

A Carga aérea e o papel das companhias aéreas de passageiros

Como podem as companhias aéreas de
passageiros explorar o mercado do
transporte de carga

TOMÁS RIVERA FERREIRA MORAIS ROLDÃO

Provas destinadas à obtenção de grau de:
Mestre em Operações de Transporte Aéreo
Maio 2024

VERSÃO DEFINITIVA

ISEC LISBOA | INSTITUTO SUPERIOR DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS

Escola de Gestão, Engenharia e Aeronáutica

Provas para obtenção do grau de Mestre em Operações de Transporte Aéreo

A carga aérea e o papel das companhias aéreas de passageiros

Como podem as companhias aéreas de passageiros explorar o mercado do transporte de carga

Autor: Tomás Rivera Ferreira Morais Roldão

Orientador: Professor Doutor Joaquim Guerreiro Marques

Maio 2024

AGRADECIMENTOS

Com o aparecimento da pandemia mundial COVID-19 e com toda a incerteza que a acompanhou, decidi embarcar nesta jornada rumo ao desconhecido que foi a aprendizagem de algo completamente novo que complementa a minha atividade profissional. Este mestrado permitiu-me alargar horizontes, aprofundar conhecimento e acima de tudo conhecer novas pessoas e realidades que integram a indústria aeronáutica nacional. Como tal o primeiro agradecimento é para toda a equipa académica que me acompanhou nestes últimos dois anos. A capacidade de ensino com a qual conseguiram difundir o seu conhecimento, tornou-se uma mais-valia assinalável deste Mestrado em conjunto com a atenção e compreensão pela falta de tempo ou facilidade de conciliação de horários com a minha situação laboral.

De seguida gostaria de agradecer aos meus colegas de turma. Somos muitos e dos mais variados backgrounds profissionais, mas todos temos a mesma paixão que é querer saber mais e melhor sobre o meio onde estamos inseridos, a aeronáutica. Conheci colegas que integram a mesma empresa onde trabalho, mas que nunca tive oportunidade de privar, colegas com quem os nossos caminhos já se tinham cruzado apesar de ainda sermos desconhecidos na altura, ou colegas que espero no futuro voltar a cruzar no meio profissional. Desejo-vos toda a sorte na conclusão deste passo que tanto lutámos por concluir.

Uma palavra de elevado apreço e gratidão ao meu orientador Professor Doutor Joaquim Guerreiro Marques. Os nossos caminhos já se tinham cruzado ainda antes de eu ter começado a minha carreira profissional na aviação, e já nessa altura senti uma capacidade incrível de interesse, paixão e conhecimento na área da aeronáutica por parte do Professor. Aliado ao seu incansável acompanhamento e interesse por este trabalho, por mim e a minha profissão, foi o Professor que fez com que eu não baixasse os braços nesta última etapa do Mestrado e que me guiasse a bom porto. Por tudo isto, só consigo demonstrar a minha gratidão. Outra palavra de agradecimento pelo acompanhamento e contribuição de conhecimento ímpar ao Professor Vítor Coelho que engrandeceu este trabalho.

Por fim um agradecimento muito especial à minha família, em especial à minha mulher. Agradecer por toda a compreensão demonstrada por ter decidido embarcar nesta aventura, especialmente em tempos de elevada incerteza, e por todos os tempos perdidos em família em prol da execução deste trabalho. Os atrasos para jantar ou as alterações de planos à última da hora foram mais que muitos, e por mesmo assim acompanhar-me nesta luta, só posso considerar-me um sortudo. Aos meus pais e irmãos por demonstrarem sempre interesse no meu percurso académico e a encaminharem-me no melhor caminho: OBRIGADO!

RESUMO

Com o crescimento do negócio de transporte de carga aérea a nível mundial, o número de operadores neste mercado também tem aumentado. As companhias aéreas de transporte de passageiros são os principais *players* a integrar este mercado com a crescente utilização de aeronaves do tipo cargueiro de maneira a complementarem a sua presença com a carga já por si transportada nos porões das suas aeronaves.

No momento de escolha de integração na sua frota de uma aeronave do tipo cargueiro, estas companhias aéreas têm à sua disposição várias ofertas, umas mais dispendiosas que outras. A conversão de aeronaves tem sido uma das propostas mais aceites pelo mercado pois oferece menores custos de entrada. A análise custo-benefício comprova este facto, principalmente quando comparada com a outra modalidade, a aquisição de uma aeronave nova ao fabricante. Podemos também verificar que este tipo de operação é mais benéfico no segmento de aeronaves de curto e médio curso devido aos seus custos de conversão, operação e manutenção serem mais reduzidos quando comparados com as aeronaves do segmento de longo curso. Associada à conversão de *airframes* foi possível também notar um aumento no valor de mercado da aeronave, mesmo que esta apresente uma idade mais avançada, associado à falta de oferta de aeronaves do tipo cargueiro no mercado e com a existência de uma elevada procura pelas mesmas.

Palavras-chave:

Cargueiros, conversão de aeronaves, custo-benefício, companhias aéreas, carga aérea.

ABSTRACT

With the growth of the global air cargo transportation business, the number of operators in this market has also increased. Passenger airlines are the main players entering this market by increasingly utilizing cargo aircraft to complement the cargo already transported in the holds of their passenger planes.

When it comes to integrating a cargo aircraft into their fleet, these airlines have various options available, some more expensive than others. Aircraft conversion has been one of the most accepted proposals in the market because it offers lower entry costs. Cost-benefit analysis confirms this, especially when compared to the alternative of purchasing a new aircraft from the manufacturer. It's also evident that this type of operation is more beneficial in the short and medium-haul aircraft segment due to lower conversion, operation, and maintenance costs compared to long-haul aircraft. Associated with airframe conversion, there has also been an increase in the market value of the aircraft, even if it has a more advanced age, due to the shortage of cargo aircraft in the market and high demand for them.

Keywords:

Freighter, aircraft conversion, cost to benefit, airlines, cargo.

ÍNDICE

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	ix
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas	xv
Abreviaturas e Siglas	xvii
Definições	xix
1. Introdução	1
1.1. Âmbito	2
1.2. Motivação	2
1.3. Objetivos	2
1.4. Metodologia	3
1.5. Estrutura do Trabalho	4
2. Enquadramento	7
3. Desenvolvimento do Tema	17
3.1 Estratégias de Business Model	17
3.2 Sustentabilidade e conversão de aeronaves	22
3.3 Tipos de função de aeronaves (<i>Aircraft Role</i>)	27
3.4 Levantamento Companhias aéreas com operações de carga	29
4. Apresentação de Resultados e Discussão	37
4.1 Valor de mercado dos principais modelos em utilização	37
4.2 Custos de conversão, operação e aquisição	38
4.3 Análise de custo-benefício	41
4.3.1 Análise de Custo-Benefício para conversão com <i>timeframe</i> de 5 anos	44
4.3.2 Análise de Custo-Benefício para conversão com <i>timeframe</i> de 10 anos	48
4.3.3 Análise de Custo-Benefício para aquisição com <i>timeframe</i> de 10 anos	53

5. Conclusões	55
5.1 Considerações Finais	55
5.2 Limitações do estudo	56
5.3 Trabalhos futuros	57
Referências	59
Anexos	63
Anexo 1 – Exemplo de STC à aeronave Airbus A321-200(P2F)	64
Anexo 2 – Preços de aquisição Airbus 2018	72
Anexo 3 – Preços de aquisição Boeing 2022 (Statista)	73
Anexo 4 – Resultados financeiros Turkish Airlines 2022	74
Anexo 5 – Resultados Financeiros Lufthansa Cargo 2022 (Group, 2022)	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Comparação de lucros entre transporte de carga e passageiros.....	7
Figura 2 - Previsão de procura de aviões cargueiros	8
Figura 3 - Evolução da receita média (linha verde) no segmento de carga	11
Figura 4 - Distribuição do transporte de carga aérea em CTK (cargo tonnes per kilometer)	12
Figura 5 - Exemplo de armazém e operação de chão da Emirates Sky Cargo	19
Figura 6 – Quebra de movimentos com o aparecimento do Covid-19	23
Figura 7 - Cancelamentos de voos durante o período de Pandemia COVID-19	23
Figura 8 - Exemplo do tipo de operação <i>preighter</i>	24
Figura 9 - Alterações na conversão P2F	26
Figura 10 - Exemplo de um Boeing 737-300(QC) onde se pode ver a sua porta de carga e os assentos em plataforma	28
Figura 11 - Exemplo de configuração de um Boeing 747-400 Combi da KLM.	29

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Operadores de Carga na região geográfica da Europa.....	30
Tabela 2 - Operadores de carga na região de África.....	31
Tabela 3 - Operadores de carga na região da Oceânia	32
Tabela 4 - Operadores de carga na região geográfica sul americana	33
Tabela 5 - Operadores de carga na região geográfica norte americana.....	34
Tabela 6 - Operadores de carga na região geográfica asiática	35
Tabela 7 - Comparação de valor de mercado de aeronaves cargueiro e aeronaves com configuração de transporte de passageiros.	38
Tabela 8 - Custos de Conversão P2F para os principais modelos	39
Tabela 9 - Custos de Operação para o Ano 2018 dos vários tipos de aeronave	40
Tabela 10 - Preço médio de aquisição dos principais modelos de aeronave	40
Tabela 11 – Airbus A321 TMA-6% Receita-20M\$	44
Tabela 12 – Airbus A321 TMA-10% Receita-20M\$	44
Tabela 13 – Airbus A321 TMA-10% Receita-20M\$	44
Tabela 14 - Boeing 737 TMA-6% Receita-20M\$	45
Tabela 15 - Boeing 737 TMA-10% Receita-20M\$	45
Tabela 16 - Boeing 737 TMA-6% Receita-10M\$	45
Tabela 17 – Airbus A330 TMA- 6% Receita-40M\$	46
Tabela 18 – Airbus A330 TMA-10% Receita-40M\$	46
Tabela 19 – Airbus A330 TMA-6% Receita-20M\$	46
Tabela 20 - Boeing 777 TMA-6% Receita-40M\$	47
Tabela 21 - Boeing 777 TMA-10% Receita-40M\$	47
Tabela 22 - Boeing 777 TMA- 6% Receita-20M\$	47
Tabela 23 - Airbus A330 TMA-6% Receita-40M\$	49
Tabela 24 - Airbus A330 TMA-10% Receita-40M\$	49
Tabela 25 - Airbus A330 TMA-6% Receita-20M\$	49
Tabela 26 - Airbus A330 TMA-6% Receita-100M\$	49
Tabela 27 - Boeing 777 TMA-6% Receita-40M\$	50
Tabela 28 - Boeing 777 TMA-10% Receita-40M\$	51
Tabela 29 - Boeing 777 TMA-6% Receita-20M\$	51
Tabela 30 - Boeing 777 TMA-6% Receita-100M\$	51
Tabela 31 - Airbus A321 TMA-6% Receita-20M\$	52
Tabela 32 - Airbus A321 TMA-10% Receita-20M\$	52

Tabela 33 - Airbus A321 TMA-6% Receita-10M\$	52
Tabela 34 - Boeing 737 TMA-6% Receita-20M\$	52
Tabela 35 - Boeing 737 TMA-10% Receita-20M\$	53
Tabela 36 - Boeing 737 TMA-6% Receita-10M\$	53
Tabela 37 - Análise Custo-Benefício Aquisição Boeing 777F	54
Tabela 38 - Análise Custo-Benefício para aquisição de Airbus A330F	54

ABREVIATURAS E SIGLAS

ATK – Available Tonne-Kilometer

BSCC – *Basic Service Combination Carrier*

BSF – *Basic Service Freighter*

BCR – *Benefit-Cost Ratio*

CAA – *Civil Aviation Authority*

CTK – *Cost per Tonne-Kilometer*

EASA – *European Union Aviation Safety Agency*

FAA – *Federal Aviation Authority*

FCOM – *Flight Crew Operating Manual*

FSCC – *Full-Service Combination Carrier*

FSFO – *Full-Service Freighter Operator*

IATA – *International Air Transport Association*

ICAO – *International Civil Aviation Organization*

MRO – *Maintenance, Repair and Overhaul*

MSN – *Manufacturer's Serial Number*

NPV – *Net Present Value*

OM – *Operations Manual*

P2F – *Passenger to Freighter Conversion*

RTK – *Revenue per Tonnes-Kilometer*

SFSCC – *Separate Profit and Loss Full-Service Combination Carrier*

STC – *Supplemental Type Certificate*

TCPC – *Transport of cargo in the passenger cabin*

TMA – *Taxa mínima de atratividade*

DEFINIÇÕES

Aeronave - uma máquina que é capaz de se sustentar na atmosfera devido às reações do ar, excluindo as reações do ar contra a superfície terrestre (ANAC, 2015)

Airframe – estrutura mecânica de uma aeronave que não inclui os motores e instrumentos da mesma. Refere-se, portanto, à fuselagem, asas, secção de cauda e trem de aterragem de uma aeronave.

ATK (Available Tonnes-Kilometer) – métrica financeira que define a capacidade de carga disponível de uma companhia aérea expressa em toneladas por quilómetro.

Block hours (horas de calços) – tempo decorrido desde que a aeronave é removida de calços para a sua saída até ao momento em que se imobiliza na sua posição de estacionamento à chegada (Cirium, 2015)

CTK (Cost per Tonnes-Kilometer) – métrica financeira que expressa o valor dos custos de operação de transporte de carga em valores referentes a toneladas transportadas por quilómetro.

Freighter (Cargueiro) – qualquer aeronave certificada, exclusivamente, para o transporte de carga ou correio (ANAC, 2015).

Dangerous Goods (Carga perigosa) – toda a substância que, quando transportada, representa um risco para a saúde, segurança, propriedade ou meio ambiente (ICAO, 2024)

EASA (European Union Aviation Safety Agency) – órgão independente da União Europeia com papel de formular e legislar regras, standards e orientações para a operação segura da indústria aeronáutica na União Europeia (EASA, 2024).

EUROCONTROL (European Organization for the Safety of Air Navigation) – Organização Europeia para a Segurança da Navegação Aérea (ANAC, 2015).

Ground Service Providers – empresas que fornecem serviços de assistência em terra que incluem serviços como carregamento e assistência de carga e passageiros, abastecimento de combustível e manuseamento de carga e correio entre outros serviços (Skybrary, 2024)

Hub – um aeroporto com ligações para vários destinos onde passageiros e carga podem chegar de um país ou cidade e voar para outras cidades e países.

ICAO (*Intenational Civil Aviation Organization*) – agência das Nações Unidas que serve de fórum global para os Estados Membros desenvolverem políticas e standards com a missão de regular a aviação civil a nível global (ICAO, 2024)

Lessor – uma pessoa ou organização que permite a utilização a um operador, no caso da aeronáutica, a operar uma aeronave sob o regime de um contrato de leasing (ICAO, 2010)

Lifespan – período de vida operacional estimado para uma aeronave.

MRO (*Maintenance, Repair and Overhaul*) – uma empresa certificada por um regulador para executar tarefas de reparação, manutenção e inspeção de aeronaves.

Narrowbody – aeronave cuja cabine tem entre 3 e 4 metros de diâmetro, com filas normalmente de 2 até 6 lugares, mas sempre com um corredor central. Usadas regularmente em rotas de curto e médio curso.

Operator (operador) – uma pessoa singular ou coletiva que opere ou que se proponha operar uma ou mais aeronaves (ANAC, 2015).

Passenger belly (porão) – espaço no interior de uma aeronave, geralmente na parte inferior, destinado ao transporte de bagagem e carga.

Preighter – também conhecido como carga na cabine, é uma aeronave originalmente destinada ao transporte de passageiros, mas que é operada temporariamente como aeronave cargueiro, carregando carga na cabine de passageiros (Logistics Learning, 2022).

Quick-change – uma aeronave que permite a alteração da sua configuração de transporte de passageiros para configuração cargueira. Essa alteração é feita através da remoção dos assentos por módulos e que inclui uma porta de carga na seção da cabine que permite o carregamento de carga como numa aeronave do tipo cargueiro.

Rota – o itinerário a seguir por uma aeronave durante a respetiva exploração ou a projeção na superfície terrestre da trajetória de uma aeronave, cuja direção, em qualquer ponto, é geralmente expressa em graus a contar do Norte (verdadeiro, magnético ou de quadrícula) (ANAC, 2015).

RTK (*Revenue per Tonnes-Kilometer*) – métrica financeira que demonstra o rendimento obtido nas operações de transporte de carga, expressa em valores de toneladas por quilómetro voado.

SARPS (*Standards and Recommended Practices – ICAO*) – Normas e práticas Recomendadas – ICAO.

Turboprop – aeronave cujo seu método de propulsão é através de um motor turbopropulsor (motor de turbina que impulsiona uma hélice da aeronave).

Widebody – aeronave a jato na qual a cabine possui dois corredores, com sete ou mais assentos por fileira. Usadas regularmente em rotas de longo curso.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da procura de transporte de bens por via aérea, por apresentar o menor tempo de trânsito e a falta de oferta neste mercado por parte das companhias aéreas a operar no presente, a receita gerada neste tipo de mercado tem vindo a crescer de forma assinalável nos últimos anos apesar da recente quebra assistida no último ano devido aos eventos mundiais como a invasão da Ucrânia e o enfraquecimento do crescimento da economia global (IATA, 2023).

As companhias aéreas de transporte de passageiros operam num mercado altamente competitivo onde as margens financeiras disponíveis são cada vez mais reduzidas. Sendo que a maior parte da carga aérea transportada mundialmente, é transporte por estas companhias nos porões dos seus aviões, há ainda espaço para crescer e aumentar o *market share*¹ e tentar captar mercado que é explorado pelas companhias aéreas dedicadas exclusivamente ao transporte de carga. Ao longo do tempo temos assistido a um número crescente deste tipo de companhias aéreas a começar a operar no mercado de transporte de carga aérea com aviões cargueiros de maneira a diversificar o seu negócio e aumentar as suas receitas. Como tal fica por responder a motivação que leva estas companhias a entrar neste tipo de mercado e qual a maneira mais fácil de explorar de forma eficaz e viável este mercado.

Associado a este crescimento de operadores no mercado de transporte de carga aérea, está também o crescimento no negócio de conversão de aeronaves de configuração de transporte de passageiros para configuração do tipo cargueiro. Sendo um negócio em franco crescimento, analisamos a viabilidade deste tipo de operação em detrimento da aquisição de uma aeronave cargueira diretamente ao fabricante.

Analisar a viabilidade económica de uma operação desta magnitude é imperativo, consequente dos elevados custos associados e ao retorno necessário para atingir o objetivo de aumento das margens financeiras. A depreciação ou valorização dos bens

¹ Market share refers to the percentage of total sales or revenue that a company or product captures within a specific market over a certain period. It is a measure of a company's competitiveness and its dominance in the industry.

associados tem um peso igualmente importante à sustentabilidade de toda a operação seja ela ambiental, económica ou operacional.

1.1. Âmbito

O âmbito de realização deste trabalho é o de perceber quais as variáveis associadas na tomada de decisão de conversão de aeronaves de transporte de passageiros em aeronaves cargueiras ou na aquisição de aeronaves cargueiras diretamente do fabricante ou *lessor*² de forma a proporcionar novas áreas de negócio às companhias aéreas de transporte de passageiros.

1.2. Motivação

Com margens cada vez mais reduzidas nos seus negócios, as companhias aéreas de transporte de passageiros têm de continuar a evoluir o seu negócio de maneira a manterem a sua relevância num mercado altamente competitivo. Aliado ao elevado escrutínio à sua sustentabilidade e impacto ambiental, a indústria aeronáutica terá de se reinventar. Com a especial dificuldade de reciclagem e reaproveitamento de materiais das aeronaves mais antigas, a possibilidade de empregar uma segunda vida a uma aeronave perto do seu fim de vida ao desempenhar novas funções, neste caso como aeronave cargueiro poderá ser uma das respostas a esta questão altamente pertinente. Como tal, é importante perceber se este tipo de operação poderá aumentar a sustentabilidade da indústria, enquanto oferece novas fontes de rendimento aos *stakeholders* presentes.

1.3. Objetivos

O transporte de carga aérea é um negócio em franco crescimento e com margens financeiras superiores às do transporte aéreo de passageiros (especialmente desde o ano 2015 até ao ano 2021). Sendo que grande parte da carga aérea já é transportada nos porões dos aviões utilizados para transporte de passageiros, com este projeto pretende-se explorar como podem as companhias aéreas de passageiros aumentar a

² A lessor is an individual or a company that owns an asset and leases it to another party, known as the lessee. In the context of aviation, a lessor is typically a company that owns aircraft and leases them to airlines or other operators.

sua presença neste mercado. Este objetivo poderá ser através de compra de aviões cargueiros, converter aeronaves mais antigas em cargueiros, ou até mesmo recuperar o conceito de avião *quick-change* ou *preighters*³ que pode desempenhar um papel em ambos os mercados.

O enfoque do estudo recairá nas companhias aéreas de passageiros que operem uma frota tanto de curto/médio curso como também de longo curso. Os modelos de aeronave analisados serão os já presentes no mercado. O objetivo será tentar perceber se através destas estratégias de utilização de aeronaves para transporte de carga, as companhias aéreas de transporte de passageiros conseguem aumentar o seu *market share* neste tipo de negócio. É também objetivo deste projeto perceber qual a viabilidade financeira, através de uma análise de custo-benefício da conversão de aeronaves já existentes nas frotas das companhias aéreas em aviões do tipo cargueiro de maneira a melhorar a sustentabilidade do transporte aéreo.

1.4. Metodologia

A metodologia que irei aplicar no desenvolvimento deste trabalho será com base numa análise híbrida. Estará assente em análises financeiras de diversas variáveis com o intuito de formular uma solução quantitativa, mas com uma intencionalidade exploratória. Serão analisadas várias hipóteses e teorias e comparadas entre si de maneira a procurar a resolução dos objetivos propostos no estudo. Com base na informação disponível, será possível analisar e formular soluções que poderão ser genéricas ou de fácil aplicabilidade de maneira a abranger um maior número de oportunidades. Analisaremos os dados que demonstram a magnitude do negócio da carga aérea, tal como os valores que são oferecidos pelos vários tipos de aviões existentes em termos valor de mercado, custos de operação, custos de conversão em aeronave cargueiro, entre outros que permitam às companhias aéreas explorar este mesmo mercado. O valor apresentado em dólares tem como referência o dólar americano. Assim será possível formular teorias e oportunidades de negócio que as

³ The term "preighters" is a portmanteau of "passenger" and "freighters," and it refers to passenger aircraft that have been temporarily converted to carry cargo instead of passengers.

companhias aéreas poderão aproveitar nesta questão de partida abordada neste trabalho.

1.5. Estrutura do Trabalho

Este trabalho final de mestrado está organizado em cinco capítulos principais e secções.

No primeiro capítulo apresentamos ao leitor uma breve introdução sobre o tema a ser estudado neste trabalho, qual o âmbito do estudo e a motivação que nos levou a escolher esta temática. De seguida apresentamos quais os objetivos pretendidos com este estudo e qual a metodologia utilizada para a elaboração do mesmo.

No capítulo 2 apresentamos um enquadramento teórico do tema assente numa revisão da literatura publicada com base em estudos, relatórios e revistas especializadas da indústria onde podemos aferir a magnitude e profundidade do tema. Aliada à apresentação de algumas figuras, damos a conhecer ao leitor o tema proposto e o estado de arte do mesmo.

No capítulo 3 fazemos um desenvolvimento do tema de maneira a aprofundar e abordar todos os detalhes considerados relevantes para a formulação de respostas e teorias resultantes da recolha e análise dos dados propostos. Abordamos os vários tipos de estratégia de *business model* aplicado pelas companhias aéreas no mercado de transporte de carga, o processo de conversão de aeronaves e a sua sustentabilidade, abordamos os diferentes tipos de operação de carga que pode desempenhar uma aeronave, e por fim fazemos um levantamento das companhias aéreas e das aeronaves a operar neste momento no mercado de transporte de carga.

No capítulo 4 fazemos uma apresentação e discussão dos dados recolhidos. Aqui apresentamos os principais dados financeiros relacionados com o tema do trabalho e com os mesmos fazemos uma manipulação através de uma análise custo-benefício para formular teorias e soluções que respondam à questão do estudo.

No capítulo 5 apresentamos as conclusões formuladas com o estudo e apresentamos estudos futuros que poderão ser elaborados relacionados com o tema escolhido. Apresentamos também as limitações encontradas na realização deste trabalho.

No final do trabalho apresentamos todas as Referências utilizadas para a investigação e elaboração deste trabalho. Apresentamos também todos os Anexos utilizados para fundamentar a informação apresentada neste estudo.

2. ENQUADRAMENTO

Segundo a *International Air Transport Association (IATA)*⁴ à data do término do ano de 2020, o valor de carga transportada através do transporte aéreo correspondia a cerca de um terço de toda a carga comercializada mundialmente, representando um valor de mais de 6.7 biliões de dólares (IATA, 2020) apesar de em termos de volume este só representar cerca de 1% de toda tonelagem comercial mundial, sendo que maior parte dos bens comercializados em grandes quantidades ser transportada por via marítima. A Boeing, uma das maiores fabricantes de aviões do mundo, estima que cerca de 50% deste volume de carga aérea é transportada nos porões dos aviões de longo curso de transporte de passageiros (Boeing, 2021). No mesmo documento, a Boeing indica que até Junho de 2021, o volume de tráfego de carga aérea já teria excedido o valor registado em 2019 em 11%, sendo que comparativamente a capacidade oferecida era ainda inferior aos valores de 2019 em 13%. Associado a estes números está também a prova de que o lucro obtido com as operações de transporte de carga aérea excede o lucro obtido pelas operações de transporte de passageiros, especialmente durante o período pandémico (Figura 1).

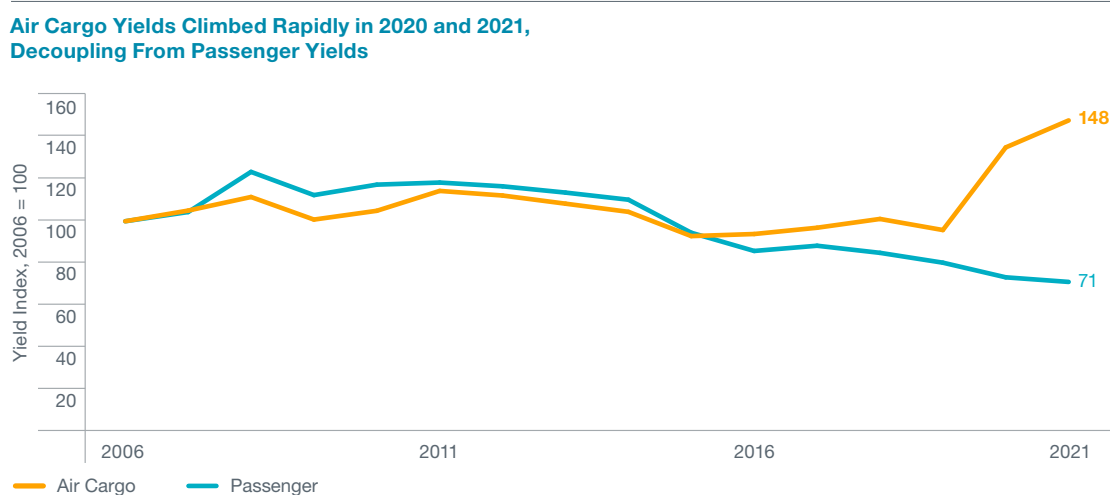


Figura 1 - Comparação de lucros entre transporte de carga e passageiros
 Fonte: (Boeing, 2022)

⁴ IATA – International Air Transport Association

Como explícito na Figura 2, no ano de 2022, a própria Boeing prevê um crescimento de 4.1% anual no tráfego de carga aérea, com um aumento de 1600 aviões na frota de aviões cargueiros e com a entrega de aviões convertidos em cargueiros no valor de 1855 aviões até ao ano de 2041 (Hoang, Gildemann, Collingwood, & Jin, 2022). Outro dos maiores *players* na indústria aeronáutica, a Airbus, prevê uma procura por aviões cargueiros de 2440 unidades até ao ano 2040, sendo que dessas unidades 1560 serão aeronaves convertidas em aviões cargueiros (Airbus, 2021).

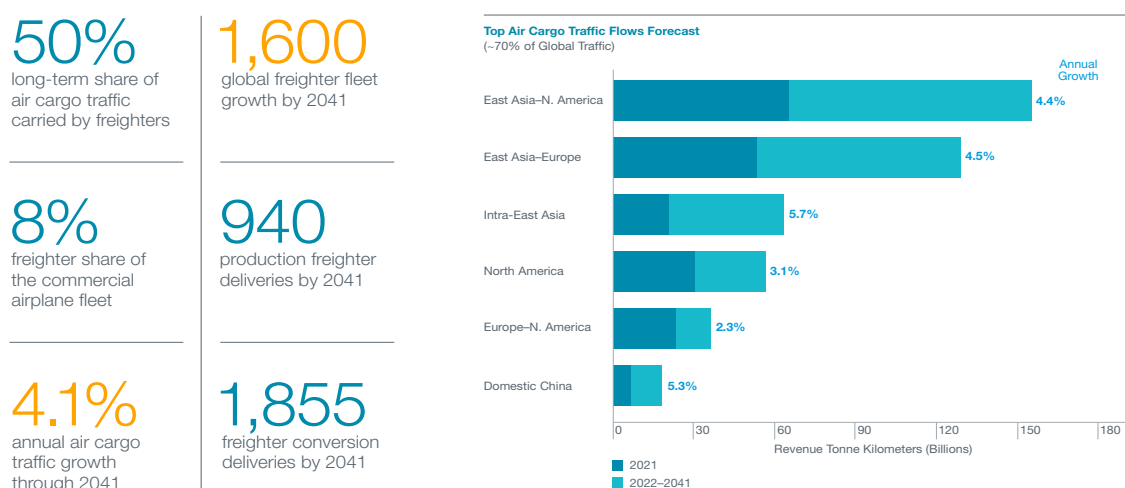


Figura 2 - Previsão de procura de aviões cargueiros
Fonte: (Boeing, 2022)

Dados do *Eurocontrol*⁵, autoridade europeia responsável pelo transporte aéreo, apontam para picos de procura de descolagens de voos de carga durante o final do dia para o período compreendido entre o pôr do sol e o nascer do dia (Eurocontrol, 2009). Assistindo a este tipo de padrão de procura de operação para aviões cargueiros, que se alinha com o período de menor atividade do transporte aéreo de passageiros, põe-se a questão se haverá novas oportunidades de negócio a serem exploradas pelas companhias aéreas de passageiros ao utilizarem os seus aviões para colmatar a falta de capacidade ainda oferecida no mercado de transporte de carga aérea. Uma das ferramentas disponíveis às companhias aéreas de passageiros é a conversão de aviões

⁵ Eurocontrol - European Organization for the Safety of Air Navigation

existentes nas suas frotas em aviões híbridos (*preighters*⁶ ou *quick change*⁷) (M Heinemann, 1967)

A receita gerada num voo de passageiros é controlada através do número de lugares disponíveis no avião para certas rotas operadas. Nos voos cargueiros o controlo de receita não é fixo pois depende do peso e volume por venda em conjunto com o espaço disponível a bordo (Kasilingam, 1996). A maneira como as companhias aéreas tem de avaliar a rentabilidade e eficiência das suas operações é calculando o rendimento obtido através das suas operações, no caso da carga utilizando as métricas de *Revenue tonne-kilometer (RTK*⁸) e *cost per tonne-kilometer (CTK*⁹). O RTK representa o total de toneladas por quilómetro voadas por carga geradora de receita, representando a atividade de transporte de carga. O CTK representa todos custos incorridos pela companhia aérea para transportar uma tonelada de carga num quilómetro voado, este valor é calculado dividindo o valor total dos custos operacionais pelo *available tonnes-kilometer (ATK*¹⁰) que representa o valor total da capacidade de carga da aeronave. Dividindo o valor de RTK pelo valor de CTK é possível extrair o rendimento obtido através das operações de transporte de carga. (Budd & Ison, Air transport management : an international perspective , 2016)

Consequentemente a procura por novos aviões cargueiros seja baixa devido ao facto que o *average freighter load factor*¹¹, que é calculado dividindo o RTK pelo ATK, seja de apenas 46% comparado com os 80% registados nos voos de passageiros (Budd

⁶ Preighter – passenger freighter aircraft.

⁷ Quick change - type of aircraft designed to be rapidly converted between different configurations, typically between passenger and cargo configurations.

⁸ RTK – Revenue per tonne-kilometer is the revenue generated by the transport of one tonne of cargo per kilometer flown.

⁹ CTK – Cost per tonne-kilometer is the cost incurred by transport of one tonne of cargo per kilometer flown.

¹⁰ ATK – available tonnes per kilometer defines the capacity of an aircraft in cargo operations.

¹¹ Average freighter load factor is the result of load factor in cargo operations by dividing the RTK value by the ATK value.

& Ison, 2016). Segundo o mesmo artigo é possível verificar que se assiste em algumas regiões do mundo um aumento na procura por serviços de *dedicated freighter*¹², não obstante do incremento verificado de capacidade de carga *bellyhold*¹³, o que sinaliza uma mudança complexa na disponibilização de serviços de carga aérea. Isto faz com que toda a operação e o seu sucesso seja muito mais complexo que o transporte regular de passageiros, fazendo com que a aposta neste segmento não seja tão certa por parte das companhias aéreas. Exemplo desta incerteza é que a carga aérea tem um comportamento diferente do transporte de passageiros pois o seu transporte muitas vezes é efetuado em trajetos *one-way*¹⁴, e o seu agendamento é muito mais tardio podendo ser marcado com um a dez dias de antecedência em comparação com a venda de bilhetes para passageiros que normalmente incluem um segmento de voo de regresso e são marcados por vezes com um ano de antecedência (Slager & Kapteijns, 2003).

A aposta das companhias aéreas de passageiros na incorporação de operações de carga na sua rede e planeamento de frota, permite uma maior diversificação do risco e operações com um aumento associado de receita. Um exemplo desse aumento de receita com a incorporação de operações de carga é visível nos resultados financeiros do grupo Lufthansa que só no seu segmento de mercado Lufthansa Cargo, para o ano de 2022 teve um aumento de *yields*¹⁵ de 17.7% face ao ano de 2021 e um aumento de 132,15% quando comparado com o período pré pandémico do ano 2019 (Group, 2022) que pode ser consultado no Anexo 5. Segundo a análise da Cirium em Maio de 2021 (Figura 3) foi possível ver um claro aumento na receita entre os anos 2018 e 2021 depois desta ter apresentado valores muito reduzidos no início do período em análise.

¹² Dedicated freighter – designation attributed to cargo aircraft.

¹³ Bellyhold – cargo capacity offered on the belly compartments of the aircraft.

¹⁴ One-way refers to a journey from one location to another without a return trip included in the ticket or fare.

¹⁵ Yield refers to the earnings generated and realized on an investment over a particular period, typically expressed as a percentage of the investment's cost, current market value, or face value.

Global air cargo supply and demand trend 2018-2021

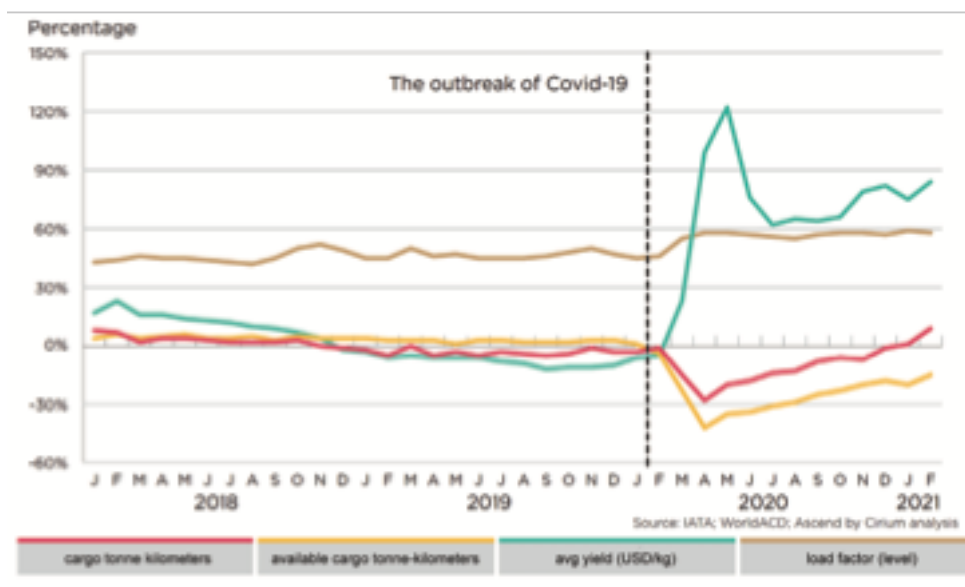


Figura 3 - Evolução da receita média (linha verde) no segmento de carga

Fonte: (Cirium, 2021)

No entanto, a utilização de somente *passenger-belly capacity*¹⁶, que já representa a maior parte de transporte de carga a nível global (Figura 4), por parte destas companhias emprega alguns riscos e desvantagens como a utilização em rotas que não servem as principais linhas de comércio de carga, os horários dos voos não são coincidentes com os horários procurados pelos despachantes de carga, impossibilidade de transporte de certos artigos e bens designados como *dangerous good*¹⁷s em que o seu embalamento e transporte tem de obedecer regras restritas que exigem mais cuidados e custos de transporte, e finalmente a ameaça de incumprimento de transporte de carga devido a restrições de capacidade de carga e alcance dos voos que

¹⁶ Passenger-belly capacity is the cargo capacity offered by passenger airlines in the bellyhold of its aircraft.

¹⁷ Dangerous goods refer to items or substances that pose risks to health, safety, property, or the environment during transportation.

já transportam passageiros obrigando a que carga fique no local de partida por falta de alcance (Hoang et al. 2022).

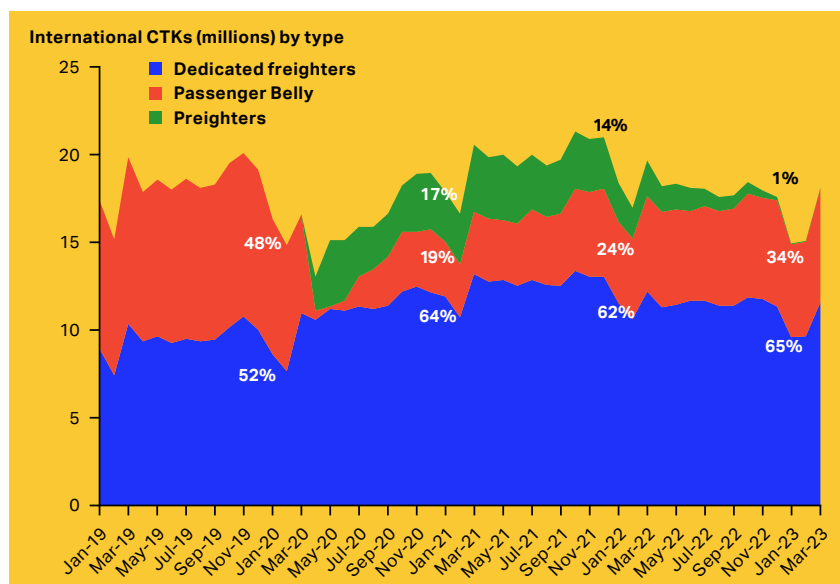


Figura 4 - Distribuição do transporte de carga aérea em CTk (carga tonnes per kilometer)
Fonte: (IATA, 2023)

A formação de parcerias, acordos de *code-share* ou de alianças poderá potenciar novas formas de transporte de carga aérea entre os vários *stakeholders*¹⁸ interessados no mercado (Iatrou & Alamdari, 2005). Colmatando assim algumas deficiências que se possam encontrar no transporte de carga em rotas específicas. Alianças no transporte aéreo de passageiros tais como a *Star Alliance*, *Oneworld* ou *SkyTeam* demonstram o sucesso no encaminhamento de passageiros e aumento de oferta de novos destinos oferecidos aos passageiros que viagem nas companhias aéreas que compõem essas mesmas alianças. O mesmo conceito é também presente nas operações de transporte de carga aérea. Partilha de espaço disponível nos aviões, partilha de capacidade de

¹⁸ Stakeholders refers to individuals, groups, or organizations that have an interest in or are affected by the activities, decisions, and outcomes of a project, organization, or business.

armazenagem nos diversos aeroportos e de serviços de *ground service providers*¹⁹ são exemplos de sinergias criadas por estas alianças no transporte de carga, reduzindo custos e aumentando os lucros neste tipo de operação. Um exemplo destas alianças é a *SkyTeam Cargo* que é composta por 9 companhias aéreas sendo que 7 delas integram na sua frota aviões cargueiros, enquanto as duas restantes disponibilizam espaço nos porões dos seus aviões de passageiros unicamente. Com companhias dos continentes sul-americano, norte-americano, Asiático e Europeu, o seu mapa de operações cobre praticamente todo o planeta, demonstrando uma alta competitividade e capacidade de oferta aos seus clientes. No ano 2000 foi formada outra grande aliança de transporte de carga aérea constituída por companhias integrantes da aliança *Star Alliance*, que se denominou como *WOW Cargo Alliance*. Esta aliança, formada pela *Lufthansa Cargo*, *Singapore Airlines Cargo*, *SAS Cargo Group* e *JAL Cargo (Japan Airlines Cargo)*, ao contrário da sua rival, tem uma presença de mercado muito menor e assume-se que desde o ano 2020 se tenha extinguido.

Uma categoria importante da carga aérea é a do tipo *dangerous goods*. A IATA classifica esta carga como artigos ou substâncias que são capazes de apresentar risco para a saúde, segurança, propriedade ou ambiental e que são classificadas de acordo com as regulamentações apresentadas no manual de *Dangerous Goods* (IATA, 2013). No mesmo manual este tipo de carga é classificado de acordo com o seu risco em 9 classes distintas:

1. Classe 1 – Explosivos
2. Classe 2 – Gases
3. Classe 3 – Líquidos Inflamáveis
4. Classe 4 – Sólidos Inflamáveis
5. Classe 5 – Substâncias Oxidantes e Peróxidos
6. Classe 6 – Substâncias Tóxicas e Infeciosas

¹⁹ Ground service providers are companies or entities that supply a range of support services to aircraft and passengers while on the ground at an airport.

7. Classe 7 – Material Radioativo
8. Classe 8 – Corrosivos
9. Classe 9 – Dangerous Goods Diversos

Cada *dangerous good* está sujeito a regulamentos que determinam as principais características e propriedades a considerar quanto ao seu transporte, quantidades, condicionamento e manuseamento, documentação e identificação, e handling que podem ser encontradas no mesmo manual de *Dangerous Goods Regulations (DGR)*. Dada a elevada especificidade de transporte deste tipo de carga, é importante referir que muitas substâncias estão condicionadas ao tipo de transporte permitido, sendo que algumas substâncias não podem ser transportadas na cabine de passageiros, outras não podem ser transportadas nos porões das aeronaves de transporte de passageiros sendo apenas possível o transporte em aviões cargueiros, e outras substâncias não poderão ser transportadas de todo por ar. Como tal foram também classificados os vários tipos de compartimentos de carga presentes nas aeronaves de maneira facilitar a divisão da carga a ser transportada nas aeronaves. A ICAO²⁰, através do seu documento 9481 *Emergency Response Guidance for Aircraft Incidents involving Dangerous Goods* (ICAO, 2022), classifica então os compartimentos de carga nas seguintes classes:

- *Class A* – compartimento de carga ou bagagem em que a presença de qualquer fogo será de fácil deteção por parte de um membro de tripulação e que cada parte do compartimento permite o seu acesso de forma facilitada. Um exemplo de compartimento *class A* são os *overhead bins*²¹ nos aviões de transporte de passageiros.
- *Class B* – são classificados com esta classe os compartimentos que permitem o acesso com o conteúdo de um extintor de mão quando combatido um incêndio e que quando este compartimento é acedido não há quantidade prejudicial de fumo, labaredas ou agente extintor em

²⁰ ICAO – International Civil Aviation Organization

²¹ Overhead bins are storage compartments located in the passenger cabin of an aircraft over the passenger seats.

contacto com o compartimento ocupado pela tripulação ou passageiros. Estes compartimentos devem também ter o seu próprio sistema de detecção de fumo ou fogo que possa avisar a tripulação técnica. Um exemplo de um compartimento class B são os porões de carga das aeronaves *combi* que normalmente se encontram entre a cabine de passageiros e o cockpit da aeronave.

- *Class C* – são os compartimentos que não cumprem com os requisitos necessários das classes A e B, mas incluem um sistema de extinção de incêndio controlado pela tripulação técnica e que tem a capacidade de ventilação e de circulação de ar que permita o combate de um incêndio em qualquer parte do compartimento. Os porões de carga da maioria das aeronaves são de classe C.
- *Class D* – são compartimentos em que no caso de ocorrência de um incêndio, este não irá pôr em risco a segurança da aeronave e dos seus passageiros. São dotados de capacidade de ventilação e extração de ar de maneira a remover as quantidades de fumo para que não afetem os passageiros e tripulação e que consigam limitar a presença de um incêndio dentro de limites seguros. Estes compartimentos estão também separados de zonas críticas da aeronave para que o calor em caso de incêndio não comprometam as mesmas. Também os porões de carga das aeronaves de passageiros são de classe D.
- *Class E* – os compartimentos desta classe são usados só nas aeronaves do tipo cargueiro. São dotados de sistemas de detecção e combate de incêndio controlado pela tripulação técnica no cockpit. Tem também sistemas que permitem a exaustão de gases e fumos do cockpit e sistemas de corte de fornecimento de ar dentro do compartimento de carga. As saídas de emergência nestes compartimentos de carga nunca estão obstruídas independente da configuração de carregamento da aeronave.

3. DESENVOLVIMENTO DO TEMA

Neste capítulo aprofundamos o negócio de transporte de carga aérea e as várias vertentes que iremos analisar mais tarde na apresentação e discussão de resultados. Iniciaremos com uma introdução às diferentes estratégias de *business model*²² no mercado de carga aérea empregues pelas companhias aéreas de transporte de passageiros. De seguida abordaremos a sustentabilidade do processo de conversão de configuração de aeronaves. Iremos mostrar os vários tipos de conversão e funções desempenhadas pelas aeronaves no mercado de transporte de carga aérea, e por fim faremos um levantamento das companhias aéreas já com presença no mercado de transporte de carga aérea e o tipo de aeronave que utiliza organizado por zona geográfica.

3.1 Estratégias de Business Model

Para se conseguir aferir se este tipo de operação é adequado para certa companhia aérea, é importante determinar que tipo de estratégia é que a mesma emprega no seu *business model*. (Dewulf, Meersman, & de Voorde, 2019) analisou a estratégia de 47 companhias aéreas de maneira a formular 5 estratégias de negócio de transporte de carga: *Basic Service Freighter (BSF)*, *Full Service Freighter Operator (FSFO)*, *Basic Service Combination Carrier (BSCC)*, *Full Service Combination Carrier (FSCC)*, e *Separate Profit and Loss Full Service Combination Carrier (SFSCC)*. No entanto, tendo em conta o âmbito deste estudo que pretende estudar a incorporação de uma capacidade de transporte de carga maior em transportadoras de passageiros, só analisaremos as últimas 3 estratégias que se focam neste tipo de mercado. Companhias aéreas que empreguem este tipo de estratégias são caracterizadas com as seguintes características em termos de produto, mercado e *network*:

- ***Basic Service Combination Carrier (BSCC)*** – é a que apresenta o menor nível de compromisso com o mercado de transporte de carga, sendo as decisões de negócio maioritariamente influenciadas pelo mercado de transporte de

²² Business model refers to a company's plan for generating revenue and making a profit from its operations.

passageiros, e o transporte de carga é um serviço complementar. O tipo de serviços complementares oferecido é bastante básico (como por exemplo a capacidade de acompanhamento de encomendas ou serviços de desalfandegagem) e representa muito pouca receita no tipo de operação. A maior parte da carga é transportada nos porões dos aviões e a rede de destinos é a mesma dos voos operados para transporte de passageiros. Um exemplo de companhia aérea que adota este tipo de estratégia na sua unidade de carga é a TAP Air Portugal (TP) ou a SATA (S4).

- **Full Service Combination Carrier (FSCC)** – as companhias aéreas que adotem este tipo de estratégia no transporte de carga aérea já oferecem alguns produtos diferenciadores das BSCC como, por exemplo entregas com garantia de data de entrega, e já tem uma equipa dedicada de vendas. A sua rede de destinos continua altamente dependente das rotas já operadas no negócio de transporte de passageiros sendo comum o aparecimento de algumas rotas independentes para transporte de carga. Neste último tipo de rotas, as companhias aéreas que empregam este tipo de estratégia costumam empregar estas rotas a aviões contratados *ad-hoc*²³ a outras companhias. Nas restantes rotas, a carga vai acomodada nos porões dos aviões que executam as rotas de transporte de passageiros. A utilização de alianças com outras companhias é também comum neste tipo de estratégia, mas altamente dependentes das alianças no transporte de passageiros. Exemplos de companhias que empreguem este tipo de estratégia são a *British Airways* (BH) ou a *Finnair*.
- **Separate Profit and Loss Full Service Combination Carrier (SFSCC)** – este tipo de estratégia é empregue pelas companhias aéreas com o maior nível de compromisso com o negócio de transporte de carga. O nível de serviços oferecidos por estes operadores é em muito semelhante aos serviços oferecidos pelas companhias de transporte aéreo de carga, em que podem ser incluídos como serviços a utilização de armazéns próprios, centros de logística e

²³ Ad-hoc in this case is used to define temporary, improvised, or spontaneous arrangements that are tailored to address a specific issue or situation.

transporte terrestre independentes e à medida do tipo de operação entre outros. Estes serviços são comercializados pelos próprios representantes comerciais ou até mesmo por subsidiárias criadas para o propósito de maneira a enaltecer independência entre negócios. A sua rede de operações é criada de acordo com as necessidades de mercado e é independente da rede que oferece para transporte de passageiros. Dada a sua magnitude e nível de entrega ao mercado, são considerados *market makers*²⁴ e investem muitas vezes em zonas geográficas pouco exploradas no mercado de transporte de carga, mas que oferecem na mesma altos níveis de rentabilidade no mercado de passageiros. Lufthansa Cargo (LH), *Turkish Airlines* (TK) ou *Emirates* (EK) (Figura 5) são companhias aéreas que exploram com bastante sucesso este tipo de estratégia.



Figura 5 - Exemplo de armazém e operação de chão da Emirates Sky Cargo
Fonte: (Emirates SkyCargo, 2020)

Utilizando as mesmas métricas, (Reis & Silva, 2016) conseguiu explorar com base em resultados sobre as atividades chave e estrutura de custos as características que

²⁴ Market makers refer to companies that play a significant role in the market they explore that their type of operation usually plays a big role in the outcome of the whole market.

cada tipo de estratégia revela no mercado. Concluiu assim que a nível de atividades chave as companhias com estratégia SFCC oferecem uma rede de destinos vasta com presença em pelo menos 3 continentes e complementadas por redes *RFS (Road Feeder Services)* muito bem desenvolvidas. Neste aspeto as companhias FSCC oferecem uma rede de operações mais regional complementada também com uma rede RFS e em regiões específicas com mercados de alta receita, enquanto as companhias BSCC apenas oferecem um serviço específico ou regional e a utilização de redes RFS costuma ser subcontratada. Nos serviços adicionais oferecidos as BSCC apenas comercializam serviços básicos como seguimento de encomendas online ou controlo de entrega, por outro lado as SFCC e FSCC oferecem serviços mais especializados como transporte de carga de animais vivos, carga perecível e carente de controlo de temperatura. É também nas companhias que adotam este tipo de estratégias que verificamos a utilização de aeronaves *freighter*²⁵. Consequentemente a estrutura de custos destas últimas é consideravelmente maior pois a utilização e operação de uma frota de aviões *freighter*, seja ela contratada *ad-hoc* no caso das companhias FSCC ou com uma vasta frota de aeronaves *freighter* no caso das companhias SFCC, implica um custo muito grande nas contas das unidades de transporte de carga aérea. No entanto estas duas estratégias adotam um produto de custos conjunto com os restantes custos (administração, representação, RFS entre outros) controlados pela unidade de negócio de transporte de carga podendo assim otimizar os seus preços, quando o mesmo não é possível nas companhias aéreas que adotam a estratégia BSCC pois estas consideram o transporte de carga como um *by-product*²⁶ das suas operações de transporte de passageiros.

²⁵ Freighter aircraft is a designation used to describe aircraft with a cargo configuration.

²⁶ A by-product is a secondary product derived from a manufacturing process, chemical reaction, or any other production process, which is not the primary product or purpose of the process.

As várias estratégias de *business model* podem ser resumidas pelo seguinte quadro:

Estratégia de Negócio	Descrição	Rede de Operações	Serviços Oferecidos	Utilização de Aeronaves <i>Freighter</i>	Estrutura de Custos
<i>FSCC (Full-Service Combination Carrier)</i>	Oferta de serviços especializados de carga e passageiros com maior foco na integração e otimização de ambas as operações.	Rede de operações mais regional, complementada com uma rede <i>RFS (Road Feeder Services)</i> e foco em mercados de alta receita.	Serviços mais especializados, como transporte de carga de animais vivos, carga perecível, e carga carente de controle de temperatura.	Utilização de aeronaves <i>freighter</i> contratadas <i>ad-hoc</i> ou com parte de uma frota dedicada, dependendo da necessidade.	Estrutura de custos consideravelmente maior devido à operação de aeronaves <i>freighter</i> , mas com um modelo de custos compartilhados que inclui administração, representação, RFS, etc.
<i>BSCC (Basic Service Combination Carrier)</i>	Foco no transporte de passageiros, com o serviço de carga operando de forma complementar e menos especializada.	Serviço específico ou regional, com a utilização de redes RFS frequentemente subcontratada.	Serviços básicos de carga, como seguimento de encomendas online e controle de entrega.	Rara utilização de aeronaves <i>freighter</i> , focando mais no aproveitamento do espaço disponível nos porões de aeronaves de passageiros.	Estrutura de custos reduzida, com o transporte de carga visto como um subproduto das operações de transporte de passageiros, sem grandes investimentos em frota dedicada ou serviços especializados.
<i>SFCC (Separate Profit and Loss Full-Service Combination Carrier)</i>	Operação de uma unidade de negócios de carga totalmente independente, oferecendo uma ampla gama de serviços especializados de carga.	Rede de operações desenhada de acordo com as necessidades do mercado de carga, independente das operações de passageiros.	Serviços de carga altamente especializados, semelhantes aos oferecidos por operadores exclusivos de carga.	Operação de uma vasta frota de aeronaves <i>freighter</i> , com foco em maximizar a eficiência e cobertura do serviço de carga.	Estrutura de custos elevada, justificada pela operação dedicada e especializada de carga, com possibilidade de otimização de preços através do controle direto sobre a maioria dos custos operacionais.

Quadro 1 - Estratégias de *Business Model* no mercado de carga
Fonte: O próprio

3.2 Sustentabilidade e conversão de aeronaves

Um outro aspeto que terá de ser considerado aquando da tomada de decisão de conversão em aeronave do tipo cargueiro por parte dos *owners*²⁷ e *operators*²⁸ destas aeronaves, é a de qual a sustentabilidade tanto económica como ambiental desta decisão em detrimento de enviar a mesma aeronave para abate e reciclagem. Legalmente cabe ao proprietário da aeronave que acaba estacionada num cemitério de aviões, se esta deve ou não ser reciclada ou ficar sujeita a todos os elementos meteorológicos enquanto os seus componentes perdem qualidade e contribuem para a poluição da atmosfera terrestre, pois não existe qualquer obrigatoriedade legal para que esta reciclagem seja realizada (Scheelhaase, Muller, Ennen, & Grimme, 2022). Este estudo aponta também que uma das maiores barreiras ao aumento da atividade de reciclagem de material aeronáutico será a sua capacidade de desenvolvimento tecnológico que permita a reciclagem de materiais compósitos que no presente equipam as aeronaves comerciais e que aos dias de hoje a sua reciclagem é difícil e dispendiosa. No entanto, os lucros deste tipo de operação de reciclagem e reaproveitamento de componentes de aeronaves que já atingiram o seu fim de vida útil são bastante generosos. Isto associado ao elevado número de componentes que pode ser reaproveitado e reciclado 20 mil componentes de um total de cerca de 50 mil componentes de grande dimensão (Dan Zhao, 2021). No mesmo estudo é possível verificar que a *International Consulting Firm (ICF)* estima que o mercado de material aeronáutico usado e de segunda mão atinja um ritmo de crescimento de 5.2% no ano de 2026, o que excederá na altura o valor de crescimento de valor de mercado de toda a indústria de manutenção aeronáutica. Isto resulta numa maior competitividade entre as empresas inseridas nas indústrias de fornecimento de material aeronáutico usado, de manufatura de componentes e de manutenção aeronáutica.

²⁷ Owner typically refers to the individual or entity that holds legal ownership of an aircraft. Aircraft ownership entails possessing the legal title to the aircraft, along with associated rights and responsibilities.

²⁸ Operators refers to individuals or entities that are responsible for the operation of aircraft. Operators can include a wide range of organizations, from commercial airlines and charter companies to cargo carriers, private aviation firms, and government agencies.

Em 2020, com o aparecimento da pandemia mundial do SARS COVID-19, a indústria aeronáutica assistiu a uma interrupção de operações repentina e sem precedentes em que se assistiu a uma quebra de cerca de 80% no número de voos internacionais a nível mundial (Figura 6 e Figura 7).

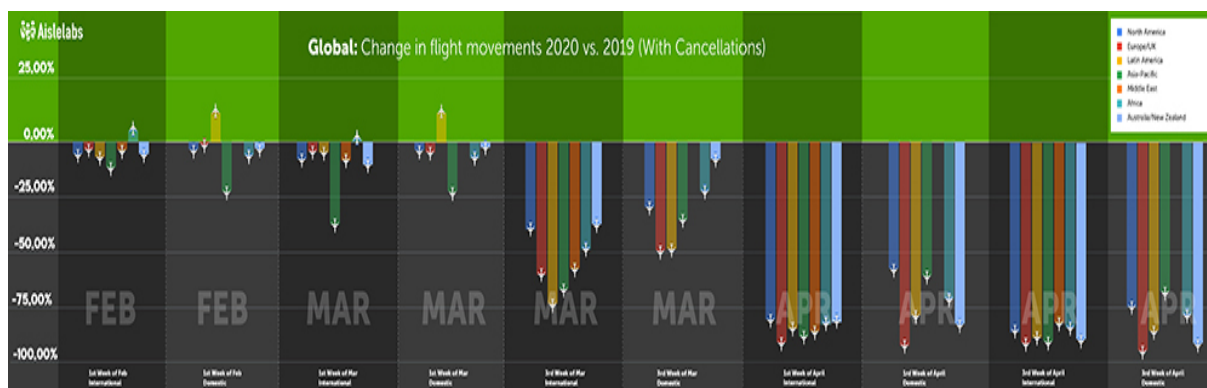


Figura 6 – Quebra de movimentos com o aparecimento do Covid-19
Fonte: (Aislelabs, 2020)

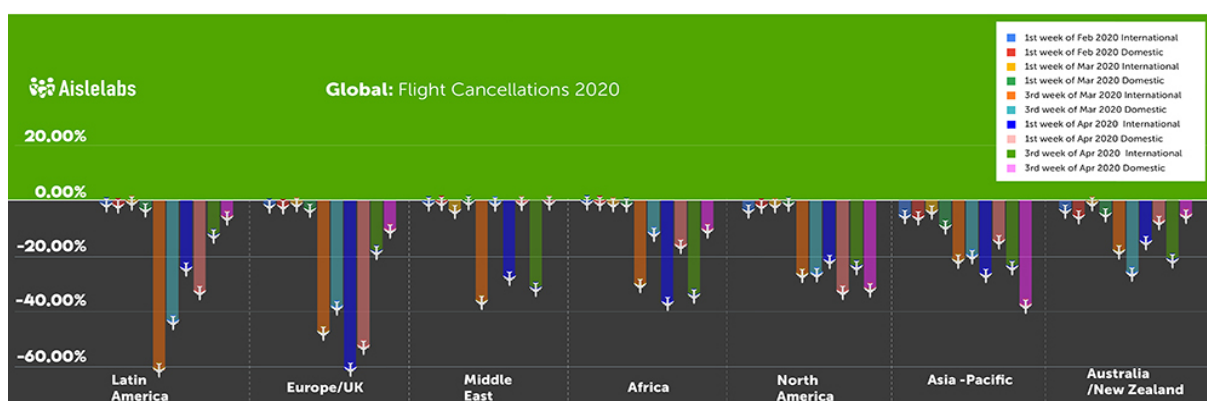


Figura 7 - Cancelamentos de voos durante o período de Pandemia COVID-19
Fonte: (Aislelabs, 2020)

Com esta interrupção grande parte da carga aérea ficou por transportar e circular através das várias cadeias de abastecimento mundiais. Consequentemente, os preços aumentaram devido à elevada procura e fraca oferta, obrigando a inovações no transporte da carga aérea por parte dos vários *players* que integram esta indústria. Uma das soluções encontrada na altura foi a da utilização de aeronaves normalmente utilizadas para o transporte aéreo comercial de passageiros como meio de transporte de carga aérea urgente, principalmente de equipamento de proteção pessoal e de medicamentos urgentes entre outros. Esta transição operacional obrigou as companhias

aéreas, autoridades aeronáuticas nacionais e internacionais a desenvolver novas normativas e recomendações práticas para o transporte seguro desta mercadoria. Foi nesta altura que apareceram as primeiras aeronaves denominadas como *preighter*, onde se utilizava uma aeronave para *passenger transport* como uma aeronave *freighter* (Figura 8). Vários tipos de *preighter* passaram a navegar pelo espaço aéreo internacional, carregando carga só nos seus porões de carga e *overhead bins*, carga acomodada nos bancos de passageiros com redes especiais de maneira a prevenir o seu movimento durante o voo, ou aviões que sofreram alterações internas a nível de acabamentos de interiores onde foram retirados todos os assentos de passageiros de maneira a aumentar a capacidade de carga oferecida naquela aeronave.

A ICAO (*International Civil Aviation Organization*), órgão máximo mundial na elaboração de sugestões e recomendações a serem aplicadas pelas demais autoridades aeronáuticas, atribui a este tipo de operação o nome de *TCPC – transport of cargo in the passenger cabin*. Como tal nos 19 Anexos que compõe a sua área de responsabilidade e onde são publicados os SARPS (*Standards and Recommended Practices*) sofreram alterações de maneira a incorporar este tipo de operação.



Figura 8 - Exemplo do tipo de operação *preighter*
Fonte: O próprio

Os dois anexos principais que passaram a regulamentar este tipo de operação foram os Anexos 6 – *Operations of Aircraft* (International Civil Aviation Organization, 2022) e o Anexo 8 – *Airworthiness of Aircraft* (International Civil Aviation Organization, 2022). No Anexo 6 passou-se a incluir práticas recomendadas onde estavam designados os requisitos necessários para a fase de *flight preparation and operations, operational certification and supervision*, elaboração de novos *emergency duties* e *specific training* para os tripulantes de cabine e para os *flight operations officers* e *flight dispatchers*²⁹. O Anexo 8, nesta revisão, teve um papel fundamental na certificação, aceitação e aprovação das alterações a que as aeronaves foram submetidas para o TCPC. Estavam também contempladas quaisquer exceções e isenções associadas a este tipo de operação (Taal, 2020). Algumas das considerações que tiveram de ser tomadas por parte das várias autoridades nacionais na aprovação de TCPC aos operadores aéreos, incluem, porém, não se limitam a matérias como:

- *Airworthiness* – verificar se aeronave cumpre com os standards de *crashworthiness*. Com principal foco na iluminação de emergência e requisitos de *egress* em caso de emergência;
- *Security* – elaboração de novos requisitos de aircraft cabin security checks/searches;
- *Operational* – elaboração de revisões temporárias aos manuais de operações das aeronaves (FCOM, OM, etc.);
- *Dangerous Goods* – comprovar os requisitos de *loading/securing* e *storage* deste tipo de carga e a certificação de *Dangerous Goods Approval*.

No entanto, com o término em 2022 da situação pandémica global originada com o aparecimento da infeção viral do vírus SARS COVID-19 em 2020, a EASA decidiu não prolongar as autorizações temporárias e excecionais de TCPC (A. Ottomaniello, 2022). Consequentemente o número de aeronaves a operar com configuração do tipo

²⁹ Flight operations officers and flight dispatchers are aviation professionals responsible for planning, coordinating, and monitoring flight operations to ensure the safe and efficient conduct of flights.

freighter reduziu significativamente, sendo que no presente não há registos deste tipo de operação.

São várias as alterações e modificações que tem de ser executadas numa aeronave numa conversão de configuração de operação de transporte de passageiros para aeronave cargueiro. De acordo com o *White paper* publicado pela EFW - Elbe Flugzeugwerke (Fendt, 2021), empresa que faz conversões de Airbus para cargueiros, as alterações feitas aos *airframes*³⁰ são aplicadas em vários sistemas e componentes da mesma. As alterações mais notórias a olho nu são a criação de uma porta de carga de grandes dimensões na parte da frente da cabine da aeronave, a remoção das restantes portas e saídas de emergência, e a remoção das janelas da fuselagem. Não tão visíveis, mas com uma importância relevante, estão também alterações aos sistemas hidráulicos da aeronave, ao sistema de deteção e combate a incêndio, sistema de distribuição de ar na cabine, ou reconfiguração e reforço dos painéis de solo da cabine para permitir o suporte de cargas mais pesadas e instalação do sistema de carregamento de carga contentorizada na cabine (Figura 9).

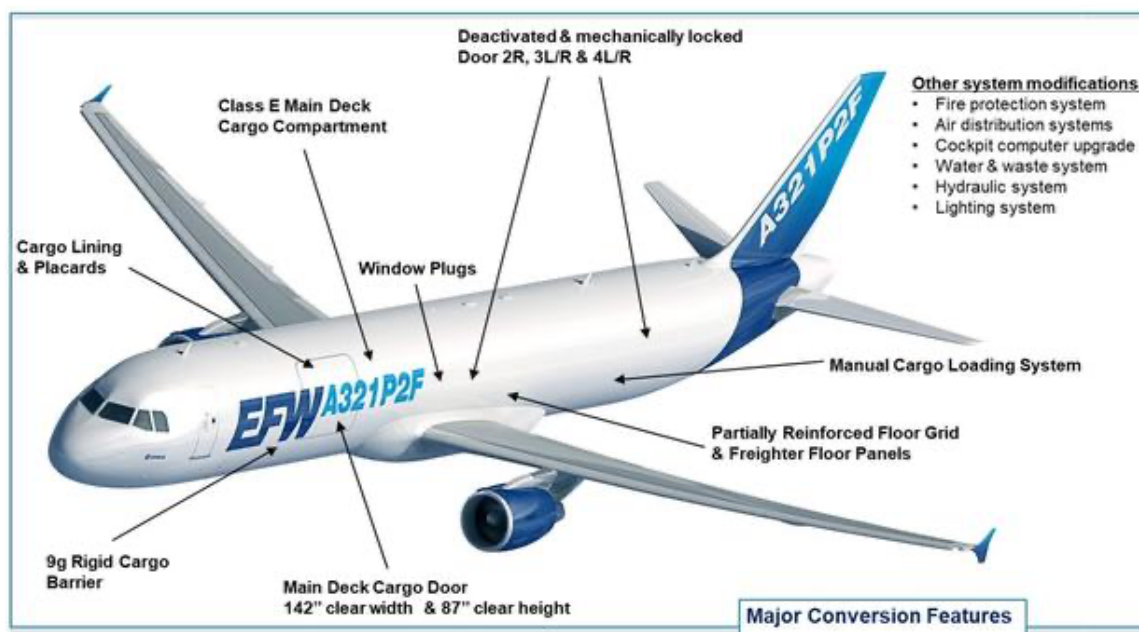


Figura 9 - Alterações na conversão P2F
Fonte: Airbus

³⁰ Airframes encompass all the physical components that make up the aircraft's body, ensuring the aircraft's structural integrity and aerodynamic properties.

A empresa responsável pela conversão das aeronaves tem a obrigação de prestar um serviço que cumpra toda a legislação necessária para a certificação da aeronave com a sua nova configuração. Esta legislação está esplanada na forma de *Supplemental Type Certificates (STC)*³¹ emitidos pelos vários reguladores da indústria aeronáutica como a EASA na Europa, a FAA nos Estados Unidos da América ou a CAA no Reino Unido. No anexo 1 conseguimos ver um exemplo de uma STC emitida pela FAA a aprovar a conversão efetuada pela EFW- ELBE FLUGZEUGWERKE GmbH às aeronaves Airbus A321 na sua versão P2F. Depois de emitida, esta STC passa a pertencer à documentação legal da aeronave e é aplicável a um único registo de aeronave.

3.3 Tipos de função de aeronaves (*Aircraft Role*)

As aeronaves cargueiras, como abordadas neste estudo, podem ter várias origens de operação e configuração. São várias as designações que lhes são atribuídas sendo que as principais são *Cargo configuration*³², *P2F conversion*³³, *Quick Change*³⁴ ou *Combi operation*³⁵. Para efeitos deste estudo consideramos as aeronaves como **Cargo configuration** como as aeronaves que foram construídas de origem pelo fabricante com uma configuração de cargueiro. As aeronaves catalogadas como **P2F** são aeronaves que foram sujeitas a uma conversão de *airframe* para configuração de cargueiro. Estas conversões poderão ser feitas pelo fabricante como é o caso das designações BCF (*Boeing Converted Freighter*) ou por empresas credenciadas para o efeito como no caso

³¹ A Supplemental Type Certificate (STC) is a regulatory approval issued by aviation authorities, such as the Federal Aviation Administration (FAA) in the United States or the European Union Aviation Safety Agency (EASA) in Europe, for modifications or enhancements to an existing aircraft design that was previously certified.

³² Cargo configuration defines aircraft built by the manufacturer with a cargo configuration.

³³ P2F aircraft refers to aircraft that were subject to a configuration change from passenger configuration to cargo configuration.

³⁴ Quick change aircraft present a configuration that allows the quick alteration of configuration from passenger configuration to cargo.

³⁵ Combi aircraft offer the possibility of transportation of both passengers and cargo in the same cabin, usually separated by a bulkhead.

das aeronaves Airbus A321-200(P2F) em que a primeira empresa certificada a fazer esta conversão foi a Elbe Flugzeugwerke (EFW) mas que presentemente mais empresas se juntaram a realizar este tipo de conversões. As aeronaves **Quick Change** são as designadas como aeronaves híbridas que permitem uma alteração de configuração do seu interior de forma simples e célere. Exemplo deste tipo de aeronaves é o Boeing 737-300(QC) (Figura 10) que já incorpora na sua fuselagem uma porta de grandes dimensões que permitem o carregamento de carga e que os seus assentos de passageiros estão assentes em plataformas deslizantes de fácil colocação e remoção para mudar a configuração para a operação de transporte de carga.

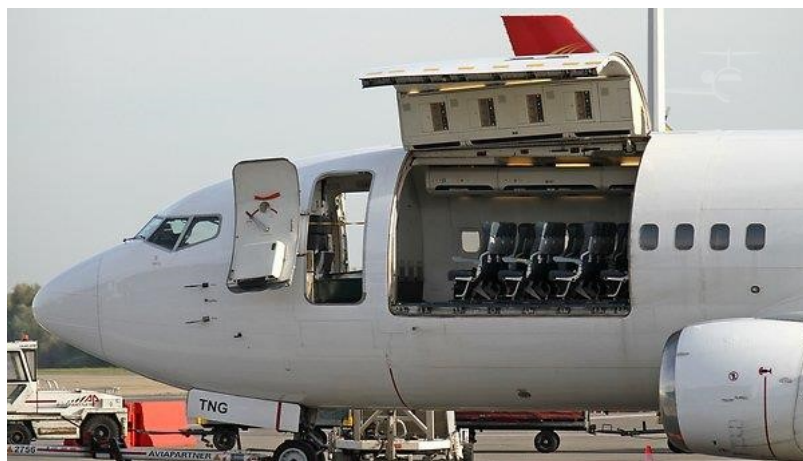


Figura 10 - Exemplo de um Boeing 737-300(QC) onde se pode ver a sua porta de carga e os assentos em plataforma
Fonte: (Aircraft.com)

Por fim as aeronaves com configuração **Combi** são aeronaves que tem na sua zona de cabine de transporte de passageiros um compartimento separado para transporte de carga e correio (Figura 11). Normalmente oferecem um menor número de lugares para passageiros e não são removidos na totalidade o número de assentos presentes na aeronave como no caso das aeronaves *Quick Change*.



Figura 11 - Exemplo de configuração de um Boeing 747-400 Combi da KLM.
Fonte: (KLM, 2022)

3.4 Levantamento Companhias aéreas com operações de carga

Através do acesso à base de dados da ch-aviation (ch-aviation, 2023), foi feita no dia 16 de Outubro de 2023 uma consulta relacionada com o número de aeronaves a operar em operações de transporte de carga por parte de companhias aéreas de transporte regular de passageiros a nível mundial. O objetivo desta análise era a de tentar perceber qual o número de companhias aéreas que empregava este tipo de negócio e que percentagem representam no número de companhias aéreas de transporte regular de passageiros organizadas pelas 6 áreas geográficas (Europa, América do Norte, América do Sul, Ásia, Oceânia e África). Nesta consulta foi também possível identificar quais os tipos de aeronave mais utilizada em cada região e o número de aeronaves de cada modelo empregue por cada companhia aérea.

A informação é assim apresentada nas seguintes tabelas.

Tabela 1 - Operadores de Carga na região geográfica da Europa
Fonte: O próprio

Airline	Aircraft Variant	Aircraft Role	Number of Aircraft
Air Belgium	A330-200(P2F)	P2F	2
Air Belgium	A330-200F	Cargo	1
Air Belgium	B747-8F	Cargo	3
Air France	B777-200F	Cargo	2
Amapola Flyg	F50(F)	Cargo	5
ASL Airlines France	B737-300(QC)	Quick Change	2
ASL Airlines France	B737-400(SF)	P2F	3
ASL Airlines France	B737-800(BCF)	P2F	7
euroAtlantic Airways	B777-300ER	P2F	1
Icelandair	B757-200PF	Cargo	1
Icelandair	B757-200PCF	P2F	1
Icelandair	B767-300ER(BCF)	P2F	2
Loganair	ATR72-500(F)	Cargo	4
Lufthansa Cityline	A321-200(P2F)	P2F	4
NyxAir	ATR72-500(F)	Cargo	1
NyxAir	Saab 340A(F)	Cargo	2
S7 Airlines	B737-800(BCF)	P2F	2
Turkish Airlines	A330-200F	Cargo	10
Turkish Airlines	B737-800	P2F	1
Turkish Airlines	B777-200F	Cargo	8
Wizz Air	A330-200F	Cargo	1

Como explanado na tabela 1, na região da Europa foi possível identificar 12 companhias aéreas com negócio de transporte de carga implementado utilizando aviões cargueiros nas suas operações numa população de 218 companhias aéreas com serviço de transporte regular de passageiros. Isto representa que apenas 5.50% das companhias aéreas europeias utilizam aeronaves do tipo cargueiro na sua operação de transporte de carga. No continente europeu é também de notar que a aeronave mais utilizada como cargueiro é de modelo Boeing 737 (com 15 unidades utilizadas por 3 companhias aéreas) no segmento de aeronaves *narrowbody*³⁶, seguido pelo Airbus A330 (com 14

³⁶ Narrowbody aircraft defines airplanes with a fuselage wide enough to accommodate a single aisle. They are typically used in short to medium-haul flights.

unidades utilizadas por 3 companhias aéreas) no segmento de aeronaves *widebody*³⁷. No segmento de aeronaves *turboprop*³⁸ o modelo mais utilizado é o ATR 72 e o Fokker 50, ambas com 5 unidades. De notar também que destas aeronaves, 38 são cargueiros de fábrica, 23 são cargueiros convertidos de aeronaves utilizadas para transporte de passageiros, e 2 aeronaves tem uma função *quick-change* em que lhes é permitida a conversão de funções através de procedimentos de manutenção ligeira célere.

Tabela 2 - Operadores de carga na região de África
Fonte: O próprio

Airline	Aircraft Variant	Aircraft Role	Number of Aircraft
Air Algérie	B737-700C	Quick Change	2
Air Algérie	B737-800(BCF)	P2F	1
Air Tanzania	B767-300F	Cargo	1
Camair-Co	MA-60	P2F	2
Canadian Airways Congo	B737-200	Combi	1
CEIBA Intercontinental	ATR42-320(F)	Cargo	1
EgyptAir	A330-200(P2F)	P2F	1
EgyptAir	B737-800SF	P2F	1
Ethiopian Airways	B737-800SF	P2F	2
Ethiopian Airways	B737-800(BCF)	P2F	1
Ethiopian Airways	B767-300ER(BDSF)	P2F	2
Ethiopian Airways	B777-200F	Cargo	9
flyCAA	ATR72-500F	Cargo	2
Jetways Airlines	F50(F)	Cargo	2
Jubba Airways	F50(F)	Cargo	1
Kenya Airways	B737-300(SF)	P2F	2
Liz Aviation	IL-76TD	Cargo	1
Overland Airways	ATR42-300(QC)	Quick Change	1
Renegade Air	F50(F)	Cargo	1
Royal Air Maroc	B767-300ER(BCF)	P2F	1
RwandAir	B737-800SF	P2F	1
Safair	B737-700C	Combi	1
Safe Air	B727-200(F)	Cargo	2
Tarco Aviation	B737-400F	Cargo	1
Transair (Senegal)	EMB-120RT(QC)	Quick Change	1

³⁷ Widebody aircraft have a fuselage able to accommodate two aisles. They are mainly used in long-haul flights.

³⁸ Turboprop aircraft define the aircraft that are propelled by turboprop engine to drive its propellers.

A tabela 2 apresenta-nos que continente africano foi possível identificar 20 companhias aéreas de 108 que operam como serviço regular de transporte de passageiros que integram aeronaves do tipo cargueiro nas suas operações, o que representa 18.52%. Tal como no continente europeu, a aeronave mais utilizada é o Boeing 737 (com 13 unidades utilizadas por 8 companhias aéreas) no segmento *narrowbody*, o Boeing 777 (com 9 unidades utilizadas pela Ethiopian Airways) no segmento *widebody*, e no segmento de aeronaves *turboprop* os ATR e os Fokker estão empatados com 4 unidades cada. Na região de África também é predominante os aviões de origem cargueira (21 unidades) enquanto os aviões convertidos de transporte de passageiros são apenas 14 unidades. Há, no entanto, um maior número de aeronaves *quick-change* do que as encontradas no continente europeu com 4 unidades.

Tabela 3 - Operadores de carga na região da Oceânia

Fonte: O próprio

Airline	Aircraft Variant	Aircraft Role	Number of Aircraft
Air Chathams	Saab 340A(QC)	Quick Change	2
National Jet Express	Bae 146-300(QT)	Cargo	3
Nauru Airlines (Australia)	B737-300SF	P2F	2
PNG Air	ATR42-600C	Combi	1

De todas as áreas analisadas, a zona da Oceânia é a que apresenta o menor número de aeronaves a operar no mercado de transporte de carga por parte das companhias aéreas de transporte regular de passageiros. Como é possível verificar na tabela 3, apenas 4 companhias aéreas num total de 40 companhias aéreas de transporte regular de passageiros oferece um serviço de transporte de carga com aeronaves cargueiras (10%). As aeronaves *narrowbody* de jato são as preferidas (Bae 146 e o Boeing 737) e não foi encontrada nesta região geográfica a utilização de aeronaves *widebody* cargueiros.

Tabela 4 - Operadores de carga na região geográfica sul americana

Fonte: O próprio

Airline	Aircraft Variant	Aircraft Role	Number of Aircraft
Aerolineas Argentinas	B737-800SF	P2F	2
Aerolineas Estelar	B727-200F	Cargo	1
Azul Linhas Aéreas Brasileiras	B737-400F	Cargo	1
Azul Linhas Aéreas Brasileiras	ERJ 190-200AR	P2F	3
GOL Linhas aéreas Inteligentes	B737-800(BCF)	P2F	5

Tal como na região da Oceânia, 10% das companhias aéreas de transporte regular de passageiros oferecem o serviço de transporte de carga utilizando aeronaves cargueiras (4 companhias aéreas num total de 40). A tabela 4 apresenta também que é nesta zona geográfica que se encontra o maior número de aeronaves convertidas de operação de transporte de passageiros em aeronaves cargueiras (P2F) com 10 *airframes* sujeitos a esta conversão. Nesta zona não se encontraram aeronaves do tipo *turboprop* ou *widebody*, sendo a aeronaves mais utilizada para este tipo de operação o Boeing 737.

A par da região geográfica asiática, a região norte americana é a que apresenta o maior número de aeronaves cargueiras a serem operada por operadores de transporte regular de passageiros. Aqui, 19 companhias aéreas de um total de 104 tem este tipo de operação a ser analisado neste trabalho (18,3%). Esta região é também a que apresenta o maior número de aeronaves com configuração *Quick Change* (9 aeronaves), apesar de continuar a ser o tipo de configuração menos utilizado no mercado de transporte de carga por parte das companhias aéreas de transporte regular de passageiros. No continente norte americano encontramos uma clara preferência por aeronaves de fabricantes norte americanos como a Boeing ou a Bombardier sendo que apenas dois modelos são de fabricantes europeus (Airbus e ATR). O modelo de aeronave mais utilizado mais uma vez é o Boeing 737 no mercado *narrowbody*, o Boeing 767 no mercado das aeronaves *widebody* e um empate no mercado de aeronaves *turboprop* entre o ATR e o Bombardier Dash. Através da tabela 5 é possível também perceber que o tipo de aeronave utilizado também tem uma clara distinção ao ser preferido a utilização de aeronaves sujeitas a uma conversão P2F (33 aeronaves) versus as aeronaves cargueiras de origem (18 aeronaves).

Tabela 5 - Operadores de carga na região geográfica norte americana
Fonte: O próprio

Airline	Aircraft Variant	Aircraft Role	Number of Aircraft
Air Canada	B767-300ER(BDSF)	P2F	4
Air Canada	B767-300F	Cargo	2
Air Creebec	DHC-8-100	Combi	1
Air Inuit	B737-200C	Combi	3
Air Inuit	B737-300(QC)	Quick Change	1
Air Inuit	DHC-8-100	Combi	3
Air Inuit	DHC-8-300F	Cargo	3
Air Inuit	DHC-8-300	Combi	8
Air North	ATR42-320(QC)	Quick Change	1
Air Tindi	DHC-7-100	Combi	2
Alaska Airlines	B737-700(BDSF)	P2F	3
Bering Air	SkyCourier 408F	Cargo	1
Calm Air	ATR72-200F	Cargo	3
Calm Air	ATR72-500F	Cargo	2
Calm Air	ATR72-200(QC)	Quick Change	1
Canadian North	ATR42-300(QC)	Quick Change	4
Canadian North	ATR72-500F	Cargo	2
Canadian North	B737-300(QC)	Quick Change	1
Canadian North	B747-400C	Combi	2
Everts Air Alaska	B727-200F	Cargo	1
Everts Air Alaska	DC-6	Cargo	2
Everts Air Alaska	MD-82/3(SF)	P2F	4
Flamingo Air	Beech 99A	Quick Change	1
Hawaiian Airlines	A330-300(P2F)	P2F	1
Mesa Airlines	B737-400SF	P2F	3
Mesa Airlines	B737-800(BDSF)	P2F	1
North Star Air (Ontario)	ATR72-500F	Cargo	2
Rise Air	ATR42-500(QC)	Combi	1
SKYhigh Dominicana	B737-300F	Cargo	1
Sun Country Airlines	B737-800(BCF)	P2F	12
Wasaya Airways	ATR72-200F	Cargo	1
Wasaya Airways	DHC-8-100	P2F	1
Westjet	B737-800(BCF)	P2F	4

Tabela 6 - Operadores de carga na região geográfica asiática
Fonte: O próprio

Airline	Aircraft Variant	Aircraft Role	Number of Aircraft
Air Koryo	IL76TD	Cargo	2
AirAsia	A321-200(P2F)	P2F	1
ANA - All Nippon Airways	B767-300F	Cargo	4
ANA - All Nippon Airways	B767-300ER(BCF)	P2F	4
ANA - All Nippon Airways	B777-200F	Cargo	2
Asiana Airlines	B747-400(BDSF)	P2F	5
Asiana Airlines	B747-400FSCD	Cargo	4
Asiana Airlines	B767-300F	Cargo	1
Cathay Pacific	B747-400ERF	Cargo	6
Cathay Pacific	B747-8F	Cargo	14
China Airlines	B747-400(BDSF)	P2F	8
China Airlines	B777-200F	Cargo	7
China Southern Airlines	B777-200F	Cargo	11
Emirates	B777-200F	Cargo	11
Etihad Airways	B777-200F	Cargo	5
EVA Air	B777-200F	Cargo	7
IndiGo Airlines	A321-200(P2F)	P2F	2
IranAir	B747-200CM	Cargo	1
Jeju Air	B737-800(BCF)	P2F	1
Korean Air	B747-400ERF	Cargo	4
Korean Air	B747-8F	Cargo	7
Korean Air	B777-200F	Cargo	12
Malaysia Airlines	A330-200F	Cargo	2
MIAT - Mongolian Airlines	B757-200(PCF)	P2F	1
Qatar Airways	B747-8F	Cargo	2
Qatar Airways	B777-200F	Cargo	24
RAC - Ryukyu Air Commuter	DHC-8-Q400©	Combi	5
Saha Airlines	B747-200F	Cargo	1
SalamAir	A321-200(P2F)	P2F	1
Saudia	B777-200F	Cargo	4
Shandong Airlines	B737-800(BCF)	P2F	1
Sichuan Airlines	A330-200F	Cargo	2
Sichuan Airlines	A330-300(P2F)	P2F	1
Singapore Airlines	B747-400FSCD	Cargo	6
Singapore Airlines	B777-200F	Cargo	3
SpiceJet	B737-700(BDSF)	P2F	1
Suparna Airlines	B747-400(BDSF)	P2F	1
Syrianair	IL-76T	Cargo	1
Tara Air	DHC-6-400	P2F	1
Trigana Air Service	B737-300	P2F	3
Trigana Air Service	B737-300(F)	Cargo	2
Trigana Air Service	B737-200(QC)	Quick Change	1
Turkmenistan Airlines	A330-200(P2F)	P2F	2
Turkmenistan Airlines	IL-76TD	Cargo	2
Uzbekistan	B767-300ER(BCF)	P2F	1

Na tabela 6 que representa o continente asiático encontramos 32 companhias aéreas num total de 245 companhias aéreas com transporte regular de passageiros (13.1%) a operar no mercado de transporte de carga com aeronaves cargueiras ou que tenham sido convertidas em tal. Aqui encontramos uma maior predominância de utilização de aeronaves *widebody* (176 aeronaves operadas por 21 companhias aéreas) em detrimento de aeronaves *narrowbody* (21 aeronaves operadas por 10 companhias aéreas). A aeronaves *narrowbody* mais utilizada é novamente o Boeing 737 (14 unidades) e no segmento de aeronaves *widebody* é o Boeing 777 (88 unidades) seguido pelo Boeing 747 (62 unidades). Neste mercado a presença das aeronaves *turboprop* tem uma presença residual com apenas 5 aeronaves operadas por um único operador. Em termos de origem das aeronaves a operar como cargueiros no mercado asiático encontramos uma predominância de aeronaves cargueiras com configuração original (147 aeronaves) e apenas 34 aeronaves foram sujeitas a uma conversão da sua configuração original para aeronaves cargueiras.

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo apresentamos algumas métricas para fundamentar a nossa análise. Fazemos um levantamento do valor de mercado das principais aeronaves em operação no mercado de transporte carga. De seguida apresentamos os principais valores relacionados com os custos de operação, conversão e aquisição das aeronaves a serem estudadas. Por fim abordamos a técnica de análise custo-benefício onde analisamos 4 modelos diferentes de aeronaves e cenários distintos para perceber a viabilidade financeira da conversão de configuração de uma aeronave para cargueiro e uma análise no cenário de aquisição para permitir uma comparação entre as duas modalidades.

4.1 Valor de mercado dos principais modelos em utilização

Usando a base de dados da plataforma *ch-aviation* (<https://www.ch-aviation.com/>), foi possível também fazer uma análise e comparação do valor de mercado das aeronaves consoante o seu tipo de operação e a sua configuração original e se a conversão de configuração poderia influenciar o seu valor. Como tal foram analisadas 10 aeronaves operadas por operadores europeus, dos cinco principais modelos mais utilizados globalmente no mercado de transporte de carga aérea. Nesta análise foi tido em consideração comparar aeronaves que tivessem uma versão de carga, ou que tivesse sido convertida para tal, e a sua versão de transporte de passageiros; que tivessem a mesma idade e um número semelhante de ciclos durante a sua operação. Os ciclos numa aeronave representam um voo completo com uma decolagem e uma aterragem. Na tabela 7 em baixo apresentamos também o MSN (*Manufacturer's serial number*)³⁹ que representa o número de série de cada aeronave.

³⁹ The Manufacturer's Serial Number (MSN) in aircraft is a unique identifier assigned to each individual aircraft by its manufacturer. This serial number is used to track the production and history of the aircraft throughout its lifecycle.

Tabela 7 - Comparação de valor de mercado de aeronaves cargueiro e aeronaves com configuração de transporte de passageiros.

Fonte: O próprio

Companhia	Aeronave	MSN	Idade	Ciclos	Current Market Value
Lufthansa	A321-200(P2F)	3504	15 anos	12947	27740000\$
Lufthansa	A321-200	3592	15 anos	20775	21800000\$
Turkish Airlines	A330-200F	1092	12 anos	12162	46110000\$
Turkish Airlines	A330-200	1213	12 anos	8434	21220000\$
Turkish Airlines	B777-200F	60403	6 anos	4816	121140000\$
Turkish Airlines	B777-300ER	60402	6 anos	4143	69700000\$
ASL Airlines	B737-800	35332	16 anos	no data	16930000\$
ASL Airlines	B737-800(BCF)	35553	16 anos	25604	20140000\$
Icelandair	B767-300ER(BCF)	26971	26 anos	20493	28410000\$
Icelandair	B767-300ER	28745	26 anos	21594	10890000\$

É assim possível verificar que, para uma aeronave do mesmo modelo e com a mesma idade, o número de ciclos difere dado o tipo e taxa de operação em que as aeronaves do tipo cargueiro apresentam um menor número de utilização e consequente desgaste. Esta diferença no número de ciclos está associada a vários fatores que distinguem a operação de carga e a do transporte de passageiros. Na operação de transporte de passageiros os aviões estão sujeitos a horários de voos mais frequentes e com sectores de tempo e distância de voo diferentes quando comparados com a operação de carga. Ao apresentarem horários de voos menos regulares, os voos cargueiros além de permitirem ações de manutenção que normalmente são mais dispendiosas em termos de tempo, mas que prolongam a vida útil dos componentes, também exercem menos pressão a nível de stress e pressurização sobre os componentes que equipam as suas aeronaves. No entanto, é também notório que o valor de mercado das aeronaves do tipo cargueiro é substancialmente maior, sendo que isso poderá influenciar de forma positiva a conversão de aeronaves mais antigas em operação de transporte de passageiros para uma configuração do tipo cargueiro. Isto é ainda mais notório para as aeronaves que já apresentam um valor comercial reduzido consequente da falta de modernização de interiores e equipamentos que enaltecem a experiência do passageiro.

4.2 Custos de conversão, operação e aquisição

Os custos de conversão de configuração de aeronaves praticados pelas empresas especializadas na área variam de empresa para empresa e consoante o tipo de

aeronave. A IBA, uma importante consultora de aeronáutica inglesa, fez no ano de 2021 um estudo e subsequente apresentação em formato de *webinar* sobre o mercado de conversão P2F (IBA, 2023). Na apresentação da IBA, é nos apresentado os valores médios do custo de conversão P2F dos principais modelos de aeronaves empregues neste tipo de operação que poderão ser consultados na tabela 8. Serão estes os dados utilizados na análise de custo de benefício a ser aplicada à viabilidade da conversão de aeronaves das companhias aéreas no âmbito da temática do nosso estudo:

Tabela 8 - Custos de Conversão P2F para os principais modelos

Fonte: IBA

Aircraft Model	Conversion Cost (\$)
Boeing 737-800	4,300,000 - 6,000,000
Boeing 757-200	5,200,000
Boeing 767-200/200ER	13,400,000
Boeing 767-300ER	14,300,000 - 15,800,000
Airbus A321-200	6,140,000
Airbus A330-200/300	17,600,000 - 18,400,000
Boeing 777-300ER	34,000,000 - 37,000,000

Os custos de operação utilizados para o nosso trabalho foram retirados de um documento emitido pela FAA no ano 2018 onde são publicadas orientações e políticas por parte deste regulador em matérias de custos e benefícios e métricas financeiras da indústria nos Estados Unidos da América. Nela constam dados fornecidos por todas as companhias aéreas que operam de forma regular e que publicam de forma trimestral os seus dados operacionais. Como tal foi formulada para o ano de 2018 a tabela 4.6 que poderá ser também consultada no Apêndice 3 deste trabalho e que serviu de base para os valores de custo de operação das várias aeronaves analisadas neste trabalho que são apresentados na tabela 9 em baixo:

Tabela 9 - Custos de Operação para o Ano 2018 dos vários tipos de aeronave
Fonte: FAA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Aircraft Category	Cost per Block Hour										Block Hours
	Fuel and Oil	Maintenance	Crew	Total Variable	Depreciation	Rentals	Insurance	Other	Total Fixed	Total	
Wide-body more than 300 seats	\$5,411	\$1,331	\$2,356	\$9,097	\$845	\$406	\$4	\$1	\$1,254	\$10,351	220,210
Wide-body 300 seats and below	\$4,080	\$1,289	\$1,857	\$7,227	\$685	\$366	\$4	\$4	\$1,058	\$8,285	2,091,230
Narrow-body more than 160 seats	\$2,054	\$718	\$1,152	\$3,925	\$355	\$217	\$3	\$7	\$582	\$4,506	3,991,243
Narrow-body 160 seats and below	\$1,741	\$737	\$1,034	\$3,512	\$306	\$215	\$5	\$7	\$533	\$4,045	9,267,585
RJ more than 60 seats	\$115	\$431	\$444	\$991	\$131	\$252	\$1	\$13	\$397	\$1,388	3,565,900
RJ 60 seats and below	\$92	\$479	\$470	\$1,041	\$58	\$227	\$1	\$7	\$293	\$1,334	1,326,851
Turboprop more than 60 seats	\$0	\$880	\$360	\$1,241	\$439	\$103	\$0	\$2	\$544	\$1,785	116,701
All Aircraft	\$1,681	\$727	\$1,012	\$3,420	\$314	\$239	\$4	\$7	\$564	\$3,985	20,579,720

Source: 2018 Form 41 Schedule P-5.2 financial data and Schedule T-100 traffic data

Relativamente aos custos de aquisição das aeronaves serão apresentados os principais modelos das aeronaves em que é possível a compra ao fabricante da aeronave na sua configuração original do tipo cargueiro ou a sua conversão. Podemos logo notar que os únicos modelos disponíveis para aquisição ao fabricante na versão de cargueiro original são do tipo de aeronave *widebody*.

Tabela 10 - Preço médio de aquisição dos principais modelos de aeronave
Fonte: Preços Boeing – Statista (ano 2022)
Preços Airbus – Airbus (ano 2018)

Modelo de Aeronave	Custo de aquisição (milhões \$)
Airbus A321-200	118.3
Airbus 330-200F	241.7
Boeing 737-800	106.1
Boeing 767-300F	220.3
Boeing 777F	352.3

Os valores apresentados na tabela 10 foram obtidos através dos anexos 3 e 4 onde constam os preços de aquisição dos vários modelos de aeronave no ano 2018 para as aeronaves Airbus e ano 2022 para as aeronaves Boeing.

4.3 Análise de custo-benefício

Uma vez recolhidos e apurados os dados durante a fase de recolha de dados podemos começar a tratar os mesmos de maneira a possibilitar a formulação de hipóteses e conclusões para o nosso estudo. Uma das análises que poderemos efetuar com os nossos dados é uma de custo-benefício (Hayes, 2023). A análise de custo-benefício é uma abordagem sistemática usada para avaliar a fiabilidade económica de um projeto ou investimento, neste caso a conversão de uma aeronave de passageiros para cargueiro, ao comparar os seus custos aos seus eventuais benefícios.

A análise custo-benefício pode-se sistematizar segundo os seguintes passos:

1. Definir um objetivo e um espectro do projeto. Aqui deverão ser de forma clara definidos os objetivos a serem obtidos com o projeto de conversão de aeronaves, que para este estudo está definido com o aumento da capacidade de carga das companhias aéreas de transporte de passageiros utilizando aeronaves já presentes na sua frota em detrimento de aquisição de novas aeronaves. Neste ponto são também identificados os *stakeholders* presentes neste projeto sendo que são as companhias aéreas, as empresas de conversão de aeronaves (MRO) e os *lessors* ou proprietários das aeronaves a serem convertidas.
2. O próximo passo deverá ser a identificação dos custos. Estes custos incluem os custos iniciais associados à conversão das aeronaves, os custos recorrentes de operação e manutenção da aeronave, custos financeiros caso a aeronave seja detida em regime de leasing financeiro ou operacional, e os custos de oportunidade que poderão ser contabilizados como eventuais perdas de receita durante o período de conversão apesar de poderem ser também integrados como um investimento a título de custos financeiros.
3. Neste passo são estimados os benefícios obtidos com a conversão da aeronave em cargueiro. Estes benefícios incluem o aumento de receita obtida com a nova operação da aeronave como aeronave cargueira; redução de custos, tais como os custos de manutenção da aeronave ou manutenção dos custos de operação ao contrário do seu aumento caso seja optada por a opção de integração de uma

nova aeronave na frota da companhia aérea; ou o aumento do *lifespan*⁴⁰ da aeronave ao proporcionar um novo tipo de operação normalmente associado a um menor número de ciclos e horas de voo voadas.

4. Tem também de ser definido uma janela temporal a ser aplicada à análise. Esta deverá incluir todo o período em que será expectável incorrer em custos e nos benefícios durante a expectável operação da aeronave na sua nova função.
5. Sendo esta uma análise financeira, teremos de incluir um *discount rate*⁴¹ (taxa de desconto) de maneira a ajustar os custos e benefícios futuros ao seu valor no presente. Este valor deverá refletir os custos de capital ou um valor mínimo aceitável de retorno financeiro. Com uma inflação média expectável de 2% ao ano e um retorno financeiro assumido nos mercados financeiros anualizado médio de 8% poderemos aceitar o valor de 6% como um valor realista aos dias de hoje. Este valor é também conhecido como TMA (taxa mínima de atratividade) que representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar quando faz um investimento, ou em contrapartida o máximo que um investidor se propõe a pagar quando faz um financiamento.
6. Estando apurados todos os dados é calculado o *Net Present Value* (NPV). O NPV é calculado usando a seguinte formula (Gallo, 2014):

$$NPV = \sum \left[\frac{(Beneficios - Custos)}{(1 + r)^t} \right]$$

Em que:

r = taxa de desconto (TMA)

t = período (em anos) em que t varia entre os valores de 0 e n

⁴⁰ Lifespan refers to the length of time for which something exists, functions, or is expected to last before reaching the end of its natural or expected duration.

⁴¹ The discount rate refers to the interest rate used to calculate the present value of future cash flows or liabilities. It represents the rate at which future cash flows are discounted to their present value, reflecting the time value of money and the opportunity cost of capital.

7. De seguida calculamos também o rácio de custo-benefício (*Benefit-Cost Ratio* (BCR))⁴². Este valor é obtido através do rácio entre os valores presentes dos benefícios aos valores presentes dos custos.

$$\text{BCR} = (\text{valor presente dos Benefícios}) / (\text{valor presente dos Custos})$$

Um valor de BCR maior que 1 indica que a conversão da aeronave em cargueiro é economicamente viável.

8. Para tornar a análise mais fidedigna é executada também uma análise de sensibilidade para aferir o impacto obtido com alterações chave nas métricas utilizadas nos cálculos, nomeadamente o valor dos custos, dos benefícios ou a taxa de desconto.
9. Feitos os cálculos é altura da tomada de decisão. Com base nos resultados obtidos na análise NPV, BCR e de sensibilidade pode ser aferida a viabilidade da conversão das aeronaves em questão. Com resultados positivos na análise NPV e com um valor superior a 1 na análise BCR, é geralmente considerado economicamente viável o projeto de conversão de aeronaves de passageiros em cargueiro.

Para o âmbito do nosso estudo fizemos então 4 exemplos de análises custo-benefício para os 4 principais modelos de aeronaves utilizadas no mercado de transporte de carga. Os dados utilizados foram com base nos dados recolhidos e apresentados anteriormente em que constam os custos de conversão presentes na tabela 8, custos de operação presentes na tabela 9, o valor de mercado e o número de *block hours* médio voadas pelas aeronaves que constam na tabela 7. Para as variáveis TMA utilizámos o valor da rentabilidade média histórica expectável nos mercados financeiros (8%) descontada da inflação alvo dos principais bancos centrais (2%) (Banco Central Europeu, 2024), o que resultou um valor de 6% ao ano. Para os valores de receita, usámos valores médios por ano conservadores da indústria cargueira (20 milhões de dólares para as aeronaves de médio curso e 40 milhões de dólares para as aeronaves de longo curso).

⁴² The benefit-cost ratio (BCR), also known as the cost-benefit ratio, is a financial metric used to assess the potential profitability or economic viability of a project or investment by comparing the total benefits derived from the project to the total costs incurred.

4.3.1 Análise de Custo-Benefício para conversão com *timeframe* de 5 anos

Nesta primeira análise de custo-benefício às aeronaves em estudo neste trabalho usamos uma janela temporal de 5 anos. De seguida fizemos 2 teste de sensibilidade à nossa análise um com aumentos expectáveis de 4% no valor de TMA e outro com redução para metade no valor de receita por ano. As 4 análises são apresentadas nas seguintes tabelas.

Tabela 11 – Airbus A321 TMA-6% Receita-20M\$
Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows
Airbus A321	21.80M		1	\$ 5 755 347,17
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 10 894 150,94
6 140 000,00	4506	1722	3	\$ 10 277 500,89
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 9 695 755,56
20 000 000,00	5	6%	5	\$ 9 146 939,20
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)		
\$ 45 769 693,76	\$ 44 936 660,00	1,018537955		

Tabela 12 – Airbus A321 TMA-10% Receita-20M\$
Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows
Airbus A321	21.80M		1	\$ 5 546 061,82
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 10 116 254,55
6 140 000,00	4506	1722	3	\$ 9 196 595,04
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 8 360 540,95
20 000 000,00	5	10%	5	\$ 7 600 491,77
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)		
\$ 40 819 944,12	\$ 44 936 660,00	0,908388477		

Tabela 13 – Airbus A321 TMA-10% Receita-20M\$
Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows
Airbus A321	21.80M		1	\$ (3 678 615,09)
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 1 994 186,54
6 140 000,00	4506	1722	3	\$ 1 881 308,06
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 1 774 818,92
10 000 000,00	5	6%	5	\$ 1 674 357,48
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)		
\$ 3 646 055,91	\$ 44 936 660,00	0,08113767		

Para a aeronave Airbus A321 podemos verificar no nosso caso base (Tabela 11) que já apresenta uma viabilidade financeira significativa para a sua conversão dado o baixo custo de conversão e número de horas de voo voadas por ano. Mesmo com um retorno expectável de 10% ao ano, como explanado na tabela 12, o valor de BCR é bastante elevado. Em caso de quebra no valor de receita expectável (Tabela 13) o valor de BCR reduz substancialmente, reduzindo a viabilidade do projeto de conversão desta aeronave.

Tabela 14 - Boeing 737 TMA-6% Receita-20M\$

Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows
Boeing 737	16.93M		1	\$ 2 955 439,62
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 6 615 135,28
4 300 000,00	4506	2789	3	\$ 6 240 693,66
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 5 887 446,85
20 000 000,00	5	6%	5	\$ 5 554 195,14
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)		
\$ 27 252 910,55	\$ 67 136 170,00	0,405934842		

Tabela 15 - Boeing 737 TMA-10% Receita-20M\$

Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows
Boeing 737	16.93M		1	\$ 2 847 969,09
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 6 142 781,82
4 300 000,00	4506	2789	3	\$ 5 584 347,11
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 5 076 679,19
20 000 000,00	5	10%	5	\$ 4 615 162,90
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)		
\$ 24 266 940,10	\$ 67 136 170,00	0,361458512		

Tabela 16 - Boeing 737 TMA-6% Receita-10M\$

Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows
Boeing 737	16.93M		1	\$ (6 478 522,64)
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ (2 284 829,12)
4 300 000,00	4506	2789	3	\$ (2 155 499,17)
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ (2 033 489,78)
10 000 000,00	5	6%	5	\$ (1 918 386,59)
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)		
\$ (14 870 727,30)	\$ 67 136 170,00	-0,221500978		

No caso do Boeing 737, a aeronave mais utilizada como cargueiro no segmento de mercado de curto e médio curso, no nosso caso base (Tabela 14) o valor de BCR não

apresenta um valor próximo de 1 para sugerir uma viabilidade financeira aceitável no projeto de conversão de configuração da aeronave. Isto deve-se ao elevado número de horas voadas por ano comparativamente ao seu competidor direto (o Airbus A321), pois apresenta conversão ainda inferior ao do seu adversário (4.3 milhões de dólares versus os 6.14 milhões de dólares do Airbus A321) e um valor de custos de operação e manutenção igual ao do Airbus A321.

Com o aumento da TMA para 10% como apresentado na Tabela 15, a quebra no valor de BCR é muito pouco significativa. Sendo que com uma redução no valor de receita anual expectável para 10 milhões de dólares (tabela 16) a sua viabilidade não é de todo favorável, ao apresentar um valor negativo de BCR.

Tabela 17 – Airbus A330 TMA- 6% Receita-40M\$
Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows
Airbus A330	22.09M		1	\$ (10 757 358,49)
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 5 515 485,94
17 600 000,00	8285	4080	3	\$ 5 203 288,62
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 4 908 762,85
40 000 000,00	5	6%	5	\$ 4 630 908,35
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)		
\$ 9 501 087,27	\$ 186 614 000,00	0,050913047		

Tabela 18 – Airbus A330 TMA-10% Receita-40M\$
Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows
Airbus A330	22.09M		1	\$ (10 366 181,82)
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 5 121 652,89
17 600 000,00	8285	4080	3	\$ 4 656 048,08
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 4 232 770,99
40 000 000,00	5	10%	5	\$ 3 847 973,62
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)		
\$ 7 492 263,77	\$ 186 614 000,00	0,040148455		

Tabela 19 – Airbus A330 TMA-6% Receita-20M\$
Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows
Airbus A330	22.09M		1	\$ (29 625 283,02)
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ (12 284 442,86)
17 600 000,00	8285	4080	3	\$ (11 589 097,04)
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ (10 933 110,41)
20 000 000,00	5	6%	5	\$ (10 314 255,11)
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)		
\$ (74 746 188,44)	\$ 186 614 000,00	-0,400539019		

Abordando agora o segmento de mercado de longo curso, o Airbus A330 na nossa análise de custo-benefício no cenário base (Tabela 17) apresenta um fraco valor de viabilidade financeira no projeto de conversão de configuração para aeronave cargueiro. O custo elevado de operação e manutenção em conjunto com o custo de conversão apresentam à partida um valor negativo de *cash-flow* demasiado elevado para ser possível recuperar num espaço temporal tão curto de 5 anos. O aumento da TMA para 10% (Tabela 18) e a quebra no valor de receita anual expectável (Tabela 19) confirmam o cenário base de que este tipo de conversão de configuração não é economicamente viável para uma aeronave do tipo longo curso num *timeframe* tão curto.

Tabela 20 - Boeing 777 TMA-6% Receita-40M\$

Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows
Boeing 777	69.7M		1	\$ (39 893 787,74)
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ (7 375 769,85)
34 000 000,00	10351	4665	3	\$ (6 958 273,44)
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ (6 564 408,91)
40 000 000,00	5	6%	5	\$ (6 192 838,59)
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)		
\$ (66 985 078,52)	\$ 275 437 075,00	-0,243195578		

Tabela 21 - Boeing 777 TMA-10% Receita-40M\$

Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows
Boeing 777	69.7M		1	\$ (38 443 104,55)
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ (6 849 103,31)
34 000 000,00	10351	4665	3	\$ (6 226 457,55)
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ (5 660 415,96)
40 000 000,00	5	10%	5	\$ (5 145 832,69)
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)		
\$ (62 324 914,04)	\$ 275 437 075,00	-0,226276416		

Tabela 22 - Boeing 777 TMA- 6% Receita-20M\$

Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows
Boeing 777	69.7M		1	\$ (58 761 712,26)
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ (25 175 698,65)
34 000 000,00	10351	4665	3	\$ (23 750 659,10)
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ (22 406 282,17)
20 000 000,00	5	6%	5	\$ (21 138 002,05)
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)		
\$ (151 232 354,23)	\$ 275 437 075,00	-0,549063173		

Por fim, utilizando a aeronave de longo curso da Boeing, o Boeing 777, vemos que esta nos três cenários propostos (Tabelas 20, 21 e 22) apresenta valores de BCR negativos, eliminando assim qualquer viabilidade financeira no projeto de conversão para configuração do tipo cargueiro para o *timeframe* de 5 anos. Os elevados custos de operação e manutenção, em conjunto com a elevada utilização da aeronave com 4665 *block hours* voadas anualmente e com um custo de conversão também bastante elevado resultam em valores negativos de *cash-flow* durante todos os anos em questão nesta análise.

Com base nos 4 exemplos que apresentamos, podemos verificar que o factor que tem maior influência no resultado na análise de custo-benefício para as conversões de aeronaves é o valor expectável de receita em detrimento do valor da TMA utilizada. É também evidente que a conversão nas aeronaves de médio curso tem um resultado mais favorável que as aeronaves de longo curso dado aos custos de conversão e de operação serem substancialmente inferiores, resultando num *breakeven* mais célere em termos de anos decorridos desde a operação de conversão.

4.3.2 Análise de Custo-Benefício para conversão com *timeframe* de 10 anos

Na análise realizada na secção 4.3.1 para o *timeframe* de 5 anos os resultados para as aeronaves de longo curso, apesar de negativos e inesperados, não significam que este tipo de operação de conversão seja prejudicial para as companhias interessadas, apenas não é considerado economicamente viável para uma janela temporal de 5 anos. Como tal, e com especial foco nas aeronaves de longo curso decidimos fazer uma nova análise com um *timeframe* de 10 anos e um novo cenário em que a receita anual estimada de 100 milhões de dólares para aferir se estas novas variáveis influenciaram de forma positiva a nossa análise de custo-benefício. O valor de 100 milhões de dólares de receita anual é usado como exemplo como o valor obtido pela *Turkish Airlines* (companhia aérea que usa aviões de longo curso nas suas operações no mercado de carga aérea) durante o ano de 2022 em que obteve uma receita de carga utilizando só os seus aviões cargueiros (22 aviões) no valor de 2 176 milhões de dólares (anexo 4).

Tabela 23 - Airbus A330 TMA-6% Receita-40M\$

Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows	Ano	Cashflows
Airbus A330	22.09M		1	\$ (10 757 358,49)	6	4 368 781,46
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 5 515 485,94	7	4 121 491,94
17 600 000,00	8285	4080	3	\$ 5 203 288,62	8	3 888 199,95
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 4 908 762,85	9	3 668 113,16
40 000 000,00	10	6%	5	\$ 4 630 908,35	10	3 460 484,11
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)				
\$ 29 008 157,89	\$ 355 628 000,00	0,081568824				

Tabela 24 - Airbus A330 TMA-10% Receita-40M\$

Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows	Ano	Cashflows
Airbus A330	22.09M		1	\$ (10 366 181,82)	6	3 498 157,84
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 5 121 652,89	7	3 180 143,49
17 600 000,00	8285	4080	3	\$ 4 656 048,08	8	2 891 039,54
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 4 232 770,99	9	2 628 217,76
40 000 000,00	10	10%	5	\$ 3 847 973,62	10	2 389 288,87
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)				
\$ 22 079 111,27	\$ 355 628 000,00	0,062084851				

Tabela 25 - Airbus A330 TMA-6% Receita-20M\$

Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows	Ano	Cashflows
Airbus A330	22.09M		1	\$ (29 625 283,02)	6	(9 730 429,35)
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ (12 284 442,86)	7	(9 179 650,33)
17 600 000,00	8285	4080	3	\$ (11 589 097,04)	8	(8 660 047,48)
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ (10 933 110,41)	9	(8 169 856,11)
20 000 000,00	10	6%	5	\$ (10 314 255,11)	10	(7 707 411,43)
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)				
\$ (118 193 583,14)	\$ 355 628 000,00	-0,332351736				

Tabela 26 - Airbus A330 TMA-6% Receita-100M\$

Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows	Ano	Cashflows
Airbus A330	22.09M		1	\$ 45 846 415,09	6	46 666 413,89
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 58 915 272,34	7	44 024 918,76
17 600 000,00	8285	4080	3	\$ 55 580 445,60	8	41 532 942,23
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 52 434 382,64	9	39 182 020,97
100 000 000,00	10	6%	5	\$ 49 466 398,72	10	36 964 170,73
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)				
\$ 470 613 380,98	\$ 355 628 000,00	1,323330505				

Através das tabelas 23, 24 e 25 podemos ver que a alteração das variáveis teve um impacto muito reduzido no resultado da avaliação de custo-benefício para a conversão do Airbus A330 mesmo com um *timeframe* superior. No entanto, com a nova

variável de receita anual de 100 milhões de dólares (Tabela 26), é possível verificar que com base numa análise de custo-benefício este tipo de conversão é economicamente viável ao apresentar um valor de BCR de 1.32.

Tabela 27 - Boeing 777 TMA-6% Receita-40M\$
Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows	Ano	Cashflows
Boeing 777	69.7M		1	\$ (39 893 787,74)	6	(5 842 300,56)
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ (7 375 769,85)	7	(5 511 604,30)
34 000 000,00	10351	4665	3	\$ (6 958 273,44)	8	(5 199 626,70)
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ (6 564 408,91)	9	(4 905 308,21)
40 000 000,00	10	6%	5	\$ (6 192 838,59)	10	(4 627 649,25)
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)				
\$ (93 071 567,53)	\$ 516 874 150,00	-0,180066207				

Tabela 28 - Boeing 777 TMA-10% Receita-40M\$

Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows	Ano	Cashflows
Boeing 777	69.7M		1	\$ (38 443 104,55)	6	(4 678 029,72)
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ (6 849 103,31)	7	(4 252 754,29)
34 000 000,00	10351	4665	3	\$ (6 226 457,55)	8	(3 866 140,26)
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ (5 660 415,96)	9	(3 514 672,96)
40 000 000,00	10	10%	5	\$ (5 145 832,69)	10	(3 195 157,24)
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)				
\$ (81 831 668,51)	\$ 516 874 150,00	-0,158320296				

Tabela 29 - Boeing 777 TMA-6% Receita-20M\$

Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows	Ano	Cashflows
Boeing 777	69.7M		1	\$ (58 761 712,26)	6	(19 941 511,37)
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ (25 175 698,65)	7	(18 812 746,57)
34 000 000,00	10351	4665	3	\$ (23 750 659,10)	8	(17 747 874,12)
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ (22 406 282,17)	9	(16 743 277,48)
20 000 000,00	10	6%	5	\$ (21 138 002,05)	10	(15 795 544,79)
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)				
\$ (240 273 308,56)	\$ 516 874 150,00	-0,464858435				

Tabela 30 - Boeing 777 TMA-6% Receita-100M\$

Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows	Ano	Cashflows
Boeing 777	69.7M		1	\$ 16 709 985,85	6	36 455 331,87
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 46 024 016,55	7	34 391 822,52
34 000 000,00	10351	4665	3	\$ 43 418 883,54	8	32 445 115,58
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 40 961 210,89	9	30 608 599,61
100 000 000,00	10	6%	5	\$ 38 642 651,78	10	28 876 037,36
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)				
\$ 348 533 655,56	\$ 516 874 150,00	0,674310479				

No caso do Boeing 777, as Tabelas 27, 28 e 29 mostram uma ligeira melhoria nos valores resultantes da análise custo-benefício apesar destes ainda serem negativos. No entanto, tal como no Airbus A330, com o cenário de aumento de receita para o valor de 100 milhões de dólares o projeto de conversão de configuração torna-se mais apetecível do ponto vista financeiro às companhias aéreas interessadas neste tipo de projeto.

Apesar de apresentarem resultados mais favoráveis na secção 4.3.1, foram também feitas novas análises de custo-benefício para as aeronaves de segmento curto e médio curso de maneira a aferir que tipo de impacto teria o aumento de tempo de análise proposto nesta secção. Os resultados obtidos foram os seguintes:

Tabela 31 - Airbus A321 TMA-6% Receita-20M\$
Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows	Ano	Cashflows
Airbus A321	21.80M		1	\$ 5 755 347,17	6	8 629 187,93
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 10 894 150,94	7	8 140 743,33
6 140 000,00	4506	1722	3	\$ 10 277 500,89	8	7 679 946,54
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 9 695 755,56	9	7 245 232,58
20 000 000,00	10	6%	5	\$ 9 146 939,20	10	6 835 125,08
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)				
\$ 84 299 929,22	\$ 83 733 320,00	1,006766831				

Tabela 32 - Airbus A321 TMA-10% Receita-20M\$
Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows	Ano	Cashflows
Airbus A321	21.80M		1	\$ 5 546 061,82	6	6 909 537,97
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 10 116 254,55	7	6 281 398,16
6 140 000,00	4506	1722	3	\$ 9 196 595,04	8	5 710 361,96
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 8 360 540,95	9	5 191 238,15
20 000 000,00	10	10%	5	\$ 7 600 491,77	10	4 719 307,41
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)				
\$ 69 631 787,76	\$ 83 733 320,00	0,831589954				

Tabela 33 - Airbus A321 TMA-6% Receita-10M\$
Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows	Ano	Cashflows
Airbus A321	21.80M		1	\$ (3 678 615,09)	6	1 579 582,52
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 1 994 186,54	7	1 490 172,19
6 140 000,00	4506	1722	3	\$ 1 881 308,06	8	1 405 822,82
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 1 774 818,92	9	1 326 247,95
10 000 000,00	10	6%	5	\$ 1 674 357,48	10	1 251 177,31
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)				
\$ 10 699 058,70	\$ 83 733 320,00	0,127775403				

Mais uma vez, podemos assistir no nosso cenário base uma viabilidade financeira para este tipo de projeto de conversão de configuração da aeronave Airbus A321. OS resultados apresentados para os dois testes de sensibilidade já apresentam um valor de BCR inferior pois prolongam os custos de operação e de manutenção para uma janela temporal superior ao mesmo tempo que os valores de receita gerada se mantêm inalterados afetam de forma negativa o resultado obtido.

Tabela 34 - Boeing 737 TMA-6% Receita-20M\$
Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows	Ano	Cashflows
Boeing 737	16.93M		1	\$ 2 955 439,62	6	5 239 806,74
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 6 615 135,28	7	4 943 213,90
4 300 000,00	4506	2789	3	\$ 6 240 693,66	8	4 663 409,34
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 5 887 446,85	9	4 399 442,78
20 000 000,00	10	6%	5	\$ 5 554 195,14	10	4 150 417,71
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)				
\$ 50 649 201,02	\$ 129 972 340,00	0,389692153				

Tabela 35 - Boeing 737 TMA-10% Receita-20M\$

Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows	Ano	Cashflows
Boeing 737	16.93M		1	\$ 2 847 969,09	6	4 195 602,64
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 6 142 781,82	7	3 814 184,21
4 300 000,00	4506	2789	3	\$ 5 584 347,11	8	3 467 440,19
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 5 076 679,19	9	3 152 218,36
20 000 000,00	10	10%	5	\$ 4 615 162,90	10	2 865 653,05
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)				
\$ 41 762 038,56	\$ 129 972 340,00	0,321314816				

Tabela 36 - Boeing 737 TMA-6% Receita-10M\$

Fonte: O próprio

Aeronave	Valor de Mercado da Aeronave (\$)		Ano	Cashflows	Ano	Cashflows
Boeing 737	16.93M		1	\$ (6 478 522,64)	6	(1 809 798,67)
Custos de Conversão (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ (2 284 829,12)	7	(1 707 357,23)
4 300 000,00	4506	2789	3	\$ (2 155 499,17)	8	(1 610 714,37)
Aumento de Receita (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ (2 033 489,78)	9	(1 519 541,86)
10 000 000,00	10	6%	5	\$ (1 918 386,59)	10	(1 433 530,06)
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)				
\$ (22 951 669,49)	\$ 129 972 340,00	-0,176588876				

No cenário proposto para o Boeing 737, o valor resultante de BCR obtido nesta análise com um *timeframe* de 10 anos é bastante reduzido devido ao elevado número de horas voadas por ano quando comparado com o seu principal concorrente o Airbus A321.

4.3.3 Análise de Custo-Benefício para aquisição com *timeframe* de 10 anos

Para que fosse possível a comparação e consequente escolha entre a conversão de *airframes* existentes ou a aquisição de novas aeronaves para explorar o mercado de transporte de carga, decidimos de seguida fazer uma análise de custo-benefício para a aquisição das aeronaves ao fabricante na sua configuração cargueiro. Como tal usámos os valores de aquisição presentes na tabela 10 e usámos as mesmas variáveis utilizadas na secção 4.3.2.

Como nas análises anteriores foi possível verificar uma viabilidade financeira na conversão de configuração nos modelos de curto e médio curso resultante dos seus reduzidos custos de conversão e de operação e manutenção, neste capítulo fazemos então uma análise de custo-benefício para a aquisição das aeronaves do segmento de longo curso (Airbus A330F e Boeing 777F).

Tabela 37 - Análise Custo-Benefício Aquisição Boeing 777F
Fonte: O próprio

Aeronave			Ano	Cashflows	Ano	Cashflows
Boeing 777F			1	\$ (283 573 033,02)	6	36 455 331,87
Custos de Aquisição (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 46 024 016,55	7	34 391 822,52
352 300 000,00	10351	4665	3	\$ 43 418 883,54	8	32 445 115,58
Receita Anual Estimada (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 40 961 210,89	9	30 608 599,61
100 000 000,00	10	6%	5	\$ 38 642 651,78	10	28 876 037,36
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)				
\$ 48 250 636,69	\$ 835 174 150,00	0,057773144				

Após a análise de custo-benefício para a compra de uma aeronave de modelo Boeing 777F diretamente ao fabricante, presente na tabela 31, podemos verificar que esta apresenta um valor de BCR de 0,06 com as mesmas variáveis utilizadas no exemplo presente na tabela 30. Este valor é inferior ao resultado obtido para a operação de conversão de *airframe*, sugerindo que é mais viável do ponto de vista financeiro a conversão quando comparado com a aquisição da aeronave, apesar de o valor obtido na análise referente à conversão ser também ele bastante baixo e longe de apresentar alguma viabilidade financeira.

Tabela 38 - Análise Custo-Benefício para aquisição de Airbus A330F
Fonte: O próprio

Aeronave			Ano	Cashflows	Ano	Cashflows
Airbus A330F			1	\$ (179 233 410,38)	6	36 455 331,87
Custos de Aquisição (\$)	Custos de Operação e Manutenção por BH (\$)	Block Hours Voadas por ano	2	\$ 46 024 016,55	7	34 391 822,52
241 700 000,00	10351	4665	3	\$ 43 418 883,54	8	32 445 115,58
Receita Anual Estimada (\$)	Time Frame (anos)	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	4	\$ 40 961 210,89	9	30 608 599,61
100 000 000,00	10	6%	5	\$ 38 642 651,78	10	28 876 037,36
Net Present Value Total	Custos totais no Time Frame	Benefit Cost Ratio (BCR)				
\$ 152 590 259,33	\$ 724 574 150,00	0,210593021				

Relativamente à aeronave de modelo Airbus A330F, a sua análise custo-benefício presente na tabela 32, apresenta um valor de BCR bastante inferior ao resultado obtido na mesma análise referente à conversão de configuração presente na Tabela 26 (0,21 contra 1,32). Consequentemente, podemos considerar que a aquisição desta aeronave representa uma viabilidade financeira menor quando comparada à conversão de um *airframe* existente.

5. CONCLUSÕES

Neste capítulo iremos apresentar as principais limitações encontradas na execução deste trabalho final de mestrado, as conclusões alcançadas e os trabalhos futuros propostos relacionados com o tema estudado.

5.1 Considerações Finais

Após a revisão da literatura, recolha e tratamento dos dados que foram trabalhados neste trabalho são algumas as conclusões a que podemos chegar. Primeiramente podemos concluir que há várias estratégias adotadas pelas companhias aéreas no que toca à exploração e presença no mercado de transporte de carga sendo que a utilização de aeronaves cargueiro poderão não ser a solução mais adaptada a todas. No entanto, as companhias aéreas que decidam iniciar ou aumentar a sua presença no mercado de transporte de carga poderão utilizar a conversão de aeronaves para tipo cargueiro pois aumenta o seu leque de oportunidades de transporte de *dangerous goods* que normalmente não é permitido o seu transporte nos porões das suas aeronaves de transporte de passageiros. Carga do tipo de *dangerous goods* até à classe 6 poderá quase toda ser transportada por estas companhias através de aeronaves do tipo cargueiro com um compartimento de carga de classe E, alterando assim algumas estratégias de *business model* de companhias que no presente apresentem um modelo BSCC e melhorem para uma estratégia FSCC ou SFCC.

De seguida, é possível concluir que o número de aeronaves do tipo cargueiro existentes no mercado na sua maioria são aeronaves que foram sujeitas a um processo de conversão de configuração sendo que esta opção é financeiramente mais vantajosa para as companhias aéreas, oferecendo preços menores que o preço de aquisição. Ainda sobre as aeronaves do tipo cargueiro, foi possível determinar que há uma maior concentração deste tipo de aeronaves nos mercados que tem uma maior atividade económica onde se concentra a maioria da indústria de produção de bens, economia de escala e onde as principais cidades e focos de distribuição se encontram a distâncias maiores (exemplo do continente Asiático), onde predominam as aeronaves de tipo longo-curso. As aeronaves de dimensões menores que normalmente são utilizadas em rotas de curto e médio curso encontram-se em maior número nas zonas geográficas

onde os principais *hubs* se encontram a distâncias menores ou onde existe uma maior oferta de meios alternativos de transporte como a rede rodoviária ou ferroviária (como por exemplo o continente Europeu).

Sobre a conversão de *airframes* para tipo cargueiro concluímos, através da análise custo-benefício que fizemos, que a viabilidade económica no espaço temporal de 5 anos é maior nas aeronaves de menor dimensão por consequência dos custos de conversão e seguidamente os de operação serem menores quando comparados aos das aeronaves de maior porte, facilitando o retorno económico da sua conversão em menor tempo. Relativamente às aeronaves do segmento de mercado de longo curso, concluímos que é necessário um valor de receita anual superior para tornar este tipo de operação financeiramente viável. O modelo Boeing 777F apesar de ser das aeronaves mais utilizadas no mercado, foi o que apresentou os piores resultados nas nossas análises, demonstrando que é uma aeronave com um potencial bastante elevado, mas que terá de ter uma taxa de utilização e uma receita associada bastante elevada para ser vantajosa a sua operação no mercado. Foi também importante perceber, através dos dados recolhidos, que após a conversão de configuração das aeronaves, esta apresenta um valor de mercado superior ao seu proprietário associada fraca oferta de aeronaves deste tipo no mercado enquanto se assiste a uma procura também ela bastante elevada.

5.2 Limitações do estudo

Na elaboração deste estudo encontrámos algumas limitações que impediram um maior aprofundamento do tema proposto. A falta de literatura científica publicada sobre o tema, tornou difícil a análise e revisão da literatura e a elaboração do estado de arte. Sendo uma temática altamente técnica e operacional, tivemos de assentar a nossa análise em relatórios e análises elaboradas pelos principais *stakeholders* presentes no mercado e utilizar informação e dados que serviam como previsão do mercado no futuro. Os principais dados utilizados foram obtidos através de empresas terceiras especializadas no setor por consequência da falta de resposta por parte dos principais operadores abordados durante a fase de recolha de dados. Durante esta fase, foi inicialmente elaborado um questionário que permitisse obter dados atualizados e que obedecessem a uma escala para agilizar o seu tratamento e análise. Este questionário foi inicialmente enviado a vários representantes de empresas especializadas na indústria

de conversão de aeronaves sem que tivesse sido obtida alguma resposta ao mesmo numa janela temporal de quase 3 meses, algo que consequentemente atrasou todo o desenvolvimento do trabalho.

Adicionalmente, a incapacidade de arranjar dados que fossem relativos à mesma janela temporal ou atualizados, fez com que a precisão de alguns dos cálculos realizados não fosse de um nível elevado, prejudicando a aplicabilidade operacional do estudo.

Sendo uma indústria que está em constante transformação e evolução os dados obtidos tem também a sua validade temporal, afetando o desenvolvimento de respostas e teorias à questão proposta no início deste trabalho.

Relativamente aos dados obtidos na base de dados da ch-aviation, estes não estão disponíveis ao público em geral. O seu acesso foi possível graças à parceria formada entre esta empresa e o ISEC Lisboa, que permite a visualização dos dados recolhidos através do acesso à base de dados com a VPN da universidade ligada.

Por fim, dado que o mercado que foi analisado neste estudo ser global e tão vasto, as soluções propostas neste estudo podem não ser aplicáveis a todas companhias aéreas interessadas neste tema. A disponibilidade de dados financeiros por parte das empresas é cada vez mais reduzida, dificultando a adequação de qualquer solução apresentada neste trabalho.

5.3 Trabalhos futuros

Este tema oferece bastantes oportunidades de execução de trabalhos futuros, principalmente aqueles que poderão estar associados à sustentabilidade ambiental da operação de aeronaves cargueiras comparativa a outros meios de transporte. Outros aspetos que poderão ser analisados no futuro incluem a evolução do mercado de transporte de carga e se existe alguma possibilidade de consolidação ou crescimento de operações de fusões e aquisição, bem como a existência de regimes de monopólio ou duopólio e como é que isso impacta o mercado como um todo.

O *abstract* deste trabalho foi também submetido para apresentação e discussão na 27 edição da ATRS (*Air Transport Research Society*) *World Conference* a decorrer em Lisboa de 30 de Junho a 4 de Julho de 2024. Se aceite, permitirá a expansão de conhecimento e contribuições para engrandecer o conteúdo e espectro do trabalho.

REFERÊNCIAS

- A. Ottomaniello, T. O. (2022). *Guidelines - Transport of cargo in passenger compartment - exemptions under article 71(1) of regulation (EU)2018/1139 (The basic regulation)*. Cologne: EASA.
- Airbus. (2021). *Global Market Forecast 2021-2040*. Toulouse: Airbus.
- Airbus S.A.S. (2020). *A320neo*. Obtido em 28 de Agosto de 2021, de Airbus: <https://www.airbus.com/aircraft/passenger-aircraft/a320-family/a320neo.html>
- Aircraft.com. (s.d.). Boeing 737-300(QC).
- Aislelabs. (2020). *How Airports Globally are Responding to Coronavirus (Updated Frequently)*. Obtido de Aislelabs: <https://www.aislelabs.com/how-airports-globally-are-responding-to-coronavirus-updated-frequently/>
- ANAC. (2015). *Glossário da Aviação Civil*. Lisboa: ANAC.
- Banco Central Europeu. (2024). *Two percent inflation target*. Obtido em 16 de Janeiro de 2024, de <https://www.ecb.europa.eu/mopo/strategy/pricestab/html/index.en.html>
- Boeing. (2021). *Commercial Market Outlook 2021-2040*. Seattle: Boeing.
- Boeing. (2022). *World Air Cargo Forecast 2022-2041*. Seattle: Boein.
- Budd, L., & Ison, S. (2016). *Air transport management : an international perspective* . New York: Routledge.
- Budd, L., & Ison, S. (5 de Junho de 2016). The role of dedicated freighter aircraft in the provision of global airfreight services. *Journal of Air Transport Management*, 34-40.
- Cirium. (2015). *What is "Block Time" in Airline Schedules? Why Does it Matter?* Obtido de Cirium: <https://www.cirium.com/thoughtcloud/block-time-airline-schedules/>
- Cirium. (2021). *Air Cargo: Fueling Momentum*. Cirium.
- Dan Zhao, Z. G. (2021). Research on Scrap Recycling of Retired Civil Aircraft. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 657 012062.
- Dewulf, W., Meersman, H., & de Voorde, E. V. (2019). *Advances in Airline Economics* (Vol. 8). Leeds: Emerald Publishing.
- EASA. (2024). *The Agency*. Obtido de EASA: <https://www.easa.europa.eu/en/the-agency/the-agency>
- Emirates SkyCargo. (2020). *Covid-19 Response*. Obtido de Emirates SkyCargo: <https://www.skycargo.com/media-centre/covid-19-response-emirates-skycargo-to-set-up-the-worlds-largest-gdp-compliant-air-cargo-hub-in-dubai-for-global-distribution-of-covid-19-vaccine/>
- Eurocontrol. (2009). *Dependent on the dark: cargo and other night flights in European Airspace*. Eurocontrol. Bruxelas: Eurocontrol.

- Fendt, M. (Março de 2021). Passenger-to-ferighter conversions - What operators need to consider . *FAST Magazine*, 11.
- Gallo, A. (19 de Novembro de 2014). *A Refresher on Net Present Value*. Obtido de Harvard Business Review: <https://hbr.org/2014/11/a-refresher-on-net-present-value>
- Group, L. (2022). *Annual Report 2022*. Alemanha.
- Hayes, A. (28 de Março de 2023). *What Is Cost-Benefit Analysis, How Is it Used, What Are its Pros and Cons?* Obtido de Investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/c/cost-benefitanalysis.asp>
- Hoang, T., Gildemann, G., Collingwood, J., & Jin, C. (2022). *World Air Cargo Forecast*. Seattle: Boeing.
- IATA. (2013). *Dangerous Goods Regulations - 54th Edition*. Montreal.
- IATA. (2020). *Annual Review 2020*. Amsterdam: International Air Transport Association.
- IATA. (2023). *Annual Review 2023*. IATA.
- IATA. (2023). *Global Outlook for Air Transport*. Montreal, Canada: IATA.
- Iatrou, K., & Alamdari, F. (2005). The empirical analysis of the impact of alliances on airline operations. *Journal of Air Transport Management*, 11, 127-134.
- IBA. (2023). *The Future of the Passenger - to - Freighter Conversion Market: 2021 and Beyond (Webinar)*. Obtido de IBA: https://marketing.iba.aero/l/938693/2021-10-25/cmnv/938693/1635157973p5oK5OZS/IBA___AEI_Freighter_Webinar__1__1_.pdf
- ICAO. (2010). *Doc 8335 - Manual of procedures for operations inspection, certification and continued surveillance* (Vol. V). ICAO.
- ICAO. (2022). *Doc 9481 - Emergency Response Guidance for Aircraft Incidents involving Dangerous Goods*. Montreal: ICAO.
- ICAO. (2024). *Dangerous Goods*. Obtido de ICAO: <https://www.icao.int/safety/airnavigation/ops/cabinsafety/pages/dangerous-goods.aspx>
- ICAO. (2024). *Vision and Mission*. Obtido de ICAO: <https://www.icao.int/about-icao/Council/Pages/vision-and-mission.aspx>
- International Civil Aviation Organization. (2022). *Annex 6 - Operation of Aircraft* (Vol. 1). ICAO.
- International Civil Aviation Organization. (2022). *Annex 8 - Airworthiness of Aircraft*. ICAO.
- Kasilingam, R. G. (1996). Air cargo revenue management: Characteristics and complexities. *European Journal of Operational Research*, 36-44.
- KLM. (2022). *JetOneX brings a Boeing 747-400M "Combi" back to life and is the only operator of the model*. Obtido de aviacionline: <https://www.aviacionline.com/2022/01/jetonex-brings-a-boeing-747-400m-combi-back-to-life-and-is-the-only-operator-of-the-model/>
- Logistics Learning. (2022). *Preighter*. Obtido de Your Logistics Learning Plan: <https://logisticselearning.com/logistics-glossary/preighter/>

- M Heinemann, M. H. (1967). Quick-change (QC) airplane system: A prospective. *Journal of Aircraft*, 42-47.
- Reis, V., & Silva, J. (24 de Agosto de 2016). Assessing the air cargo business models of combination airlines. *Journal of Air Transport Management*, 57, 250-259.
- Scheelhaase, J., Muller, L., Ennen, D., & Grimme, W. (2022). Economic and Environmental Aspects of Aircraft Recycling. *Transportation Research Procedia*, 65, 3-12.
- Skybrary. (2024). *Ground Handling*. Obtido de Skybrary: <https://skybrary.aero/articles/ground-handling>
- Slager, B., & Kapteijns, L. (23 de Novembro de 2003). Implementation of cargo revenue management at KLM. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 3, 80-90.
- Statista. (2021). *Statista*. Obtido em Março de 2021, de Number of flights performed by the global airline industry from 2004 to 2021: <https://www.statista.com/statistics/564769/airline-industry-number-of-flights/>
- Taal, M. (5 de Maio de 2020). *Repurposing Aircraft Passenger Cabin for Transport of Cargo [Webinar]*. Obtido de ICAO: <https://www.icao.int/Meetings/webinar-series/Pages/Cabin-Transformation.aspx>

ANEXOS

Aqui são apresentados os anexos que fundamentam o conteúdo presente no trabalho. Apresentamos um exemplo de uma STC por parte da FAA a uma conversão de um Airbus A321. De seguida apresentamos os valores de aquisição de vários modelos de aeronaves contidas neste estudo. Por fim apresentamos uma secção da divulgação dos resultados da *Turkish Airlines*, onde é possível encontrar o valor de receita obtido por esta nas operações de transporte de carga relativamente ao ano de 2022, e de seguida os valores obtidos por parte da Lufthansa Cargo para o ano de 2022.

ANEXO 1 – EXEMPLO DE STC À AERONAVE AIRBUS A321-200(P2F)



United States of America
Department of Transportation
Federal Aviation Administration
Supplemental Type Certificate
IMPORT
Number: ST04493NY

This certificate issued to: ELBE FLUGZEUGWERKE GmbH
GRENZSTRASSE 1
01109 DRESDEN
GERMANY

Certifies that the change in the type design for the following product with the limitations and conditions therefore as specified hereon meets the airworthiness requirements of Part 25 of Title 14 Code of Federal Regulations.

Original Product **A28NM**
Type Certificate Number:

Make: Airbus S.A.S.

Model: A321 Model -231

Description of Type Design Change:

1. Conversion of Passenger to Freighter configuration by installing a large Main Deck Cargo Door and Frame Shell Structure, Class "E" Cargo Compartment, Crew Entry Door and Surround Structure, Rigid Cargo Barrier, Floor Reinforcements, and other associated modifications in accordance with ST Engineering Aerospace "A320/321 Passenger to Freighter (P2F) Master Drawing List (MDL)", Document No. 349-MDL-001, Revision F, dated February 17, 2020, or later EASA approved revisions.
(See Description of Type Design Change Continued on page 3 of 8)

Limitations and Conditions:

1. The aircraft must be operated in accordance with the "Limitations" section of the Airplane Flight Manual Supplement referenced in the Description of Type Design Change Section of this STC.
(See Limitations and Conditions Continued on Page 3 of 8)

This certificate and the supporting data which is the basis for approval shall remain in effect until surrendered, suspended, revoked, or a termination date is otherwise established by the Administrator of the Federal Aviation Administration.

Date of Application: **May 27, 2016**

Date Reissued:

Date of Issuance: **May 27, 2020**

Date Amended: **May 24, 2022, October 24, 2022,
November 3, 2023**

By Direction of the Administrator

Signature:

for: Anthony E. Gallo
Manager, International Validation Branch
Compliance & Airworthiness Division
Title: Aircraft Certification Service

Any alteration of this certificate is punishable by a fine of not exceeding \$1,000, or imprisonment not exceeding 3 years, or both. This certificate may be transferred or made available to third persons by licensing agreements in accordance with 14 CFR 21.47. Possession of this Supplemental Type Certificate (STC) document by persons other than the STC holder does not constitute rights to the design data nor to alter an aircraft, aircraft engine, or propeller. The STC's supporting documentation (drawings, instructions, specifications, flight manual supplements, etc.) is the property of the STC holder. An STC holder who allows a person to use the STC to alter an aircraft, aircraft engine, or propeller must provide that person with written permission acceptable to the FAA. (Ref. 14 CFR 21.120).



United States of America
Department of Transportation
Federal Aviation Administration
Supplemental Type Certificate
IMPORT

Number: ST04493NY

INSTRUCTIONS: The transfer endorsement below may be used to notify the appropriate FAA Aircraft Certification Office of the transfer of this Supplemental Type Certificate. The FAA will reissue the certificate in the name of the transferee and forward it to him.

Transfer Endorsement

Transfer the ownership of Supplemental Type Certificate Number: _____

To (Name and address of transferee):

From (Name and address of grantor):

Extent of Authority (if licensing agreement):

Date of transfer:

Signature of grantor: _____

Any alteration of this certificate is punishable by a fine of not exceeding \$1,000, or imprisonment not exceeding 3 years, or both. This certificate may be transferred or made available to third persons by licensing agreements in accordance with 14 CFR 21.47. Possession of this Supplemental Type Certificate (STC) document by persons other than the STC holder does not constitute rights to the design data nor to alter an aircraft, aircraft engine, or propeller. The STC's supporting documentation (drawings, instructions, specifications, flight manual supplements, etc.) is the property of the STC holder. An STC holder who allows a person to use the STC to alter an aircraft, aircraft engine, or propeller must provide that person with written permission acceptable to the FAA. (Ref. 14 CFR 21.120).



United States of America
Department of Transportation
Federal Aviation Administration

Supplemental Type Certificate

IMPORT

(Continuation Sheet)

Number: ST04493NY

Date Amended: November 3, 2023

Description of Type Design Change (continued):

2. Installation of Optional Redefined Flight Deck Option A and In-Flight Access to Class E Cargo Compartment with associated modifications, in accordance with ST Engineering Aerospace "A320/321 Passenger to Freighter (P2F) Master Drawing List (MDL)", Document No. 349-MDL-001, Revision G, dated August 9, 2020, or later EASA approved revisions.
3. Installation of New A321P2F Frame Shell Structure and Rigid Cargo Barrier Design with associated modifications, in accordance with ST Engineering Aerospace "A320/321 Passenger to Freighter (P2F) Master Drawing List (MDL)" Document No. 349-MDL-001, Revision N, dated November 15, 2021, or later EASA approved revisions.
4. ST Engineering Aerospace "Instructions for Continued Airworthiness for Airbus A321-200 Passenger-to-Freighter (P2F) Conversion", Document No. 349/AED/ICA001, Revision D, dated August 3, 2021, or later EASA accepted revisions, is required with this modification.
5. Elbe Flugzeugwerke GmbH "A321 P2F Airplane Flight Manual AFM Supplement Envelope (ENV)", Document No. A321P2F-AFM-ENV, Revision 11, dated March 15, 2022, or later EASA approved revisions, is required with this installation.
6. This STC covers two options for Lavatory W installation: (1) Lavatory W from manufacturer VT Volant Aerospace with P/N series D252R4257-XXX-00 (2) Lavatory W from manufacturer Elbe Flugzeugwerke GmbH in accordance with Elbe Flugzeugwerke GmbH Master Drawing List Document No. EFW-E-MDL-00280, Rev. B, dated January 25, 2023, or later EASA approved revisions.

Limitations and Conditions (continued):

2. The following EASA approved Mandatory Airworthiness Limitations are required for this modification:
 - a. Airworthiness Limitation section in the Instructions for Continued Airworthiness referenced in the Description of Type Design Change Section of this STC.
(Limitations and Conditions Continued on Page 4 of 8)

Any alteration of this certificate and/or the Type Certificate Data Sheet is punishable by a fine not exceeding \$1,000, or imprisonment not exceeding 3 years, or both. This certificate may be transferred or made available to third persons by licensing agreements in accordance with Title 14 of the Code of Federal Regulations, part 21, section 21.47 (14 CFR 21.47). A transfer must be endorsed as provided on the reverse hereof. A Type Certificate holder who allows a person to use the Type Certificate to manufacture a new aircraft, aircraft engine, or propeller must provide that person with a written licensing agreement acceptable to the FAA. (Ref. 14 CFR 21.55).



United States of America
Department of Transportation
Federal Aviation Administration

Supplemental Type Certificate

IMPORT

(Continuation Sheet)

Number: ST04493NY

Date Amended: November 3, 2023

Limitations and Conditions (continued):

- b. Elbe Flugzeugwerke GmbH Airworthiness Limitation Items (ALS Part 2), Document No. A320/A321P2F-ALS_Part2-ALI-ENV, Revision 05, dated May 5, 2023, or later EASA approved revisions.
- c. EFW Certification Maintenance Requirement Supplement (ALS Part 3), Document No. A320/A321P2F-ALS_Part3-CMR-ENV, Revision 00, dated August 01, 2019, or later EASA approved revisions.
3. The type-design reliability and performance of the A321-200 have been evaluated in accordance with 14 CFR 25.1535 and found suitable for 180-minute maximum diversion time extended operations (ETOPS) when the configuration, maintenance and procedures standards contained in the applicable revision of Airbus document reference, "EFW A321P2F ETOPS Configuration, Maintenance, Procedure and Dispatch Standards CMP Supplement Document" A321P2F/CMP, Revision 00, dated March 01, 2020, are met. This finding does not constitute approval to conduct ETOPS.
4. To carry cargo, an FAA approved Cargo Loading System must be installed, which is not part of this STC. Transportation of cargo must be per Elbe Flugzeugwerke GmbH "A320/A321 P2F Weight and Balance Manual WBM Supplement Envelope (ENV)", Document No. A320/A321P2F-WBM-ENV, Revision 07, dated Sept 22, 2021, or later EASA approved revisions.
5. The following Airbus Cockpit Computer Modification must be installed in conjunction with this STC:
 - a. EIS2 S15 Standard, Mod 163156, or EIS1 V80 Standard (Mod 164010) or higher standards.
 - b. FWS F10 Standard, Mod 162159, or higher standards.
6. For an operator to fly beyond 48,000 FC/96,000FH, whichever occurs first, Service Bulletin EFW-SB-53-0066 shall be complied with Airbus SB A320-53-1261, Rev. 04 or later revisions, and Airbus SB A320-53-1364, initial issue or later revisions.

(See Limitations and Conditions Continued on Page 5 of 8)

Any alteration of this certificate and/or the Type Certificate Data Sheet is punishable by a fine not exceeding \$1,000, or imprisonment not exceeding 3 years, or both. This certificate may be transferred or made available to third persons by licensing agreements in accordance with Title 14 of the Code of Federal Regulations, part 21, section 21.47 (14 CFR 21.47). A transfer must be endorsed as provided on the reverse hereof. A Type Certificate holder who allows a person to use the Type Certificate to manufacture a new aircraft, aircraft engine, or propeller must provide that person with a written licensing agreement acceptable to the FAA. (Ref. 14 CFR 21.55).



United States of America
Department of Transportation
Federal Aviation Administration

Supplemental Type Certificate

IMPORT

(Continuation Sheet)

Number: ST04493NY

Date Amended: November 3, 2023

Limitations and Conditions (continued):

7. Supernumeraries are allowed to access to the Main Deck Cargo Compartment, except during taxi, takeoff, and landing, with the Installation of Optional Redefined Flight Deck Option A and In-Flight Access to Class E Cargo Compartment with associated modifications. Access to the main deck cargo compartment is otherwise prohibited in all phases of the flight.
8. A maximum of three (3) supernumeraries are allowed when this STC is installed.
9. This STC is applicable to all serial numbers for A321-231 Model.
10. This STC affects portions of the inspections required by the following list of Airworthiness Directives (ADs). Alternate inspections for those aircraft affected by this STC have been approved via Alternate Methods of Compliance (AMOCs) to the following list of ADs, Ref. FAA AMOCs Approval Letters AIR-731A-20-213, dated, June 24, 2020, and AIR-730-22-110, AIR-730-22-134, AIR-730-22-139, dated May 24, 2022.

FAA Airworthiness Directives:

AD 2018-03-12	AD 2023-06-08
AD 2016-08-02	AD 2018-23-02
AD 98-20-04	AD 2019-18-06
AD 2019-20-10	AD 2022-15-05
AD 2017-10-23	AD 2022-22-04
AD 2019-23-01	AD 2023-04-06
AD 2019-18-07	AD 2023-13-10
AD 2018-14-09	
AD 2017-25-06	
AD 2017-12-10	
AD 2017-14-14	
AD 2020-22-16	

11. The installer must determine whether this design change is compatible with previously approved modifications.

(Limitations and Conditions Continued on Page 6 of 8)

Any alteration of this certificate and/or the Type Certificate Data Sheet is punishable by a fine not exceeding \$1,000, or imprisonment not exceeding 3 years, or both. This certificate may be transferred or made available to third persons by licensing agreements in accordance with Title 14 of the Code of Federal Regulations, part 21, section 21.47 (14 CFR 21.47). A transfer must be endorsed as provided on the reverse hereof. A Type Certificate holder who allows a person to use the Type Certificate to manufacture a new aircraft, aircraft engine, or propeller must provide that person with a written licensing agreement acceptable to the FAA. (Ref. 14 CFR 21.55).



United States of America
Department of Transportation
Federal Aviation Administration

Supplemental Type Certificate

IMPORT

(Continuation Sheet)

Number: ST04493NY

Date Amended: November 3, 2023

Limitations and Conditions (continued):

12. If the holder agrees to permit another person to use this certificate to alter a product, the holder must give the other person written evidence of that permission.
13. The MMEL relief letter record 1661956740 is applicable to this STC for models A321 series.

Certification Basis:

1. Based on 14 CFR §21.115 and §21.101, and the FAA policy for significant changes in FAA Order 8110.48A, the certification basis for the Airbus A321-231 passenger to freighter conversion is as follows:
 - a. The type certification basis for Airbus A321-231 airplanes for parts not changed or not affected by the change is shown on TCDS A28NM Rev 49 or later.
 - b. The modification certification basis for parts changed or affected by the change since the reference date of application to EASA, July 6, 2015, is based upon part 25 as amended by Amendment 25-141 as follows:

Regulations at the latest amendment 25-0 through 25-141:

25.23, 25.25, 25.27, 25.29, 25.109, 25.113, 25.235, 25.301, 25.303, 25.305(a)(b)(c)(f), 25.307(a), 25.321, 25.333, 25.337(a), 25.343(a)(b)(1)(2)(3), 25.345(a)(d), 25.351, 25.365, 25.427(a)(b), 25.471(a)(b), 25.473(a)(b)(c)(e), 25.479(a)(c)(d), 25.481(a)(c), 25.483, 25.485, 25.489, 25.491, 25.493(b)(c)(d)(e), 25.495, 25.499, 25.507(a)(b), 25.511(a)(b)(c)(d)(e), 25.561, 25.562, 25.581, 25.601, 25.603, 25.605(a), 25.607, 25.609, 25.611, 25.613(a)(b), 25.619, 25.623, 25.625, 25.631, 25.771(e), 25.777(a)(b)(c)(g), 25.783, 25.787(a)(b)(c), 25.789(a), 25.791, 25.793, 25.795(b)(1)(c)(2), 25.801, 25.803(a), 25.807(a)(g)(1)(i)(1)(j), 25.809(a)(b)(c)(e)(f)(g)(i), 25.810(a), 25.811(a)(b)(c)(d)(2)(e)(f)(g), 25.812(a)(b)(2)(c)(d)(e)(h)(1)(i)(k)(l), 25.813(c)(4)(ii), 25.820, 25.832, 25.843, 25.851(a)(1)(2)(5)(6)(7)(8), 25.853(a)(c)(f)(g)(h), 25.854(b), 25.855(a)(b)(1)(c)(2)(d)(e)(f)(g)(h)(2)(i)(j), 25.856(a), 25.857(e), 25.858, 25.863(a)(b), 25.869(a), 25.899, 25.903(d)(1), 25.981(a)(b), 25.1001(a)(b), 25.1301, 25.1302, 25.1309, 25.1316, 25.1317, 25.1321(e), 25.1322, 25.1353(a)(b)(e), 25.1360, 25.1381, 25.1403, 25.1411(a)(b)(c)(d)(e)(f), 25.1415(a)(b)(c)(d), 25.1431(a)(c)(d), 25.1435(a)(b)(3)(4)(c), 25.1438,

(Certification Basis Continued on Page 7 of 8)

Any alteration of this certificate and/or the Type Certificate Data Sheet is punishable by a fine not exceeding \$1,000, or imprisonment not exceeding 3 years, or both. This certificate may be transferred or made available to third persons by licensing agreements in accordance with Title 14 of the Code of Federal Regulations, part 21, section 21.47 (14 CFR 21.47). A transfer must be endorsed as provided on the reverse hereof. A Type Certificate holder who allows a person to use the Type Certificate to manufacture a new aircraft, aircraft engine, or propeller must provide that person with a written licensing agreement acceptable to the FAA. (Ref. 14 CFR 21.55).



United States of America
Department of Transportation
Federal Aviation Administration

Supplemental Type Certificate

IMPORT

(Continuation Sheet)

Number: ST04493NY

Date Amended: November 3, 2023

Certification Basis (continued):

25.1439, 25.1441(a)(b)(c), 25.1443(c), 25.1445(b), 25.1447(c)(1), 25.1455, 25.1459(e), 25.1461(c), 25.1529, 25.1535, 25.1541, 25.1555(a), 25.1557(a)(c), 25.1561, 25.1581, 25.1583(c)(1)(2), 25.1585, 25.1587(b), 25.1701, 25.1703, 25.1705(a)(b)(2)(5)(7)(9)(11)(12), 25.1707, 25.1709, 25.1711, 25.1713, 25.1715, 25.1717, 25.1719.

ii. Regulations at the amendment level in TCDS A28NM:

25.105, 25.107, 25.119, 25.121, 25.123, 25.125, 25.143(b), 25.145, 25.302, 25.305(a)(b)(c), 25.307(a), 25.331(a)(b)(c)(1)(2), 25.341(a)(b), 25.371, 25.373(a)(b), 25.571(a)(b)(e), 25.611, 25.613(a)(b), 25.629, 25.773(a)(2), 25.783, 25.831(a)(b)(c)(d)(e), 25.841, 25.1301, 25.1309, 25.1322, 25.1351(a), 25.1353(a), 25.1357(a), 25.1419, 26.47(a)(b)(c)(d).

2. Based on 14 CFR §21.115 and §21.101, and the FAA policy for significant changes in FAA Order 8110.48A, the certification basis for the Installation of Optional Redefined Flight Deck Option A and In-Flight Access to Class E Cargo Compartment with associated modifications for the Airbus A321-231 is:

- a. The certification basis for the Airbus A321-231 passenger to freighter conversion described above, and:
- b. For the Redefined Flight Deck Option A: The modification certification basis for parts changed or affected by the change is based upon part 25 at the latest amendment 25-0 through 25-141: 25.562, 25.785(a)(b)(c)(d)(f)(i)(j)(k), 25.1365, 25.1447(a)(b)(c)(1), 25.1449, 25.1453.
- c. For the In-Flight Access to Class E Cargo Compartment: The modification certification basis for parts changed or affected by the change is based upon part 25 at the latest amendment 25-0 through 25-141: 25.851(a)(3), 25.1443(b)(e).

(Certification Basis Continued on Page 8 of 8)

Any alteration of this certificate and/or the Type Certificate Data Sheet is punishable by a fine not exceeding \$1,000, or imprisonment not exceeding 3 years, or both. This certificate may be transferred or made available to third persons by licensing agreements in accordance with Title 14 of the Code of Federal Regulations, part 21, section 21.47 (14 CFR 21.47). A transfer must be endorsed as provided on the reverse hereof. A Type Certificate holder who allows a person to use the Type Certificate to manufacture a new aircraft, aircraft engine, or propeller must provide that person with a written licensing agreement acceptable to the FAA. (Ref. 14 CFR 21.55).



United States of America
Department of Transportation
Federal Aviation Administration
Supplemental Type Certificate
IMPORT

(Continuation Sheet)

Number: ST04493NY

Date Amended: November 3, 2023

Certification Basis (continued):

3. Exemption No. 18467A, dated April 21, 2021, has been granted from the following:

- a. §25.785(j) at Amendment 25-88
- b. §25.791(b) at Amendment 25-72
- c. §25.807(g)(1) at Amendment 25-114
- d. §25.807(i)(1) at Amendment 25-114
- e. §25.809(a) at Amendment 25-116
- f. §25.812(e) at Amendment 25-128
- g. §25.812(l)(1) at Amendment 25-128
- h. §25.857(e) at Amendment 25-93
- i. §25.1447(c)(1) at Amendment 25-116
- j. §25.1449 at Amendment 25-0

-----END-----

Any alteration of this certificate and/or the Type Certificate Data Sheet is punishable by a fine not exceeding \$1,000, or imprisonment not exceeding 3 years, or both. This certificate may be transferred or made available to third persons by licensing agreements in accordance with Title 14 of the Code of Federal Regulations, part 21, section 21.47 (14 CFR 21.47). A transfer must be endorsed as provided on the reverse hereof. A Type Certificate holder who allows a person to use the Type Certificate to manufacture a new aircraft, aircraft engine, or propeller must provide that person with a written licensing agreement acceptable to the FAA. (Ref. 14 CFR 21.55).

ANEXO 2 – PREÇOS DE AQUISIÇÃO AIRBUS 2018

AIRBUS

Information

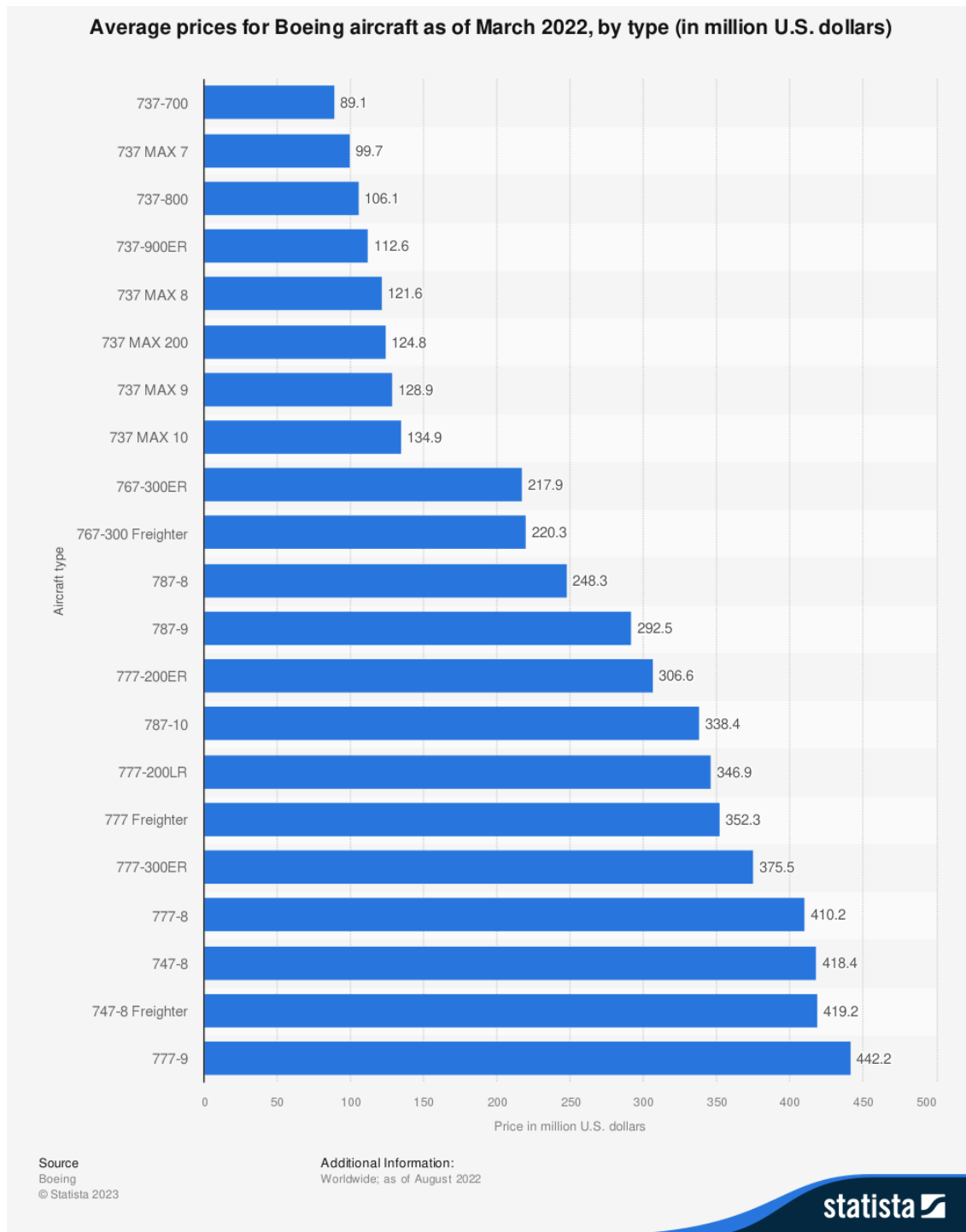
AIRBUS AIRCRAFT 2018 AVERAGE LIST PRICES* (USD millions)

A220-100	81
A220-300	91.5
A318	77.4
A319	92.3
A320	101.0
A321	118.3
A319neo	101.5
A320neo	110.6
A321neo	129.5
A330-200	238.5
A330-800 (neo)	259.9
A330-200 Freighter	241.7
A330-300	264.2
A330-900 (neo)	296.4
A350-800	280.6
A350-900	317.4
A350-1000	366.5
A380	445.6

* Price depends on design weights, engines choice and level of selected customisation.

Airbus Media Relations
2 rond-point Emile Dewoitine
31700 Blagnac
France

Phone: +33 (0)5 61 93 10 00
Email: media@airbus.com
Web: airbus.com
Follow us on Twitter: [@airbus](https://twitter.com/airbus) & [@airbuspress](https://twitter.com/airbuspress)

ANEXO 3 – PREÇOS DE AQUISIÇÃO BOEING 2022 (STATISTA)

ANEXO 4 – RESULTADOS FINANCEIROS *TURKISH AIRLINES* 2022

TÜRK HAVA YOLLARI ANONİM ORTAKLIĞI AND ITS SUBSIDIARIES
Notes to the Consolidated Financial Statements
For the Year Ended 31 December 2022
 (All amounts are expressed in Million US Dollars (USD) unless otherwise stated.)

26. REVENUE

Breakdown of gross profit is as follows:

	1 January - 31 December 2022	1 January - 31 December 2021
Passenger revenue		
Scheduled	14,179	6,311
Unscheduled	112	79
Total passenger revenue	14,291	6,390
Cargo revenue		
Carried by passenger aircraft	1,559	1,172
Carried by cargo aircraft	2,176	2,843
Total cargo revenue	3,735	4,015
Total passenger and cargo revenue	18,026	10,405
Technical revenue	367	253
Other revenue	33	28
Net sales	18,426	10,686
Cost of sales (-)	(14,036)	(8,322)
Gross profit	4,390	2,364

Breakdown of total passenger and cargo revenue by geographical locations is as follows:

	1 January - 31 December 2022	1 January - 31 December 2021
International flights		
- Europe	5,404	2,663
- Asia and Far East	4,189	2,770
- Americas	3,848	2,306
- Middle East	1,703	835
- Africa	1,616	1,015
Total	16,760	9,589
Domestic flights	1,266	816
Total passenger and cargo revenue	18,026	10,405

ANEXO 5 – RESULTADOS FINANCEIROS LUFTHANSA CARGO 2022 (GROUP, 2022)

T038 TRENDS IN TRAFFIC REGIONS

Lufthansa Cargo

	Net traffic revenue external revenue		Available cargo tonne-kilometres		Revenue cargo tonne-kilometres		Cargo load factor	
	2022	Change in %	2022	Change in %	2022	Change in %	2022	Change in %
Europe	294	25	607	24	271	9	44.7	-6.1
America	2,033	18	6,288	27	3,519	4	56.0	-12.2
Asia/Pacific	1,808	25	3,933	1	2,913	-5	74.1	-4.4
Middle East/Africa	295	26	999	26	528	3	52.8	-11.6
Total	4,430	22	11,827	17	7,231	0	61.1	-9.9

Financial performance

Revenue up 22% year-on-year

Revenue in the Logistics segment rose by 22% to EUR 4,627m in 2022 (previous year: EUR 3,800m). Higher yields due to capacity reductions across the industry were responsible for the increase. Operating income increased by a total of 22% to EUR 4,733m (previous year: EUR 3,865m).

Expenses went up by 32%

Operating expenses came to EUR 3,171m in the reporting year, a year-on-year increase of 32% (previous year: EUR 2,394m).

T040 OPERATING EXPENSES LOGISTICS

	2022	2021	Change
	in €m	in €m	in %
Cost of materials and services	2,295	1,665	38
of which fuel	486	251	94
of which fees	274	259	6
of which charter expenses	1,287	945	36
of which MRO services	111	95	17
Staff costs ¹⁾	425	367	16
Depreciation and amortisation ²⁾	170	149	14
Other operating expenses ³⁾	281	213	32
Total operating expenses	3,171	2,394	32

¹⁾ Without past service costs/settlement.²⁾ Without impairment losses.³⁾ Without book losses.

The cost of materials and services rose year-on-year by 38% to EUR 2,295m (previous year: EUR 1,665m). There was a 94% price- and currency-related increase in fuel expenses to EUR 486m (previous year: EUR 251m).

Traffic revenues increased due to the higher yields by 22% to EUR 4,430m (previous year: EUR 3,644m). Traffic revenues rose in all traffic regions.

The Americas and Asia/Pacific remain Lufthansa Cargo's main traffic regions. The two regions account for nearly 90% of capacity and sales.

Capacity was expanded in all traffic regions, and sales were increased in all traffic regions except Asia/Pacific. However, the cargo load factor declined in all traffic regions year-on-year.

T039 TRAFFIC FIGURES AND OPERATING FIGURES LOGISTICS

	2022	2021	Change in %
Available cargo tonne-kilometres	millions	11,827	10,134
Revenue cargo tonne-kilometres	millions	7,231	7,198
Cargo load factor	%	61.1	71.0
Yields	€ cent	61.3	50.6
			21.1 ¹⁾

¹⁾ Exchange rate-adjusted change: 17.7%.

Lufthansa Cargo doubles yields compared with the pre-crisis level

Lufthansa Cargo expanded its capacity in the 2022 financial year by 17% year-on-year, above all due to the recovery of passenger flight operations and the related increase in belly capacities. On the other hand, freighter capacities decreased – despite the introduction of a Boeing 777F in 2022 and two 777Fs in the previous year – as a result of the complete retirement of the MD11 fleet during the previous year due to the need to fly around Russian and Ukrainian airspace. When compared with the year before the crisis, 2019, capacity was 18% lower. Sales were unchanged year-on-year. The cargo load factor fell by 9.9 percentage points to 61.1% (previous year: 71.0%), in particular due to the expansion of belly capacities on routes with a relatively low level of demand for air-freight. Yields adjusted for exchange rate effects increased in all Lufthansa Cargo traffic regions and were overall 17.7% higher than in the previous year. They thus reached a new all-time high in the history of Lufthansa Cargo. They were 132.5% higher than the 2019 pre-crisis level.