from striking the aircraft during the take-off roll.

Bird strikes, like other operational flight safety hazards need to be the subject of continuous monitoring, review and risk mitigation within the aerodrome's safety management system similar to the operator's own risk assessment of the hazards of a particular type of operation or aerodrome.

The requirements laid out in EU Regulation No. 139/2014 of the 12th of February 2014, under subpart D, Management (ADR.OR.D) specify the implementation of an aerodrome safety management system, including:

- Clearly defined lines of responsibility and a direct accountability for safety on the part of senior management,
- A formal process that ensures that hazards in operations are identified,
- A formal process that ensures analysis, assessment and mitigation of the safety risks in aerodrome operations,
- The need for safety performance monitoring of the aerodrome operator's organisation in reference to the safety performance indicators and safety performance targets of the safety management system, and to validate the effectiveness of safety risk controls.

Therefore, bird strikes should be actively managed not only in compliance with ADR.OPS.B.020 (Wildlife strike hazard reduction) but as an integral part of the aerodrome's risk management activities

gestão de risco do aeródromo, e ser monitorizados continuamente através da monitorização do desempenho da segurança com indicadores avançados e retardados, de modo a permitir uma resposta atempada a quaisquer alterações, comportamentos ou tendências que possam afetar a segurança do voo.

and continuously monitored through safety performance monitoring with leading and lagging indicators in order to allow a timely response to any changes, behaviours or trends that can affect flight safety.

6- AÇÕES DE SEGURANÇA E RECOMENDAÇÕES

As seguintes **ações de segurança** foram tomadas após o evento:

Pelo fabricante, AIRBUS

Na sequência dos eventos da SATA e da *Air France*, a Airbus desenvolveu um novo projeto do manípulo com uma funcionalidade adicional de segurança para evitar a deslocação inadvertida do manípulo da porta de carga devido ao impacto das aves. O novo manípulo foi disponibilizado em fevereiro de 2016 através do MOD155304, associado ao Boletim de Serviço A320-52-1174.

A flapeta do manípulo (PUSH2) fica bloqueado enquanto o botão de pressão do dispositivo de fixação (PUSH1) não for premido (Figura 15).

Adicionalmente, no placar relacionado com o novo projeto do manípulo da porta (ver Figura 15), recomenda-se verificar se:

- O botão PUSH1 está nivelado com a superfície do manípulo e;
- O manípulo está nivelado com o perfil da porta.

Em maio de 2019, a classificação do SB A320-52-1174 foi alterada de "Desejável" para "Recomendado" e o novo manípulo tornou-se o padrão de produção atual.

6- SAFETY ACTIONS & RECOMMENDATIONS

The following **safety actions** were taken after the event:

By the manufacturer, AIRBUS

Following the SATA and Air France events, Airbus developed a new handle design with an additional push-button safety feature to prevent inadvertent release of the cargo door handle due to impact from birds. The new handle was made available in February 2016 through MOD155304, associated with Service Bulletin A320-52-1174.

The handle flap (PUSH2) is locked as long as the securing device push-button (PUSH1) is not pressed (Figure 15).

Furthermore, on the placard related with the new door handle design (see Figure 15), it is recommended to check that:

- PUSH1 button is flush with the handle surface, and;
- The handle is flush with the door profile.

In May 2019, the classification of SB A320-52-1174 was changed from "Desirable" to "Recommended" and the new handle design is the current production standard.

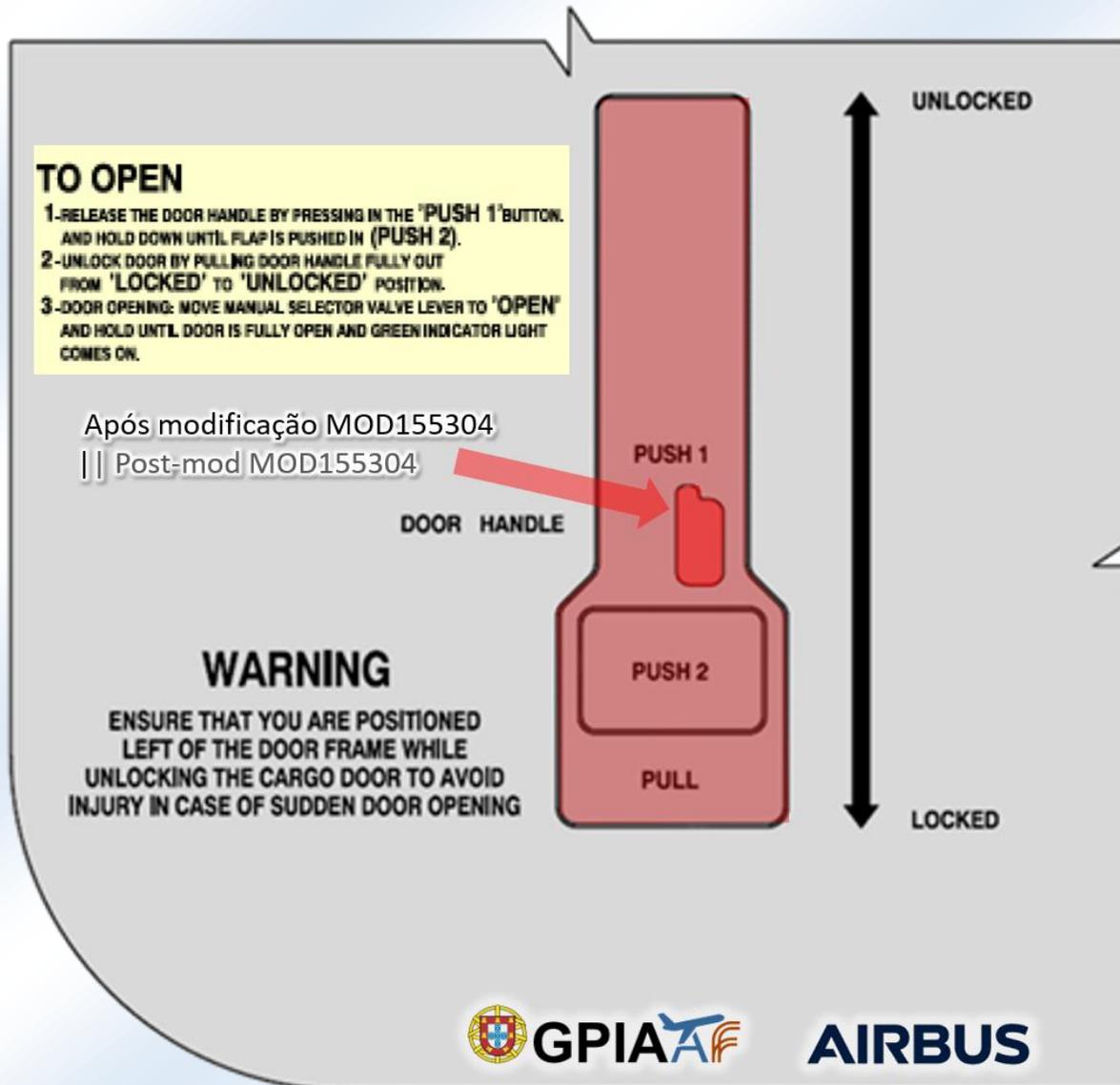


Figura 15

Novo projeto do manípulo da porta de carga com a função de botão de pressão do dispositivo de fixação (PUSH1).

Tornar o manípulo da porta de carga da família de aeronaves A320 “à prova de aves” foi o culminar de um processo diligente que começou com o evento SATA CS-TKJ e incluiu uma avaliação de risco abrangente do tipo de evento, seguido de testes físicos e empíricos do manípulo da porta para determinar as forças em jogo.

AEROPORTO DA MADEIRA

Em 2011, o aeroporto solicitou um estudo independente para identificar as diferentes espécies de aves que presentes nas proximidades

||
||

Figure 15

New cargo door handle design with securing device push-button (PUSH1) feature.

“Bird-proofing” of the cargo door handle on the A320 family of aircraft was the culmination of a diligent process which began with the SATA CS-TKJ event and included a comprehensive risk assessment of the type of event, followed by physical and empirical testing of the door handle to determine the forces at play.

MADEIRA AIRPORT

In 2011 the airport commissioned an independent study to identify the different species of birds which are present in the vicinity of the airport as

do aeroporto, bem como os seus comportamentos e recomendar as medidas repelentes mais eficazes.

A maioria das medidas já estavam implementadas, com a exceção de um serviço de falcoaria.

Assim, em 2017, as medidas existentes foram reforçadas com a implementação do serviço de falcoaria.

As aves de rapina treinadas são eficazes devido ao facto de as aves nas proximidades se sentirem ameaçadas por predadores reais. Embora mais eficaz contra aves de grande porte, é uma medida que é imune à habituação.

Desde a introdução do serviço de falcoaria no aeroporto da Madeira, não houve outros eventos relatados de *bird strike* com consequências semelhantes para as aeronaves, envolvendo aves de grande porte, como gaivotas.

Tendo em consideração as conclusões da investigação e as ações de segurança entretanto tomadas, a investigação considera pertinente emitir uma recomendação de segurança relativa ao seguinte aspeto:

O procedimento anormal FCOM/ECAM existente associado ao alerta ECAM de DOOR FWD CARGO não exige que a tripulação tome qualquer medida desde que a pressão da cabina permaneça normal (isto é, porta de carga fechada). No entanto, o procedimento também permite a possibilidade de continuar o voo, limitando a altitude a FL100, no caso de uma velocidade vertical anormal da cabine (isto é, porta de carga já não hermética e, portanto, potencialmente aberta) (Figura 8).

Este procedimento não é adequado para qualquer situação real em que a porta de carga (dianteira ou de trás) fique totalmente desbloqueada (isto é, aberta) durante o voo e esteja exposta a cargas aerodinâmicas, como foi o caso do evento da SATA CS-TKJ.

A exposição prolongada da porta dos porões de carga a cargas aerodinâmicas pode, em última análise, resultar na sua separação e/ou causar

well as their behaviours and recommend the most effective repellent measures.

The majority of the measures were already implemented, with the exception of a falconry service.

Therefore, in 2017, the existing measures were reinforced with the implementation of the falconry service.

Trained birds of prey are effective due to the fact that birds are threatened by real predators. Although most effective against larger birds, it is a measure which is immune to habituation.

Since the introduction of the falconry service at Madeira airport, there have been no other reported events of bird strikes with similar consequences to the aircraft, involving larger birds, such as seagulls.

Taking into account the investigation conclusions and the safety actions already taken, the investigation considers relevant to issue a safety recommendation regarding the following aspect:

The existing FCOM/ECAM abnormal procedure associated with the DOOR FWD CARGO ECAM alert does not require the crew to take any action as long as the cabin pressure is normal (i.e. cargo door closed). However, the procedure also allows the possibility to continue the flight, by limiting the altitude to FL100, in the case of abnormal cabin vertical speed (i.e. cargo door no longer airtight and thus potentially open) (Figure 8).

This procedure is unsuited for any genuine situation where the cargo door (forward or aft) becomes fully unlatched (i.e. opened) in flight and is exposed to aerodynamic loads, as was the case in the SATA CS-TKJ event.

Prolonged exposure of the cargo door to aerodynamic loads could ultimately result in its

outros danos que possam comprometer a integridade da aeronave.

Como tal, é feita a seguinte **recomendação de segurança**:

À AIRBUS,

Recomendação de Segurança N° PT.SIA 2021/006

A Airbus deve desenvolver, para a família Airbus A320, um alerta à tripulação e respetivo procedimento para a eventualidade de uma abertura completa de porta do porão de carga em voo (condição de desbloqueada e aberta) por forma a garantir que a integridade da aeronave não é comprometida como consequência.

De acordo com o Regulamento (UE) n.º 996/2010 e com o Decreto-Lei n.º 318/99, a formulação de uma recomendação de segurança não constitui, **em caso algum, presunção de culpa ou de responsabilidade relativamente a um acidente ou incidente**. O mesmo se passa relativamente às ações de segurança que os intervenientes tomem a iniciativa de implementar em resultado das constatações feitas no decurso da investigação.

O destinatário de uma recomendação de segurança deve, no prazo de 90 dias, informar a Autoridade de Investigação, GPIAAF, das ações tomadas ou em consideração.

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.

separation and/or cause other damage which may compromise the integrity of the aircraft.

As such the following **safety recommendation** is made:

To AIRBUS,

Safety recommendation N. PT.SIA 2021/006

Airbus should develop, for the Airbus A320 family, a crew alert and associated procedure in the event of a cargo door becoming fully open in flight (unlock and unlatched condition) to ensure that the integrity of the aircraft is not compromised as a consequence.

In accordance with EU Regulation 996/2010 and Portuguese Decree-Law 318/99, a safety recommendation shall **in no case create a presumption of blame or liability for an accident or an incident**. Similarly, the same principle should be considered regarding safety actions initiated or undertaken by the involved parties as a result of the findings during the investigation.

The addressee of a safety recommendation shall, within 90 days, inform the safety investigation authority, GPIAAF, of the actions taken or under consideration.

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.

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.

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.

Lisboa, 21 de junho de 2021

Lisbon, June 21st, 2021



Apêndice || Appendix

Parâmetros de dados de voo relevantes || Relevant flight data parameters

