



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Engenharia

# Viabilidade Técnica e Económica da Utilização de Dirigíveis para o Transporte de Mercadorias

Rafael Dionísio Simões Santos

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Aeronáutica**  
(ciclo de estudos integrado)

Orientador: Prof. Doutor Jorge Miguel dos Reis Silva

Covilhã, 21 de Outubro de 2013





# Dedicatória

Este trabalho é dedicado à minha família e todos os anjos da guarda que apareceram na minha vida.

Aos meus pais, ao meu afilhado Ricardo, ao Gonçalo e à minha Grande Irmã Célia.

A todos os que já não fazem parte da minha vida mas que, contribuíram para esta minha meta pessoal e profissional.

Ao Hernâni Custódio, Filipa, Joel, Henrique Matos, obrigado pelo vosso apoio, compreensão e longas conversas.

Grande família da Covilhã, obrigado pelo apoio, e por todos os bons e maus momentos vividos....



# Agradecimentos

Ao Professor Doutor Jorge Miguel dos Reis Silva pelo apoio, compreensão, força, motivação, na fase mais complicada de todo o meu percurso académico, e extrema disponibilidade na minha orientação. Agradeço todas as oportunidades que me concedeu na participação de conferências muito importantes para o meu crescimento e desenvolvimento, e melhoria deste trabalho.

Por fim, quero agradecer ao engenheiro informático Pedro Nuno Matos Pereira, na sua disponibilidade e enorme contributo na criação da Simulação Virtual.

Pai e Mãe, obrigado por todo o encorajamento e peço desculpa, pelas vezes que andava stressado e irritado.

A todos os meus Amigos da Covilhã, em especial à Ana Inês e ao Henrique Matos.

Obrigado amigos e inimigos por tudo.



# Resumo

Em todo o mundo existem países onde os dirigíveis estão a ser utilizados para fins civis (turismo) e militares (vigilância).

O renascimento deste meio de transporte que é capaz de facilmente superar algumas deficiências dos transportes convencionais, acarreta a médio e longo prazo benefícios económicos. Além disso, os dirigíveis oferecem diferentes serviços a custos mais baixos, e também podem estimular novas atividades comerciais, industriais e até mesmo novas rotas transacionais.

Tomando os princípios do desenvolvimento sustentável do transporte aéreo, os dirigíveis são os mais amigos do ambiente veículos com menor consumo de combustível e com maior resistência. Portanto, como resultado, eles estão abrindo o caminho para novos mercados.

## Palavras-chave

.

Dirigível, Sistema de Transporte Aéreo Convencional, Logística



# Abstract

All over the world there are several countries where airships are being used for military and civilian purposes.

The rebirth of this mean of transportation, capable of easily overcoming some deficiencies of the conventional ones, brings medium and long term economic benefits. In addition, they offer different services at lower costs, and they also may stimulate new commercial and industrial activities and even new transactional routes.

Taking the principles of sustainable development of air transport, airships are the most environment-friendly vehicles with lower fuel consumption and with higher endurance. Therefore, as a result, they are paving the way for new markets.

# Keywords

Airships, Conventional Air Transportation Systems, Logistic



# Índice

Dedicatória	iv
Agradecimentos	vi
Resumo	viii
Palavras-chave	viii
Abstract	x
Keywords	x
Índice	xii
Lista de Figuras	xv
Lista de Tabelas	xvi
Lista de Gráficos	xviii
Lista de Acrónimos	xx
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento do Tema	1
1.2 Formulação do Problema e Objetivos	2
1.3 Estrutura da Dissertação	3
2 Estado da Arte	4
2.1 Introdução	4
2.2 A história dos dirigíveis	5
2.3 Autores e suas abordagens	7
2.4 Estado da arte da logística	9
2.4.1 Mobilidade sustentável versus logística	10
2.5 Dirigíveis da actualidade	12
2.5.1 Progressos em Portugal	12
2.5.2 Dirigíveis a nível mundial	13
2.6 Conclusão	14
3 Tecnologia e construção de dirigíveis.	15
3.1 Introdução	15
3.2 Classes Estruturais dos Dirigíveis	16
3.3 Dirigíveis Híbridos.	17
3.4 Sistemas de Controlo de Elevação do Dirigível	18
3.5 Projeto de um dirigível	20
3.5.1 Alternativas, problemas e soluções tecnológicas.	20
3.6 Gás de Sustentação	28
	xii

3.7 Sistemas propulsivos	29
3.8 Estabilidade do dirigível	30
3.9 Conclusão	32
4. Modelação da Procura	33
4.1 Introdução	33
4.2 Conceito de perfil logístico	34
4.3 Modelo matemático	35
4.3.1 Modelos Globais de transportes	36
4.3.1.1 Modelo Global Agregado o modelo de 4 passos	36
4.3.1.2 Modelos globais desagregados	37
4.3.2 Modelos Diferenciais	37
4.4 Modelação e análise de dados	38
4.4.1 Objectivos da Modelação e Análise de Dados	38
4.6 Previsão de Demanda	39
4.7 Modelos Globais de Transportes	39
4.8 Conclusão	40
5 Caso de Estudo	41
5.1 Introdução	41
5.2 Criação da simulação	41
5.4 Conclusão	44
6 Modelos de Negócio	45
6.1 Introdução	45
6.2 A questão do financiamento	46
6.3 Conclusões	48
7. Conclusão	49
7.1 Considerações Finais	49
7.2 Perspectivas futuras	50
8. Bibliografia	51



# Lista de Figuras

Ilustração 1 - Ornithopter De Leonardo Da Vinci.	5
Ilustração 2 - Ilustração Dos Países Com Projectos De Dirigíveis A Nível Mundial	7
Ilustração 3 - Desenho, Representativo Da Passarola De Bartolomeu De Gusmão.	12
Ilustração 9 - Tabulação Superfície	23
Ilustração 10 - Estimativa Do Centro De Flutuabilidade Do Dirigível	26
Ilustração 11 - Representação Do Sistema De Funcionamento Da Propulsão Vetorizada Em Ducto	29
Ilustração 12 - Visão Esquemática De Perfil Logístico (Lp).	34
Ilustração 13 - Componentes Da Modelação	38
Ilustração 15	43
Ilustração 16 - Simulação Virtual	44

# Lista de Tabelas

A TABELA 1- RESUMO DAS EMPRESAS, QUE NA ACTUALIDADE OPERAM DIRIGÍVEIS, ASSIM COMO A SUA CLASSIFICAÇÃO.	13
TABELA 2 - CLASSES ESTRUTURAIS DOS DIRIGÍVEIS. (ADAPTADO DE (1))	16
TABELA 4 - FORMAS DE SUSPENDER O DIRIGÍVEL NO CHÃO (ADAPTADO DE (1))	21



# Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Custos Relativos Por Tonelada X Milha Transportada, Estimados Para Os Vários Modais De Transporte Na Década De 1970.

46



## Lista de Acrónimos

EASA	European Aviation Safety Agency
FAA	Federal Aviation Administration
FBL	Fly-by-Light
FBW	Fly-by-wire
HAV	Hybrid Air Vehicles
LTA	Lighter-than-air
LBA	Luftfahrt-Bundesamt (German Civil Aviation Authority)
LP	Perfil Logístico
TAR	Transport Airship Requirement
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
STOL	Short Take Off/Landing
NFAP	Nature Friendly Airship Program
MAAT	Multibody Advanced Airship for Transport
NIT	Núcleo de investigação de transportes
HAV	Veículos Aéreos híbridos

# 1 Introdução

## 1.1 Enquadramento do Tema

A conquista dos céus pelo homem fez-se inicialmente com os balões de ar quente depois, surgiram os primeiros dirigíveis e aviões. No começo da sua operação, estas aeronaves (todos eles chamados Zeppelin) pareciam ter um futuro até que, de repente, perderam o seu mérito e visibilidade e foram esquecidos. Ainda agora, na actualidade os dirigíveis são considerados pelos mais sérios como uma mera curiosidade.

Mas a evolução dos materiais, a evolução tecnológica dos aniónicos, dos sistemas de propulsão e a crescente preocupação ambiental, fazem destes veículos uma alternativa ambientalmente mais amigável para a maioria dos usuários.

O renascimento deste meio de transporte é capaz de responder a nichos de mercado específicos e facilmente superar algumas deficiências de meios mais convencionais. Isso, proporciona a médio / longo prazo benefícios económicos que oferecem diferentes serviços a custos mais baixos e pode estimular novas atividades comerciais e industriais e até mesmo novas rotas transacionais.

Atualmente, os dirigíveis têm a sua aplicação em sectores tão distintos como publicidade, transporte, monitorização, pesquisa e patrulha aérea e turismo.

O mote para este trabalho foi introduzido por uma colega que anteriormente iniciou o estudo de viabilidade de um modelo económico, aplicados aos dirigíveis no sector do turismo em Portugal. Esta é uma forma de complementar o bom trabalho já desenvolvido.

Este trabalho pretende implementar nova oferta de logística em Portugal e um pouco pelo mundo. Pretende-se mostrar aos cidadãos um novo tipo de logística, criando assim uma alternativa totalmente diferente das ofertas já existentes e responder aos problemas que as grandes cidades enfrentam.

Existe também um futuro latente para os dirigíveis de grande dimensão no mercado de cargas pesadas, cargas especiais e no transporte ponto-a-ponto. É neste “boom” de novos avanços tecnológicos e novas oportunidades de exploração dos dirigíveis que se insere este trabalho, pois embora se vislumbre todo um leque de novas possibilidades para estas aeronaves é necessário encontrar argumentação que sustente o seu potencial de utilização.

## 1.2 Formulação do Problema e Objetivos

É fácil verificar do ponto de vista comercial, que o transporte de mercadorias e de passageiros através dos meios de transporte convencionais tem um impacto significativo na economia. O desenvolvimento económico regional e mundial passa também pelo novo tipo de oferta à mobilidade sustentável que os dirigíveis podem oferecer, como o transporte de mercadorias, pessoas e publicidade. Com estas aeronaves, é possível uma nova rede de rotas comerciais e turísticas, sem recurso à política do asfalto e betão, pois esta nova oferta é mais fácil, económica e com menor impacto ambiental.

Com o regresso dos dirigíveis surge a crescente preocupação da comunidade aeronáutica em adotar “*environmentally friendly technology*”, podendo assim, oferecer uma nova forma de transporte de mercadorias que não crie grande impacto ambiental e em zonas já em si, poluídas.

A criação de uma nova resposta comercial em cidades e em regiões remotas cria uma estreita ligação entre a viabilidade económica e o desenvolvimento, e será certamente um impulsionador de desenvolvimento da economia.

O objetivo deste trabalho, é então verificar a viabilidade urbana no transporte de mercadorias em situações urbanas de grande congestionamento/ tráfego como nova York, Londres, Tóquio, entre outras.

## 1.3 Estrutura da Dissertação

No primeiro capítulo será feita uma pequena introdução aos pontos chave desta dissertação.

No segundo capítulo apresenta-se o estado da arte dos dirigíveis. Será feita uma pequena e breve abordagem à história dos dirigíveis e possíveis cenários de aplicação dos mesmos.

No terceiro descreve-se a tecnologia de construção e operação dos dirigíveis, estado e desenvolvimento tecnológico destas aeronaves, referindo as suas necessidades e riscos, descrevem-se as características gerais de operacionalidade, sumariam-se as limitações operacionais e por último, faz-se referência às certificações e legislação que regem a aeronavegabilidade dos dirigíveis.

O quarto capítulo compõe-se fundamentalmente do caso de estudo deste trabalho. Analisar-se-á a modelação da procura de dirigíveis em logística e a existência de um potencial mercado para a sua utilização.

O quinto capítulo será da simulação virtual da utilização de dirigíveis em logística urbana, fazendo jus à expressão de que uma imagem vale mais que mil palavras.

O sexto capítulo analisa modelos de negócio na utilização de dirigíveis em logística urbana, tratar-se-á a informação recolhida ao longo da preparação do caso de estudo, estabelecem-se as etapas do estudo que confluem na determinação do melhor cenário para a viabilização económica do dirigível.

O sétimo capítulo encerra uma síntese (geral) do trabalho, com algumas considerações sobre a forma como este decorreu. Com algumas sugestões para novas investigações, bem como aplicações práticas dos resultados obtidos.

## 2 Estado da Arte

### 2.1 Introdução

Foi através do dirigível, que o homem adquiriu a capacidade de poder realizar o voo de uma forma controlada. O início do séc. XXI trouxe o renascer do interesse por estas aeronaves. Inspirado pelos avanços em diferentes áreas tecnológicas e com os choques petrolíferos da década de setenta, que fizeram a comunidade científica encontrar formas de transporte, mais económicas e eficientes energeticamente.

Segundo Pereira (2011), os avanços tecnológicos ao nível dos materiais utilizados na construção de dirigíveis têm permitido o aparecer de novos tecidos, que compõem o envelope, mais leves e mais resistentes assim como de sistemas propulsivos mais leves e eficientes

O reaparecimento dos dirigíveis no mercado de cargas é destinado especificamente a um nicho, que não é servido otimamente pelos meios de transporte atuais. As previsões do estudo da Boeing apontam para que o crescimento de transações de mercadorias e de tráfego aéreo irá triplicar. Tatievsky (2011) afirma que, com o tempo, com uma maior confiança nas operações com dirigíveis e um maior alcance de suas aplicações, estes irão complementar uma lacuna. Ao longo de uma parte do mercado de carga no ar, bem como, devido às suas vantagens óbvias.

Pereira, (2011), conclui que os três principais fundamentos que estão na base deste novo olhar sobre os dirigíveis: são a especificidade operativa que os torna capazes de complementar o tradicional transporte aéreo como por exemplo, na patrulha, monitorização e vigilância onde se exige grande autonomia, no transporte de carga pesada e volumosa e claro, no transporte de recreio e lazer. Têm ainda a vantagem de não estarem constringidos a infra-estruturas complexas para operarem, como o convencional transporte marítimo, rodoviário e aéreo, evitando os consequentes problemas de congestionamento. Outros princípios fundamentais são as alterações climáticas e o aumento progressivo dos custos de combustíveis, como refere Prentice (2004). Os dirigíveis são atrativos tanto a nível económico como ambiental, por esse motivo, o incentivo à inovação tem sido gradativo por parte de investidores privados e similarmente por alguns governos preocupados em repensar o seu sistema de transporte actual.

Para Prentice (2004), são aeronaves capazes de superar as deficiências dos meios convencionais de transporte, trazendo a médio/longo prazo benefícios económicos oferecendo diferentes tipos de serviços a custos mais baixos podendo, inclusive, estimular novas actividades comerciais e industriais e até novas rotas transacionais.

Segundo Morgado (2012), os dirigíveis foram as primeiras aeronaves a executar o serviço de transporte aéreo comercial. Nas primeiras décadas da exploração comercial do homem na aviação, os dirigíveis e aviões eram concorrentes diretos, mas com o acidente do dirigível alemão LZ 129 Hindenburg, em Maio de 1937, que caiu em chamas em Nova Jersey (EUA), o serviço de transporte comercial deste tipo de aeronaves parou de operar.

Estas são algumas das razões pelas quais os dirigíveis emergem como uma alternativa séria e viável ao sistema de transporte atual e os pressupostos para a realização deste trabalho.

## 2.2 A história dos dirigíveis

Desde os primórdios da existência humana que o ato de voar fascina a espécie humana. Esse fascínio provavelmente foi gravado na psicologia da espécie humana desde a primeira vez que o Homem olhou para o céu. Depois desse primeiro olhar, as divindades voadoras começaram a surgir e os mitos relacionados com homens que tinham, de uma ou de outra forma, a capacidade de voar também.

Depois das divindades voadoras começam a surgir os mitos relacionados com homens, como o caso de Ícaro, e das suas asas de cera.

Passada a época dos mitos e lendas o Homem começou, finalmente, a procurar soluções técnicas e mecânicas que lhe permitissem verdadeiramente aspirar ao voo. Surgiram várias teorias e ideias inovadoras, é verdade; no entanto, uma vez que ainda não havia motores de qualquer tipo as probabilidades de sucesso estavam desde logo limitadas.

Leonardo Da Vinci foi o mais brilhante destes visionários do voo, idealizou, no papel, várias soluções bastante interessantes. Uma delas pretendia potenciar a energia do utilizador para bater as asas, usando um sofisticado sistema de molas. Também da sua riquíssima imaginação saiu o ornitóptero.



Ilustração 1 - Ornithopter de Leonardo da Vinci. Fonte [5]

A evolução dos dirigíveis começa a partir do balão de ar quente, lançado pelos irmãos Montgolfier em 1783 em França. Uma das modificações introduzidas a este balão foi o uso de hidrogénio, usado pela primeira vez como gás de sustentação, pelo químico Britânico Henry Cavendish.

O primeiro dirigível funcional foi projectado por Jean Baptiste Marie Meusnier em 1783, e consistia num balão de ar quente em forma de um charuto com o comprimento de 80 metros. Junto a este, estava um carro de passageiros, um leme, e três hélices, embora este dirigível, nunca tenha sido construído. A tecnologia não evoluiu muito mais até 1850, quando Henri Giffard se tornou o inventor dos dirigíveis movidos a vapor. Foram estes, os modelos construídos por Henri Giffard, que impulsionaram a tecnologia dos dirigíveis.

Na década de 1890 o Conde Ferdinand von Zeppelin começou as experiências com dirigíveis rígidos, os famosos Zeppelins.

O primeiro uso documentado de uso de um dirigível no transporte de carga ocorreu em meados de 1917, durante a Primeira Guerra Mundial. O Império Alemão viu-se cercado por um forte ataque por parte das forças britânicas na África Oriental. Foi então, decidiu enviar apoio aéreo a partir da base mais próxima, que estava a uma distância de 5800 km da guarnição.

O dirigível LZ 59 veio de Yambol na Bulgária, com uma tripulação de 22 homens, carregando 11 toneladas de munições e medicamentos. A viagem duraria quatro dias, a uma velocidade média de 65 km / h. Quando a aeronave já sobrevoava o território Africano recebeu por rádio a ordem de voltar, pois a guarnição havia-se rendido. Embora, a missão de apoio tenha falhado, a aeronave transportou 11 toneladas de carga e uma tripulação de 22 homens a uma distância de 6758 km em 95 horas, e quando aterrou, ainda tinha uma autonomia de 65 horas de autonomia. (6)

## 2.3 Autores e suas abordagens

Para Gomes e Migon (2012), o interesse pelos dirigíveis foi ressuscitado com crises do petróleo de 1973 e 1979. A primeira delas fez despertar a consciência da necessidade da economia de combustíveis fósseis nos meios de transporte em geral e no transporte aéreo em particular. A segunda crise (1979), parece ter gerado um impacto ainda maior: a realização em Paris do Simpósio Internacional sobre Aspectos Económicos e Tecnológicos do Dirigível Moderno (1979), seguido pela Conferência de Viena (1981), planeada pela *United Nations Industrial Development Organization*, ramo da Organização das Nações Unidas (ONU), cuja finalidade foi avaliar especificamente o potencial do dirigível como alavancar o crescimento de nações em desenvolvimento. Uma vez que, veículos com a característica requerida - grande capacidade para o transporte de cargas e, talvez mesmo de pessoas, em regiões necessitadas de infraestruturas terrestres.

Nayler (2001) realizou um levantamento global do atual estado de desenvolvimento, de projetos e uso de dirigíveis. A evolução dos materiais e técnicas de fabricação melhoraram consideravelmente os dirigíveis desde a anterior geração da década de setenta. Nos últimos 30 anos aumentou o uso destas aeronaves para tarefas como, publicidade, cobertura televisiva de eventos desportivos, pesquisa científica, monitorização e vigilância. Fabricantes em ativo contabilizam-se 18 com produção de dirigíveis tripulados, 7 estão a construir dirigíveis não tripulados. Surpreendente é o fato de existirem apenas 29 dirigíveis a voar efetivamente hoje em dia, havendo 13 empresas em redor do mundo cujo negócio tem sido, a operação de aeronaves para a pesquisa científica, publicidade e trabalho promocional.



Ilustração 2 - Ilustração dos Países com Projectos de Dirigíveis a Nível Mundial [adaptado de 1]

Segundo Pereira (2011), o país que mais se destaca no progresso tecnológico e operacional do dirigível são os Estados Unidos da América. Já em 1991, na Guerra do Golfo utilizaram esta aeronave para transporte militar. Atualmente tem sido utilizada como plataforma de monitorização e vigilância, principalmente de fronteiras - já durante a década de 80 a Marinha Norte-Americana realizava a patrulha marítima de narcotráfico utilizando dirigíveis aeróstatos (desenvolvidos pela TCOM LP) presos a navios que funcionavam como radares de deteção de embarcações suspeitas; plataforma de apoio a pesquisas científicas, publicidade, turismo, e desde 2005 para transmissões televisivas em HD (*high-definition*) de eventos desportivos ao ar livre. Na Europa, são dois os países que se destacam no desenvolvimento da tecnologia LTA (*Lighter-than-air*): a Alemanha e o Reino Unido, destacando-se respetivamente a Zeppelin Luftschifftechnik GmbH e a Hybrid Air Vehicles, ambas as empresas desenvolveram projetos que conduziram à construção de dirigíveis atualmente certificados.

## 2.4 Estado da arte da logística

Segundo Russo (2004), o transporte de mercadorias assume um papel de grande importância no sistema de transporte e em geral, no sistema económico, uma vez que representa um componente de particular relevo no processo de desenvolvimento da economia.

Assim, para uma pesquisa em profundidade é necessário conhecer as suas particularidades para reduzir ao máximo os efeitos negativos do transporte, assim sendo, o sistema europeu tem que resolver várias dificuldades:

- Congestionamento nas principais vias rodoviárias e ferroviárias, nas cidades, e nos aeroportos;
- Efeitos nocivos sobre o ambiente e saúde pública, bem como pesado
- Número de acidentes rodoviários.

Nos últimos anos, nos países industrializados, os estudos sobre movimentos de mercadorias urbanas têm aumentado porque o transporte de mercadorias é uma importante fonte de congestionamento do tráfego e poluição atmosférica.

- O crescimento desigual dos diferentes modos de transporte; transporte rodoviário agora representa 44% de transporte de mercadorias, em comparação com 41% para o transporte marítimo de curta distância, 8% para o transporte ferroviário e 4% para as vias navegáveis interiores;

Segundo Macário, (2008) a crescente dimensão dos impactos negativos das atividades de logística está a captar o interesse do público em geral, de governos, naturalmente, a comunidade científica, o transporte urbano de passageiros ou de transporte de mercadorias, apresenta um conjunto de características que faz o seu estudo bastante difícil.

Em primeiro lugar, há uma falta de estudos estatísticos fiáveis e completos, e sem conhecer a realidade que não é possível desenhar ferramentas eficazes.

Em segundo lugar, a logística urbana é altamente dinâmica e composta de uma complexa rede de interação de agentes com diferentes finalidades e características. Além disso, a logística urbana compartilha e compete com o espaço urbano com outras atividades.

Em terceiro lugar, a distribuição urbana geralmente é uma parte integrante de sistemas de distribuição de maiores dimensões que ultrapassam as fronteiras das regiões urbanas. As empresas têm de transportar os seus produtos para e a partir de localizações que são, muitas vezes em regiões urbanas.

## 2.4.1 Mobilidade sustentável versus logística

As previsões apontam que o crescimento de transações de mercadorias e de tráfego aéreo irá triplicar (9), e paralelamente a este crescimento, observa-se que o transporte aéreo tem sido a actividade económica que mais rapidamente tem crescido em termos de emissões anuais.

Assim sendo, é necessário impor limites e reduzir as emissões dos motores das aeronaves. Mas estas medidas devem ser acompanhadas por práticas semelhantes, direcionadas a outros meios de transporte, à indústria em geral, ao sector residencial e ao público.

Portant, o sector aéreo é um dos principais responsáveis pelo incremento do Efeito Estufa. Obviamente, em termos absolutos, devido ao pequeno porte da frota (quando comparada ao meio rodoviário), a aviação ainda não causa grandes distúrbios à atmosfera e ao clima global.

Nas regiões de tráfego aéreo muito intenso, os rastros de condensação podem atuar como um Efeito Estufa de influência local. Um alicerce para tal análise reside no fato de que em determinadas áreas da Europa Central sob constante cobertura dos rastros de condensação (*contrails*), registou-se elevação na temperatura de aproximadamente 0,8°C. (10)

Estes factores estão a condicionar a atividade logística, bem como a mobilidade mundial.

*Define-se Logística Urbana como distribuição de bens de consumo (não só de retalho, mas também de outros setores tais como manufactura) na cidade e áreas urbanas, incluindo o fluxo reverso dos bens considerados desperdício.*

A atividade logística desempenha um papel primordial no desenvolvimento económico e social, dado que é responsável por assegurar as trocas comerciais entre os vários agentes económicos e por abastecer os mercados, satisfazendo as necessidades dos consumidores. No entanto, tal como acontece noutros domínios de atividade, também o sector da logística urbana está sujeito a pressões, e é também ele causador de problemas ao normal desenvolvimento das restantes atividades urbanas. Tais pressões e problemas estão associados ao aumento das trocas comerciais, aliadas ao crescimento económico, e como tal têm-se vindo a agravar nos últimos anos.

Assim, um sector logístico competitivo é um factor determinante no sucesso económico da região em que se enquadra, pois o aumento da eficiência do sistema de distribuição leva à diminuição dos custos de transporte, o que se traduz numa redução do custo final dos produtos e reflecte em ganhos de competitividade das empresas.

O já anteriormente referido tanto é válido em termos gerais, como para as áreas urbanas em particular. No entanto, tal como acontece noutros domínios de atividade, também o setor da logística está sujeito a pressões, e é também ele causador de problemas ao normal desenvolvimento das restantes atividades urbanas. Tais pressões e problemas estão associados ao aumento das trocas comerciais aliadas ao crescimento económico, e como tal, têm-se vindo a agravar nos últimos anos.

Os problemas associados às atividades logísticas dizem essencialmente respeito a problemas de sustentabilidade do ambiente urbano, nas suas três vertentes (ambiente, economia, sociedade), e relacionam-se com a vertente de transporte da cadeia logística: congestionamento urbano, emissões de poluentes gasosos, produção de ruído e acidentes rodoviários, degradação das infra-estruturas rodoviárias.

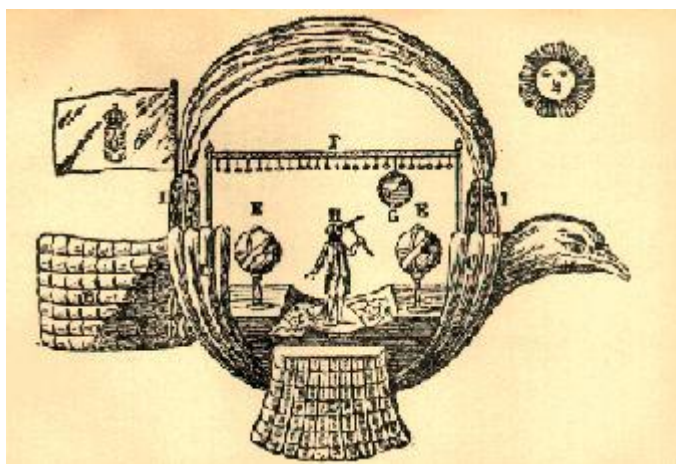
Uma solução para aliviar os problemas associados à logística, passa pela adoção de dirigíveis na actividade logística em espaços urbanos, podendo assim resolver-se alguns dos problemas significativos como a poluição (sonora e atmosférica) associada aos transportes, a utilização de infraestruturas originalmente destinadas a outros fins (estradas, parques de estacionamento), e o congestionamento por vezes causado pelas actividades de carga e descarga, e limitações (tráfego, falta do espaço urbano).(11) Ao adotarem-se os dirigíveis neste contexto é importante salientar que se está a aumentar a sustentabilidade da distribuição de bens dentro das cidades.

## 2.5 Dirigíveis da actualidade

### 2.5.1 Progressos em Portugal

Também em Portugal o primeiro voo registado saldou-se por um gritante insucesso. O seu autor foi o beirão mestre João Almeida Torto que no dia 20 de Junho de 1540, subiu à Torre da Sé, em Viseu levando as asas que, tinha construído para o efeito e o barrete em forma de cabeça de pássaro que, julgava ele, o ajudaria a voar, mas sem sucesso, pois viria a falecer, pela queda sofrida.

Em 1709, o Padre Bartolomeu de Gusmão apresenta, nos Paços do Rei, um modelo em miniatura do seu aparelho que, por ter forma de ave foi batizado de “passarola”.(12)



**Ilustração 3 - Desenho, representativo da Passarola de Bartolomeu de Gusmão. Fonte[13]**

De acordo com Vélez (2012), Portugal mergulhou em certa de 3 séculos negros até atualidade, onde o progresso nesta área praticamente estagnou. Porém, atualmente, estão a ser desenvolvidos projetos inovadores, quer por empresas privadas, quer por grupos de estudantes universitários que poderão permitir que Portugal volte novamente a estar na vanguarda tecnológica desta área científica, apesar do longo caminho que ainda terá que ser percorrido.

A empresa portuguesa que mais se destaca é a "Nortávia". Desde o ano de 2006, com a colaboração de 7 profissionais num investimento total de 2 milhões de euros, que esta empresa tem vindo a desenvolver um dirigível pioneiro a nível mundial (NFAP Nature Friendly Airship Program). No projecto NFAP, a maior inovação deste prende-se não só com o conceito em si, este dirigível, está projetado para aceder às zonas mais remotas do mundo, como também se deve à redução do impacto ambiental causado, sendo as emissões de carbono nulas uma vez que o (Gaya - apelido dado ao dirigível) é exclusivamente alimentado por energia eléctrica gerada a partir de um sistema inovador que congrega um gerador de bio

combustível, baterias, células fotovoltaicas e um motor eléctrico, integrando um outro sistema que permite que o dirigível seja conduzido autonomamente, sem necessidade de incluir qualquer piloto a bordo.

Actualmente, como ainda se encontra na fase inicial de entrada no mercado, as principais aplicações destes dirigíveis são sobretudo a publicidade localizada em ambiente indoor ou outdoor, ou trabalho aéreo aplicado em fotografia e filmagem aérea, vigilância de instalação e moradias, campos de golf, florestas, entre outros.

Ao nível de projectos universitários, nomeadamente no Instituto Superior Técnico, atualmente encontram-se a ser desenvolvidos dois projectos, um da responsabilidade da S3A e outro da SETTI-IST.

A Universidade da beira interior, também, está a trabalhar o nível de desenvolvimento nesta área, tanto, por impulso do professor Doutor Prof. Doutor Jorge Miguel dos Reis Silva e pelo NIT, onde se está a realizar estudos e trabalhos de investigação nesta área, como pelo Departamento de Electromecânica no Projecto MAAT.

## 2.5.2 Dirigíveis a nível mundial

A Tabela 1 resume das empresas, que na actualidade operam dirigíveis, assim como a sua Classificação.

Modelo de Dirigível	Construtor	Classificação
Skycat-220	Advanced Technologies Grup Ltd	Não Rígido
Zeppelin LZ N07	ZLT Zeppelin Luftschifftechnik GmgH & Co KG	Semi- rígido
Goodyear GZ-22	Goodyear Lockheed Martin	Não Rígido
Skyship 600	Airship industries	Não Rígido

Tabela 1 - Dirigíveis a nível mundial

## 2.6 Conclusão

Citando Pereira (2011), “Perante o Estado de Arte da tecnologia que rege atualmente o projeto dos dirigíveis as principais vantagens e desvantagens, se aplicados em ambiente urbano estas aeronaves devem ser encaradas como complementares ao transporte aéreo existente e não como correntes. Não se conhecem ainda avanços tecnológicos devidamente testados que possibilitem aos dirigíveis atingir os níveis de velocidade das aeronaves convencionais; contudo, existem nichos no mercado de transportes viáveis para a sua aplicação. Os dirigíveis são um meio de transporte altamente flexível podendo acomodar diferentes tipos de carga mesmo volumosa, pesada ou indivisível e como não têm constrangimento de infraestruturas podem realizar transportes para qualquer tipo de terreno. Apesar de não serem tão rápidos como os helicópteros ou os aviões de carga a capacidade de transporte dos dirigíveis. “

As preocupações ambientais e os dois choques petrolíferos, para além do desenvolvimento tecnológico, são alguns dos factores que impulsionaram uma comunidade científica, a apostar em desenvolver uma aeronave esquecida no tempo.

## 3 Tecnologia e construção de dirigíveis.

### 3.1 Introdução

Com o início do Século XXI o dirigível tem-se assumido como uma plataforma complementar no panorama actual do sistema de transporte, com forte posição estratégica ao nível da criação de novos mercados e de novos sectores produtivos. Este regresso dos dirigíveis prende-se sobretudo com uma crescente preocupação por parte da comunidade aeronáutica em adoptar *tecnologias verdes* mas economicamente sustentáveis. Os progressos na segurança de voo dos dirigíveis, as suas particulares características operativas e segundo

Machry (2005) o relativo baixo custo de produção colocam estas aeronaves em lugar de destaque no que concerne a um sistema de transporte aéreo funcionalmente ecológico. São vários os países a desenvolver e a operar estas aeronaves para fins militares e civis, mas é o sector do turismo que tem auferido maior proveito da utilização dos dirigíveis através da realização de voos panorâmicos motivado, não só por uma consciencialização ambiental, mas também por uma preocupação económica com a escalada dos preços dos combustíveis, o que tem sensibilizado os turistas para um consumo sustentável ao aceitar os transportes de lazer mais ecológicos

## 3.2 Classes Estruturais dos Dirigíveis

A pesquisa e desenvolvimento de diversos tipos de aeronaves são revistos por Liao, e Pasternak , (2009), os dirigíveis dividem-se em três classes estruturais, na classe dos não rígidos, semi-rígidos, dirigíveis rígidos, as três classes, são apresentadas na tabela 2

**Tabela 2 - Classes Estruturais dos Dirigíveis.(adaptado de (1))**

### 3.3 Dirigíveis Híbridos.

O recente interesse em Veículos Aéreos híbridos (HAV), definidos como veículos de voo combinando sustentação gerada a partir de fontes tanto aerodinâmicas como flutuantes, provocou discussão sobre as vantagens de desempenho e desvantagens deste tipo de veículo de voo nos mercados comerciais ou militares.

Suposições comuns de que a máxima do elevador para arrastar é constante com a velocidade, como na análise de aeronaves, ou que o arrasto induzido é desprezível, como na análise dirigível, falham ao descrever um veículo híbrido. As frações típicas de peso e combustível nas aeronaves comerciais atuais, também não se aplicam bem aos HAV, produzindo resultados de desempenho substancialmente diferentes, dramaticamente alargando as curvas de carga de gama e longos períodos de resistência. Como exemplo, um representante HAV em desenvolvimento, o Skycat 20, pode permanecer no ar sem reabastecimento por mais de 5 dias, enquanto carregando equipamentos de missão, a tripulação, suprimentos e quarto de dormir.

Para missões de vigilância, este compara bem com UAVs atuais e oferece uma ordem de magnitude plataformas tripuladas mais atuais. HAV também têm um peso significativamente mais na carga útil do que aeronaves de tamanho semelhante e são muito menos sensíveis aos efeitos do tempo.

A melhoria resultando em custo por tonelada/milha traduz diretamente em benefício económico em longo alcance de carga a velocidades de cerca de 100 nós. A combinação de sustentação aerodinâmica e flutuante traz benefícios inesperados de desempenho sobre veículos aéreos existentes, criando um nicho de mercado ainda não preenchido por qualquer outro veículo.



Ilustração 4 - Dirigível Híbrido, (adaptado de (15))

### 3.4 Sistemas de Controlo de Elevação do Dirigível

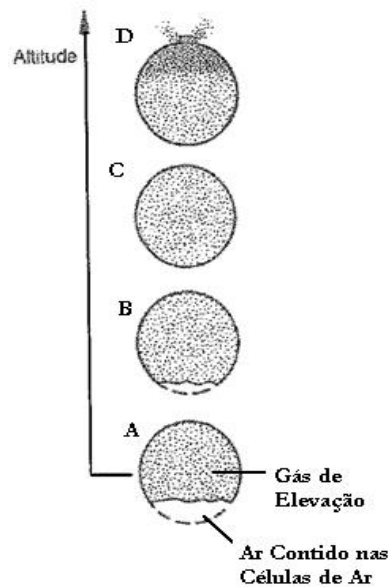


Ilustração 5 - Representação Simplificada do Sistema de Controlo do Gás de Elevação/Sustentação, (adaptado de ( 9)).

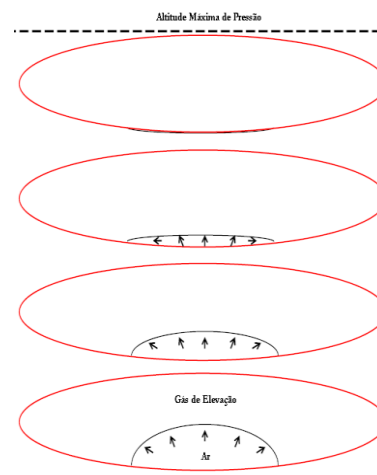


Ilustração 6 - Representação Simples dos Efeitos da Altitude no Comportamento do Gás de Elevação, (adaptado de (16))

Na tabela 3, está descrito o processo de Controlo de Elevação do Dirigível

A

•Em terra ou em altitudes próximas do solo a pressão no interior do envelope é mantida por compressores eléctricos ou pelo fluxo de ar criado pelo movimento das pás das hélices (*prop wash*).

B

•À medida que o dirigível aumenta a altitude de voo ou que a temperatura exterior aumenta, a válvula de controlo de ar (com uma pressão preestabelecida) abre, libertando o ar contido nas células de ar mantendo desta forma a pressão constante no interior do envelope.

C

•Em C o dirigível atinge a designada *Altura de Pressão*. Neste ponto o envelope do dirigível está totalmente preenchido pelo gás de elevação que se expandiu totalmente, pelo que a aeronave atinge o seu tecto máximo de segurança.

D

•Acima do tecto máximo de segurança o dirigível tem de libertar gás de elevação para que não ocorra um excesso de pressão interna que poderia levar a um aumento da densidade do gás de elevação no interior do envelope. Se a estrutura interna resistir a esta elevada pressão interna o dirigível vai simplesmente perdendo altitude, se não resistir o dirigível colapsar-se-á.

Tabela 3 - Sistemas de Controlo de Elevação do Dirigível

## 3.5 Projeto de um dirigível

### 3.5.1 Alternativas, problemas e soluções tecnológicas.

Antes de concluir seja o que for sobre a sustentabilidade dos dirigíveis e o seu design, precisamos encontrar soluções para alguns problemas técnicos que afectam todo o projeto e o seu ciclo de vida. Portanto, a seguir mencionamos alguns problemas técnicos importantes e alguma solução correspondente a eles também.

#### **Problema 1: Deve ser rígido ou não rígido?**

Soluções:

A vantagem de utilizar a estrutura rígida é que tem baixo arrasto (o que significa um menor consumo de combustível), elevada estabilidade e fácil fabrico/baixo custo de produção e a vantagem de utilizar uma estrutura não-rígida é que tem mais poder de elevação que a estrutura rígida, de modo que a solução é escolher uma estrutura semi-rígida, que tem qualidade de ambas as estruturas. Este será mais rentável, e com poder de elevação.

Conclusão: Os mais favoráveis são os dirigíveis semi-rígidos.

#### **Problema 2: Deve ser tripulado ou não tripulado?**

Soluções:

A vantagem de ser tripulado, por não tripulado é que não temos que colocar radar pesados ou altamente técnicos no sistema de sinalização do dirigível, o que aumenta o peso da aeronave, tornando-os mais caros e como o principal objetivo é usar dirigíveis em áreas urbanas é mais vantajoso que as aeronaves sejam tripuladas pois são mais fáceis de controlar, mais manobráveis, com alta flexibilidade e segurança no chão. Dirigíveis não tripulados são usados principalmente para fins militares, como inteligência, vigilância e reconhecimento, pois as soluções não tripuladas não representam risco de vida para os membros da tripulação e também porque fins militares não necessitam de tanta capacidade de manobra.

Conclusões:

Assim, para o transporte assim para o transporte de logística em áreas urbanas, a aeronave tripulada parece ser a opção mais adequada.

#### **Problema 3: Como podemos suspender o dirigível no chão?**

Soluções:

Método	Descrição
Lastros Pressurizados para Recolha de Água	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolha e armazenamento do vapor de água produzido pelo motor.</li> <li>• Recolha da humidade presente na atmosfera que é anteriormente condensada.</li> <li>• A desvantagem deste sistema é o custo operacional do seu desenvolvimento e o aumento do consumo do dirigível.</li> </ul>
Sistema de Lastros com Água ou Areia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O peso perdido pelo dirigível em voo pode ser compensado pelo reabastecimento de água ou areia em lastros no local de partida ou chegada.</li> <li>• O dirigível em voo pairado sobre locais com água (rios, lagoas, mares, etc.) e pode compensar o peso perdido reabastecendo os lastros.</li> <li>• A desvantagem deste sistema é que o seu sucesso depende muito da perícia e experiência do piloto, pois o dirigível ao diminuir a sua altitude de voo fica sujeito a grande pressão estrutural (possíveis rajadas e turbulência).</li> </ul>
Propulsão Vetorizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A propulsão vectorizada pode, pela variação do ângulo das pás, compensar o desequilíbrio entre o aumento da força de sustentação e a perda de peso do dirigível em voo.</li> </ul>
Aquecimento e Arrefecimento do Gás de Elevação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema que controla a altitude de voo através de variações da temperatura interna do envelope: quando a temperatura aumenta o gás de elevação aquece e expande e o dirigível sobe; quando a temperatura desce e o gás de elevação arrefece e encolhe, o dirigível desce.</li> <li>• As desvantagens são os elevados custos energéticos envolvidos; por esta razão ainda é um sistema que se encontra em fase de desenvolvimento.</li> </ul>
Libertação do Gás de Elevação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O peso perdido pelo dirigível em voo pode ser compensado pela libertação do gás de elevação contido no interior do envelope.</li> <li>• A desvantagem deste sistema é que conduz a um aumento operacional da missão visto que o gás de elevação também é um <i>combustível</i> do dirigível pelo que este método apenas deve ser aplicado como recurso em casos de emergência.</li> </ul>
Compressão do Gás de Elevação ou do Ar Contido nas Células de Ar ou Gestão Dinâmica da Flutuabilidade ( <i>Dynamic Buoyancy Management</i> ou <i>Control of Static Heaviness System</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este sistema permite ao dirigível ajustar o seu peso em voo sem recurso aos tradicionais lastros.</li> <li>• Utiliza um tanque pressurizado para armazenamento de hélio, um compressor para o hélio liquefeito e um sistema de aquecimento para evitar o arrefecimento do gás de elevação quando é libertado do tanque pressurizado para o interior das células de gás.</li> <li>• Neste sistema não é necessária a operação de reabastecimento dos lastros em terra pelo que os custos com as infra-estruturas são ainda mais reduzidos.</li> </ul>

Tabela 4 - Formas de suspender o dirigível no chão (adaptado de (1)).

**Problema 6:** qual deve ser o tamanho e dimensões de um dirigível para uma dada carga?

Soluções:

Para uma determinada forma (arrasto, elevação, etc.) ótima pode-se calcular o volume e as dimensões da aeronave. Por exemplo, o exemplo de uma forma NPL (Figura 6).

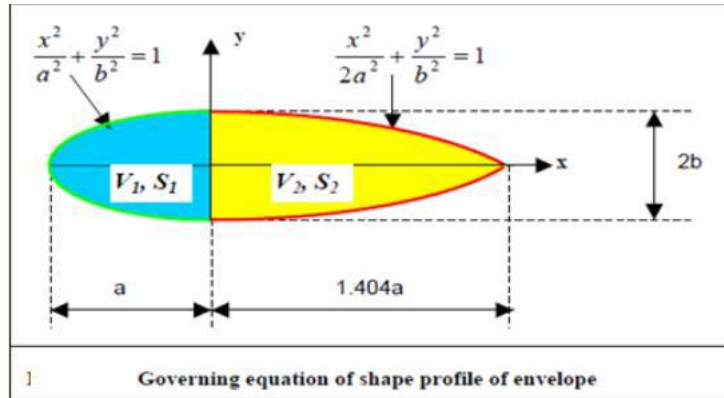


Ilustração 7 - forma NPL

Pode-se calcular o volume como na Figura 3.

Volume Tabulation	
$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$	$\frac{x^2}{2a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$
$y = \sqrt{b^2 - \frac{x^2 b^2}{a^2}}$	$y = \sqrt{b^2 - \frac{x^2 b^2}{2a^2}}$
$V_1 = \pi \int_0^a b^2 - \frac{x^2 b^2}{a^2} dx$	$V_2 = \pi \int_0^{1.404a} b^2 - \frac{x^2 b^2}{2a^2} dx$
$V_1 = \frac{2}{3} \pi a b^2$	$V_2 = 0.943 \pi a b^2$
$V_T = V_1 + V_2 = 1.609 \pi a b^2$	

Ilustração 8 - tabulação Volume

b) E pode-se calcular a área de superfície, como na Figura 5

Surface area tabulation	
$y = \sqrt{b^2 - \frac{x^2 b^2}{a^2}}$	$y = \sqrt{b^2 - \frac{x^2 b^2}{2a^2}}$
$\frac{dy}{dx} = -\frac{xb^2}{a^2 \sqrt{b^2 - \frac{x^2 b^2}{a^2}}}$	$\frac{dy}{dx} = -\frac{xb^2}{2a^2 \sqrt{b^2 - \frac{x^2 b^2}{2a^2}}}$
$S_1 = \int_0^a 2\pi y \sqrt{1 + \left[\frac{dy}{dx}\right]^2} dx$	$S_2 = \int_0^{1.404a} 2\pi y \sqrt{1 + \left[\frac{dy}{dx}\right]^2} dx$
$S_1 = \pi b \left[ b + \frac{a^2}{\sqrt{a^2 - b^2}} \sin^{-1} \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} \right]$	
	$S_2 = \pi b \left[ 0.702 \sqrt{0.058 a^2 + 1.971 b^2} + \frac{2a^2}{\sqrt{2a^2 - b^2}} \sin^{-1} \frac{1.404 \sqrt{2a^2 - b^2}}{2a} \right]$
$S_T = S_1 + S_2$	

Ilustração 9 - Tabulação Superfície

Estes cálculos dão-nos o volume e a área de superfície em termos das dimensões de 'a' e 'b'. Agora, para uma dada massa de carga útil, podemos encontrar as dimensões, fazendo algumas estimativas, como segue.

Equações de comando c):

$$L_{aero} + Thrust_{Prop} + L_{Bouy} = M_{Total} \times G \quad (1)$$

onde,

$L_{Aero}$  representa a sustentação produzida devido à aerodinâmica (fluxo) da aeronave;

$Thrust_{Prop}$  representa o impulso devido ao sistema de propulsão da aeronave;

$L_{Bouy}$  representa a força de elevação, devido à força de flutuação de gás de elevação;

$M_{Total}$  representa a massa total da aeronave (incluindo carga); e

$G$  representa a aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>).

e:

$$M_{Total} = M_{Payl} + M_{Int} + M_{Gas} + M_{Env} \quad (2)$$

onde,

$M_{Payl}$  representa a massa de carga útil;

$M_{Int}$  representa a massa de estruturas internas e de todos os componentes da aeronave;

$M_{gas}$  representa a massa do gás preenchida da aeronave, e  $M_{Env}$  representa a massa do envelope.

$$L_{Bouy} = (Total\ Volume) + (Lifting\ force\ of\ the\ gas\ used) \quad (3)$$

$$M_{Gas} = (Total\ Volume) + (Density\ of\ the\ gas\ used) \quad (4)$$

onde,

$M_{Int}$  dependerá das partes internas (sistema de propulsão, cabine, sistema de controlo, etc) e os materiais que estão a utilizar para a construção da aeronave; e

$M_{Env}$  - conta com o peso do material do envelope, com uma estimativa de 100% do peso total dos componentes do dirigível.

d) Estimativa:

- Outros 10% são adicionados à conta para eventuais mudanças ou melhorias e adições ao dirigível; e
- Através da optimização do arrasto e sustentação produzida, podemos aproximar de uma relação entre o comprimento e o diâmetro máximo, que neste caso é de cerca de 2,27 (9).

e) Relação Propulsão / peso:

A relação propulsão / peso é utilizada como um guia de concepção para ajudar a determinar a pressão necessária para a aeronave. A partir do impulso em relação ao peso e ao peso da aeronave, pode ser estabelecido um valor aproximado de impulso.

O valor impulso também ajuda a seleccionar os componentes do sistema de propulsão incluindo motores, ventiladores de ductos e baterias. Existe uma variação significativa entre a relação propulsão / peso (0,1 - 0,7), (9).

f) Relação Peso vazio ( $W_e$ ) e peso de descolagem ( $W_o$ ):

Esta é uma das relações mais importantes. O peso de descolagem da aeronave é o peso vazio, mais o peso da carga.

Utilizando a razão  $W_e / W_o$  e um peso de carga conhecida, é possível determinar, em seguida, o peso global da aeronave.

No cenário actual faixa de 0,55-0,60 é suposto ser uma boa variação, para escolher o peso vazio da decolagem peso.

Agora sabemos o volume total, ou seja,  $V_t = 1.609\pi ab^2$ , e  $b / a = 2,27$ , assim como o impulso em relação ao peso e ao peso vazio de decolagem peso.

Então, como referido em cima e para uma dada massa de carga útil podemos obter o tamanho e dimensões de um dirigível.

Se tomarmos Impulso à relação de peso ~ 0,4 e LAero relação peso ~ 0,1 então:

$$L_{Bouy} \sim M_{Total} \times G \quad (5)$$

Então, se nós escolhermos peso vazio da decolagem, razão de peso de 0,6, em seguida, o peso da carga para o peso da relação dirigível seria 0,4.

Antes de ir para o projeto final de uma aeronave há uma necessidade de determinar o centro de flutuabilidade e do Centro de Gravidade do envelope. De modo que irá ajudar a assegurar a estabilidade do balão em um nível posterior de construção.

g) Dimensões do envelope:

A análise do projeto conceitual tem provado que a geração de dois elipsóides é o melhor projeto para a forma de envelope.

Para otimizar o tamanho do envelope pode ser usado um processo iterativo, através do volume do envelope e a força de elevação necessária. Um processo iterativo é necessário como o envelope em si mesmo contribui para o peso e, portanto, força de elevação necessária. O primeiro passo, é o de estabelecer uma estimativa do peso de todos os componentes da aeronave. Isso é feito usando a pesquisa e estudo de viabilidade. O volume de gás de elevação necessário pode ser determinado, a partir da equação de flutuação. Os raios dos elipsóides são calculados utilizando este volume, o volume equação para um elipsóide e do rácio elipsóide (note que como apenas metade de cada elipsóide é usada a equação de volume é dividido por dois).

$$V = \frac{3}{4} \pi abc \quad (6)$$

V é o volume do elipsóide (onde a, b, e c são os raios do elipsóide) E.:

$$SA \approx 2\pi \left( \frac{a^p b^p + a^p c^p + c^p b^p}{3} \right)^{1/p}$$

Onde SA é a área de superfície de aproximação elipsóide (onde a, b, e c são os raios de elipsóide, e p = 1,6).

A área de superfície é calculada usando a fórmula de aproximação da superfície elipsoidal área acima. O peso do envelope é então determinado a partir da área de superfície. Este peso novo do envelope é adicionado ao peso original total estimado e a força de elevação é recalculada. Este processo de iteração deve ser executado por uma centena de iterações (9).

### Centro de propulsão e centro de massa

Para determinar o centro de flutuabilidade, o centro de gravidade da forma do envelope deve ser determinado. O volume do ar deslocado é exactamente o volume ocupado pelo formato do envelope.

Ao encontrar o centróide da forma do envelope, que é equivalente a encontrar o centro de flutuabilidade (Figura 7).

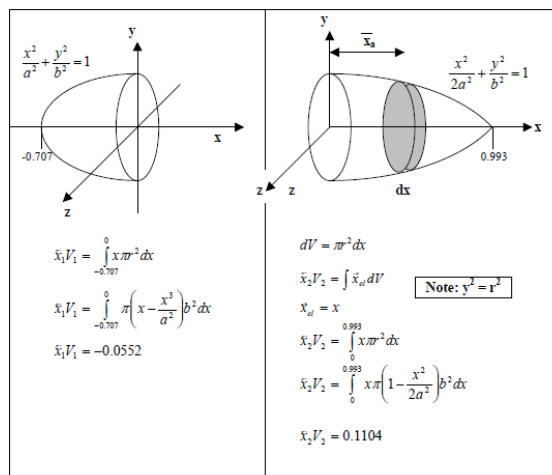


Ilustração 10 - Estimativa do centro de flutuabilidade do dirigível

As análises de sensibilidade em tamanho - Payload

a) Relação de descolagem/peso:

Para todos os cálculos da Tabela 6, assumido que o peso vazio ( $W_e$ ) de descolagem peso ( $W_o$ ) é ~ 0,56 (em que W representa o peso da aeronave).

Se o dirigível tem boa sustentação aerodinâmica à relação de peso (0,2), as dimensões são as seguintes.

Tabela 6 Dimensões para dirigível com um elevador de alta aerodinâmica em relação ao peso (0,2).

<i>If the Airship has good aerodynamic lift to weight ratio (0.2), the dimensions are as follow.</i>								
<u>thrust/W</u>	<u>L aero/W</u>	<u>L buoy/W</u>		<u>b(m)</u>	<u>a(m)</u>	<u>Diameter</u>	<u>length</u>	<u>Payload</u>
			<i>for 90-Ton V req.</i>			2b(m)	2.404a(m)	<b>40-Ton</b>
0.5	0.2	0.3	26470.58824	14.0471	26.535	28.09420428	63.79008	
0.45	0.2	0.35	30882.35294	14.78776	27.9341	29.57551614	67.15352	
0.4	0.2	0.4	35294.11765	15.46084	29.2055	30.92167288	70.21007	
			<i>for 66-Ton V req.</i>					<b>30-Ton</b>
0.5	0.2	0.3	19411.76471	12.66739	23.9287	25.33478431	57.5246	
0.45	0.2	0.35	22647.05882	13.3353	25.1904	26.67060134	60.55768	
0.4	0.2	0.4	25882.35294	13.94227	26.3369	27.88453822	63.31402	
			<i>for 45-Ton V req.</i>					<b>20-Ton</b>
0.5	0.2	0.3	13235.29412	11.14919	21.0608	22.29838471	50.63022	
0.45	0.2	0.35	15441.17647	11.73705	22.1713	23.47410272	53.29978	
0.4	0.2	0.4	17647.05882	12.27127	23.1804	24.54254803	55.72577	

A tabela 5 mostra quais seriam as dimensões da aeronave para uma dada massa de carga útil (em que W representa o peso da aeronave). Se a elevação aerodinâmica em relação ao peso (o que depende da concepção e da velocidade da aeronave) é elevada (0,2) então as dimensões seriam menores em comparação com a relação elevação aerodinâmica / peso.

### 3.6 Gás de Sustentação

Historicamente o primeiro gás usado com fonte de sustentação foi o hidrogénio, o que atualmente está proibido por regulamentação internacional.

Enquanto o ar quente é mais empregado na atividade desportiva do balonismo, O hidrogénio, por ser mais leve que hélio, apresenta uma eficiência dez por cento superior na capacidade ascensional. Além de ser barato de produzir, encontra-se em abundância na natureza. Porém, possui a desvantagem de ser altamente inflamável.

O hélio, ao contrário, é um gás sem cor, odor ou sabor, não é venenoso e não é um elemento combustível. Pertence à família dos gases raros e pode ser encontrado na atmosfera, minas, vulcões e na água do mar. Está presente em quase todas as rochas e minerais em pequenas quantidades. Alguns gases naturais contêm de um a oito por cento de hélio, sendo esta a única fonte conhecida de onde grandes quantidades podem ser extraídas a um custo razoável.

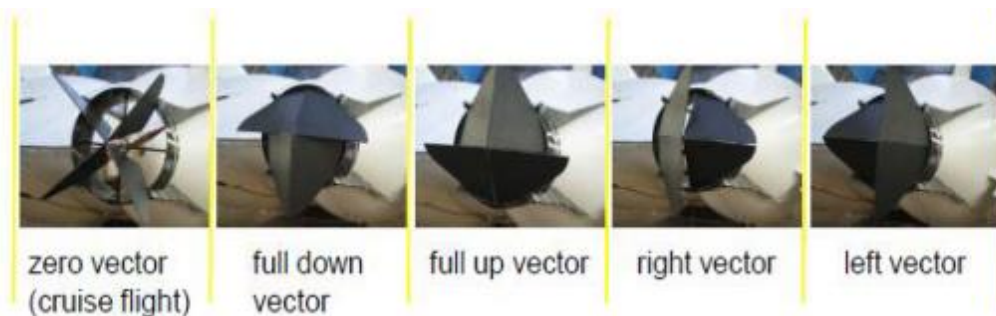
Tabela 6- Comparação das propriedades de gases de sustentação. Adaptado (17)

Gás	Densidade [kg/m <sup>3</sup> ]	Força sustentadora [N/m <sup>3</sup> ]	Características
Hidrogénio	0,085	11,2	Inflamável relativamente barato
Hélio	0,169	10,2	Inerte, caro
Ar quente	0,906	3,14	Inerte, Fraca força sustentadora, muito barato
Metano	0,756	4,5	Inflamável, relativamente barato

## 3.7 Sistemas propulsivos

Pereira (2011), a propulsão vetorizada não só permite um melhor controlo da estabilidade do voo como possibilita ao dirigível semelhanças operativas com os helicópteros, tais como capacidade de descolar e aterrar verticalmente, designada de VTOL (Vertical Take Off/Landing), não requerendo pista e capacidade de realizar voo pairado (hovering). Os dirigíveis híbridos para vencerem a resistência do peso precisam de uma pequena pista para aterrar e descolar onde possam realizar a corrida, em sentido oposto à direcção do vento, de forma a gerarem a sustentação aerodinâmica necessária para descolagem designada de STOL (Short Take Off/Landing).

A propulsão vetorizada possibilita também a descolagem e aterragem a 45°; assim os dirigíveis não têm de realizar a corrida de pista, que neste particular é designada de ZTOL (Zero Take Off/Landing). A propulsão vetorizada é conseguida por duas configurações diferentes do sistema de propulsão. Atualmente, a configuração mais utilizada é o sistema combinado Motor-Hélice de forma em ducto em que todo o conjunto tem capacidade de rodar (o sistema de propulsão vetorizada dos dirigíveis da Zeppelin NT têm a capacidade de rodar até 120°). Consiste numa configuração em que, segundo Gawale e Pant (2004), toda a aeronave fica sujeita a elevadas forças de torção e por essa razão é necessário colocar estruturas que suportem esse esforço adicional. Este sistema tem de ser colocado próximo da gôndola conduzindo a um aumento do seu peso. Esta configuração exige um esforço para otimizar todo o sistema quanto às vibrações e ao ruído. Outra possível configuração da propulsão vetorizada consiste num ducto com forma circular colocado sobre as hélices, como se mostra na Figura 8



**Ilustração 11 - Representação do sistema de funcionamento da Propulsão Vectorizada em ducto adaptado de (19)**

Segundo Pereira (2011) no ducto é colocada a grelha de alhetas; na parte inferior do ducto esta grelha de alhetas permite redireccionar o impulso do motor através do ajusto do ângulo das pás, por exemplo quando o dirigível descola redirecciona-se o impulso do motor para baixo (ver Figura 8). Nesta configuração não existe rotação no ducto do conjunto motor-hélice tendo por isso as vantagens de não estar sujeito a elevadas forças de torção e não precisar de suportes estruturais para aguentar esses esforços diminuindo assim, o peso da gôndola (Gawale e Pant, 2004). Esta configuração exige apenas o esforço necessário para mover e ajustar o deslocamento angular das pás.

### 3.8 Estabilidade do dirigível

Segundo Pereira (2011), a estabilidade do dirigível em voo é conseguida pela ação das superfícies de controlo localizadas na cauda do envelope. Na Tabela 8 descrevem-se as três configurações das empenagens actualmente empregues nos dirigíveis. É pelo equilíbrio dos esforços dos estabilizadores (horizontais e verticais) que se realiza o controlo da direcção da aeronave e pela acção dos lemes (*rudder*) e dos elevadores (*elevator*).




Configuração	Descrição
<p>Configuração em cruz (+)</p>  <p>Dirigível MZ-3A da Marinha Norte Americana</p>	<p>Configuração mais simples de operar por ser a única que diferencia bem os lemes dos elevadores. Os lemes produzem o movimento de arfagem e os elevadores o movimento de guinada.</p>
<p>Configuração em "X"</p>  <p>Dirigível Aeros-40D- "Sky Dragon"</p>	<p>Configuração onde as quatro superfícies de controlo estão colocadas a 45° e cada estabilizador é capaz de produzir tanto o movimento de guinada como de arfagem e por isso são designados de <i>ruddervators</i>. Esta configuração apresenta como principal vantagem uma maior estabilidade do dirigível em voo o que facilita a aterragem e a descolagem por permitir um maior ângulo de ataque.</p>
<p>Configuração em "Y" Invertido</p>  <p>Zeppelin NT</p>	<p>A configuração é semelhante à configuração em "X" com a diferença que apenas tem três estabilizadores o que permite economizar peso à aeronave.</p>

Tabela 7 - Configurações Possíveis das Empenagens de Cauda dos Dirigíveis. Adaptado (1).

Na conceção do projeto dos dirigíveis é necessário ter também em consideração a interação entre a elasticidade estrutural da aeronave e o seu comportamento aeroelástico (motivado pelo fluxo de ar que passa pelo dirigível em voo). Segundo Amiryants et al. (2002), o problema da aeroelasticidade está associado às características de

rigidez das empenagens, dos estabilizadores horizontais (para aterrar e descolar) e dos lemes verticais (para orientação do dirigível) colocados na cauda do envelope. Para este autor a investigação do comportamento aeroelástico passará pelo desenvolvimento de ferramentas teóricas adaptadas para os problemas associados às características operacionais dos dirigíveis

## 3.9 Conclusão

Na conceção do projeto de dirigíveis é preciso ter em consideração que o emprego de novas tecnologias na aeronave deve ser realizado de forma gradual para permitir uma cuidada avaliação do desempenho das inovações introduzidas no projecto e garantir que os testes de qualificação abarcam as diferentes condições ambientais a que o dirigível será sujeito, balizadas por restrições meteorológicas e limites operacionais da aeronave. Durante a fase de projeto é crucial o cumprimento dos requisitos de segurança dos materiais utilizados, na qual, o primeiro passo para garantir a aeronavegabilidade do dirigível é encarar o envelope como o elemento básico fundamental de toda a estrutura assegurando a boa protecção desta contra os danos e as perdas de resistência do material, originados por fatores ambientais tais como a corrosão ambiental. Simultaneamente é imprescindível certificar a eficaz retenção do gás no interior do envelope.

## 4. Modelação da Procura

### 4.1 Introdução

De acordo com Lowe (2002), logística é definida como uma “indústria” de fornecedores de transportadores rodoviários e de empresas de distribuição, que fornecem serviços de logística para fabricantes ou fornecedores de mercadorias.

O conceito de logística pode ser interpretado como o planeamento e organização do abastecimento e movimentação de materiais / produtos, a partir da fonte original através das etapas de produção, montagem, embalagem, manuseio, armazenamento e distribuição até ao consumidor final.

A distribuição é um elemento, mas de todo o conceito de logística e transportar é apenas um único elemento de distribuição física, logística é uma função importante dentro das empresas que requerem uma gestão.

Dentro do conceito de logística, interessa saber o que motiva as pessoas a tomar determinada decisão, de acordo com o autor, modelação da procura, pode ser interpretado como gestão da procura por parte dos clientes de determinado serviço/produto.

Segundo Santos, (2008), o conceito de Modelação da Procura pode ser definido como, a quantidade de um produto que os consumidores estão dispostos a comprar por um determinado preço ao longo de certo período de tempo.

Neste capítulo, pretende aplicar-se o conceito de Modelação da Procura à utilização de dirigíveis em logística.

## 4.2 Conceito de perfil logístico

Macário (2008), refere que as dificuldades associadas modelos urbanos de logística, são o seu caráter fragmentado, em grande parte causado pelo fato de uma quantidade significativa de transporte ser feito em base particular.

É interessante notar que em todas as experiências relatadas a principal dificuldade no tratamento de logística reside em compreender a origem associado à matriz de destino.

O Conceito de “Perfil Logístico”(LP), é uma ferramenta importante para a gestão logística, sendo um elemento-chave na concepção de um Plano Director. O conceito LP é baseado na hipótese de ser possível identificar, em algumas áreas bem definidas dentro de uma cidade, grupos homogêneos de necessidades logísticas, com base em três pontos-chave: características da área, as exigências dos agentes de logística (ou seja, os requisitos relativos), e as características dos produtos que estão a ser negociados. O LP de uma determinada área urbana está assim definida pela interação desses três aspetos-chave (Figura 9).

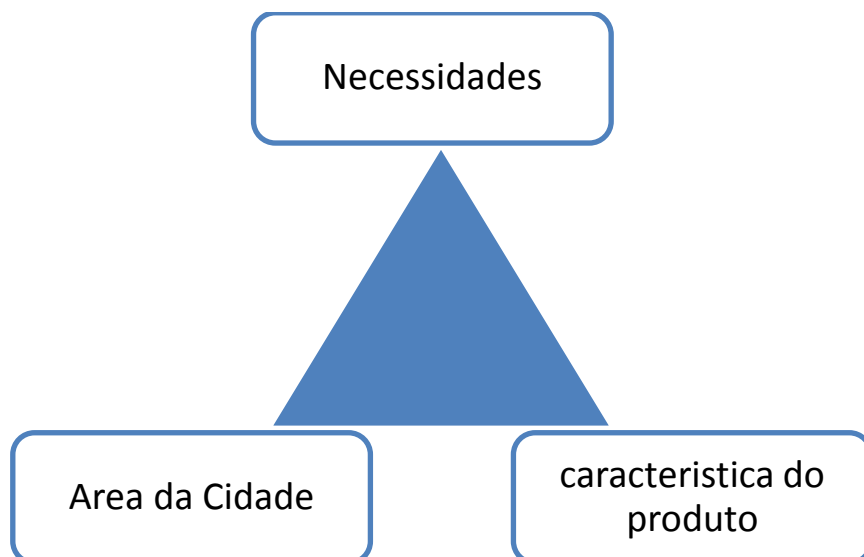


Ilustração 12 - Visão esquemática de perfil logístico (LP). (fonte(11)).

Macário (2008), propõe a hipótese que, nas áreas da cidade em que LP pode ser viável e definido, então será possível ajustar a logística que irá otimizar o consumo dos recursos envolvidos públicas e privadas (espaço, veículos, etc), em função das necessidades dos diferentes segmentos de mercado.

## 4.3 Modelo matemático

Segundo Viegas (2000), as infra-estruturas de transportes começam geralmente por ser construídas para promover a acessibilidade por um dado modo a uma área territorial. Sobretudo quando se tratou, ao longo da História, de promover o povoamento e a capacidade de comunicação fácil dos territórios, com a construção das primeiras estradas (e já no século XIX, com o caminho de ferro), não se colocavam questões de capacidade da infra-estrutura por ser a dimensão mínima de construção claramente suficiente para a procura esperável por muitas décadas.

Foi sobretudo com o crescimento da motorização das famílias que se deram tais crescimentos dos volumes de tráfego que provocaram o levantar da questão “Quantos anos mais pode esta estrada satisfazer o tráfego que por ela quer passar?”, da qual resulta a necessidade de prever o ritmo de crescimento desses tráfegos, por forma a decidir quando se tornava indispensável realizar as obras de alargamento da estrada ou, mais genericamente, do aumento da sua capacidade.

Mas a necessidade de recurso a modelos matemáticos surge sobretudo quando temos que nos defrontar com situações mais complexas, nomeadamente quando o problema que se coloca não é do simples crescimento de tráfego numa estrada, única para a ligação pretendida, mas sim o do desenvolvimento dum sistema de transportes cada vez mais complexo e em que os viajantes dispõem de múltiplas alternativas para se deslocarem de um ponto a outro.

Os modelos mais frequentes neste domínio são os de crescimentos linear, exponencial ou logístico. Tirando partido da facilidade de cálculo da regressão linear, os modelos de crescimento exponencial ou logístico são também frequentemente calibrados por recurso à regressão linear, através da logaritmização das suas expressões analíticas.

Um outro tipo de modelos é usado frequentemente, sobretudo para estudar a procura de transportes de mercadorias entre um par de regiões e num dado modo, nomeadamente os modelos econométricos.

Sendo um tipo de modelo que permite já uma estimação de procura face a alterações de algumas das variáveis condicionantes, o seu funcionamento correto exige que todas as variáveis explicativas utilizadas tenham tido, ao longo do período para que se dispõe de dados, uma amplitude de variação não demasiado pequena, por forma a que se possam ter feito sentir no passado repercussões dessas variações sobre a procura total.

## 4.3.1 Modelos Globais de transportes

### 4.3.1.1 - Modelo Global Agregado o modelo de 4 passos

O caso mais conhecido é o designado modelo de 4 passos:

1. Geração, em que se estima quantas viagens são iniciadas e/ou concluídas em cada zona, em função do seu uso de solos (tipicamente número de residentes do lado da origem, número de empregos ou área comercial do lado do destino, consoante se trate de viagens casa-trabalho ou casa-compras);
2. Distribuição, em que se estima como é que as viagens de cada origem se repartem pelos vários destinos, ou vice-versa. Consoante na fase de geração se tenha conseguido estimar os totais de viagens só num dos seus extremos ou em ambos, assim se utilizam neste segundo passo formulações ligeiramente diferentes do modelo;
3. Repartição Modal, em que estima como é que as viagens realizadas entre cada par de zonas se repartem pelos diferentes modos disponíveis para essa ligação;
4. Afectação de Tráfego, em que se calcula quais os caminhos usados pelas viagens realizadas entre um dado par de zonas e num dado modo de transporte, tendo em atenção as redes disponíveis em cada um desses modos e, eventualmente, os seus níveis de congestionamento decorrentes das escolhas dos outros viajantes.

Este modelo gozou de um assinalável sucesso, porque conseguia reduzir a uma cadeia de decisões (e submodelos) simples de entender e de programar no computador. Porém, várias fraquezas foram sendo apontadas a esta abordagem, boa parte das quais sem resposta ou adaptação satisfatória

### **4.3.1.2- Modelos globais desagregados**

Que começam por desenvolver e aperfeiçoar submodelos das escolhas que cada pessoa realiza perante um conjunto discreto de alternativas (sejam elas de destinos, modos, horas do dia, etc.), foi-se caminhando para um processo de modelização das viagens numa aglomeração urbana, tendo em conta as interações entre as várias pessoas da mesma família e entre as viagens da mesma pessoa ao longo do dia.

Estes modelos têm a sua principal fraqueza no fator que constitui também a sua principal força: a muito maior quantidade e variedade de informação em que se baseiam. Essa informação diz respeito não só ao conjunto de viagens efectuadas pelas pessoas inquiridas mas também ao enquadramento socioeconómicos dessas pessoas, nomeadamente composição do aglomerado familiar e sua disponibilidade de veículos automóveis, situações profissionais, etc.

### **4.3.2 Modelos Diferenciais**

Enquanto os modelos globais acima apresentados, agregados ou desagregados, começam por procurar explicar satisfatoriamente a situação presente, extrapolando depois esse mecanismo de explicação para um cenário futuro, os modelos diferenciais tomam a situação presente como um dado do problema, pretendendo apenas modelar os mecanismos de alteração dos comportamentos no que respeita à mobilidade.

## 4.4 Modelação e análise de dados

### 4.4.1 Objectivos da Modelação e Análise de Dados

Os principais objetivos e possibilidades, da modelação de tráfego estão listados abaixo.

- Encorajar novas inovações, através da oferta de possibilidades para testar novas ideias economicamente.
- Apoiar as pessoas que tomam decisões políticas e de investimentos a longo prazo, referentes a aspectos de tráfego, transportes, ambientais e sócio-económicos,
- Fornecer uma ferramenta aos engenheiros de tráfego e transportes
- Participar nas ações de gestão de tráfego, através da elaboração do panorama geral dos efeitos de diferentes decisões de controlo de restrições de tráfego,
- Encontrar as melhores soluções para as escolhas modais e de percursos, do ponto de vista económico e ambiental,
- Melhorar a cooperação entre modos de transportes e facilitar a interligação e operacionalidade das redes de transportes existentes.

A modelação de um fenómeno de tráfego inclui tarefas diferentes, como a recolha dos dados básicos para o modelo, o desenvolvimento do modelo e da técnica de modelação, a afinação e validação do método de modelação seleccionado, a utilização do próprio modelo, e a utilização, avaliação e disseminação dos resultados. O tópico de Modelação e Análise de Dados tenta encontrar formas novas e melhoradas de trabalhar.

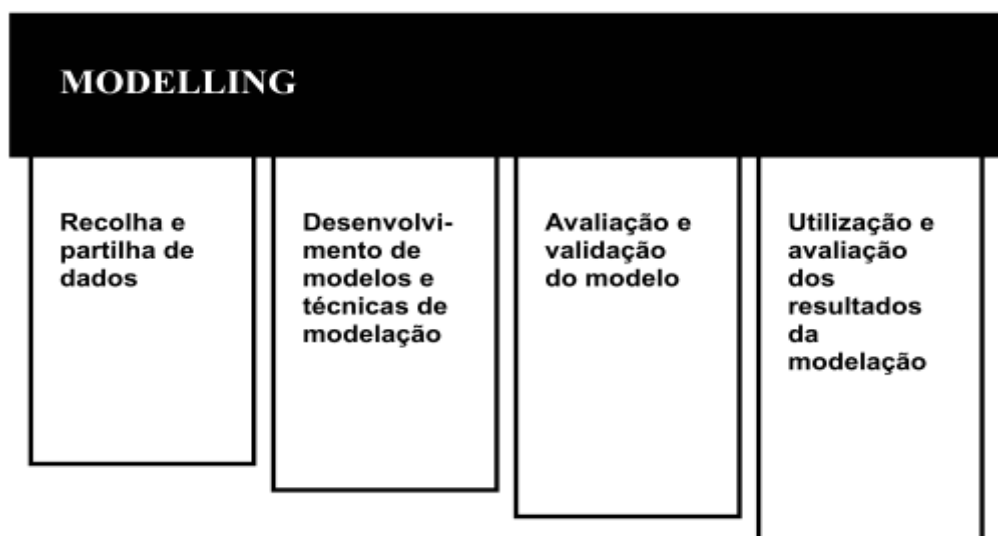


Ilustração 13 - Componentes da Modelação

## 4.6 Previsão de Demanda

O presente capítulo visa apresentar considerações acerca do comportamento da modelação da procura da utilização de dirigíveis em logística, como uma alternativa transporte de cargas.

Diversas especificações foram realizadas, de forma a se gerar conhecimento para futuros estudos na área.

O segmento de aviação regional caracteriza-se pela realização de serviços regulares, com etapas de voo curtas ou longas, ligando pequenas comunidades a grandes cidades. A maioria das operadoras de aviação regional possui acordo com as grandes operadoras, desfruta de mão de obra mais barata além de deter aeronaves de menor porte e menor custo operacional.

## 4.7 Modelos Globais de Transportes

Segundo Costa (2009), recentemente diversos trabalhos empíricos têm estudado a indústria do transporte aéreo, Borenstein (2005) publicou que quando ajustados pela inflação, os preços caíram mais de 20% de 1995 para 2004. Goolsbee e Syverson (2005) analisaram as reações devido à entrada da Southwest. Puller, Sengupta and Wiggins (2007) testaram a dispersão de preços na indústria. Ciliberto (2008) analisou a estratégica dinâmica do transporte aéreo. Dana e Orlov (2008) estudaram o impacto da internet nas companhias aéreas. Forbes (2008) explorou as mudanças legislativas de decolagem e pouso no aeroporto de La Guardia em 2000 e descobriu que os preços caíram em média \$1.42 por minuto de atraso no voo. Existem poucas aplicações discretas sobre escolha das companhias aéreas. Peters (2006), simulou preços após fusões para cinco casos no final dos anos 1980 e evidenciou que na parte da oferta, as mudanças nos custos marginais e desvios assumidos no modelo de conduta foram factores importantes no acréscimo dos valores das tarifas. Berry, Carnall e Spiller (2007) focaram na evolução para um sistema hub-and-spoke após a desregulamentação e identificaram economia de densidade em rotas longas. Armantier e Richard (2008) investigaram o estar do passageiro em consequência do acordo de compartilhamento de voos entre duas companhias aéreas.

## 4.8 Conclusão

De acordo com Oliveira e Ferreira (2008) estudos de procura no setor de transporte são de grande relevância, dada a importância de se conhecer o comportamento do consumidor diante dos serviços que lhe são oferecidos. A partir da modelação da procura, obtêm-se as elasticidades próprias e cruzadas do consumidor que permitem inferir sobre a sensibilidade a preço dos indivíduos e sobre seus padrões de substituição com relação às operadoras de transporte, além de determinarem, com isso, a capacidade de uma firma exercer ou não poder de mercado.

## **5 Caso de Estudo**

### **5.1 Introdução**

Todo este trabalho desenvolvido, apenas faz sentido, para perceber o conceito que se pretende demonstrar, recorrendo a ajuda de software indicado para o efeito, a criação de uma animação em 3 dimensões, de uma cidade virtualmente criada.

A através do recurso da simulação pretendesse demonstrar algumas das muitas vantagens dos dirigíveis.

### **5.2 Criação da simulação**

Para se realizar a simulação, em ambiente de animação gráfica, recorreu-se ao software AutoDesk 3DS Max 2012. A partir dos cálculos realizados, procedeu-se à criação do Dirigível virtualmente.

De seguida criou-se o cenário, realizando os ajustes de iluminação de cenário, por fim realizou-se a operação de render, ou seja, procedeu-se à captação das imagens nas diferentes situações a seguir descritas.

## 5.3 Simulação 3D

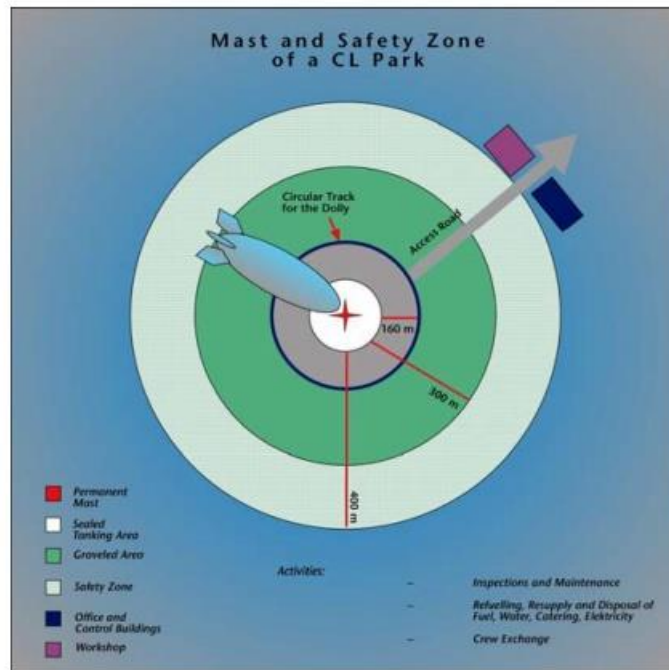
Na figura 1, representação da ancoragem de um dirigível a um veículo de solo.



Ilustração 14 - Simulação virtual

Para Machry, (2005), Os dirigíveis não necessitam de pistas para aterragem e decolagem, portanto, não haverá necessidade de disponibilizar grandes áreas para os terminais de operação. Um Boeing 707 necessita de 3.150 m de pista adequada para operar com seu peso total, no nível do mar, enquanto um Hércules requer 2400 m, mais as áreas de manobras, facilidades e zonas de protecção no prolongamento das pistas, resultando na ocupação de dezenas de hectares de áreas urbanas

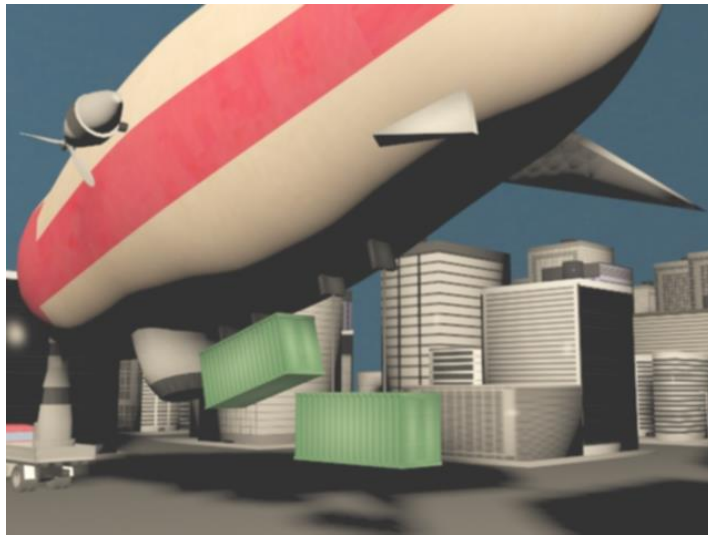
Para o estacionamento de um dirigível será necessário disponibilizar uma área livre de 400 m de raio, em cujo centro deverá ser instalado o mastro de atracação . Figura 2, de forma que a aeronave possa se manter aproada com o vento, à semelhança do que ocorre com os navios atracados fora dos portos.



**Ilustração 15**Área de Estacionamento Fonte(27)

Outra vantagem proporcionada pelos dirigíveis seria a redução do tráfego de camiões de mercadorias, nos arredores dos aeroportos, uma vez que dispensariam esse transporte intermediário, por possibilitarem o recolhimento das cargas na origem e a entrega directamente no destino final, figura 12 , figura 13, e figura14.

Além disso, os dirigíveis poderão operar em pequenos aeroportos já existentes ou em áreas sem infra-estrutura. Entretanto, essas aeronaves não dispensarão bases de apoio, que poderão ser instaladas em locais mais afastados. As bases centrais dos dirigíveis do futuro não necessitarão de grandes hangares e pistas ou aeroporto. A tecnologia actual, de tecido dos que impermeabilizam grandes áreas com concreto e asfalto, geralmente em perímetros urbanos nobres.



**Ilustração 16 - Simulação virtual**

Na figura, o dirigível, está a carregar um contentor, um factor muito importante para o sucesso, dos dirigíveis, e adaptar-se ao sistema de contentores standard existente. A criação de contentores específicos irá à partida dificultar, e inviabilizar a aposta nesta nova oferta no mercado logístico.



**Ilustração 17 - Simulação virtual**



**Ilustração 18 - Simulação virtual**

## 5.4 Conclusão

As vantagens dos dirigíveis são óbvias, vão ajudar a dar resposta aos problemas do transporte de mercadorias, pois actualmente, para se resolver o problema do congestionamento, tem-se optado, por construção de novas estradas, em vez de se apostar uma tecnologia totalmente nova capaz de responder aos problemas atuais da logística.

# 6 Modelos de Negócio

## 6.1 Introdução

Um pouco por todo o globo terrestre, existem zonas caracterizadas, pelo vazio logístico, como o caso do norte do Canadá, Alasca e a uma boa parte da África subsaariana, da Sibéria e da Austrália. O problema, afecta a produção, armazenamento e distribuição de bens, como a precariedade, afecta a circulação de pessoas. Este problema, atinge o desenvolvimento económico das mesmas regiões.

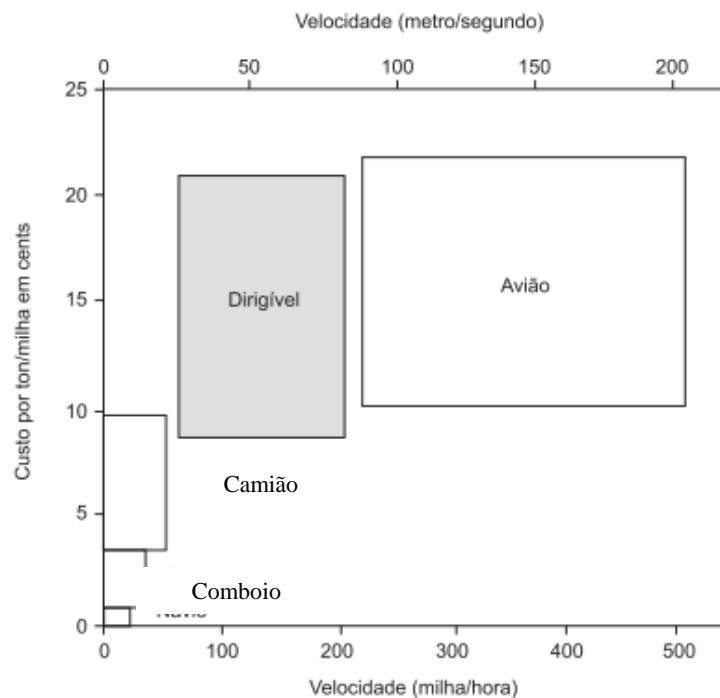
Como a necessidade de resposta a este problema, pretende-se criar um modelo económico, aplicável e válido, que num futuro próximo possibilite o desenvolvimento sustentável, a implementação do mesmo, exige que o dirigível seja tecnicamente capaz de satisfazer os requisitos exigidos pela operação em segurança, e que influenciam a viabilidade do projecto.

Para Migon e Gomes, (2011) o dirigível, é uma solução para fazer frente aos vazios logísticos, cujos custos por tonelada x milha (Gráfico1) se situam entre os do camião e os do avião, e que poderia atuar num nicho apropriado para servir de alavanca ao desenvolvimento de regiões com vazios logísticos.

Os três principais motivos: a pequena ou mesmo inexistente infraestrutura terrestre, exigida para sua operação, o baixo custo operacional resultante do reduzido consumo de combustível (alta eficiência energética) e segundo George Cayley, a atmosfera terrestre “é o único meio que “visita” todos os domicílios do mundo”.

No caso de Portugal e do Brasil, para além de aplicações logísticas, o dirigível poderia encontrar diversos outros usos: patrulhamento de fronteiras terrestres e marítimas, segurança pública, vigilância, turismo, publicidade, e transporte de carga.

**Gráfico 1 - Custos relativos por tonelada x milha transportada, estimados para os vários modais de transporte na década de 1970.**



## 6.2 A questão do financiamento

A questão do financiamento é abordada por Migon e Gomes (2011), o quadro atual de projetos de dirigível no mundo, a questão central é como um projeto dessa natureza poderia ser financiado no que toca às fases de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), construção do protótipo, testes e ensaios de certificação e posterior industrialização para a fabricação em série. Como qualquer novo projeto aeronáutico, o seu período de maturação é relativamente longo, da ordem de quatro a cinco anos, até que as primeiras unidades sejam comercializadas e se inicie o período de recuperação do investimento efectuado. Além disso, o valor de tal investimento poderá alcançar algumas centenas de milhões de euros, dependendo do porte do veículo pretendido, do período requerido para a fase de *P&D*, das inovações que ele venha a incorporar.

Para o mercado privado de crédito é provável que os riscos percebidos ainda sejam demasiado altos, independentemente das lições aprendidas com o caso CargoLifter. Assim, algum tipo de participação governamental será provavelmente necessário, de forma a apaziguar os riscos e passar, aos investidores privados, um sinal da responsabilidade do governo com o sucesso do projeto.

A participação governamental, poderá assumir diversas formas conhecidas, tais como o financiamento para o *launch aid* do projeto, garantia de uma aquisição de determinado

número de aeronaves, a participação accionária seria minoritária, no fornecimento de incentivos financeiros para as actividades de P&D.

De qualquer forma, uma análise cuidadosa dos riscos envolvidos será provavelmente o papel central da análise, a tabela 1 contém uma amostra dos principais riscos mapeados, do ponto de vista dos investidores financeiros no projecto de um novo dirigível para transporte de carga. Tabela 8.

**Tabela 8 Principais riscos inerentes a um projecto de construção e comercialização de dirigíveis de grande porte para transporte de carga.**

Natureza do risco	Tipo	Factores Mitigantes
Técnico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Performance</li> <li>- Segurança</li> <li>- Ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Use tecnologias e materiais já testados</li> <li>(b) Utilize fornecedores/operadores reputados</li> <li>(c) Verifique a conformidade com requisitos ambientais internacionais</li> </ul>
Desenvolvimento & Construção (pré-entregas das aeronaves)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estouro do orçamento</li> <li>- Atrasos</li> <li>- Problemas técnicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Exija contrato com preço fixo e turnkey</li> <li>(b) Imponha garantias/penalidades/bónus</li> <li>(c) Mantenha as especificações do projecto fixas</li> <li>(d) Utilize fornecedores sólidos</li> </ul>
Operações (já na fase de entregas das aeronaves)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projecções das receitas</li> <li>- Custos operacionais</li> <li>- Geração de receitas</li> <li>- Falhas de gestão</li> <li>- Infra-estrutura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Procure obter contractos de compra e venda sólidos</li> <li>(b) Avalie o mercado e a concorrência</li> <li>(c) Garanta a disponibilidade dos equipamentos, gás etc.</li> <li>(d) Procure lidar com operadores sólidos</li> <li>(e) Obtenha garantias de performance</li> <li>(f) Garanta a disponibilidade de infra-estrutura</li> </ul>
Regulação (política)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Estabilidade regulatória</li> <li>- Força maior</li> <li>- Tributação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Revise detalhadamente o fluxo de caixa</li> <li>(b) Atenda às expectativas de ROC dos investidores: 15%-30%?</li> </ul>
Estruturação financeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risco das receitas</li> <li>- Disponibilidade de funding</li> <li>- Taxas de juros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Projecções de fluxo de caixa sólidas</li> <li>(b) Receitas em moedas fortes</li> <li>(c) Índices aceitáveis de cobertura do serviço da dívida e de taxa interna de retorno (TIR)</li> <li>(d) Aporte de capital próprio antes da dívida</li> <li>(e) Conta de reserva e escrow (fiduciária) para o serviço da dívida</li> <li>(f) Imposição de restrições ao pagamento de dividendos</li> <li>(g) Credores farão empréstimos sindicalizados</li> <li>(h) Seguros ou derivativos financeiros</li> <li>(i) Provisão de funding de reserva (standby)</li> </ul>
Legal	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Jurisdição legal</li> <li>-Documentação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Contrate advogados com grande experiência</li> </ul>

## 6.3 Conclusões

Segundo Machry (2005), a análise económica do modelo deve levar em consideração os efeitos em longo prazo, dos investimentos, custos e o retorno do capital investido. Como os custos directos geralmente não reflectem a lucratividade em prazos dilatados e, nem mesmo, os benefícios sociais retirados com a implementação do sistema, uma análise económica deve considerar uma completa identificação de todos os factores. A viabilidade de um sistema de transporte de dirigíveis, como qualquer negócio, requer uma razoável taxa de retorno do capital investido, independentemente se o capital seja estatal ou privado.

A análise desse aspecto foi conduzida de forma a se determinar o potencial de comercialização do serviço, partindo-se do estudo da oferta de mercado para o transporte de cargas volumosas.

Desconhecendo-se os reais valores dos custos operacionais dos dirigíveis de grande porte, é necessário trabalhar com as estimativas de custos apresentadas pelos fabricantes.

## 7. Conclusão

### 7.1 Considerações Finais

O Uso de Dirigíveis em logística, é viável, desde que haja, apoio do sector privado e governamental. A viabilidade, desta aeronaves, ficou provada no passado, quando no inicio do seculo passado, dominaram as travessias transatlânticas. Neste contexto, foi proposto o emprego do dirigível como uma solução para superar as dificuldades e os custos dos meios de superfície, nos casos específicos de movimentação de cargas. Um dirigível tem capacidade para transportar cargas volumosas, e poderá realizar tal tarefa com tempos reduzidos de entrega e de forma economicamente mais vantajosa.

Comparando-se com os aviões as aeronaves “mais leves que o ar” requerem menos potência para voar, pois a sustentação aerostática a isenta da necessidade de despendere potência para a decolagem aerodinâmica, resultando numa economia de combustível. O advento de novas tecnologias em materiais e equipamentos electrónicos veio, nos últimos anos, oferecer às aeronaves flutuantes um novo alento com a possibilidade de utilizações comerciais em segmentos nos quais o transporte rodoviário apresenta limitações e onde tanto aviões quanto helicópteros jamais conseguiram operar com eficiência e eficácia. As fibras de vidro e carbono, como materiais estruturais básicos, a incorporação do kevlar e aramídeos como materiais estruturais, o aperfeiçoamento da microelectrónica e da informática, permitindo automatismo do voo e dos procedimentos operacionais de pousos e decolagens, vieram propiciar aos dirigíveis novos campos de emprego.

Dirigíveis com tal conceção apresentam características próprias que capacitam a sua utilização em áreas desprovidas de infra-estrutura terrestre, permitindo executar o processo de carga e descarga pairados no local da operação. Além de apresentarem a vantagem de realizar voos de longa duração, graças à autonomia elevada proporcionada pelo baixo consumo de combustível.

O dirigível, como visto, é então uma solução alternativa de ordem estratégica para a integração do país em um bloco económico solidificado, apresentando soluções para as deficiências dos meios de transporte convencionais. Sob o ponto de vista económico, é uma excelente fonte de investimento, pois além dos benefícios trazidos com a incorporação desta ferramenta, foi possível notar que a taxa de retorno do investimento é altíssima, ou seja, resgate do capital investido se dá em pouco tempo. Sob o ponto de vista tecnológico, os avanços para as regiões que se encontram em pontos quase

isolados do país contribuirão para o desenvolvimento destas regiões, e com a possibilidade de integração, contribuirão para o próprio desenvolvimento tecnológico do país. Além do que as inovações em materiais e sistemas integrados de controle computadorizado possibilitarão o avanço cada vez maior dos Dirigíveis em benefício da humanidade

## **7.2 Perspectivas futuras**

Como continuidade dos trabalhos teóricos iniciados anteriormente, será interessante continuar a aprofundar conhecimentos técnicos/teóricos, desenvolver um modelo económico, realizar estudos de materiais tecnologicamente evoluídos e mais económicos para estas aeronaves.

Será um grande avanço, iniciar estudos , para se poder apostar na construção de um modelo a escala, e testá-lo numa qualquer cidade modelo.

## 8. Bibliografia

- (1) Pereira Lia, Viabilidade Técnica e Económica da Utilização de Dirigíveis no Sector do Turismo em Portugal Dep. of Aerospace Sciences, Covilhã, Portugal 2011
- (2) A. Tatievsky e S. Tsach, “Cargo Airships Prospective”, Israel Aerospace Industries (IAI), Ben Gurion Intl. Airport, 70100, Israel, 2011.
- (3) Prentice, B. E., Beilock R. E., Phillips, A. J. e J. Thomson. The Rebirth of Airships, Journal of the Transportation Research Forum, Vol. 44, No. 1, pp. 173-190, 2005.
- (4) Morgado, J. Silvestre, M. A. R.; Páscoa, J. C: Parametric Study of a High Altitude Airship According to the Multi-Body Concept for Advanced Airship Transport - MAAT. Dep. of Aerospace Sciences, Dep. of Electromechanical Engineering, Covilhã, Portugal).
- (5) <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/432999/ornithopter?overlay=true&assemblyId=95182> | data de acesso: 29-05-2012.
- (6) Major Charles E. Newbegin :Modern Airships: A Possible Solution for Rapid Force Projection of Army Forces; Army School of Advanced Military Studies United States Army Command and General Staff College Fort Leavenworth, Kansas AY 02-03, date: 22-05-2003
- (7) Sérgio Bittencourt Varella Gomes e Márcio Nobre Migon ; Os dirigíveis e o Brasil: eterna promessa ou caso concreto- 03/2012
- (8) Nayler, Arnold W. Airship development world wide - A 2001 Review. AIAA paper 2001-5263, Airship Association Ltd, London, 2001
- (9) Boeing World Air Cargo Forecast Team, Boeing World Air Cargo Forecast 2010-2011, Boeing Commercial Airplanes, Feb. 2011, p. 8
- (10) Simões, F., André, O Transporte Aéreo no Contexto de Mudanças Climáticas, D.S c. Panejamento Energético e Ambiental, UFRJ, 2003, pp, 7-19.
- (11) R. Macário, L. N. Filipe e V. Reis, Mobilidade Urbana Sustentável: A Distribuição de Mercadorias, pp.1-10.
- (12) Vilhena, J., Nóia, P., Tavares, Luís, A., Luís, e Soares, J., Historia da Aviação. O Sonho dos Pioneiros. Euroimpala, Lisboa, 2010, pp.5-15.
- (13) <http://www.ajc.pt/cienciaj/n32/hciencia.php> dia 28-09-2012
- (14) S., Vélez, e outros , Balões e Dirigíveis, Seminário Aeroespacial II, Lisboa, 13 de Março de 2012

- (15) Lin Liao, Igor Pasternak A review of airship structural research and development, 9 Elsevier Ltd. USA, 2009
- (16) Khoury, G., and D. Gillett. Airship Technology. Cambridge University Press, University of Cambridge, UK, 1999, 2004.
- (17) MINI AIRSHIP PATROL CRAFT: National University of Singapore- Submitted by NG KAY BOON.
- (18) Pant, R.S. Transportation of Goods and Passengers to Remote Areas Using Airships: Two Case Studies in India. ACEXC - Aviation Center of Excellence, Mumbai, India (2010)  
<http://www.acexc.com/category.php?catid=89&sublist=sub16&divshow=S>.
- (19) Taylor, G. Hybrid Airships: A Green Solution to Canada's Transport Challenge. Presented in "Airships to the Arctic" Conference V, Calgary, Canada, 2009.
- (20) Lowe, D., Dictionary of Transport and Logistics, Kogan Page press, London, UK, Pgs. 62, 147, 2002.
- (21) Santos, F. A. B. (2008) Air Transportation Demand and Related Concepts. Review of Transportation Literature, vol.2, n. 2, pp. 94-113.
- (22) Rosário Macário, Ana Galelo, Paulo M. Martins Business models in urban logistics Ingeniería & Desarrollo. Universidad Del Norte. 24: 77-96, 2008
- (23) José M. Viegas A UTILIZAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA A ESTIMAÇÃO DA PROCURA DE TRANSPORTES, 2000
- (24) Jarkko Niittymäki e Riku "Modelação e Análise de Dados", Universidade de Tecnologia de Helsínquia, Laboratório de Engenharia de Transportes, 2001
- (25) Natália Santos FERREIRA , Alessandro Vinícius Marques de OLIVEIRA ; MODELAGEM DA ESCOLHA DE PASSAGEIROS POR OPERADORAS DE TRANSPORTE Rev. Bras. Biom., São Paulo, v.26, n.4, p.7-17, 2008
- (26) Costa, W. C. (2009) Análise do Sector Aéreo a Partir do Estudo "Tracing the woes: An Empirical Analysis of the Airline Industry". Revista de Literatura dos Transportes, vol. 3, n. 1, pp. 68-82.
- (27) MACHRY, TELMO ROBERTO Dirigíveis: uma alternativa para o transporte de cargas especiais Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE [Rio de Janeiro] 2005