

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

JOSÉ MARCIO DE MELO JUNIOR

**ESTUDO DE UTILIZAÇÃO DO DIRIGÍVEL PARA
TRANSPORTE ALTERNATIVO DE CARGAS**

TAUBATÉ – SÃO PAULO

2017

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

JOSÉ MARCIO DE MELO JUNIOR

**ESTUDO DE UTILIZAÇÃO DO DIRIGÍVEL PARA
TRANSPORTE ALTERNATIVO DE CARGAS**

Monografia apresentada para obtenção do
Certificado do Departamento de Engenharia
Mecânica da Universidade de Taubaté. Área de
Concentração: Engenharia Aeronáutica.
Orientador: Prof. Me. Paulo de Tarso Moraes
Lobo.

TAUBATÉ – SÃO PAULO

2017

JOSÉ MARCIO DE MELO JUNIOR

**ESTUDO DE UTILIZAÇÃO DO DIRIGÍVEL PARA TRANSPORTE
ALTERNATIVO DE CARGAS**

Monografia apresentada para obtenção do
Certificado do Departamento de Engenharia
Mecânica da Universidade de Taubaté. Área de
Concentração: Engenharia Aeronáutica.

Data:

Resultado:

Banca Examinadora

Prof. Me. Pedro Marcelo Alves F. Pinto, Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Me. Paulo de Tarso Moraes Lobo, Universidade de Taubaté

Assinatura _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guiar e iluminar todos os dias de minha vida.

A todos os professores que contribuíaam na minha formação compartilhado comigo seus conhecimentos e experiências

E principalmente ao meu orientador, professor Paulo de Tarso M. Lobo, que dispôs de toda paciência e dedicação para me ajudar, permitindo a realização deste trabalho.

Aos meus pais que me ensinaram os valores da vida.

E especialmente a minha esposa Luciana, por toda dedicação e apoio, sempre ao meu lado em todos os momentos.

E aos meus filhos Leonardo e Rafael, por compreenderem todas as horas de ausência.

“A vida é como andar de bicicleta, para manter o seu equilíbrio tem de se
continuar em movimento”.

Albert Einstein

RESUMO

No Brasil e no mundo existem regiões denominadas “vazios logísticos”. São áreas de difícil acesso com uma infraestrutura precária ou inexistente, onde a utilização do transporte aéreo tradicional é muito caro e a utilização de transporte terrestre é muito lento.

Este trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade na utilização de dirigíveis como um meio alternativo para o transporte de cargas, visando preencher as lacunas deixadas pelos transportes tradicionais aéreos e terrestres.

Foram analisados alguns trabalhos acadêmicos que abordam temas semelhantes, bem como uma busca sobre informações dos novos projetos de aeronaves LTA (Lighter Than Air) que estão sendo desenvolvidos pelo mundo, e quais são as novas tecnologias que os fabricantes estão aplicando em seus projetos.

Palavras chaves: Dirigível, Transporte de cargas, LTA

ABSTRACT

In Brazil and in the world there are regions called "logistical empties". They are areas with difficult access and precarious or nonexistent infrastructure where traditional air transportation is very expensive and the land transportation is very slow.

This final project will analyze the viability of utilization the airship as an alternative way of cargo transportation, intending to complete the gaps left by traditional air and land transportation.

Some academic projects with the same subject were analyzed, as well a search of information on the new LTA (lighter than air) aircraft designs being develop around the world, and which are the new technologies that manufacturers are applying to their projects.

Key Words: Airship, Cargo Transportation, LTA

LISTAS DE ABREVIATURAS

ACLS – Air Cushion Landing System

AEV – Air Expansion Vessel

AIAA – American Institute of Aeronautics and Astronautics

BNDS – Banco Nacional de Desenvolvimento Social

COSH – Control Of Static Heaviness

CSCD – Ceiling Suspension Cargo Deployment System

CTA – Centro Técnico Aeroespacial

DAC – Departamento de Aviação Civil

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

EUA – Estados Unidos da America

FAA – Federal Aviation Administration

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

HAV – Hybrid Air Vehicles

HLV – Heavy Lift Vehicle

HPE – Helium Pressure Envelope

LTA – Lighter Than Air

MIT – Massachusetts Institute of Technology

NASA – National Aeronautics and Space Administration

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PNUD – Programa da Nações Unidas para o Desenvolvimento

PVF – Polyvinyl Fluoride Films

UV – Ultra Violeta

VTOL – Vertical Take-Off and Landing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dirigível não rígido.....	16
Figura 2 - Dirigível rígido	17
Figura 3 - Dirigível Semi-rígido.....	18
Figura 4 - Dirigível construído por Henri Giffard em 1852.....	20
Figura 5 - LZ-4 Deixando o hangar para o voo de teste de 24 horas.	21
Figura 6 - N2Y biplano de treinamento em procedimento para engate no USS Akron.....	24
Figura 7 - Aeronaves em aproximação ao USS Macon.....	24
Figura 8 - F9C preso no trapézio e dentro do USS Macon	25
Figura 9 - Hangar na base aérea de Santa Cruz com a torre de comando no topo.	25
Figura 10 - Desastre do Hindenburg	26
Figura 11 - Países com projetos de dirigíveis.....	31
Figura 12 - Comparação entre Zeppelin NT e o Boeing 747-400.....	32
Figura 13 - Estrutura do Zeppelin NT	32
Figura 14 – Sistema giratório das hélices utilizado no Zeppelin NT	32
Figura 15 - Projetos de Dirigíveis da Aeros Corp.	34
Figura 16 - Representação interna da aeronave com sistema COSH	35
Figura 17 - Sistema de carregamento de cargas	35
Figura 18 - Sistema de pouso do Aeroscraft.....	36
Figura 19 – Comparação da área de cargas entre o dirigível ML866 e alguns aviões	37
Figura 20 - Proposta de localização e missões que podem ser utilizado o dirigível LMH-1 ...	38
Figura 21 - Fluxo de ar através da corpo de dirigível.....	39
Figura 22 - Comparação em consumo de combustível, nível de ruído e emissão de CO ₂	39
Figura 23 - Design previsto para o dirigível SkyHook JHL-40	41
Figura 24 - Dirigível Airlander 10.....	42

Figura 25 - Representação do Sistema de Reabastecimento do lastro com agua.	44
Figura 26 - Regiões que podem ser beneficiadas pelo uso do dirigível	50
Figura 27 - Consumo de energia por carga distância transportada.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos gases de sustentação	19
Tabela 2 - Principais riscos a um projeto para construção e comercialização de dirigíveis.....	29
Tabela 3 - Características dos projetos da Aeros Corp.....	36
Tabela 4 - Comparação entre os dirigíveis da Lockheed Martin e Aeros Corporation	40

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	4
RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTAS DE ABREVIATURAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	15
2.1. Objetivos	15
2.2. O Dirigível	15
2.3. Divisão estrutural dos dirigíveis	16
2.4. Os gases utilizados	18
2.5. História dos dirigíveis	19
2.6. O dirigível pós-guerra	23
2.7. Crise do petróleo	26
2.8. O estado da arte.....	27
2.9. Aspectos econômicos	28
3. METODOLOGIA.....	30
3.1. Os dirigíveis modernos	30
3.1.1. Introdução.....	30

3.1.2. Zeppelin	31
3.1.3. Goodyear e Zeppelin	33
3.1.4. Aeros Corporation	34
3.1.5. Lockheed Martin.....	38
3.1.6. Boeing Company & Skyhook International	40
3.1.7. Hybrid Air Vehicles	41
3.1.8. Airship do Brasil.....	43
3.2. Aspectos Operacionais.....	43
3.2.1. Apoio de solo.....	43
3.2.2. Manutenção	45
3.2.3. Características de voo	45
3.2.4. Condições meteorológicas.....	46
3.3. Estudos Bibliográficos	47
3.3.1. Introdução	47
3.3.2. Os autores e suas abordagens	47
4. CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS	60

1. INTRODUÇÃO

No Brasil e no mundo existem regiões consideradas como “vazios logísticos”, são territórios que sofrem com a dificuldade ou inexistência de um sistema de transporte para a movimentação de mercadorias e pessoas. Prejudicando o desenvolvimento, dificultando a geração de riquezas nestas regiões. Como exemplo, a região central do Brasil e a Amazônia são regiões de grandes riquezas mas que necessitam de um sistema de transporte viabilizando que as mercadorias sejam levadas para as áreas mais remotas ou com maior dificuldade de mobilidade e também que os produtos gerados sejam retirados com maior rapidez e segurança, assim barateando o transporte e conseqüentemente diminuindo os custos sobre os produtos.

Sendo assim um sistema de transporte que não tenha necessidade de estradas, ferrovias ou rios para sua movimentação, com capacidade de retirar a carga diretamente onde é produzida e transporta-la ao ponto de destino, cobrindo grandes distancias sem a necessidade de reabastecimento seria de grande valia para estas regiões.

Neste cenário o dirigível seria uma opção mais barata e eficiente que os aviões e helicópteros, por sua capacidade de flutuação, seu consumo de combustível e consideravelmente menor, pois não o utiliza para pousos e decolagens sendo assim a economia deste combustível possibilita uma maior autonomia. Quanto ao transporte rodoviário e fluvial que possuem um custo inferior aos custos para o transporte com dirigíveis, mas nas regiões mencionadas as estradas são precárias e o transporte por rios e demasiadamente lento prejudicando principalmente a movimentação de produtos perecíveis.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Objetivos

O objetivo de projeto é uma análise dos parâmetros envolvidos no transporte de mercadorias com a finalidade de obtenção de informações para justificar a viabilidade no uso de dirigíveis para o transporte nas regiões remotas ou de difícil acesso. Para isso faremos um estudo de caso utilizando os principais trabalhos executados sobre este assunto e buscando uma atualização com as novas técnicas de construção das estruturas e novas tecnologias de equipamentos embarcados que estão sendo utilizados em novos projetos de dirigíveis, infelizmente as referências são escassas, pois, geralmente são documentos secretos ou que estão em fase de desenvolvimento.

2.2. O Dirigível

O homem sempre buscou voar, mas foi com o dirigível que conquistou a capacidade de fazer este voo controlado, pois, diferente do balão que também utiliza gás para sua sustentação não há controle na direção que irá tomar guiado pela direção dos ventos, o dirigível por sua vez possui motores para sua propulsão e estabilizadores horizontais e verticais, tornando se possível a realização de missões.

Denominados veículos aéreos mais leve que o ar LTA (Lighter Than Air) utilizam gases de baixa densidade como o hidrogênio ou hélio para sua sustentação. O deslocamento vertical e feito em parte pelo controle da densidade total da aeronave em relação ao meio ambiente (JUNIOR, 2000).

2.3. Divisão estrutural dos dirigíveis

Os dirigíveis possuem diferentes tipos de classes estruturais e são divididos da seguinte forma: dirigíveis não-rígidos, dirigíveis semi-rígidos e dirigíveis rígidos.

Não-rígidos ou “blimps” - Apresentam a forma do envelope que contém o gás, pois, não possui estrutura rígida (Figura 1). No seu interior existem sacos de ar que funcionam como lastros chamados balonetes. Ao nível do mar estes balonetes ficam cheios de ar, então o gás hélio é forçado a preencher o restante do envelope. A medida que a aeronave sobe o gás se expande e menos ar é necessário nos balonetes para manter o formato da aeronave (SANTOS, 2013). O peso da gondola onde ficam os passageiros é distribuído através de cabos tensos presos na ponta interna de maneira a não alterar o formato do dirigível. A capacidade de carga é definida pelo volume de gás hélio no interior do envelope (JÚNIOR, 2015).

Este tipo de dirigível é o mais simples e fácil de projetar e construir (MOREIRA, 2012).

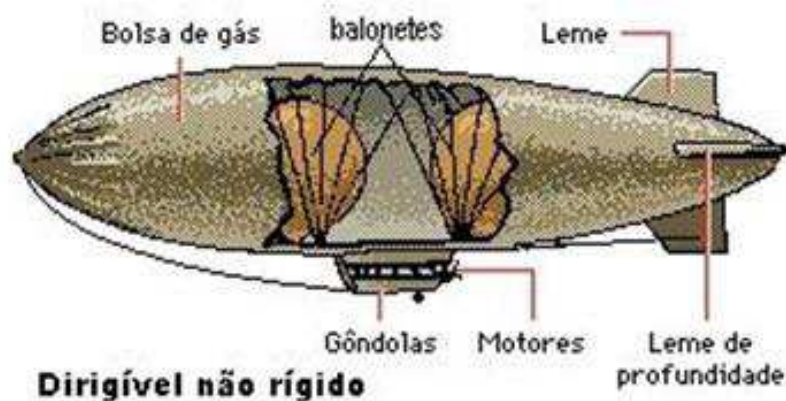


Figura 1 - Dirigível não rígido

(JÚNIOR, 2015)

Rígidos - Estes dirigíveis normalmente de grandes dimensões possuem uma estrutura metálica, formada ao longo do seu comprimento por longarinas. Seu formato é dado por uma série de anéis de treliças ligadas por vigas e cabos de aço (JÚNIOR, 2015). Possui a configuração mais complexas dentre os tipos de dirigíveis (Figura 2).

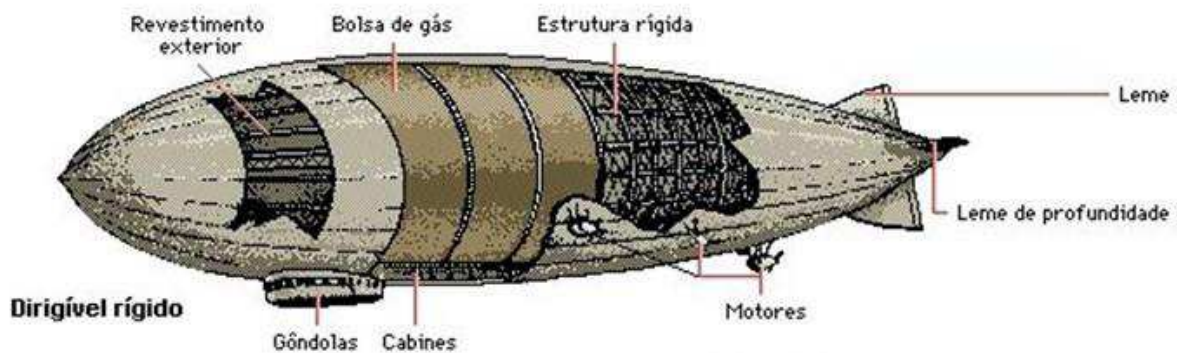


Figura 2 - Dirigível rígido
(JÚNIOR, 2015)

Também podem ser divididos em dois tipos, o dirigível convencional e o não convencional (MOREIRA, 2012). O tipo convencional ou clássico, sua sustentação aerostática é gerada apenas pelo gás do envelope, possui um corpo axi-simétrico, com uma capacidade de carga útil reduzida. Nos dirigíveis não convencionais possuem como principal característica métodos operacionais híbridos, que combinam a sustentação aerostática com aerodinâmica e elevação propulsiva, ampliando assim sua capacidade de carga útil (GHANMI, 2013).

Semi-rígidos - Neste tipo de dirigível, o seu formato é dado pela pressão interna no envelope (Figura 3), mas possuem uma estrutura que garante a sustentação da carga, podendo manter a pressão relativamente mais baixa em relação aos não-rígidos (JÚNIOR, 2015).

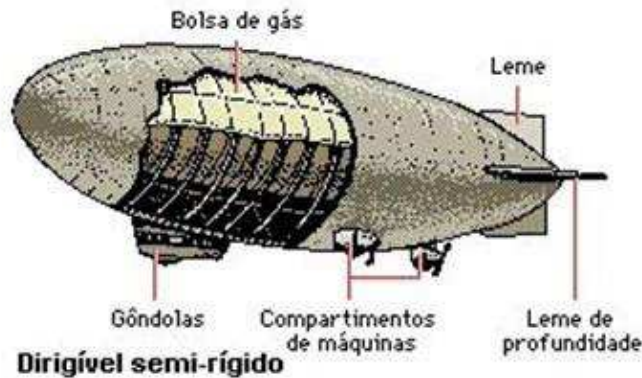


Figura 3 - Dirigível Semi-rígido

(JÚNIOR, 2015)

2.4. Os gases utilizados

Desde as primeiras aeronaves LTA criadas pelo homem foram utilizados três tipos de gases para sua ascensão, o ar quente, o hidrogênio e o hélio.

O ar quente utilizado nos primeiros balões e na atualidade empregado na atividade esportiva do balonismo (MACHRY, 2005). O hidrogênio usado logo após, possui uma capacidade de ascensão superior a do ar quente e também ao gás hélio. O hidrogênio apresenta uma eficiência de ascensão 10 por cento superior ao gás hélio, encontra-se em abundância na natureza, e custo baixo para sua produção, mas, com a desvantagem de ser altamente inflamável. Atualmente está proibido de ser utilizado em dirigíveis por regulamentação internacional (SANTOS, 2013). Por regulamentação utiliza-se o hélio como gás de ascensão, pois, é um gás não tóxico e não inflamável. Nos primeiros dirigíveis não era possível sua utilização, por ser um gás monoatômico não podia ser contido pelos materiais empregados na confecção do envelope ou das células de gás. Com os avanços na tecnologia dos materiais sua

utilização foi possível chegando na atualidade a envelopes com materiais capazes de dissipar apenas 1% de gás hélio ao ano (PEREIRA, 2011).

Tabela 1 - Características dos gases de sustentação

Gás	Densidade (Kg/m³)	Sustentação (Atmosfera Padrão) N/m³	Custo do Gás US\$/1000m³
Ar Quente	0,906	3,14	90,00
Hidrogênio	0,085	11,2	343,00
Hélio	0,169	10,2	2120,00

Fonte: Adaptado (JÚNIOR, 2015) (SANTOS, 2013)

O gás hélio pode ser encontrado em três ambientes: na atmosfera aproximadamente 5,2 partes por milhão, misturado ao nitrogênio, no subsolo na proporção de 8 partes por bilhão e misturado ao gás natural (JUNIOR, 2000). Através do gás natural obtém-se a maior quantidade a um custo razoável. Os EUA são os maiores produtores de gás hélio a nível mundial, fazendo o controle estratégico do valor do produto no mercado. No Brasil ainda não foram constatadas a presença de gás hélio nas reservas de gás natural até agora prospectadas. Isso pode ser explicado, pois, um fator determinante para os campos de extração é a presença de uma capa de rocha basáltica, constituída de urânio e tório, servindo como impermeabilizante evitando o vazamento do gás hélio para a atmosfera (JÚNIOR, 2015).

2.5. História dos dirigíveis

A história dos dirigíveis começou com os balões de ar quente, que foram os primeiros mecanismos que permitiram ao homem conquistar as alturas. O padre Bartolomeu de Gusmão, em Portugal no ano de 1709, após sucessivos experimentos, construiu um aparelho capaz de

subir alto, flutuar e fazer um pouso de forma tranquila, mas incapaz de carregar um homem (JÚNIOR, 2015).

Em 1783 na França, os irmãos *Joseph e Etienne Montgolfier*, são considerados os primeiros homens voadores, após construírem um balão de ar quente e voarem pela Europa. Também foram os primeiros a utilizarem o hidrogênio como gás de sustentação (SANTOS, 2013).

Jean Baptiste Marie Meusnier, propôs um projeto em 1784, constituído de um balão de ar quente, equipado com um leme, três hélices e um carro de passageiros, mas não possuía um motor suficientemente leve e potente. Como o projeto de *Meusnier* nunca tenha sido construído, foi apenas em 1852 que *Henri Giffard*, aplicou de forma eficiente um motor a vapor em seu dirigível (Figura 4) com uma hélice impulsionada por um motor de 3 cavalos (MOREIRA, 2012).

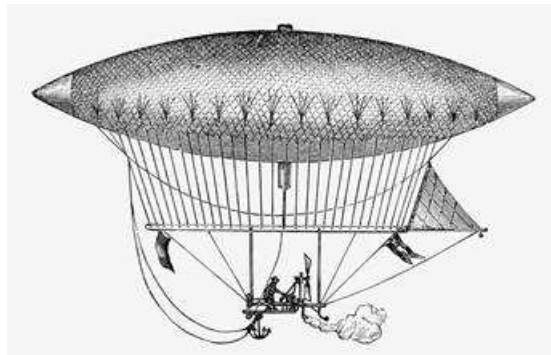


Figura 4 - Dirigível construído por Henri Giffard em 1852

(MOREIRA, 2012)

O Conde *Ferdinand von Zeppelin* iniciou na década de 1890 seus experimentos com dirigíveis rígidos.

No ano de 1900 foi criado pelo milionário francês *Henri Deutsch de la Meurthe* um prêmio de 100.000 francos, ao primeiro piloto que com sua aeronave, conseguisse partindo de

Saint-Cloud, contornar a Torre Eiffel e retornando ao ponto de partida em no máximo 30 minutos. Este prêmio foi conquistado pelo brasileiro *Alberto Santos Dumont* em 1901, conduzindo seu dirigível número 6 com 33 metros de comprimento, 622 metros cúbicos e com um motor de 20 cavalos, cumpriu o percurso de aproximadamente 30 quilômetros em um tempo de 29 minutos e 30 segundos (SEUHISTORY, 2017).

O Conde Zeppelin, até então chamado de *Conde Louco*, continuava com seus experimentos com os dirigíveis rígidos, ganhando fama com o LZ-4 (Figura 5), ao cruzar os Alpes sem escalas em uma viagem de 12 horas, após este feito recebeu apoio financeiro do governo alemão, instituindo 1909 a primeira companhia aérea, a *Luftschiffbau-Zeppelin GmbH*, com cinco aeronaves (SEUHISTORY, 2017).

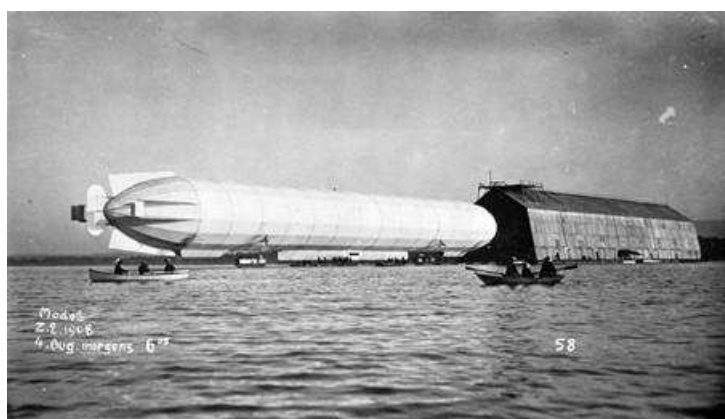


Figura 5 - LZ-4 Deixando o hangar para o voo de teste de 24 horas.

(GROSSMAN, 1997)

Até o início da Primeira Guerra mundial, no ano de 1914, já haviam sido realizados 1600 voos em linhas relativamente regulares, transportando mais de 34000 passageiros a aproximadamente 75km/h, feito sem precedentes até então (JÚNIOR, 2015).

Na primeira grande guerra à Alemanha já possuía quatro fabricas de dirigíveis, onde suas produções foram mobilizadas para o esforço de guerra, 88 aeronaves foram construídas pela Zeppelin e 18 construídas pela Schutte-Lanz, que utilizava a madeira para a construção da

estrutura dos seus dirigíveis, enquanto que ligas de zinco e alumínio eram utilizadas nos dirigíveis Zeppelin. Fabricantes como a Percival e Siemens-Schurek com seus dirigíveis não-rígidos, tiveram pouco emprego nos conflitos (MACHRY, 2005).

Os dirigíveis foram amplamente utilizados pela Alemanha em campanhas de bombardeios, inicialmente em Antuérpia, depois ataques à Rússia e Londres.

Os ataques tinham pouca precisão, normalmente os alvos escolhidos saíam ilesos, o maior dano era sobre o moral da população do que em prejuízos ao esforço de guerra britânico.

Buscando fugir dos aviões, dirigíveis alemães chegaram a ultrapassar 20000 ft, fazendo a tripulação sofrer com os efeitos da falta de oxigênio e das baixas temperaturas (MACHRY, 2005).

A primeira utilização do dirigível para transporte de carga que se tem registro ocorreu no ano de 1917, tropas alemãs na África Oriental estavam cercadas pelos britânicos, o comando alemão decidiu enviar 22 homens e uma carga de 11 toneladas com medicamentos e munição, foi então utilizado o LZ59, viagem de 5900km partindo da Bulgária, com previsão de quatro dias com uma velocidade média de 65km/h. Esta missão não foi completada, pois as tropas alemãs foram capturadas antes da chegada do reforço. O LZ59 ao retornar após uma viagem de 6758 km, que havia durado 98 horas, ainda teria autonomia para mais 65 horas de voo (JÚNIOR, 2015).

Também os americanos construíram seus dirigíveis, o primeiro construído utilizando como modelo o LZ96, capturado na França em 1917, foi chamado de ZR1 *Shenandoah*, concluído em 1923, executou 37 voos entre eles uma viagem transatlântica, mas teve sua carreira encerrada durante uma tempestade em 1925. Sua perda foi causada por um erro nos procedimentos de emergência, onde na tentativa de salvar o gás hélio, as válvulas de segurança não foram utilizadas de forma adequada (MACHRY, 2005).

Os ingleses tentaram construir um dirigível, mas por falta de experiência e de tecnologia não obtiveram êxito, foi só após o início da primeira guerra mundial que voou o dirigível R29 utilizado para patrulhamento. Utilizando como modelo o dirigível alemão LZ76, os britânicos construíram o R33, e o R34 que foi o primeiro LTA a completar um voo transatlântico, 1919, da Escócia aos EUA, retornando à Escócia três dias depois (MACHRY, 2005).

2.6. O dirigível pós-guerra

Ao final da primeira guerra, a Companhia Zeppelin, estava passando por dificuldades, quando recebeu a incumbência de construir um dirigível capaz de atravessar o Atlântico, essa encomenda partiu de um acordo entre a Alemanha e os EUA. Em Outubro de 1924 foi entregue aos Estados Unidos o LZ126, rebatizado de USS Los Angeles (JÚNIOR, 2015).

Também foram construídos para a marinha americana pela *Goodyear Zeppelin Company*, criada da sociedade entre a *American Goodyear Tire & Rubber Company* e a *Luftschiffbau Zeppelin*, os dirigíveis USS Akron e o USS Macon (Figura 6) que já utilizavam o gás hélio para sua sustentação, foram entregues em 1931.

Estes dirigíveis foram construídos para serem porta-aviões voadores (Figura 7), no seu interior havia um hangar para 10 aeronaves e uma torre móvel chamada pelos pilotos de “trapézio” que tinha a função de lançar e recolher os aviões (GROSSMAN, 1997).



Figura 6 - N2Y biplano de treinamento em procedimento para engate no USS Akron
(GROSSMAN, 1997)

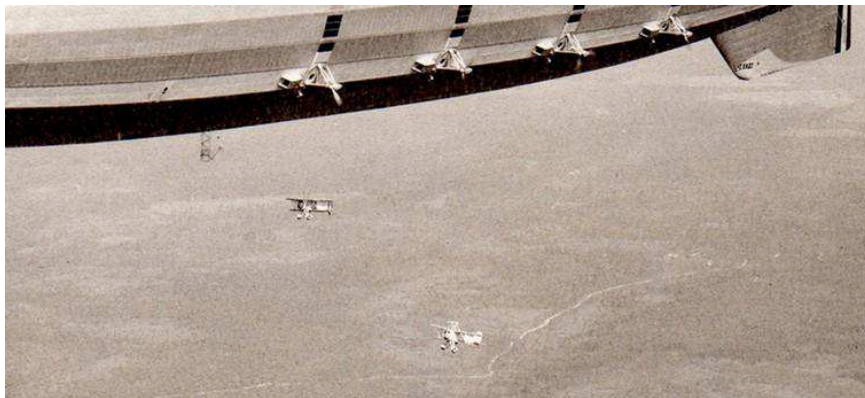


Figura 7 - Aeronaves em aproximação ao USS Macon
(GROSSMAN, 1997)

Os aviões utilizados foram os Curtiss F9C, estruturados para serem acoplados ao trapézio (Figura 8).

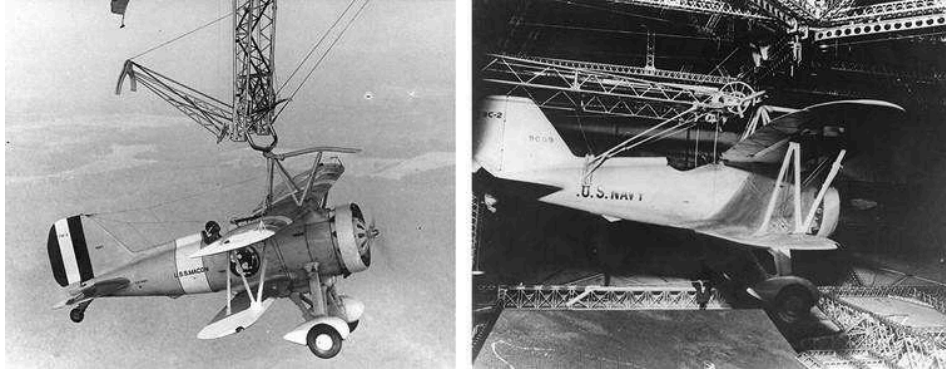


Figura 8 - F9C preso no trapézio e dentro do USS Macon

(GROSSMAN, 1997)

A primeira travessia do Atlântico com passageiros pagantes foi realizada pelo LZ127 Graf Zeppelin em 1928, entre Frankfurt e Nova York, durou 112 horas. Apesar deste primeiro voo ter sido feito para o EUA. A permissão para voos regulares foi dada pelo Brasil vinte anos antes dos Estados Unidos darem a permissão. Com voos regulares o Graf Zeppelin partia de Frankfurt diretamente para uma escala em Recife seguindo para o Rio de Janeiro. Foi construído em Santa Cruz, Subúrbio de Rio de Janeiro uma base para dirigíveis que incluía um gigantesco hangar (Figura 9) (GOMES e MIGON, 2012).



Figura 9 - Hangar na base aérea de Santa Cruz com a torre de comando no topo.

Fonte: Wikipedia

O Zeppelin Hindenburg LZ129, medindo 245 metros de comprimento e 41,2 metros de largura e mais avançado com quatro motores 1100 cavalos-vapor, podia atingir a velocidade de 135 km/h, foi originalmente pensado para a rota entre a Europa e o Brasil. Foi inicialmente projetado para utilizar o gás hélio, mas os EUA, recusaram o fornecimento à Alemanha Nazista, assim os Zeppelins continuaram utilizando o hidrogênio como gás de sustentação.

O Hindenburg fez seu voo inaugural para o Brasil em 1936 (GOMES e MIGON, 2012).

Tragicamente em 5 de maio de 1937, em Nova Jersey, EUA o dirigível Hindenburg durante procedimento de pouso, incendiou-se (Figura 10) causando a morte de 34 pessoas entre tripulantes e passageiros (JÚNIOR, 2015). Após este episódio a utilização dos grandes dirigíveis para transporte de passageiros foi interrompido de forma definitiva.



Figura 10 - Desastre do Hindenburg

(GROSSMAN, 1997)

2.7. Crise do petróleo

Na década de quarenta os EUA encomendaram à Goodyear uma série de dirigíveis, que seriam utilizados pela marinha americana para a proteção do litoral, servindo como

aeronaves de vigilância e escolta (MACHRY, 2005). Durante a Segunda Guerra Mundial, a base aérea de Santa Cruz foi utilizada pela marinha americana como centro de manutenção dos dirigíveis que faziam a patrulha antissubmarino na costa brasileira (GOMES e MIGON, 2012).

Mas com o final da guerra os dirigíveis novamente caíram no esquecimento. O interesse por estas aeronaves só foi retomado através de novos estudos e projetos com as crises do petróleo de 1973 e 1979. Em 1974 ocorreu uma conferência no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), a primeira Conferência sobre sistemas de Tecnologias LTA do AIAA (*American, Institute of Aeronautics and Astronautics*). Em 1979 foi realizado em Paris o Simpósio Internacional sobre Aspectos Econômicos e Tecnológicos do Dirigível Moderno, seguido em 1981 pela Conferencia de Viena, que tinha por objetivo avaliar o potencial do uso do dirigível para auxiliar o desenvolvimento de regiões carentes de infraestrutura terrestre dos países em desenvolvimento. Em 1981, a NASA realizou um estudo sobre a utilização de dirigíveis cargueiros na região de selva encomendado pelo governo peruano (GOMES e MIGON, 2012).

No Brasil início da década de 1980, um primeiro estudo realizado pelo CTA (Centro Técnico Aeroespacial), concluiu que para atender as necessidades do fluxo de cargas dos tráfegos mapeados, haveria a necessidade de desenvolver e construir dirigíveis com capacidades de cargas de vinte, oitenta e duzentas toneladas (GOMES e MIGON, 2012).

2.8. O estado da arte

Mesmo com todos os estudos impulsionados pela crise do petróleo na década de 1970 e início da década de 1980, mesmo com toda história dos dirigíveis como veículo capaz de transportar cargas e passageiros, infelizmente ofuscado pelo catastrófico acidente ocorrido em 1937, não ocorreu o surgimento de nenhuma aeronave deste seguimento que ocupasse o

espaço deixado entre os meios de transporte existentes, mas os estudos e a busca de novas tecnologias continuaram em constante evolução, como por exemplo tecidos para a confecção do envelope mais leves e resistentes, sistemas de propulsão mais eficientes, comandos de voo (*fly-by-light*) acionados por fibra ótica, novos materiais estruturais entre outros (GOMES e MIGON, 2012).

Alguns fundamentos sobre a operacionalidade dos dirigíveis são a base dos estudos sobre a viabilidade atual destas aeronaves. Capazes de operações que exigem grande autonomia como patrulha, monitoramento e vigilância, no transporte de cargas pesadas e volumosas, acima das dimensões permitidas para transporte rodoviário ou aéreo e no transporte turístico. Como não fariam parte da estrutura de transporte existente tanto marítimo, aéreo ou rodoviário, não teriam consequências sobre o volume de tráfego já existente. Outro ponto que torna o dirigível atrativo são os apelos ambientais, pois, não haveria um aumento na poluição sonora, e insignificante ou nenhuma emissão de gás, caso o sistema de propulsão utilize energia elétrica. (SANTOS, 2013).

2.9. Aspectos econômicos

O período de maturação de qualquer projeto aeronáutico, é consideravelmente longo, em torno de cinco anos. Em todas as suas fases de P&D, construção aos ensaios de certificação até as primeiras aeronaves a serem comercializadas, onde inicia-se a fase de recuperação dos investimentos (GOMES e MIGON, 2012)

Como em qualquer projeto inovador, os riscos são demasiadamente altos, para que se faça um financiamento exclusivamente da iniciativa privada, sendo assim a participação do governo se faz necessário de algum modo, sendo em financiamento nas fases de pesquisa e

desenvolvimento, em comprometimento na aquisição de um número de aeronaves, ou mesmo participação acionaria na empresa (SANTOS, 2013).

Uma análise cuidadosa dos riscos envolvidos no projeto tem um papel crucial para o sucesso do empreendimento bem como para alcançar os objetivos pretendidos no início do desenvolvimento. Na tabela 2 a seguir uma descrição dos principais riscos mapeados do ponto de vista dos investidores financeiros no projeto de um dirigível.

Tabela 2 - Principais riscos a um projeto para construção e comercialização de dirigíveis

Natureza do Risco	Tipo	Fatores Mitigantes
Técnico	- <i>Performance</i> - Segurança - Ambiental	a) Use tecnologia e matérias já testados; b) Utilize reputados fornecedores/operadores; c) Verifique a conformidade com ambientais requisitos internacionais.
Desenvolvimento & Construção (Pré-entrega das aeronaves)	- Estouro do orçamento - Atrasos - Problemas técnicos	a) Exija contratos com preços fixos e <i>turnkey</i> b) Imponha garantias, penalidades e bônus c) Mantenha fixas as especificações do projeto d) Utiliza fornecedores sólidos
Operações (Fase de entrega das aeronaves)	- Projeção das receitas - Custos operacionais - Geração de receita - Falhas de gestão - Infraestrutura	a) Procure obter contratos de compra e venda sólidos b) Avalie o mercado e a concorrência c) Garanta a disponibilidade dos equipamentos d) Procure lidar com operadores sólidos e) Obtenha garantias de <i>performance</i> f) Garanta a disponibilidade de infraestrutura
Regulação (Política)	- Estabilidade regulatória - Força maior - Tributação	a) Garanta a conformidade com regulamentos e licenciamentos b) Providencie seguro para o investimento c) Obtenha apoio dos Institutos de Financiamentos Internacionais (IFI) para operação em mercados emergentes d) Revise o planejamento tributário
Estrutura financeira	- Razão dívida/capital próprio - Retorno sobre o capital (ROC)	a) Revise detalhadamente o fluxo de caixa b) Atenda as expectativas de ROC dos investidores
Financeiro	- Risco das receitas	a) Projeção de fluxos de caixas sólidas b) Receita em moeda forte

	- Disponibilidade de <i>funding</i> - Taxa de juros	c) Índice aceitável de cobertura do serviço da dívida e de taxa interna de retorno (TIR) d) Aporte de capital próprio antes da dívida e) Contas de reserva e <i>escrow</i> (fiduciária) para o serviço da dívida f) Imposição de restrições ao pagamento de dividendos g) Credores farão empréstimos sindicalizados h) Seguro ou derivativos financeiros
Legal	- Jurisdição legal - Documentação	a) Contrate advogados com grande experiência.

Fonte: Adaptado de (GOMES e MIGON, 2012)

3. METODOLOGIA

3.1. Os dirigíveis modernos

3.1.1. Introdução

Neste tópico faremos uma abordagem dos últimos estudos e projetos sobre os dirigíveis. Em alguns casos protótipos foram construídos visando ensaios práticos de aeronavegabilidade, resistência entre outros itens, onde foi possível verificar a eficiência e fragilidade nas novas técnicas aplicadas. Outros projetos foram infelizmente descontinuado, principalmente por falta de investimentos.

Conforme disponível no site *The Airship Association*, existem atualmente fabricantes de dirigível em vários países (Figura 11), com projetos de aeronaves para diversas aplicações.



Figura 11 - Países com projetos de dirigíveis

(PEREIRA, 2011)

Os EUA estão em destaque em número de empresas que estão investindo em novos projetos e tecnologias aplicadas ao LTA, seguidos pelo Reino Unido e Alemanha.

Em seguida, através de uma pesquisa nos sites dos fabricantes e uma revisão em trabalhos já executados sobre o assunto, serão mostrados alguns fabricantes de dirigíveis e suas aeronaves, que conforme as informações cedidas, utilizaremos para verificar as possíveis utilizações para o transporte de cargas, conforme é a proposta deste trabalho.

3.1.2. Zeppelin

A empresa ZLT Zeppelin Luftschifftechnik GmbH & Co KG (ZLT), com base em Friedrichshafen, estabelecida em Setembro de 1993, tem como proposta o desenvolvimento, fabricação e venda do dirigível da marca Zeppelin NT (*New Technology*) (Figura 12).

O primeiro voo ocorreu em 1997. Dirigível com estrutura rígida construída em alumínio e fibras de carbono, com peso de 1100kg (Figura 13). Utilizando gás hélio para sua flutuação e pode ser manobrado como um helicóptero. Utiliza sistema de hélices giratórias

(Figura 14), reduzindo o número da equipe em solo necessário para a decolagem e aterrissagem.

Sistema aviônico moderno e controle *fly-by-wire* (NT, 2017)

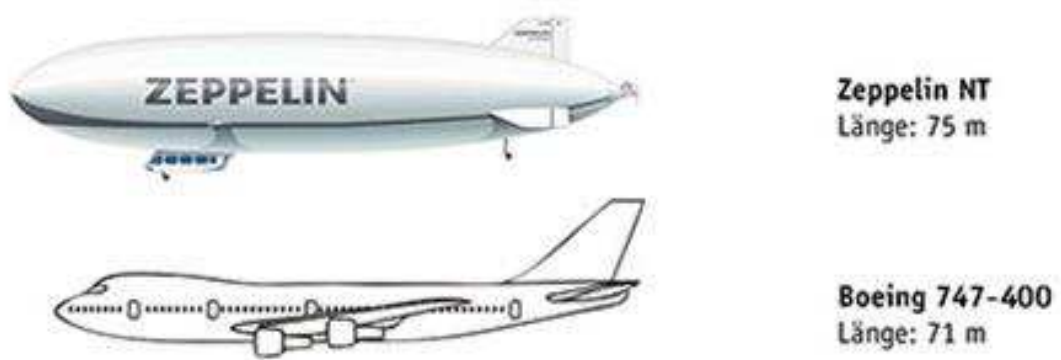


Figura 12 - Comparação entre Zeppelin NT e o Boeing 747-400

(NT, 2017)

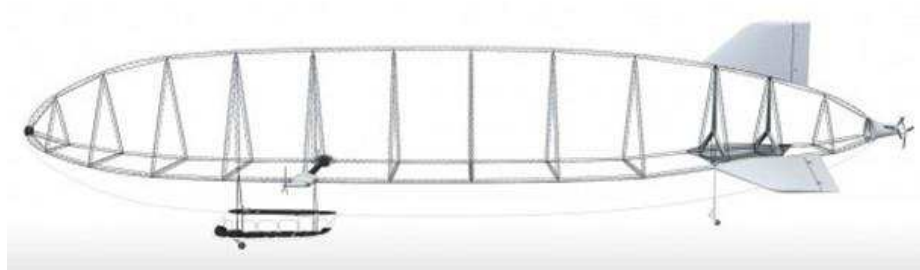


Figura 13 - Estrutura do Zeppelin NT

(NT, 2017)



Figura 14 – Sistema giratório das hélices utilizado no Zeppelin NT

(NT, 2017)

Sua utilização atual destina-se a voos turísticos, pesquisas climáticas e atmosféricas, observação e sensoriamento remoto e pesquisas geográficas e marinhas.

Com máxima carga útil de 1950 kg, nesta configuração essa aeronave não se aplicaria ao transporte de cargas.

Não há informações de domínio público que indicam a intenção da Zeppelin em projetar e produzir dirigíveis de grande porte com a visão de aplicação para transporte de cargas.

3.1.3. Goodyear e Zeppelin

Em 2013 a Goodyear e a Zeppelin iniciaram a construção de um novo dirigível, após 70 anos, o modelo Zeppelin LZ N07-101, chamado pela Goodyear de Wingfoot One, é um dirigível semi-rígido mais longo mais rápido e mais manobrável que os atuais blimps produzidos pela Goodyear, com um volume de 297.527 ft³ com cargas máxima de decolagem 1800 kg (GOODYEAR, 2017).

A inovação fica por conta do novo material empregado ao envelope. Fabricado em Tedlar®, fluoreto de polivinilo (PVF) produto da marca DuPont™. Este novo material é mais leve, forte e flexível que os utilizados anteriormente e assegurará proteção à condições climáticas severas, raios UV e produtos químicos (DUPONT, 2014).

Mas conforme mencionado sobre a Zeppelin, também a Goodyear, não possui projetos para a construção de um dirigível para o transporte de cargas.

3.1.4. Aeros Corporation

A Aeroscraft novo projeto da Aeros que promete reinventar o transporte de cargas aéreas, permitindo um transporte ponto a ponto, transportando mercadorias em quase todos os locais, assim modificando o modelo de transporte atual (AEROSCRAFT, 2016).



Figura 15 - Projetos de Dirigíveis da Aeros Corp.

(AEROSCRAFT, 2016)

O Aeroscraft possui o sistema COSH (*Control Of Static Heaviness*) comprime o hélio nos envelopes de pressão HPE (*Hellium Pressure Envelope*) permitindo que o piloto controle a flutuabilidade da aeronave de forma semelhante ao gerenciamento de lastro dos submarino (Figura 16). O sistema funciona da seguinte forma: A pressão de hélio nos HPEs cria uma pressão negativa dentro do casco permitindo que o vaso de expansão de ar AEV (*Air Expansion Vessel*) seja preenchido com ar atuando como lastro (AEROSCRAFT, 2016).

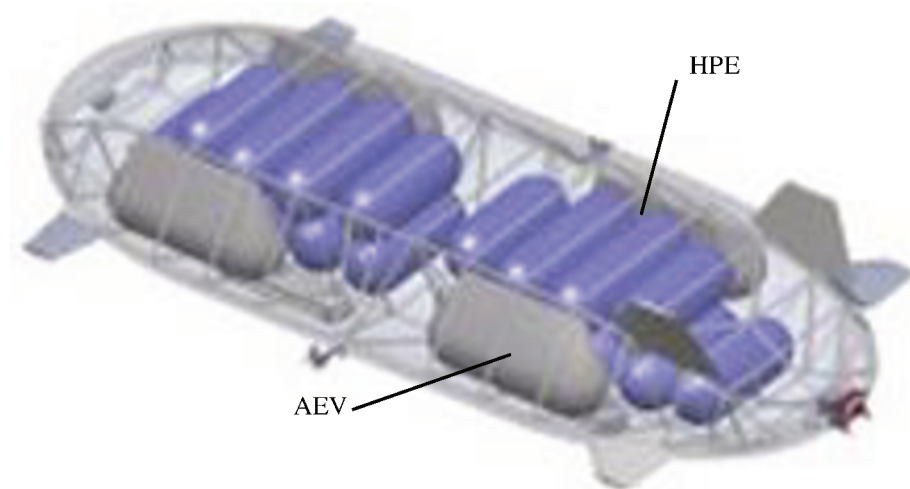


Figura 16 - Representação interna da aeronave com sistema COSH
(AEROSCRAFT, 2016)

Outro sistema utilizado pela Aeros em suas aeronaves é o sistema CSCD (*Ceiling Suspension Cargo Deployment System*), sistema de suspensão de cargas tanto terrestre quanto marítima (Figura 17).

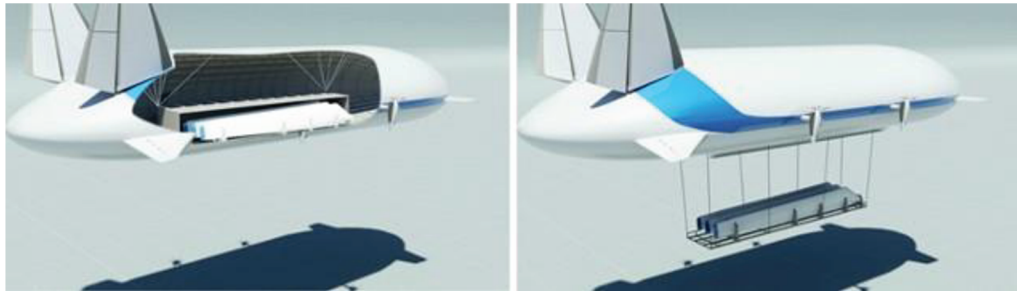


Figura 17 - Sistema de carregamento de cargas
(AEROSCRAFT, 2016)

Substituindo o trem de pouso convencional o Aeroscraft possui almofadas para pouso, esse sistema funciona como um hovercraft empurrando ou sugando o ar através dele gerando uma sucção que garante a estabilidade mesmo com ventos mais fortes e permitindo o pouso sobre qualquer superfície inclusive a água (Figura 18).



Figura 18 - Sistema de pouso do Aeroscraft
(AEROSCRAFT, 2016)

Equipados com motores de impulso vetorizados, que possuem rotação auxiliando na manobrabilidade, tendo a capacidade de pouso e decolagem na vertical VTOL (*Vertical Take-Off and Landing*). Superfícies de controle aerodinâmicos como os estabilizadores verticais e empenagens horizontais controlam a aeronave em voos para frente.

Tabela 3 - Características dos projetos da Aeros Corp.

	PELICAN	ML 866	ML 868	ML 86X
PAYLOAD	0 Tons	66 Tons	250 Tons	500 Tons
LENGTH	266 ft	555 ft	770 ft	920 ft
WINGSPAN	96 ft	177 ft	296 ft	355 ft
HEIGHT	51 ft	120 ft	183 ft	215 ft
MAX SPEED	60 knots	120 knots	120 knots	120 knots
CRUISE SPEED	40 knots	100 knots	100 knots	100 knots
RANGE	N/A	3,100 nm	5,100 nm	5,100 nm
ALTITUDE CEILING	9,800 ft	12,000 ft	12,000 ft	12,000 ft
CARGO DIMENSIONS	N/A	220 ft X 40 X 30	380 ft X 74 X 45	455 ft X 74 X 54

Fonte: (AEROSCRAFT, 2016)

A capacidade para transporte de cargas pesadas e de grandes dimensões como também o fator de não precisar de pista para pouso ou decolagens, proporciona um solução logística para regiões com pouca ou nenhuma infraestrutura. Solução para empresas de exploração de petróleo e gás, outro segmento que seria beneficiado com o utilização destas aeronaves seria o setor de montagem de turbinas eólicas, onde cada lamina com aproximadamente 200 ft poderiam ser transportadas diretamente da fábrica para o local de utilização. Outra utilização de grande importância seria o transporte de suprimentos, combustível, água, entre outras necessidades para regiões afetadas por grandes catástrofes, onde as vias de transporte tradicionais tenham sido danificadas ou estejam inoperantes. No combate a incêndios os dirigíveis tem a capacidade de pairar sobre reservatórios de águas carregando um volume de até 66 toneladas e transporta-las despejando diretamente sobre focos de grandes incêndios.

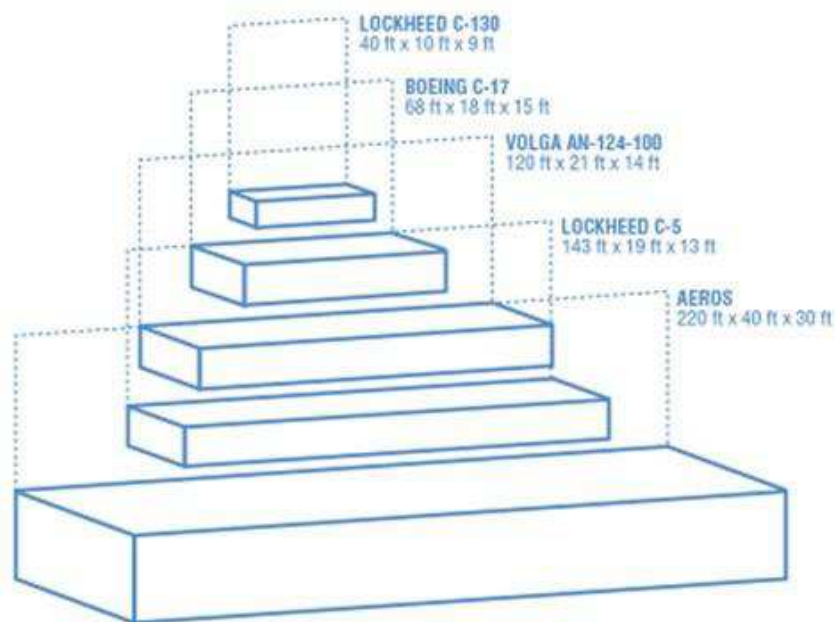


Figura 19 – Comparação da área de cargas entre o dirigível ML866 e alguns aviões

(AEROSCRAFT, 2016)

3.1.5. Lockheed Martin

A Lockheed Martin destaca que foram mais de 20 anos de desenvolvimento de tecnologias para seu dirigível híbrido, para provar seu desempenho e garantir um sistema viável para os mercados a que se destina. Outro ponto importante é o processo de certificação da FAA referente a nova classe de aeronave. Também a Lockheed tem a proposta de utilizar seu dirigível para atender uma ampla gama de atividades em áreas de difícil acesso e com a infraestrutura insuficiente ou inexistente (Figura 20). Conforme informado no site, foi escolhida como revendedor dos dirigíveis a empresa *Hybrid Enterprises* (LOCKHEEDMARTIN, 2017).



Figura 20 - Proposta de localização e missões que podem ser utilizado o dirigível LMH-1

(LOCKHEEDMARTIN, 2017)

A designação “híbrido” vem da elevação aerodinâmica e do fator de flutuação do gás hélio utilizado na decolagem e navegação da aeronave (Figura 21). Para o transporte de cargas 80% da elevação é provida pelo hélio e 20% pelo fator aerodinâmico.



Figura 21 - Fluxo de ar através da corpo de dirigível

(LOCKHEEDMARTIN, 2017)

Esta plataforma da Lockheed Martin promete grande capacidade de carga e com uma redução considerável no consumo de combustível, baixo nível de ruídos e uma aeronave ecológica devido ao reduzido nível de emissão de gás carbônico na atmosfera em comparação com as aeronaves de cargas convencionais, e velocidade superior aos meios de transporte terrestre e marítimo (Figura 22).

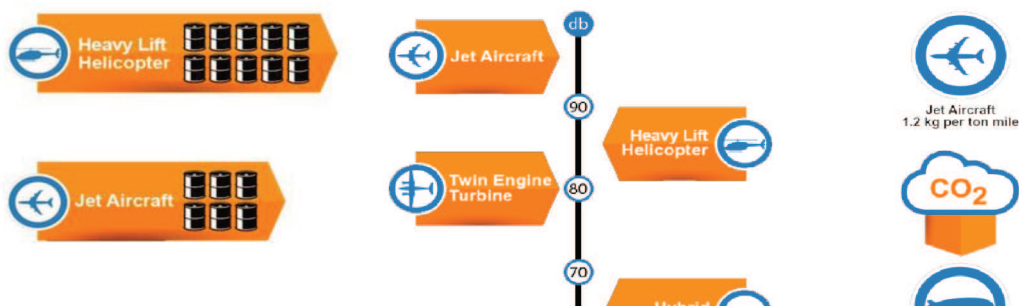


Figura 22 - Comparação em consumo de combustível, nível de ruído e emissão de CO₂

(LOCKHEEDMARTIN, 2017)

Modernos equipamentos aviônicos e sistema de controle *fly-by-wire*, garantem segurança e precisão nos controles do dirigível.

O trem de pouso é constituído por almofadas chamadas ACLS (*Air Cushion Landing System*), que permite a aterrissagem em qualquer terreno inclusive neve ou água.

Na tabela 4 a seguir uma comparação entre os dirigíveis da Lockheed Martin e Aeros Corporations, com relação as dimensões do compartimento de carga, capacidade de carga.

Tabela 4 - Comparação entre os dirigíveis da Lockheed Martin e Aeros Corporation

	Internal Cargo Bay Dimensions	Carrying Capacity
LMH-1	3m W x 3m H x 20m L	21 ton. & 19 passengers
LMH-90	6m W x 6 m H x 40m L	90 ton.
ML866	13m W x 10m H x 73m L	60 ton.
ML868	20m W x 15m H x 126m L	226 ton.

Fonte: (AIRSHIP, 2017)

3.1.6. Boeing Company & Skyhook International

Em Julho de 2009, anunciaram a definição geral do projeto de um dirigível o SkyHook HLV (*Heavy Lift Vehicle*), trabalho iniciado em 2008 para definição estrutural e dos sistemas onde foram adicionadas as seguintes melhorias:

- Adição de uma cauda de três peças para maior manobrabilidade;
- Integração de sistemas de propulsão de elevação e empuxo;
- Aerodinâmica melhorada para maior alcance e capacidade de carga útil.

A proposta deste projeto foi pensando em atender principalmente as indústrias de petróleo e mineração no Ártico canadense e Alaska, bem como áreas remotas da América do Sul, África e Europa (Figura 23).

Capaz de transportar até 40 toneladas de carga e autonomia de 200 milhas náuticas (BOEING, 2009).



Figura 23 - Design previsto para o dirigível SkyHook JHL-40

(BOEING, 2009)

Porém em setembro de 2010, o Financial Times Deutschland, revelou que o desenvolvimento havia sido interrompido, até que um financiamento público no valor de 100 milhões de dólares estivesse disponível (WIKIPEDIA, 2017).

3.1.7. Hybrid Air Vehicles

O Airlander 10, é um LTA não-rígido, onde seu formato é mantido devido a pressão interna. Múltiplos balões distribuídos pelo interior da aeronave fazem o controle de pressão (Figura 24). O material do casco é feito em Vectran® fabricado em compósitos de carbono são usados em toda a aeronave possuem alta resistência e peso reduzido (HAV, 2017).



Figura 24 - Dirigível Airlander 10
(HAV, 2017)

O envelope possui um volume de 38.000m³, com um comprimento de 92 m, pode voar acima de 6000 m (20.000ft). Pode transportar uma carga paga acima de 10.000kg e peso máximo de 20.000kg.

O sistema do trem de pouso é constituído por tubos pneumáticos perfilados na parte inferior do casco, que lhe garante possibilidade de pouso em qualquer terreno inclusive a capacidade anfíbia.

Sua propulsão é dada por 4 motores V8 com 325hp, turbo diesel. Dois motores foram montados na frente do casco e dois na popa para as operações em cruzeiro. Acoplados a dutos com asas que permitem o impulso vetorial para as operações de decolagem e pouso, desenvolvendo uma velocidade de cruzeiro de 148 km/h.

A empresa HAV tem o projeto de construir um dirigível maior com capacidade de transportar mais de 50 toneladas, em uma baía de carga com 500 metros cúbicos. Autonomia prevista de 3500 km e velocidade de cruzeiro 195 km/h.

3.1.8. Airship do Brasil

Empresa brasileira do Grupo Bertolini, localizada na cidade de São Carlos, SP, já possui reconhecimento mundial em seus projetos de aeronaves LTA. Seus projetos estão sendo desenvolvidos para atenderem as áreas de patrulhamento de infraestruturas, serviços de sensoriamento e monitoramento e transportes de cargas (<http://www.adb.ind.br/projetos.jsp>).

Em 2012, recebeu aprovação de financiamento junto ao BNDS (Banco Nacional de Desenvolvimento Social) para a construção de seu dirigível ADB -3-30, aeronave com projeto previsto para o transporte de até 54 toneladas de carga, velocidade de cruzeiro de 125 km/h e autonomia de até sete dias de voo (FOSTER, 2014).

3.2. Aspectos Operacionais

3.2.1. Apoio de solo

Durante a era dos grandes Zeppelins eram necessários cerca de duzentos homens em solo para auxiliar no processo de atracação. Nos dirigíveis modernos outros procedimentos de atracagem estão sendo desenvolvidos. Em alguns casos, projetos de mastros com cabos hidráulicos serão utilizados para a fixação do dirigível em solo, assim apenas cinco operadores em solo seriam necessários para a atracagem (MACHRY, 2005).

Para atracação em mastro a aeronave devera aproximar-se estando em condições aerostática neutra ou pesada, isso quer dizer que a força peso da aeronave deve estar semelhante ou superior a força de sustentação aerostática.

Após a fixação ao mastro, lastros são adicionados para finalizar a atracação da aeronave ao solo (JÚNIOR, 2015). Conforme já mencionado, os dirigíveis que possuem trem de pouso tipo almofada onde a tecnologia *hovercraft* é utilizada, não necessitam o uso de mastros. Os fabricantes informam que mesmo na presença de ventos essa tecnologia é suficiente para manter a aderência da aeronave ao solo.

Os mastros podem ser fixos ou moveis, podem ser montados em torres, em edifícios altos ou em plataformas flutuantes. Existem mastros retrateis, que regulam sua altura para a fixação ao dirigível e fazendo o recolhimento para facilitar as operações de carga e descarga.

Parte da infraestrutura necessária para a operação dos dirigíveis são os reservatórios de agua que são utilizados como lastro em alguns dirigíveis, esta agua pode ser captada de outros locais como rios, reservatórios naturais (Figura 25). Também utiliza-se como lastro, sacos de chumbo, areia ou o próprio combustível da aeronave. A operação de lastro é necessária quando a aeronave não está na condição aerostática neutra (JÚNIOR, 2015).

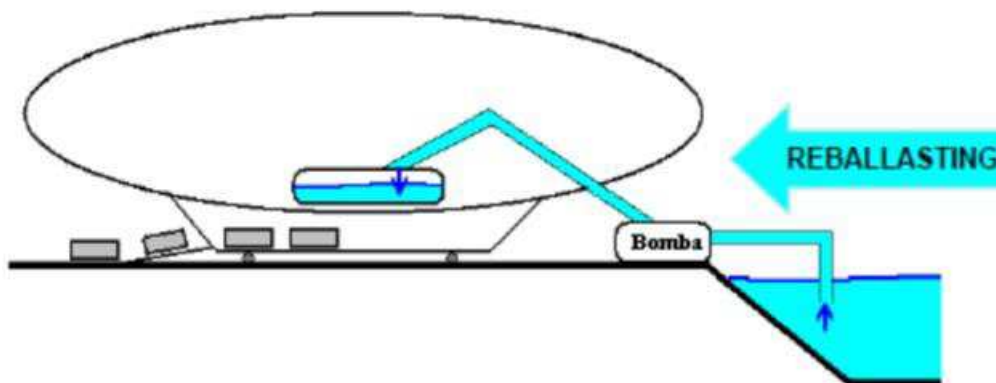


Figura 25 - Representação do Sistema de Reabastecimento do lastro com agua.

(PEREIRA, 2011)

3.2.2. Manutenção

Para que se mantenha a confiabilidade do sistema o calendário de manutenção irá depender do tipo de aeronave, suas características e a que se aplica e será definido pelo fabricante.

Manutenções básicas, inspeções de rotina nos motores, na estruturas e nos equipamentos, podem ser executadas com a aeronave fixada ao mastro de ancoragem ou em uma plataforma de ancoragem (MACHRY, 2005).

Nas manutenções mais complexas, reparação os dirigíveis podem ser alocados em hangar com a infraestrutura necessária para estas atividades, conforme ocorre com outros tipos de aeronaves.

Outro item de extrema importância para os dirigíveis é a contaminação do gás hélio com o ar. Esta contaminação ocorre gradativamente, por permeabilidade, o ar penetra nos reservatórios de hélio e se acumulam na parte inferior, devendo ser drenados e o reservatório completado com hélio. Essa manutenção deverá ser executado a cada três anos (JÚNIOR, 2015).

3.2.3. Características de voo

A equipe de operação dos dirigíveis deverá ser composta por piloto, co-piloto, navegador/mecânico e um tripulante responsável pelos procedimentos de manejo da carga. Como a proposta dos dirigíveis de cargas é fazer transportes ponto a ponto isso exigirá viagens

que podem durar por vários dias sem pousar, por essa razão serão necessários equipes para cumprir os revezamentos nas jornadas de trabalho.

Equipes deverão ser treinadas e certificadas para atuarem em aeronaves LTA. O Brasil possui pouquíssimos pilotos habilitados para executar esta atividade (JÚNIOR, 2015).

3.2.4. Condições meteorológicas

Como em todos os outros tipos de transporte, também para os dirigíveis o clima severo irá afetar sua eficiência nas operações. Ventos fortes e condições climáticas severas exigirão um consumo maior de combustível e reduzirão a eficácia da aeronave (GHANMI, 2013).

Como os dirigíveis voaram em baixas altitudes, assim estando sujeito as intempéries climáticas. Será necessário que estas aeronaves estejam equipadas com os mais modernos equipamentos de coleta de dados e previsão meteorológicas precisas, assim podendo buscar rotas de voo alternativas em caso de alterações climáticas inesperadas.

Como a proposta para os dirigíveis em quase todos os estudos e projetos aqui consultados, e da utilização destas aeronaves em locais remotos, isso quase sempre implica e locais de clima adverso, como áreas de baixas temperaturas, como norte do Canada, Alaska e Sibéria, ou em áreas de deserto na Ásia ou África, e áreas com grande incidência de chuvas como o caso da floresta Amazônica. Padrões de manutenção deverão ser adequados para a correta inspeção e correção de problemas ocasionados pela atividade constante em áreas com o climas tão severos, onde colocam a prova a integridade da estrutura da aeronave bem como o equipamentos instalados.

O Brasil, possui grande parte do seu território com altitudes abaixo dos 1500m, e temperaturas variando entre 7°C a 38°C na média, e normalmente com ventos que não ultrapassam os dez nós de velocidade. No caso do grande volume de chuvas na região

Amazônica, são bem mapeadas em relação aos locais afetados, horários e tempo de duração (GOMES e MIGON, 2012).

3.3. Estudos Bibliográficos

3.3.1. Introdução

Neste capítulo faremos um estudo bibliográfica com a abordagem de cada um dos autores aqui consultados quanto a aplicabilidade de um dirigível como um veículo que possa ser integrado ao sistema de transporte mundial, visando uma melhoria na qualidade do serviço de um modo geral. Reduzindo o tempo de transporte, levando progresso à áreas, cujo difícil acesso prejudica seu desenvolvimento, reduzindo o congestionamento em rodovias, aeroportos e portos em todo o mundo, entre outros itens.

3.3.2. Os autores e suas abordagens

Em (JÚNIOR, 2015), foi elaborado um estudo visando a utilização do dirigível para o transporte de cargas na Amazônia brasileira.

Embora a Amazônia brasileira possua recursos naturais abundantes com elevado valor comercial, a dificuldade de circulação de mercadorias devido ao transportes inadequados e obsoletos, podemos entender como uma das causas da região ser a menos evoluída e com o mais baixo índice de desenvolvimento humano do Brasil. Nesse contexto foi feito um estudo analisando os aspectos fisiográficos da região, com o objetivo de verificar a viabilidade no uso do dirigível e identificar a possibilidades e dificuldades no uso deste transporte.

Devido as características geográficas e climáticas da região Amazônica, o transporte terrestre não oferece condições favoráveis ao transporte de mercadorias, sendo o transporte hidroviário de vital importância para a região. O transporte hidroviário sofre com as grandes

distâncias a serem percorridas e com a inconstância das chuvas modificando o leito dos rios, e reduzindo a navegação nos períodos de estiagem, torna necessário um planejamento adequado para que as cargas cheguem ao seu destino.

O transporte aéreo é caro e deficiente, grandes distâncias tem que ser percorrida restringindo a operação de pequenas aeronaves, e a infraestrutura para pouso e decolagens é precária ou inexistente.

No estudo realizado pela empresa Airship do Brasil em 2010, foram considerados a utilização de quatro tamanhos de dirigíveis, sendo o menor com capacidade de transportar 5 toneladas de carga, e o maior com capacidade para o transporte de 280 toneladas de carga. Este estudo apontou um custo de transporte de aproximadamente US\$ 0,18 por ton./km para o dirigível com menor capacidade de carga e US\$ 0,07 ton./km para o dirigível com a maior capacidade de transporte de carga.

Devido ao elevado custo no desenvolvimento de um dirigível com capacidade para o transporte de aproximadamente 300 toneladas a ADB optou por desenvolver um dirigível com capacidade para o transporte de 30 toneladas, conforme já mencionado anteriormente neste trabalho.

Outro dado levantado por (JÚNIOR, 2015), foi junto a empresa Megatranz, uma empresa com sede em São Paulo, especializada em logística de transporte. Segundo a Megatranz para o transporte de um transformador com peso de 190 toneladas, entre Buenos Aires e São Paulo, via rodoviário é em torno de US\$ 275 mil, percurso previsto para ser feito em 25 dias. O mesmo serviço executado por um dirigível, além de não precisar de nenhum tipo de transbordo de carga teria um custo estimado de aproximadamente US\$ 180 mil e tempo de execução de 3 dias.

Outros dados utilizados em (JÚNIOR, 2015), foram obtidos através de um relatório da empresa Gree de origem chinesa, instalada na Zona Franca de Manaus, que produz

condicionador de ar. De acordo com os dados coletados o frete entre Manaus e São Paulo feito por carretas para um carga de 14.350 kg que corresponde a 350 aparelhos, extraindo os impostos é de R\$ 11.600,00, com prazo de entrega de 20 dias.

Fazendo os cálculo como base no valor de transporte do dirigível de 280 toneladas, o mesmo volume de carga (350 aparelhos), e percorrendo a distância de 2.693 km, a rota que seria utilizado pelo dirigível entre Manaus e São Paulo, teria um custo de R\$ 8.656,00, utilizando o valor do dólar de R\$ 3,20. A empresa teria uma economia de 25% no transporte e o tempo de voo entre as duas cidades é de aproximadamente 27 horas.

O empresa utiliza gás industrial que é comprado em São Paulo. O valor do transporte é de R\$ 12.550,00, é executado por carreta especializadas. O tempo para o percurso é de 20 dias é o peso de 23,4 toneladas.

Utilizando a mesma base de cálculo para o transporte do gás, o valor com o dirigível neste caso seria de R\$ 14.115, 00, portanto, acima do valor atual, mas como o prazo de entrega e consideravelmente menor, é preciso verificar a estratégia da empresa, para verificar o que é mais vantajoso economicamente.

O que ficou concluído neste trabalho é que sendo a região Amazônica rica em sua biodiversidade, mas com graves problemas de infraestrutura para o desenvolvimento sustentável.

Sendo o transporte terrestre apoiado pelo transporte aero que possui o valor do frete superior aos demais encarecendo o produto até chegar no consumidor final e o transporte fluvial que é o principal meio de transporte da região e com o custo mais baixo, mas que sofre com o tempo de viagem que restringe o transporte de produtos perecíveis e com as condições de navegabilidade que fica inviável em algumas épocas do ano.

Ponto de destaque em (JUNIOR, 2000), é que com a globalização do setores produtivos, as rotas comerciais tenha a necessidade de se expandir em busca de crescimento,

surge então a busca por alternativas que apresente soluções para as deficiências dos meios de transporte convencionais. Neste contexto o dirigível se faz presente como uma opção do ponto de vista econômico e tecnológico como a possibilidade de integração.

Segundo previsões do CTA (Centro Técnico Aeroespacial), na região Amazônica e no Pantanal Mato-grossense, o dirigível se faz viável, considerando a inadequação para a construção de rodovias e ferrovias. Também o custo de manutenção é tão dispendioso que as estradas tendem a desaparecer logo após a construção devido à falta de manutenção. Como exemplo temos a rodovia Transamazônica que prometia ser o elo de crescimento da região, mas se tornou um grande desafio aos motoristas que tentam trafegar por ela devido suas precárias condições por falta de manutenção.

Informações do Ministério do transporte e comunicações do Peru indicam que o custo para a construção de estradas na região Amazônica ficam acima de US\$ 270.000 o km, e a manutenção acima de US\$ 1.265 a cada mês por quilometro.

O dirigível poderia atender pontos isolado do planeta, levando crescimento para a região e facilitando o transporte de cargas e passageiros. Na figura 26 a representação do pontos que o dirigível poderá atender, tanto para o transporte de cargas como o transporte de passageiros.



Figura 26 - Regiões que podem ser beneficiadas pelo uso do dirigível

(JUNIOR, 2000)

A seguir a tabela 5 ilustra o custo de operação de alguns veículos, não estão sendo considerados os custos com implantação e manutenção da infraestrutura.

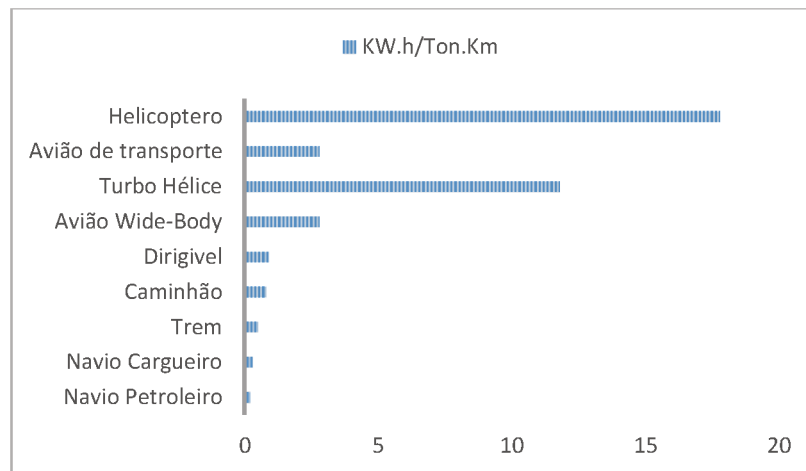


Figura 27 - Consumo de energia por carga distância transportada.

Fonte: Adaptado de (JUNIOR, 2000)

O dirigível apresenta um custo de operação (consumo de energia multiplicado pelo custo da energia) um pouco maior que os navios e caminhões, mas com um custo consideravelmente menor se comparado ao do avião.

Outro ponto é o baixo custo na manutenção da infraestrutura necessária para as operações com dirigíveis se comparados aos custos de manutenção de portos, aeroportos e rodovias. Um valor que podemos considerar é a estimativa da empresa canadense *Hybrid AeroSpace Inc.* que em seu estudo de custos considerou que para uma rota semelhante à Rio – São Paulo, o tempo gasto seria de uma hora e trinta minutos e o preço de US\$ 40,00 e para o avião aproximadamente US\$ 130,00.

Ficou concluído pelo autor que o setor produtivo ainda não tem dado a devida atenção à criação de meios alternativos de transporte devido ao alto risco e altos investimento

necessários em toda P&D. A expansão até a saturação das rotas de transportes existentes surgirá a necessidade de um planejamento adequado para estabelecer ações preventivas.

Em (MACHRY, 2005), uma abordagem é dada à utilização do dirigível para o transporte de cargas especiais, procurando dar uma abordagem aos parâmetros econômicos, operacionais, ambientais e estratégicos desta modalidade.

O autor vislumbra a possibilidade de grandes dirigíveis ocuparem a lacuna no transporte de cargas, entre o avião que é rápido, porém caro, e o transporte de superfície menos dispendioso, porém lento e com grandes limitações, principalmente quando se trata no transporte de cargas especiais e de grande volume.

Para o transporte de cargas indivisíveis e excedentes em peso ou dimensões, apenas poderão ser transportadas após autorização específica para o veículo apropriado. Procedimentos devem ser seguidos com a participação de engenheiros com experiência na atividade que é submetido à apreciação da Divisão de Pontes e Edificações e da Divisão de Estudos e Projetos do DNIT.

Para cargas que excedam os parâmetros de peso previstos no Código Nacional de Trânsito, é exigido a modificação nos trechos onde está previsto o percurso, para evitar danos nas vias utilizadas. Um estudo de viabilidade do percurso escolhido deve ser feito, onde serão avaliadas as capacidades de pontes, rodovias, túneis, etc. Com a análise deste estudo define-se a viabilidade de utilização do percurso estabelecido.

Com todos estes custos adicionais envolvidos podemos deduzir que este tipo de transporte é bem mais elevado que o transporte rodoviário comum.

A Itaipu Binacional no ano de 1979, firmou um contrato de transporte no valor de 16 milhões de reais valor corrigido para a moeda atual, para o transporte de 18 unidades geradoras da usina.

Para exemplificar as dificuldades enfrentadas no transporte de cargas especiais, será descrito a seguir a operação realizada pela empresa Furnas Centrais Elétricas S.A. A operação foi o transporte de uma unidade transformadora da subestação de Grajaú, RJ, para manutenção na cidade de Contagem, MG.

A unidade pesando 160 toneladas, medindo 9,5 metros de comprimento, 3,9 m de largura e 4,7 metros de comprimento, foi carregada em uma carreta hidráulica de doze eixos, atracada a dois cavalos mecânicos. Após seis dias de trajeto a carga foi transportada para um conjunto transportador tipo viga. O equipamento saiu em 30 de março e chegou ao destino em 19 de abril de 2004, percorrendo 567 km no total, 110km acima do trajeto normal. O custo total do transporte foi de R\$ 632.000,00.

Caso este transporte fosse realizado por um dirigível, utilizando para isso uma aeronave com capacidade de carga de 160 toneladas, e com o valor da hora de voo de aproximadamente US\$ 6.350,00.

A distância a ser percorrida pelo dirigível seria de 125 milhas náuticas, a uma velocidade de 90 km/h.

Considerando todo processo de carregamento, viagem e descarregamento, foi definido um tempo total de treze horas de operação. Portanto o custo total de operação seria de US\$ 82.550,00 ou R\$ 264.160,00, fazendo um cálculo com o valor do cambio à R\$ 3,20.

O custo e o prazo são muito inferiores, mesmo que se faça uma extrapolação dos dados, as vantagens econômicas são evidentes.

Conforme dados coletados, são movimentados anualmente 4,9 bilhões de toneladas de carga por meios aquáticos, ferroviários e rodoviários. Sendo 30 milhões de toneladas de cargas especiais excedentes. Se apenas 10% deste total, forem transportadas por dirigíveis, já comportaria uma volume de 200 dirigível, com capacidade de 160 toneladas. No Brasil duas aeronaves atenderiam o mercado nacional.

Foi concluído que como visto o transporte de cargas com dimensões e pesos excedentes são complexos e dispendiosos. E existem as exigências legais que demandam várias ações e estudos minuciosos.

O uso de aeronaves LTA, para o transporte de cargas especiais excedentes, reduzem o número de transbordos, pois, o trajeto pode ser executado ponto a ponto. E conforme foi exemplificado os custos de transporte são consideravelmente menor, o tempo de percurso bem reduzido e não causam transtornos no transito da rodovias e as cidades.

O autor (SANTOS, 2013), tem por finalidade em seu trabalho abordar a utilização do dirigível como uma oferta logística para o transporte de mercadorias em Portugal e no mundo, bem como analisar as novas oportunidades de exploração dos dirigíveis após as novas tecnologias que tem sido inseridas nesta modalidade de aeronave.

Com uma abordagem similar aos outros autores consultados, Santos, 2013, conclui que é necessário apoio do setor privado e governamental para a viabilidade no uso dos dirigíveis em logística. O dirigível tem capacidade de reduzir o tempo de entrega e tornar economicamente mais vantajoso para cargas volumosas.

Deveria ser utilizado para compor o sistema de transporte ocupando as lacunas deixadas pelos meios de transporte convencional.

Em (GOMES e MIGON, 2012), a abordagem do estudo é feita na utilização do dirigível no Brasil. Os autores destacam que o Brasil possui em seu território os chamados “vazios logísticos”, isso significa que precariedade nos meios de transporte prejudicam a produção, armazenamento e movimentação de bens, produtos e pessoas.

No final da década de 1970, o CTA (Centro Técnico Aeroespacial, conduziu um estudo com recursos do FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) sobre o estado da arte da tecnologia do dirigíveis, que deveria avançar até um projeto conceitual da aeronave.

Este estudo definiu-se corredores de trafego, para o fluxo de cargas no pais, então previu-se a necessidade de três categorias de aeronaves, que foram chamadas de VANC-20, com capacidade para o transporte de 20 toneladas de carga, VANC-80, para 80 toneladas de carga e VANC-200, com capacidade para 200 toneladas.

Coube ao extinto DAC (Departamento de Aviação Civil), uma investigação sobre os aspectos econômicos envolvidos na introdução destas aeronaves no transporte brasileiro, com foco no Centro-oeste e Amazônia. A proposta seria um transporte de cargas de um modo geral, abrangendo todas as categorias inclusive o transporte de passageiros.

Através de modelagens matemáticas das principais rotas existentes ou que precisariam ser criadas, assim chegou-se ao conceito de “corredores operacionais de cargas”, onde foram estimados fluxos anuais de cargas em toneladas x quilômetros/ano, no qual os dirigíveis iriam integrar total ou parcialmente.

Foram identificados quatro corredores, o primeiro deles a ligação entre São Paulo e Manaus, com mais de três mil quilômetros de distância, até os dias de hoje não possui um transporte satisfatória para esta rota. O transporte aéreo, com capacidade de até trinta toneladas é o mais caro, e a duração da viagem de aproximadamente cinco horas. A opção mais barata é a rodoviária entre São Paulo – Brasília - Belém onde há um transbordo para embarcações em que a viagem pode demorar até dez dias para chegar em Manaus.

O corredor São Paulo – Tucuruí, neste o transporte fluvial também possui certa importância e corta uma das mais importantes rodovias do país a BR010, conhecida como Belém – Brasília. Região com expansão em várias atividades econômicas, mas que tem dificuldades no escoamento de seus produtos.

Outros dois corredores foram os entre São Paulo e Cuiabá e entre Manaus - Boa Vista, cada um com suas particularidades e dificuldades.

De um modo geral a proposta seria que as aeronaves com maior capacidade de carga, fariam o transporte nas rotas principais e o VANC-20, atuaria nas rotas que alimentariam as principais.

O estudo chegou a um número de 329 dirigíveis para atender a demanda de carga, nos corredores operacionais, e alavancando o desenvolvimento das regiões atendidas.

A próxima fase do estudo foi tentar determinar os valores para implementação do sistemas, seus custos operacionais e os custos totais para manter o sistema operando por vinte anos, tendo como referência o corredor São Paulo – Manaus.

Com base nos dados coletados chegou-se à conclusão que o sistema de dirigíveis proposto demandariam um investimento no período estipulado de vinte anos no valor de US\$1,5bilhao, enquanto que o sistema rodoviário demandaria um valor de US\$2,3 bilhões, para o transporte do mesmo volume de carga.

Não foram inseridos nos cálculos os valores necessários para todo o ciclo de desenvolvimento dos dirigíveis, desde a pesquisa e desenvolvimento, construção e certificação das aeronaves.

Após a conclusão dos estudos em 1981, o governo brasileiro chegou a considerar um projeto piloto com custo estimado de US\$ 6 milhões, mas que foi cancelado antes do início.

O DAC continuou investigando o assunto agora com recursos do PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). Em 1994 organizou um seminário no Rio de Janeiro, com a participação de representantes do governo, empresários e fabricantes de dirigíveis. Em 1995 outro evento ocorreu em Brasília, com a participação de representante de oito ministérios, pesquisadores e empresários de vários setores da economia.

Os autores chegaram a conclusão, que mesmo perante o insucesso de alguns projetos, e dos riscos inerentes à projetos deste porte. A utilização do dirigível é viável tendo em vista

sua capacidade de transporte de grandes cargas em locais de difícil acesso, sendo mais barato que o transporte aéreo convencional e mais rápido que o transporte terrestre.

4. CONCLUSÃO

No passado os dirigíveis já haviam comprovado sua eficiência no transporte de cargas, mas principalmente no transporte de passageiros, cruzando os oceanos muito antes dos aviões conquistarem seu espaço.

Infelizmente a tragédia sofrida em 1937, pelo LZ-129 Hindenburg, que caiu em chamas em Nova Jersey devido ao incêndio no hidrogênio, gás inflamável utilizado para sua sustentação, causando o fim das operações destas aeronaves como meio de transporte de passageiros.

Os dirigíveis continuaram sendo estudados e construídos, os *blimps*, continuam flutuando pelos ares com atividades de sensoriamento, patrulha, publicidade, turismos entre outras.

Com a crise do petróleo nas décadas de 1970 e 1980, os estudos para a utilização dos dirigíveis como alternativa para o transporte de cargas foram retomados em todo mundo, mas não houve investimentos para que os estudos saíssem do papel para tornarem projetos efetivos.

No dias atuais podemos verificar nas pesquisas realizadas, que grandes empresas fabricantes de aeronaves e também novas iniciativas como é o caso da empresa brasileira Airship do Brasil, vem buscando por novas tecnologias em materiais a serem aplicadas nos envelopes e nas estrutura como Kevlar, aramida, fibras de carbono entre outros compostos, também a utilização de modernos equipamentos e sistemas eletrônicos para controle como por exemplo controles *fly-by-wire* ou *fly-by-light*, navegação e comunicação, novas tecnologias

para pousos e decolagens, visando tornar economicamente viável a utilização dos dirigíveis como aeronave de transporte eficiente.

Alguns países ou regiões tem especial interesse na utilização dos dirigíveis. O Canadá, país com sua população distribuída por vasto território, mesmo com toda tecnologia empregada, com a maior malha rodoviária e ferroviária do mundo, enfrenta grandes problemas com o transporte. No inverno a neve prejudica o transporte nas rodovias, no verão o degelo tornam intransponível algumas regiões.

A região Siberiana com recursos naturais abundantes, também pode ser atendida pelo transporte com dirigíveis.

A África também possui regiões com grande potencial econômico onde a utilização dos dirigíveis poderiam levar ao desenvolvimento, pois a falta de investimento em infraestrutura tornam a movimentação de cargas bastante prejudicada.

No Brasil a falta de investimentos em infraestrutura buscando melhorar as rodovias e ferrovias, prejudicam principalmente as regiões centro-oeste e amazônica, também nestas regiões o clima é outro fator que dificultam o transporte. Nas chuvas prejudicam as estradas, em grande parte sem pavimentação o que as tornam intransitáveis. Na época de seca, os rios que são outra via de escoamento de mercadorias também são prejudicados tornando algumas ligações intransponíveis.

Em comparação aos meios de transporte terrestres, o dirigível estaria presente para atender e executar o transporte em regiões onde o clima, o isolamento ou a falta de infraestrutura prejudicam o escoamento de cargas.

Em comparação aos aviões e os helicópteros os dirigíveis tornam-se uma opção mais viáveis economicamente. Devido a sustentação aerostática não há necessidade de grande potência para decolagem e voo, resultando em uma redução no consumo de combustível.

Com isso os dirigíveis são muito mais silenciosos e geram uma poluição ambiental muito menor.

É necessário salientar que muitos são os obstáculos a serem vencidos para que os dirigíveis possam ocupar seu espaço no transporte de cargas no mundo. O maior dos obstáculos é o elevado custo para o desenvolvimento dos projetos, onde ficou evidente a necessidade do comprometimento governamental em algumas das fases do projeto. Outro ponto importante é com relação ao gás hélio, nos dias de hoje o único permitido pelos órgãos regulamentadores para serem utilizados nas aeronaves. É um gás de difícil obtenção e que possui controle exercido pelo maior produtor. Essa questão deixará de ser um obstáculo quando outra alternativa de gás for encontrada, ou que novos métodos sejam encontrados para controlar as características inflamáveis do hidrogênio, que é mais leve que o hélio e mais fácil de ser produzido. Hoje viajamos em aviões considerados seguros, mas que estão carregados com toneladas de combustível altamente inflamável.

Finalmente concluímos o presente trabalho, com a certeza que os dirigíveis possuem capacidade para se tornarem uma alternativa no transporte de cargas, principalmente as que possuem grandes dimensões e que sejam indivisíveis, para o transporte ponto-a-ponto, onde a carga seja transportada do seu ponto de origem diretamente ao destino, e levando desenvolvimento à regiões prejudicadas pela falta de investimentos em infraestrutura.

REFERÊNCIAS

AEROSCRAFT. <http://aerocraft.com/aerocraft/4575666071>. **aerocraft**, 2016. Acesso em: 08 out. 2017.

AIRSHIP. <http://www.airship-association.org/cms/>. **The Airship Association**, 2017. Acesso em: 02 out. 2017.

BOEING. <http://boeing.mediaroom.com/2009-07-28-Boeing-Completes-Major-Design-Milestone-for-SkyHook-Heavy-Lift-Vehicle>. **http://boeing.mediaroom.com**, 2009. Acesso em: 08 out. 2017.

DUPONT. <http://www.dupont.com/content/dam/dupont/products-and-services/membranes-and-films/pvf-films/documents/DEC-Tedlar-Goodyear-Case-Study.pdf>. **http://www.dupont.com**, 2014. Acesso em: 5 out. 2017.

FOSTER, G. <https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2014/02/empresa-avalia-uso-de-dirigivel-para-transporte-de-cargas-pelo-pais-4413596.html>. **https://gauchazh.clicrbs.com.br**, 07 fev. 2014. Acesso em: 05 out. 2017.

GHANMI, A. **Hybrid Air Vehicles for Military Logistics Heavy Lift**. CJOC Operational Support Operational Research & Analysis. [S.l.]. 2013.

GOMES, S. B. V.; MIGON, M. N. **Os dirigíveis e o Brasil: Eterna promessa ou caso concreto?** BNDES. [S.l.]. 2012.

GOODYEAR. <https://www.goodyearblimp.com/>. **Goodyear**, 2017. Acesso em: 5 out. 2017.

GROSSMAN, D. <http://www.airships.net/zeppelins/>. **http://www.airships.net/**, 1997. Acesso em: 03 out. 2017.

HAV. <https://www.hybridairvehicles.com/aircraft/airlander-10>. **https://www.hybridairvehicles.com**, 2017. Acesso em: 05 out. 2017.

[HTTP://WWW.ADB.IND.BR/PROJETOS.JSP](http://www.adb.ind.br/projetos.jsp). **http:** //www.adb.ind.br. Acesso em: 10 out. 2017.

[HTTPS://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SKYHOOK_JHL-40](https://en.wikipedia.org/wiki/Skyhook_JHL-40). **https:** //en.wikipedia.org. Acesso em: 08 out. 2017.

JÚNIOR, C. I. E. L. D. S. **O emprego de dirigíveis como uma alternativa para o transporte de carga na Amazônia Brasileira**. Rio de Janeiro. 2015.

JUNIOR, D. V. **Estudo da viabilidade técnico-econômico da utilização de dirigíveis como meio alternativo de transporte de cargas e passageiros**. FACET. Curitiba. 2000.

LOCKHEEDMARTIN. <http://www.lockheedmartin.com/us/products/HybridAirship.html>. **www.lockheedmartin.com**, 2017. Acesso em: 09 out. 2017.

MACHRY, T. R. **Dirigíveis: Uma alternativa para o transporte de cargas especiais**. [S.l.]. 2005.

MOREIRA, N. F. D. S. **Projecto do Sistema de Aterragem do Dirigível NFAP**. Universidade da Beira Interior. Covilhã. 2012.

MURPHY, M. J. C. **The dirigible: A catalyst for resource exploitation in remote areas?** AIR COMMAND AND STAFF COLLEGE. Maxwell Air Force Base. 1985.

NT, Z. <https://zeppelin-nt.de/en/homepage.html>. **Zeppelin NT**, 2017. Acesso em: 02 out. 2017.

PEREIRA, L. B. N. **Viabilidade técnica e econômica da utilização de dirigível no sector de turismo em Portugal**. Universidade da Beira Interior. Covilhã. 2011.

SANTOS, R. D. S. **Viabilidade técnica e econômica da utilização de dirigíveis para o transporte de mercadorias**. Universidade da Beira Interior. Covilhã. 2013.

SEUHISTORY. <https://seuhistory.com/etiquetas/premio-deutsch>. **https:** //seuhistory.com, 2017. Acesso em: 03 out. 2017.