

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho ao meu amigo João Lebre e à minha família: Mãe, Pai, Sara, Rita,  
João e aos meus 4 Avós!

## Resumo

O voo em geral, e em particular o voo à vela, requer grandes níveis de concentração e os sintomas fisiológicos podem afectar o piloto. Isto revela-se com mais frequência se o voo à vela for praticado por exemplo próximo de obstáculos naturais, tais como montanhas.

No voo em montanha, isto é, em altitude, quase sempre está associado o perigo da privação de oxigénio. Esta torna-se um perigo ainda maior se os pilotos não possuírem tempo para sentir, ou reconhecer, os sintomas da hipoxia. Estes sintomas podem afectar fortemente o desempenho do piloto, levando assim a um aumento da probabilidade de ocorrência de acidentes / incidentes.

O objectivo deste trabalho consiste em estudar a relação entre os efeitos fisiológicos e o desempenho dos pilotos de planador, focando-se principalmente quando estes voam a grandes altitudes e próximos de montanhas.

Este trabalho é desenvolvido na Covilhã, no sopé da Serra da Estrela, onde existem excelentes condições para a prática do voo à vela e um crescimento da comunidade de pilotos de planadores. Seguindo algumas das recomendações estudadas durante a revisão do estado da arte instalámos equipamento médico a bordo de algumas aeronaves para determinar a relação entre os parâmetros fisiológicos e o desempenho dos pilotos.

**Palavras-chave:** Efeitos Fisiológicos; *Performance* do Piloto; Voo à Vela em Altitude e Próximo de Montanhas.

## Abstract

Flying in general, and gliding (soaring) in particular, requires high levels of concentration which may be affected by physiological symptoms of the pilot. This is mainly relevant if the glider activity is developed near natural obstacles as, for example, the mountains.

Flying all around mountains, i.e., in altitude, means quite always the danger of oxygen deprivation, mainly if the pilots have no time enough to feel, or recognize, the symptoms of hypoxia, which may affect their performance augmenting therefore the probability of an accident.

The purpose of this work is to study the linkage between physiological effects and glider pilot's performance, mainly when flights are in altitude and near mountains, where to know in advantage those effects may be crucial to ensure the safety of flights.

We developed this work at Covilhã, near Serra da Estrela, where there are both very good conditions for gliding (soaring) and a growing community of glider pilots. Following some recommendations from the state of the art review we installed aboard medical equipment to determine precisely the correlation between physiological parameters and flight performance of pilots.

**Key words:** Physiological Effects, Pilot's Performance, Gliding Activity in Altitude near Mountains.

## Agradecimentos

Gostaria de agradecer em primeiro lugar ao meu orientador Professor Doutor Jorge Miguel Reis Silva pela sua ajuda durante a realização deste trabalho e pelo tema que me propôs pois sem saber previamente dos meus gostos encaminhou-me logo para os Planadores!

Agradeço também ao meu amigo João Lebre pois sem a sua motivação e ajuda constante não teria sido capaz de seguir os meus sonhos.

Queria agradecer também de uma forma especial à minha família pois sem eles nada seria possível nem nunca estaria onde estou hoje. Obrigada aos meus Pais (Aida e João Fonseca) pela preciosa ajuda e pela constante paciência comigo e desculpa aos meus irmãos (Sara, Rita e João) pelos fins-de-semana em que não fui a casa vê-los.

Por fim, mas não em último lugar, o meu bem-haja a todos os que directa ou indirectamente contribuíram para o sucesso deste trabalho. Assim, muito obrigada aos meus amigos, aos pilotos: Dr. António V. Conde, Dr. Arlindo Silva, Dr. Luís Patrão e Eng. José Campos, aos professores: Prof. Doutor Marek Kochanowski, Prof. Doutor Miguel Ângelo Silvestre e Eng. Júlio Dinis (Presidente da Direcção do Aeroclube da Covilhã), aos responsáveis da GASIN do distrito da Guarda e de Castelo Branco (Sr. Gonçalo Marques e Sr. Nuno Maia, respectivamente), ao Dr. João Ribeiro do INAC, ao Dr. A. Tomé, ao Major Joaquim Alves, ao Dr. António Gomes e a todos os que nos acompanharam na excelente visita pelas instalações do CMA e STV da FAP, e por fim ao director da fábrica alemã Schempp-Hirth Flugzeug-Vertriebs-GmbH (Dipl. Ing. Tilo Holighaus) pela informação disponibilizada e pela visita guiada à mesma apesar de ser sexta-feira à tarde!

## Índice

Dedicatória .....	i
Resumo .....	ii
Abstract .....	iii
Agradecimentos .....	iv
Índice.....	v
Índice de Figuras.....	vii
Índice de Tabelas .....	ix
Abreviaturas .....	x
1. Introdução .....	1
1.1. Enquadramento do Tema .....	1
1.2. Objectivo do Trabalho .....	9
1.3. Estrutura da Dissertação .....	10
2. Estado da Arte .....	11
2.1. Introdução .....	11
2.2. Recolha Bibliográfica .....	11
2.3. Principais Factores Médicos Associados a Voos em Planador .....	22
2.3.1. Hipoxia.....	23
2.3.2. Hiperventilação.....	24
2.3.3. Desorientação Espacial .....	24
2.3.4. Problemas no Ouvido Médio e Seios Nasais.....	25
2.3.5. Doença do Movimento.....	25
2.3.6. Envenenamento por Monóxido de Carbono .....	26
2.3.7. <i>Stress</i> e Fadiga .....	26
2.3.8. Desidratação e Insolação .....	27
2.3.9. Efeitos do Álcool e Drogas.....	27
2.3.10. Doenças por Descompressão .....	28
2.4. Conclusão.....	28
3. Caso de Estudo .....	30
3.1. Introdução .....	30
3.2. Voo à Vela ( <i>Gliding</i> ) na Zona da Covilhã .....	30
3.2.1. Escolha do Local (Covilhã).....	30
3.2.2. Localização do Aeródromo .....	36

---

3.3.	Trabalho Experimental .....	38
3.3.1.	Planador Utilizado .....	38
3.3.2.	Equipamento Médico .....	40
3.3.3.	Procedimentos .....	41
3.4.	Conclusão.....	45
4.	Análise de Resultados .....	46
4.1.	Introdução .....	46
4.2.	Registos das Oximetrias.....	47
4.3.	Análise Comparativa dos Resultados Obtidos .....	49
4.4.	Conclusão.....	50
5.	Conclusão .....	52
5.1.	Síntese da Dissertação .....	52
5.2.	Considerações Finais .....	53
5.3.	Perspectivas Futuras de Investigação .....	54
	Bibliografia.....	55
	Anexos.....	58

## Índice de Figuras

Figura 1: Exemplos de moto-planadores.....	2
Figura 2: Reboque do planador por uma aeronave com motor .....	2
Figura 3: Reboque de um planador com a utilização de um guincho motorizado .....	2
Figura 4: Reboque de um planador com utilização de um veículo automóvel .....	3
Figura 5: Planador Blanik e rebocador D-EKCD no aeródromo da Covilhã.....	3
Figura 6: Planador Duo Discus (D-6769) .....	4
Figura 7: Planadores: LS3 (D-5830) e PW-5 (CS-PCB) .....	4
Figura 8: Rebocador D-EHSP e Planador DG-400 .....	4
Figura 9: Modelo de James Reason .....	5
Figura 10: Voo em térmica.....	7
Figura 11: Voo em orográfica .....	8
Figura 12: Voo em onda.....	9
Figura 13: SpO <sub>2</sub> relacionado com actividade física e o aumento da altitude. ....	18
Figura 14: Nº e % de acidentes com planadores em função da fase de voo .....	19
Figura 15: Nº e % de acidentes em função das causas designadas pelo NTSB .....	19
Figura 16: Acidentes e incidentes ocorridos anualmente.....	21
Figura 17: Acidentes por actividade aérea .....	21
Figura 18: Acidentes por fases de voo.....	22
Figura 19: Localização da Covilhã (A) e topografia da região .....	31
Figura 20: Direcção dos ventos na região da Covilhã .....	31
Figura 21: Esquema dos diferentes tipos de nuvens .....	33
Figura 22: Nuvens <i>Lenticulares</i> na Covilhã.....	33
Figura 23: Nuvens <i>Cumulus</i> na Covilhã .....	33
Figura 24: Nuvens <i>Cumulus</i> na Covilhã a formar <i>Cloud Streets</i> .....	34
Figura 25: Tefigrama legendado.....	35
Figura 26: Aeródromo Municipal da Covilhã (LPCV).....	36
Figura 27: Vista aérea do aeródromo LPCV .....	36
Figura 28: Planador Duo Discus D-6769 .....	38
Figura 29: Planador Duo Discus D-6769 .....	39
Figura 30: Modelo Duo Discus XL .....	39
Figura 31: Planta do planador Duo Discus XL .....	40
Figura 32: Oxímetro utilizado .....	41
Figura 33: Instrumentos de voo do cockpit do planador Duo Discus D-6769 .....	42
Figura 34: Aeronave rebocadora D-EKCD .....	42
Figura 35: Na descolagem do aeródromo LPCV.....	43
Figura 36: Pormenor da Torre, no cume da Serra da Estrela .....	43
Figura 37: Sobrevoando a Serra da Estrela .....	44
Figura 38: Na aproximação ao aeródromo LPCV .....	44
Figura 39: Tocando as nuvens a 3.500m! .....	46
Figura 40: Oximetrias do voo do dia 07/08/2010.....	47

Figura 41: Oximetrias realizadas no local de residência.....	47
Figura 42: Oximetrias do voo do dia 24/07/2010.....	48
Figura 43: Oximetrias realizadas no local de residência.....	49

## Índice de Tabelas

Tabela 1: N° de movimentos ATM registados nas RIV de Lisboa e Santa Maria. ....	21
Tabela 2: Hipoxia – sintomas principais .....	29
Tabela 3: Classificação dos diferentes tipos de nuvens .....	32
Tabela 4: Características principais das pistas do aeródromo LPCV .....	37
Tabela 5: Características do aeródromo LPCV .....	37
Tabela 6: Especificações técnicas do planador Duo Discus .....	40
Tabela 7: Factores que influenciam a hipoxia .....	50
Tabela 8: Estágios de hipoxia .....	51
Tabela 9: Principais sintomas de hipoxia .....	52

## Abreviaturas

AeCP	–	Aero Club de Portugal
AFAMC	–	Armed Forces Aeromedical Centre (Arábia Saudita)
AFIS	–	Aerodrome Flight Information Service
AG	–	Aviação Geral
AMS	–	Aeromedical Section
ATM	–	Air Traffic Management
CMA	–	Centro de Medicina Aeronáutica (FAP)
DCS	–	Decompression Sickness (Doença de descompressão)
DFDR	–	Digital Flight Data Recorder
FAA	–	Federal Aviation Administration
FAP	–	Força Aérea Portuguesa
FFVV	–	Fédération Française de Vol à Voile
FIS	–	Flight Information Service
G	–	Força da Gravidade
GPIAA	–	Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves
GPS	–	Global Positioning System
Hb	–	Hemoglobina
HbO <sub>2</sub>	–	Oxihemoglobina
ICAO	–	International Civil Aviation Organization
IFR	–	Instrument Flight Rules
INAC	–	Instituto Nacional de Aviação Civil
INEM	–	Instituto Nacional de Emergência Médica
JAA	–	Joint Aviation Authorities
JAR	–	Joint Aviation Requirements
JAR-FCL 3	–	Flight Crew Licensing (Medical) da JAR
LMT	–	Local Mean Time
LPCV	–	Aeródromo Municipal da Covilhã
MSL	–	Mean Sea Level
MTOW	–	Maximum Take-off Weight
NASA	–	National Aeronautics and Space Administration
NAV	–	Navegação Aérea de Portugal

---

NTSB	–	National Transportation Safety Board
O <sub>2</sub>	–	Oxigénio
OSTIV	–	Organisation Scientifique et Technique International du Vol a Voile
PDA	–	Personal Digital Assistant
PP	–	Piloto de Planador
RIV	–	Região de Informação de Voo
STF	–	Secção de Treino Fisiológico (FAP)
SNBPC	–	Serviço Nacional de Bombeiros e Protecção Civil
SpO <sub>2</sub>	–	Saturação da Oxihemoglobina
TA	–	Trabalho Aéreo
TPT	–	Transporte Aéreo
ULM	–	Ultraleves Motorizados
VFR	–	Visual Flight Rules

## 1. Introdução

### 1.1. Enquadramento do Tema

Voo à Vela (*gliding / soaring*) é um ramo da aviação desportiva praticada desde os primórdios da aviação e existem diversas definições para explicar em que consiste. Sucintamente pode dizer-se que o voo à vela é a actividade de voar utilizando planadores (*gliders / sailplanes*) e normalmente esta actividade inclui viajar longas distâncias e permanecer no ar por extensos períodos de tempo [1]. Um planador é definido pela FAA como sendo uma aeronave mais pesada do que o ar cujo voo é suportado pelas reacções dinâmicas do ar contra as suas superfícies sustentadoras e cujo voo livre não depende de um motor [1]. Outra possível definição está também descrita no Decreto-Lei n.º 283/2007 de 13 de Agosto em que uma “Aeronave de voo livre” é definida como qualquer aeronave que seja transportável pelo próprio piloto e cujas descolagens e aterragens sejam efectuadas recorrendo a energia potencial e à acção motora dos membros inferiores daquele, sem prejuízo da possibilidade de se poder recorrer ao auxílio de uma força externa, tractora, como o guincho ou reboque [2]. Os planadores são muitas vezes projectados para um determinado propósito tal como por exemplo para treino, para voos longos ou para acrobacia mas a maioria deles consegue fazer um pouco de tudo [3]. Existem planadores construídos com uma grande variedade de materiais, isto é, existem alguns antigos feitos de madeira e tecido e outros mais recentes feitos de fibra de vidro, fibra de carbono e materiais à base de *kevlar* [3]. Além dos planadores convencionais sem motor existem também alguns planadores equipados com motor denominados de moto-planadores (figura 1) mas estes apenas utilizam o motor para descolar, pois quando se encontram no ar efectuam voo livre de igual forma que um planador normal sem motor. Por vezes o motor também é utilizado (apenas) para manter altitude quando o piloto não consegue encontrar ou não existe ar ascendente [3]. Quanto aos planadores sem motor existem três maneiras de descolarem, isto é, podem descolar com ajuda de uma aeronave com motor que o reboca (figura 2), podem utilizar um guincho que algumas pistas possuem no final para esse efeito (figura 3) ou também podem ser rebocados por um veículo automóvel (figura 4) [1]. O reboque aéreo (figura 2) é a forma mais comum de descolagem dos planadores sem motor e processa-se da seguinte forma: uma aeronave com motor reboca o planador, com um cabo de comprimento no mínimo superior a metade da envergadura do planador, até uma altura adequada para o início voo, normalmente entre 600 e 1.000 m acima da pista de descolagem, sendo o cabo posteriormente desligado pelo piloto do planador ou em casos de emergência pelo rebocador [1].

**Figura 1: Exemplos de moto-planadores**



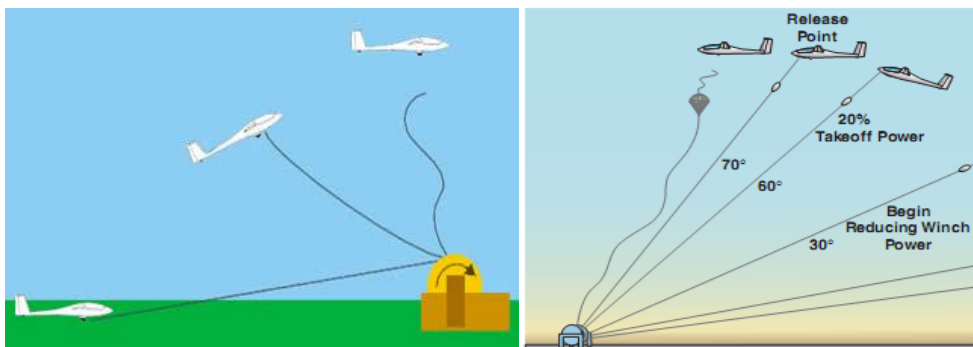
Fonte: [4, 5]

**Figura 2: Reboque do planador por uma aeronave com motor**



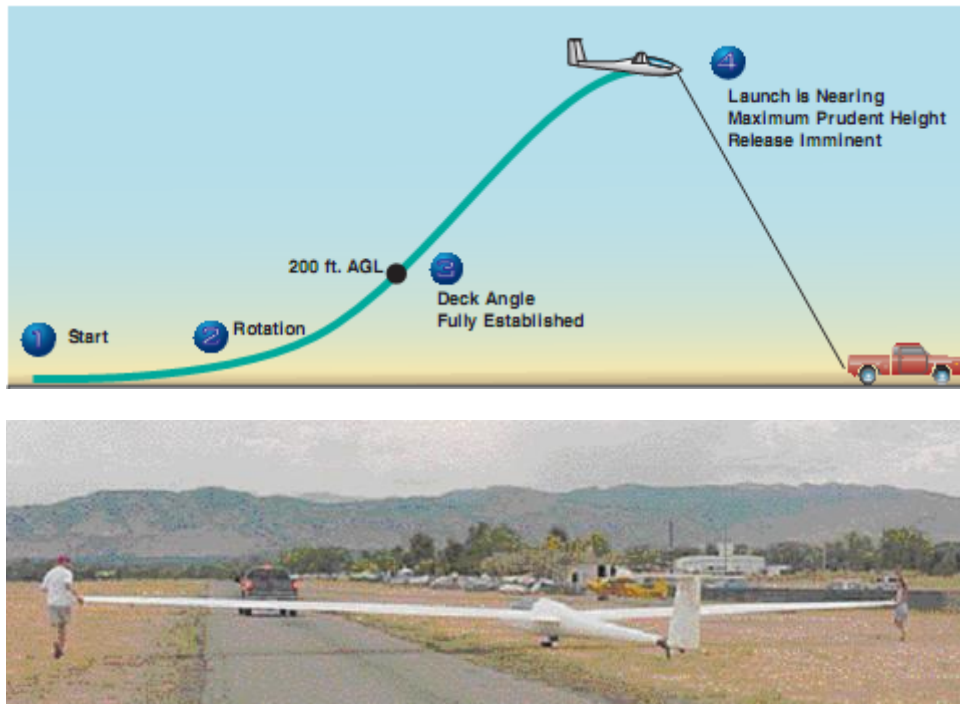
Fonte: [6]

**Figura 3: Reboque de um planador com a utilização de um guincho motorizado**



Fonte: [7]

**Figura 4: Reboque de um planador com utilização de um veículo automóvel**



Fonte: [7]

Em Portugal ainda não existem neste momento muitos pilotos praticantes de voo à vela mas começa agora a notar-se um crescimento do interesse por esta actividade. Um exemplo disso é a comunidade crescente de pilotos de planadores que vem nos últimos anos voar para a zona da Covilhã. Alguns exemplos de planadores e aeronaves de reboque que usualmente operam na Covilhã são os representados nas figuras 5 a 8 seguintes:

**Figura 5: Planador Blanik e rebocador D-EKCD no aeródromo da Covilhã**



Fonte: [8]

**Figura 6: Planador Duo Discus (D-6769)**



Fonte: [9]

**Figura 7: Planadores: LS3 (D-5830) e PW-5 (CS-PCB)**



Fonte: [9]

**Figura 8: Rebocador D-EHSP e Planador DG-400**

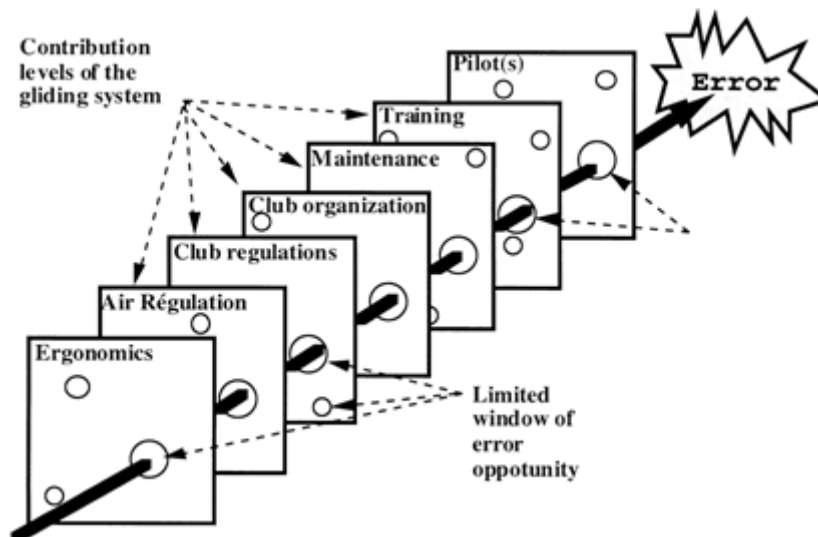


Fonte: [9, 10]

Todos os planadores possuem basicamente os mesmos equipamentos de voo apesar de que, os mais recentes possuem já equipamentos electrónicos. Assim no *cockpit* de um planador é possível encontrar-se pelo menos os seguintes equipamentos: altímetro (indica a altitude do planador); velocímetro (indica a velocidade do planador); variómetro (indica se o planador está a subir ou a descer); *yaw string* (montado no exterior do *cockpit* indica ao piloto se o planador está a voar nivelado); rádio (para contactar outras aeronaves ou alguém no solo); *manche* (serve para movimentar as superfícies de controlo do planador) e botão de libertação da corda do reboque (para libertar a ligação ao reboque). Além da instrumentação básica necessária para voos VFR, alguns planadores recentes vêm já equipados com diversos equipamentos electrónicos, necessários para competitividade e *performance*, tais como: GPS; *Moving Map Display* (às vezes na forma de PDA); e DFDR-GPS (para comprovação de voo). Existem também sistemas integrados que realizam várias dessas funções ocupando assim menor espaço no painel de instrumentos [1,3].

Apesar de todas as evoluções na tecnologia para melhorar a segurança (*safety*) de voo existe um factor que permanece igual – o factor humano. Através de uma perspectiva mais ampla, o termo “factor humano” descreve a causa de alguns acidentes / incidentes, mas normalmente eles ocorrem não devido apenas a uma única decisão ou acontecimento mas antes devido a uma cadeia de acontecimentos desencadeados por uma série de factores (figura 9) [11].

Figura 9: Modelo de James Reason



Fonte: [11, 12]

Foi feita uma estimativa de que 65% dos acidentes ocorridos com planadores se deveram a factores humanos.

Voar em geral, e voar em voo à vela em particular, exige intensa concentração e alguma resistência física. Assim, principalmente os pilotos de planadores devem tentar manter-se sempre em boa forma física e reconhecer as suas limitações. Durante cada voo têm que ser tomadas diversas decisões e estas dizem respeito principalmente a eventos que envolvem interações entre quatro elementos de risco: o piloto, a aeronave, o meio ambiente, e a operação. O processo da tomada de decisões durante cada voo envolve uma avaliação de cada um destes elementos de risco para alcançar uma percepção correcta da situação de voo, o que muitas vezes não acontece devido a variados factores. Um factor limitativo importante da *performance* de um piloto é por exemplo o *stress*. Todos estamos sempre sob alguma tensão, mas apesar de uma certa quantidade ser benéfica, pois mantém um indivíduo em alerta, uma quantidade excessiva de tensão pode prejudicar a capacidade de tomar decisões eficazes durante o voo. Além do *stress* existem outros factores, tais como a fadiga e a sobrecarga de trabalho, que podem levar o piloto a, por exemplo, fixar apenas um parâmetro ou instrumento de voo em vez de manter uma visão global da situação. Outro caso que também pode ocorrer acontece quando as actividades se tornam rotina, e o piloto pode ter a tendência para relaxar e não impor tanto esforço no desempenho de pilotar. Outros factores médicos que podem limitar (muito) a *performance* de um piloto de planador são explicados mais à frente e mais pormenorizadamente.

Para permanecerem no ar durante bastante tempo os planadores necessitam de ar ascendente que os ajude a subir pois caso contrário após se soltarem da aeronave rebocadora iniciavam logo a descida para o solo devido à gravidade. Assim, existem 3 formas clássicas de voar sem motor:

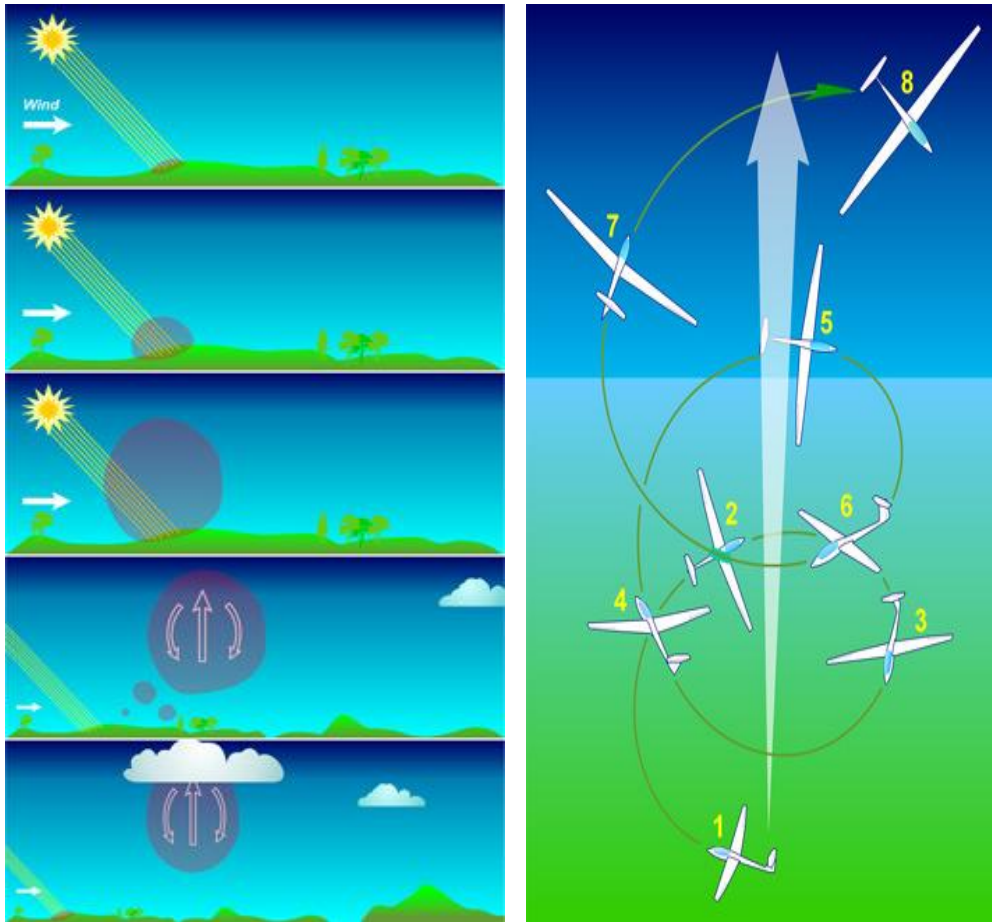
#### Voo em térmica (*Thermal Soaring*):

Térmicas são massas de ar ascendente formadas pelo aquecimento da superfície da Terra, isto é, o ar próximo ao solo é aquecido pelo sol e depois, especialmente em alguns locais, expande-se e sobe formando uma coluna (figura 10). Voar em térmica é o tipo de voo mais utilizado em voo à vela (e no caso de Portugal é o único tipo de voo ensinado no curso PP *ab-initio* do AeCP<sup>1</sup>). No momento em que uma térmica é localizada os pilotos fazem uma curva e ficam a circular em espirais dentro da coluna até atingirem a altitude desejada (figura 10). Quando essa altitude pretendida é alcançada saem da coluna de ar ascendente e retomam o seu voo. Para evitar possíveis indecisões, todos os pilotos circulam no mesmo sentido dentro das térmicas, isto é, o primeiro planador a entrar numa térmica decide o sentido de circulação e todos os outros planadores que entrem na mesma térmica devem circular no mesmo sentido.

---

<sup>1</sup> Curso de Piloto de Planador em Portugal – ver: <http://www.aecp.pt/>

**Figura 10: Voo em térmica**



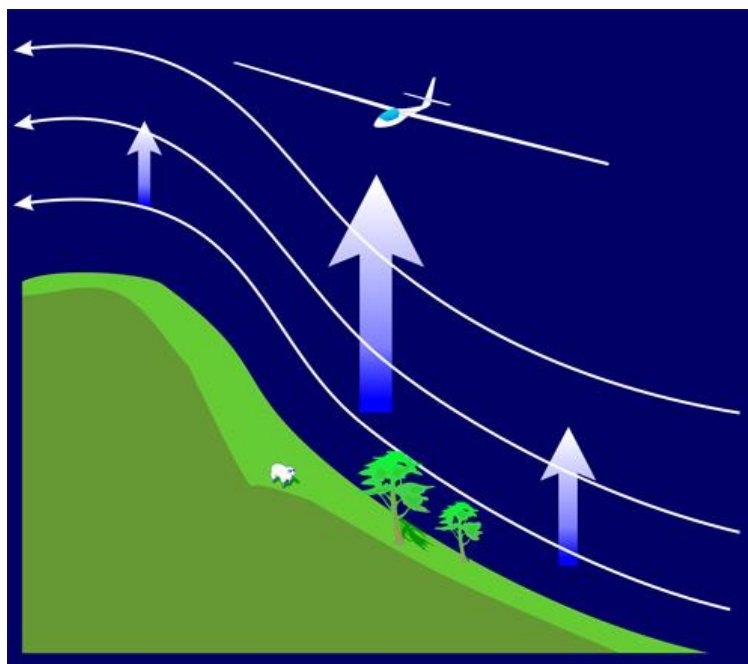
Fonte: [7]

Voo em orográfica (Slope or Ridge Soaring):

As correntes de ar ascendentes utilizadas pelos pilotos de planadores em voo em orográfica são formadas por ventos que vão de encontro a montanhas, serras ou outras elevações (figura 11) pois quando o ar atinge a montanha ele é desviado verticalmente, horizontalmente ou mesmo uma combinação dos dois e forma uma faixa de sustentação ao longo da inclinação. Assim o voo em orográfica necessita de dois ingredientes: terreno elevado e vento! Correntes ascendentes em voo orográfico são as correntes mais fáceis de visualizar mas nem todas as topografias produzem correntes de ar ascendentes boas para voar. Colinas individuais ou isoladas não produzem correntes de ar ascendentes pois o vento tende a desviar-se em redor das mesmas em vez de subir. As melhores serras para fazer voo orográfico têm pelo menos alguns quilómetros de comprimento. As correntes ascendentes em voo orográfico podem, no entanto, ir apenas até um máximo de duas ou três vezes a altura do cume da serra. O problema em serras muito baixas é a manutenção de uma altitude segura de manobra, bem como

altitude suficiente para aterrar em segurança no vale adjacente. Em termos práticos, a altura mínima do cume deve ser de 500 a 1.000 pés acima do vale adjacente.

**Figura 11: Voo em orográfica**

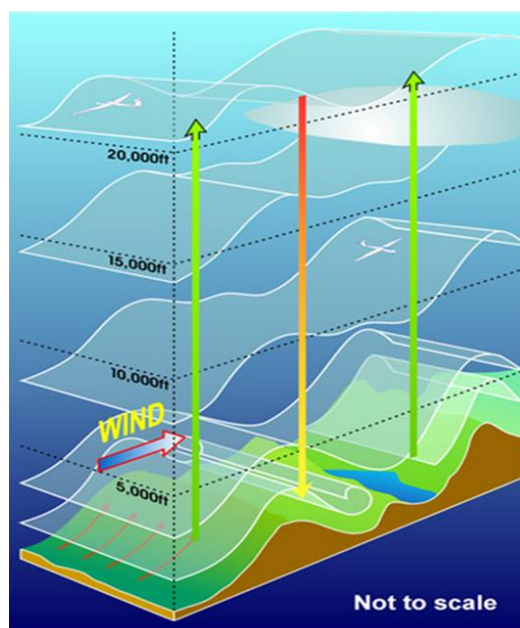


Fonte: [7]

Voo em onda (Wave Soaring):

Quando há vento, e o ar é estável, existe a probabilidade de formação de ondas na atmosfera mas a maioria das ondas que ocorrem em toda a atmosfera não têm utilidade para os pilotos de planador pois nem todas têm amplitude suficiente para suportar um planador. No entanto, muitas montanhas ou serras produzem ondas a jusante, sendo que as mais poderosas já levantaram planadores até 49.000 pés e através de medidas indirectas encontraram-se já ondas que se estendiam a alturas em torno de 100.000 pés. Se os ventos de cima forem fortes e bastante difundidos, as ondas de montanha podem estender o seu comprimento ao longo da serra toda. As ondas de montanha são fundamentalmente diferentes das encontradas nas encostas em voo em orográfica pois ocorre voo em orográfica no lado de cima de um cume ou montanha e as ondas de montanha ocorrem no lado de baixo. As ondas de montanha (figura 12) podem por exemplo ser identificadas pela formação de nuvens bastante singulares (lenticulares).

**Figura 12: Voo em onda**



Fonte: Fonte: [7]

No caso da zona da Serra da Estrela em geral, e da Covilhã em particular, existem condições para voar tanto em voo de térmica como em voo orográfico ou voo em onda, durante quase o ano todo. Mais à frente, no capítulo 3, é explicado com mais pormenor as condições topográficas e climatéricas da zona da Covilhã.

## 1.2. Objectivo do Trabalho

O estudo que pretendemos efectuar procura averiguar em primeiro lugar se na zona da Covilhã / Serra da Estrela existem boas condições para a prática do voo à vela e quais as condições de segurança exigidas. Um aspecto importante relativo à segurança que pretendemos avaliar são os factores médicos que possam afectar os pilotos de planador e pôr em causa a segurança de voo pois actualmente nos voos desportivos praticados em Portugal não se lhes dá muita importância<sup>2</sup>. Assim, e em segundo lugar, relativamente a um dos principais factores médicos que podem ocorrer em pilotos de planadores - Hipoxia, pretendemos avaliar a sua importância e a possibilidade de no futuro introduzir no painel de instrumentos um equipamento que alerte os pilotos no caso de estes não sentirem os efeitos da privação de oxigénio. Os sintomas do factor médico hipoxia, tal como se verá mais à frente, variam de individuo para individuo e, como são de difícil detecção por parte dos pilotos existe uma percentagem

<sup>2</sup> Legislação Portuguesa em matéria de Medicina Aeronáutica e Certificação. Ver site INAC: [www.inac.pt](http://www.inac.pt). Legislação Nacional: Decreto-Lei n.º 250/2003 de 11 de Outubro; Legislação Internacional:

significativa de acidentes / incidentes que lhe são atribuídas. Nos planadores (principalmente nos mais antigos mas ainda muito utilizados) apenas existem os equipamentos básicos que permitem pilotar a aeronave, mas se existisse algum equipamento que, de acordo com a altitude de voo e com os níveis de oxigénio no sangue do piloto, emitisse um sinal de alerta ao piloto para que este utilizasse oxigénio suplementar, poder-se-iam assim evitar alguns acidentes / incidentes.

Resumidamente as perguntas às quais pretendemos obter respostas com este trabalho são as seguintes:

- ✓ Na zona da Serra da Estrela em geral, e na Covilhã em particular, existem boas condições para a prática do voo à vela? E quais os requisitos de segurança associados à prática (segura) desta actividade?
- ✓ A Hipoxia nos pilotos pode ser um obstáculo ao seu desempenho e, consequentemente, colocar em risco a actividade nesta zona? E de que forma esse risco pode ser monitorizado em tempo real?

### 1.3. Estrutura da Dissertação

Numa primeira fase foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre o tema em geral e o estado actual da arte em particular, tanto em Portugal como noutros países tais como Alemanha, Arábia Saudita, Argentina, Austrália, Estados Unidos da América, França, Inglaterra, Nova Zelândia e Polónia. De seguida e após a verificação de vários problemas relativos ao voo à vela desenvolvemos dois estudos paralelos, isto é, um sobre as condições topográficas e climatéricas na zona da Covilhã que permitem o voo à vela, e outro relacionado com os factores médicos que afectam os pilotos e que podem pôr em causa o seu desempenho e a segurança de voo. Assim, instalámos equipamento médico a bordo de planadores para monitorizar a Hipoxia nos pilotos.

Deste modo o trabalho está organizado em 5 capítulos, dos quais o primeiro é a presente Introdução. Nele se faz o Enquadramento do Tema, se descreve o Objectivo do Trabalho e se refere a Estrutura da Dissertação. No 2º capítulo, dedicado ao Estado actual da Arte, encontra-se sintetizada alguma da revisão bibliográfica efectuada bem como a análise dos Principais Factores Médicos Associados a Voos em Planador. O 3º capítulo dedicado ao Caso de Estudo encontra-se dividido em dois subcapítulos: o primeiro sobre o Voo à Vela (*gliding*) na Zona da Covilhã e o segundo diz respeito ao Trabalho Experimental do factor médico Hipoxia nos pilotos de planador. No 4º capítulo é feita a análise e a discussão dos resultados obtidos no 3º capítulo. Por fim, no 5º capítulo da Dissertação, apresentam-se algumas Considerações Finais sobre o modo como decorreram os trabalhos, e apontam-se algumas Perspectivas Futuras de Investigação.

## 2. Estado da Arte

### 2.1. Introdução

Na actualidade, apesar de o voo à vela ser já uma categoria de aviação desportiva antiga, ainda não foram efectuados muitos estudos tendo em consideração a segurança (*safety*) dos pilotos. No caso de Portugal, apenas na aviação militar é dada bastante importância aos factores médicos; na aviação civil apenas durante o curso de piloto são mencionados, em algumas horas de aulas teóricas, os factores médicos que podem pôr em causa a segurança, mas na prática não existe formação específica. Deste modo, e como actualmente a comunidade de pilotos civis (que efectua voos de lazer principalmente aos fins de semana) tem vindo a aumentar, pensamos que é de extrema importância estudar as condições em que a modalidade é praticada e sensibilizar os pilotos sobre segurança (*safety*) que lhe está associada.

### 2.2. Recolha Bibliográfica

Alguns dos artigos analisados no início do trabalho foram os seguintes:

- ✓ “*Glider accidents in France from 1989 to 1993: the role of the pilot.*”  
[11]

A finalidade deste trabalho foi não só compilar e analisar os acidentes ocorridos em França com planadores entre 1989 e 1993, mas também dar sugestões para aumentar a segurança no voo à vela. Através de documentos fornecidos pela FFVV foram analisados 255 acidentes com planadores e, à luz dos recentes desenvolvimentos em psicologia cognitiva demonstrou-se como os factores humanos podem explicar determinados acidentes. Concretamente, os acidentes com os planadores foram separados de acordo com o tipo de voo e analisados estatística e clinicamente os dados que descreviam o comportamento dos pilotos durante esses acidentes. Com este estudo chegaram-se a algumas conclusões interessantes como, por exemplo, que 80% dos acidentes com planadores ocorrem perto do chão (fase de aterragem = 62%, e fase de descolagem = 18%). Este estudo permitiu também identificar 4 perigos principais no voo à vela: local do voo, voo de montanha, colisões no ar, e o planador entrar em rotação sobre si mesmo.

- ✓ “*Algumas notas sobre o voo de montanha - o testemunho de um neófito.*”  
[12]

António Vieira Conde escreveu este artigo por gozo pessoal e também para que servisse de divulgação da pequena mas entusiástica comunidade nacional de voo à vela, após ter feito voos de montanha na Covilhã em duplo comando com José Aguiar. António Conde considera que se a beleza e a emoção são os pontos altos do voo de montanha também para evitar tragédias deve voar-se “com muita cabeça” e jamais quebrando determinadas regras básicas de segurança. Assim, segundo ele, as regras básicas de segurança são as seguintes:

- Não se pode voar na serra por “atitude” (ao contrário do que sucede na planície), pois não existe a linha do horizonte como referência. Na montanha as referências são os picos e vales do local de voo onde se está inserido. E assim a primeira regra básica é que deve estar-se sempre a controlar a velocidade para não deixar esta cair para níveis perigosos que podem induzir o planador a entrar em “perda” ou em *vrille*;

- Deve estar-se sempre atento à direcção de onde sopra o vento pois a direcção do vento à superfície não é necessariamente a que se verifica em altitude e, além disso, as indicações do PDA e do LOGGER são, em voo não linear e instável (como é caso do voo de montanha), falaciosas. Segundo Jacques Noel, citado no artigo de António Conde, a velocidade mínima recomendada do vento para se voar em montanha é de aproximadamente 28 km/h;

- Nunca se deve passar para o lado de lá do cume da vertente onde se está a voar (lado da montanha onde o vento está “a bater” e que provoca a subida), excepto se já se estiver com altitude suficiente para voar com segurança, pois passar para o lado “de lá” do cume sem altitude de segurança poderá implicar ser-se “sugado” por uma descendente (que poderá ser forte) e entrar num vale de onde dificilmente se poderá sair;

- Quanto à técnica de subida em voo de montanha aconselha a que se deve voar ao longo da crista da montanha (do lado onde o vento lhe “bate”) aproveitando a ascendente e desenhando sucessivos percursos em “oito” até se ganhar altitude para ultrapassar o cume e, se possível, passar para a encosta cimeira seguinte. As voltas são sempre feitas para o lado de fora da encosta, isto é, as voltas são para “fora”, para “o vale”, e não para “dentro”, “contra” a montanha;

- Na Serra da Estrela, no lado da encosta que está virada a nascente (Covilhã), o voo deve ser feito por “patamares” / “degraus”, cuja altitude de segurança depende do vento e da turbulência. Nesta zona podemos

encontrar 3 patamares de progressão: 1º- “Varanda dos Carquejais / Sanatório”, 2º- “ Penhas da Saúde / Lago Viriato”, e 3º- “Torre”;

- Quando houver planadores em rota de colisão no “circuito dos 8” (junto à montanha) a regra a ser seguida impõe que se desvie quem tiver o vale à sua direita;

- Por fim não deve voar-se com a asa da encosta em baixo pois uma rajada de vento pode fazer tocar a asa na montanha. Por vezes existe turbulência (micro-rotores) junto à encosta e se se tiver a asa da encosta em baixo e se se apanhar essa turbulência pode ser-se lançado contra a montanha.

✓ “*Renascido a 24 de Abril?*” [13]

António Mota relatou na 1ª pessoa um acidente do qual foi vítima no dia 24/04/2003 em plena montanha (Serra da Estrela). O planador em que voava era um PW5 (CS-PBN / “C3”) que ficou totalmente destruído mas que felizmente nele apenas resultaram ligeiras escoriações.

Segundo António Mota os perigos do Voo à Vela encontram-se em todos os lados! Pensa assim devido basicamente a dois factores, isto é, existem perigos logo nas 3 formas clássicas de voar sem motor (voo em onda: voo em condições meteorológicas muito adversas em termos de ventos e visibilidade, ventos ciclónicos, efeito de Föhn; voo em orográfica: voo em plena montanha, frequentemente com o planador pertíssimo dos relevos, no limiar dos limites das regras VFR de distância aos obstáculos; e voo em térmica: fazer espirais quase à velocidade de perda, frequentemente em *gaggles*, i.e., com outros planadores a poucas dezenas de metros) e acontece que em Portugal (tal como em muitos outros países) nos cursos PP *ab-initio* apenas se é treinado para voar em térmica.

No caso do acidente em que esteve envolvido António Mota, este decidiu tentar voar sozinho em orográfica apesar das suas 150 horas de experiência em voo de planador terem sido todas em voo em térmica. Após o acidente António Mota confrontou-se com algumas das suas causas e decidiu publicar um artigo para que, tal como ele, outros pilotos pudessem aprenderem com os erros seguintes:

- O desespero para voar pois era o seu último dia de férias e até ali a meteorologia tinha sido decepcionante;

- Ignorar que o piloto que estava na montanha e que falou via rádio dizendo que havia condições excepcionais para o voo em orográfica possuía muito mais experiência do que ele;
- Decidir arriscar voar sozinho num planador julgando que o medo e o receio que sentia na altura vinham de razões não objectivas;
- Ignorar os instintos de sobrevivência pois se no momento fosse o único piloto no ar tinha aterrado de imediato mas como sabia de outros pilotos por perto sentiu uma falsa sensação de segurança;
- Não reconhecer *in-loco* que não estava treinado para aquele tipo de voo.

✓ “*Looking for an accident: glider pilots’ visual management and potentially dangerous final turns.*” [14]

Segundo Jarvis e Harris, devido por vezes aos planadores entrarem em rotação sobre si mesmos após voltas baixas ocorrem acidentes nos quais morrem pilotos; assim, com a aprovação do comité de ética da Universidade de Cranfield decidiram efectuar um estudo para analisar a precisão de voar e calcular as áreas de maior interesse visual dos pilotos de planadores durante as voltas finais antes da aterragem. Para efectuar o estudo foram utilizados 36 pilotos qualificados para pilotar os planadores de treino Schleicher ASK 21 e em cada *cockpit* foram colocadas 2 câmaras digitais de vídeo (uma virada para o piloto para registar a direcção do seu olhar, e outra à frente para registar os dados de desempenho do voo como, por exemplo, o velocímetro, ângulo de inclinação e quantidade de guinada). Através dos resultados obtidos pôde verificar-se que os pilotos dividiam a sua atenção entre 4 áreas diferentes de interesse: a vista directamente a sua frente; a área de aterragem (direita); o indicador da velocidade; e a área entre a vista directamente a sua frente e a área de aterragem. Com os resultados obtidos com este estudo provou-se que existe uma relação entre a gestão visual dos pilotos e a forma potencialmente perigosa de fazer curvas. Assim, os pilotos que monitorizam a vista directamente à sua frente por períodos de tempo razoáveis durante as voltas finais e não permitem a verificação constante de várias áreas (o que torna os pilotos demasiado ocupados) são aqueles que têm maior probabilidade de evitar uma potencial entrada do planador em rotação sobre si mesmo.

- ✓ “*Gliding Aviation Medicine, High Altitude Aspects and Mountain Wave Project 1999.*” [15]

*Mountain Wave Project 99* na Argentina, foi o primeiro projecto científico efectuado com alta tecnologia para levar um planador a voar em onda a uma altitude muito elevada. A OSTIV e alguns pilotos de planadores viajaram em Novembro de 1999 para a Argentina para estudar o voo em onda nos Andes. Num voo em onda um planador pode subir a uma taxa de 1 a 10 m/s (200 a 2.000 pés/min) ou até mais e neste tipo de “elevador forte”, que é geralmente associado a grandes velocidades do vento e, muitas vezes sinalizados por uma formação de nuvens lenticulares, é possível ganhar facilmente vários milhares de metros de altitude até 15 km (50.000 pés). A razão para escolher e explorar a área remota dos Andes para efectuar o estudo deveu-se sobretudo por estes se estenderem por 7.000 km e da direcção do vento predominante ser principalmente a partir do oeste criando grandes ondas poderosas de montanha. Para efectuar o estudo dois grupos de cerca de 15 pilotos experientes (acompanhados por três moto-planadores de alta performance: um bi-lugar *Stemme SV 10*, um *ASH 25 M* e um *Nimbus 4M*), apoiados pelos pilotos argentinos, realizaram mais de 100 voos, totalizando centenas de horas de voo e, às vezes, cobrindo longas distâncias de mais de 1.800 km, estabelecendo alguns recordes mundiais. Neste projecto estiveram envolvidas várias áreas do conhecimento e entre estas os factores médicos foram uma das mais exigentes. Em resumo, algumas das tarefas realizadas neste projecto foram as seguintes:

- Voar a altitudes acima de 3.000 m (10.000 pés) em planadores requer atenção especial a factores médicos como, por exemplo, a hipoxia;
- Voar em onda a altitudes acima de 6.000 m (20.000 pés) exige preparação física especial;
- Foram realizados estudos científicos e de treino em câmara hipobárica para simular condições a altitudes elevadas;
- Foram empregues técnicas de planeamento, isto é, de cálculo do O<sub>2</sub> necessário, e efectuados treinos para casos de emergência;
- Foram testados e utilizados dois sistemas de fornecimento de oxigénio aos pilotos (EDS & Bendix) pois em altitudes inferiores o sistema de oxigénio EDS fornece O<sub>2</sub> suficiente, mas a funcionalidade da bateria tem de ser monitorizada de perto;
- Hipotermia, hipoxia, hiperventilação e DCS são as ameaças fisiológicas principais;

A segurança de voo e as regras de fisiologia em altitude eram conhecidas de todos devido a um treino prévio intensivo e, deste modo, o projecto MWP 99 foi um sucesso.

- ✓ “*Practical Preventive Measures and Treatment of DCS in High Altitude - Glider Flying above 22.000 ft / 6.000 m.*” [16]

Segundo Juergen Knueppel, os pilotos de planadores que voam acima de 20.000 pés (6.000 m) devem conhecer os princípios básicos da Lei do Gás de Henry<sup>3</sup>, a fim de estarem preparados para combater a doença de descompressão (DCS). O conhecimento científico ainda está em desenvolvimento, no entanto, logo à partida vários limites empíricos têm de ser respeitados para evitar possíveis consequências desastrosas para a saúde (inclusivamente a morte de pilotos). A doença de descompressão leva à formação de bolhas de nitrogénio no corpo humano, e existem dois tipos principais de sintomas de DCS que devem ser diferenciados.

- Tipo I: Os sintomas são principalmente dores fortes nas articulações, que levam a que o piloto se dobre sobre si mesmo;

- Tipo II: Os sintomas são de natureza neurológica e cerebral como a disfunção dos nervos. Este tipo de sintomas é considerado grave.

Os primeiros socorros a prestar após aparecerem os primeiros sintomas da doença de descompressão são: aplicar oxigénio a 100%; hidratar bebendo soluções isotónicas (água com  $\frac{1}{3}$  de sumo de maçã e/ou  $\frac{1}{2}$  colher de chá de sal) e transportar o paciente para uma câmara hiperbárica durante 2 a 5 horas. Segundo Juergen K. Knueppel uma regra a ser seguida é a de que nenhum piloto deve efectuar qualquer voo no dia seguinte a realizar um a grande altitude e onde tivessem ocorrido sintomas de DCS.

- ✓ “*The Perlan Aircraft*” [18]

O projecto Perlan dividiu-se em três fases. A primeira consistiu em subir até a estratosfera usando ondas de montanha e do Vórtice Polar<sup>4</sup>. Para

---

<sup>3</sup> Lei de Henry – A solubilidade de um gás dissolvido num líquido é proporcional à pressão parcial do gás acima do líquido. O significado fisiológico desta lei é evidente pois, a partir do exemplo de que metade do nitrogénio na solução ao nível do mar, sai para fora da mesma a 18.000 pés, quando a pressão parcial de nitrogénio nesta altitude é reduzida a metade [17].

<sup>4</sup> Em todo o mundo as massas de ar circulam, no entanto, por exemplo na Antártida, devido ao rigoroso inverno de seis meses, essa circulação não ocorre, e então formam-se círculos de convecção exclusivos naquela área, chamados de Vórtex ou Vórtice Polar.

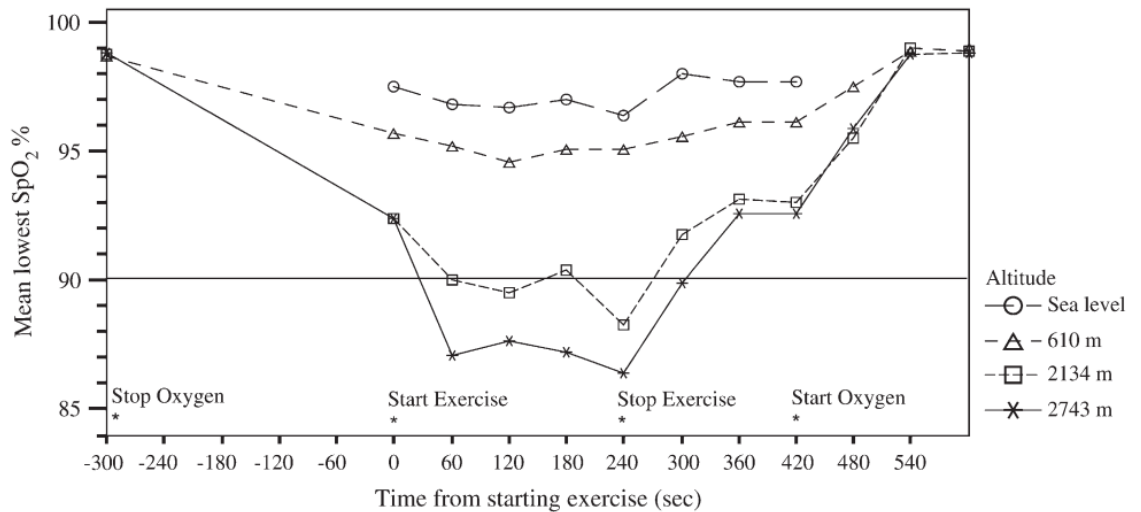
isso foi utilizado o planador DG505M, mas como a sua cabine é não pressurizada os pilotos utilizaram fatos pressurizados emprestados pela NASA. A altitude máxima possível, com essa configuração, foi calculada em 62.000 pés e a localização do estudo foi primeiro em Omarama (Nova Zelândia) e depois em El Calafate (Argentina). Os resultados desta primeira fase foram obtidos a 30 de Agosto de 2006 quando os pilotos Steve Fossett e Einar Enevoldson estabeleceram um novo recorde mundial de altitude para planadores em 50.671 pés (15.447 m) e as medições efectuadas durante o voo provaram que haviam chegado, efectivamente, à estratosfera, o que proporcionou à equipa informações valiosas a serem utilizadas na fase 2. Na fase 2 o objectivo é alcançar os 90.000 pés utilizando também ondas de montanha e do Vórtice Polar. Este estudo será feito em Agosto - Setembro de 2011 em El Calafate na Argentina (local do recorde obtido na fase 1). Esta operação requer um planador especial a ser construído. Esta aeronave chamar-se-á Perlan e será um planador altamente especializado, com cabine pressurizada, apto para voar a altas altitudes, e destinado a pesquisa atmosférica. Actualmente a aeronave Perlan é um projecto conceptual modelado e trabalhado usando um simulador. O planador Perlan terá como objectivo principal encontrar medidas que conduzam a uma melhor compreensão das ondas de montanha e os seus efeitos sobre a alteração da circulação global da estratosfera e será também utilizado como fonte de medição utilizando sensores de temperatura e velocidade. A fase 3 será tentar chegar aos 100.000 pés e efectuar longos voos internacionais utilizando o Vórtice Polar. Nesta fase poderá utilizar-se o planador construído na fase 2 ou então construir-se novos utilizando moldes idênticos. A localização deste estudo ainda não está decidida.

- ✓ *“Acute hypoxia and related symptoms on mild exertion at simulated altitudes below 3048 m.”* [19]

A tripulação de um helicóptero relatou sintomas de hipoxia abaixo dos 3.048 m (10.000 pés) e assim o objectivo deste estudo foi analisar o efeito da actividade física abaixo de 3.048 m relativamente a este factor médico. Para tal foram efectuados estudos numa câmara hipobárica do AFAMC ao nível do mar, aos 610 m, aos 2.134 m e aos 2.743 m. Os resultados obtidos revelaram uma queda abrupta dos níveis de SpO<sub>2</sub> quando a actividade física foi iniciada. Estas eram pequenas ao nível do mar (1%) e a 610 m (2,2%), enquanto que a 2.134 m os níveis de SpO<sub>2</sub> caíram 4,3% e 5,5% aos 2.743 m de altitude (para 88,1% SpO<sub>2</sub> e 85,7%, respectivamente). Os níveis de SpO<sub>2</sub> retomaram a valores próximos dos de descanso após 3 minutos de interrupção do exercício. Os sintomas de

hipoxia foram relatados significativamente com mais frequência durante a actividade física do que durante o descanso para cada uma das altitudes. Deste modo a tripulação de um helicóptero deve estar ciente de que a actividade física abaixo dos 2,134 m pode produzir sintomas de hipoxia semelhantes aos que seria normal esperar de uma pessoa em repouso a cerca de 3.658 – 4.572 m (12.000 - 15.000 pés). Assim, tal como é possível verificar através da figura 13, operar a altitudes abaixo dos 3.048 m pode não ser assim tão inofensivo como a medicina aeronáutica sugere actualmente.

**Figura 13: SpO<sub>2</sub> relacionado com actividade física e o aumento da altitude.**



Observação: A linha de SpO<sub>2</sub> de 90% equivale aproximadamente a um indivíduo em descanso a 3048 m.

Fonte: [19]

✓ “Glider accidents: an analysis of 143 cases, 2001 – 2005.” [20]

Apesar de o voo à vela ter ganhado popularidade nas últimas décadas, não é possível encontrar nenhuma análise sistemática de acidentes com planadores. Este estudo determinou assim os factores associados a acidentes com planadores (fatais e não fatais) para documentar a sua posição dentro do desporto e dos acidentes da aviação geral e também sugerir algumas melhorias e medidas preventivas. Assim foi realizada uma análise retrospectiva de acidentes com planadores durante o período de 2001-2005 no banco de dados mantido pelo NTSB. Os resultados obtidos foram um total de 117 acidentes não-fatais e 26 acidentes fatais registados com planadores durante esse período de 5 anos (figura 14).

Condições meteorológicas adversas foram a causa em 20% dos acidentes não fatais, das quais 60% ocorreram na fase de cruzeiro; a regressão logística revelou que os acidentes fatais (17,5% - figura 15) foram devidos a erro do piloto durante a fase de voo e em planadores construídos pelo próprio. Assim, a recomendação do NTSB aos proprietários de planadores “auto”-construídos foi no sentido de se prestar particular atenção às especificações da aeronave e seus limites do projecto.

**Figura 14: N° e % de acidentes com planadores em função da fase de voo**

Flight Phase	Injury Severity					
	Non-Fatal		Fatal		Total	
	N	%	N	%	N	%
Assembly	3	2.1	0	0.0	3	2.1
Tow	18	12.6	3	2.1	21	14.7
Cruise	28	19.6	16	11.2	44	30.8
Landing	68	47.6	7	4.9	75	52.4
Total	117	81.8	26	18.2	143	100.0

Fonte: [20]

**Figura 15: N° e % de acidentes em função das causas designadas pelo NTSB**

Cause	Injury Severity					
	Non-Fatal		Fatal		Total	
	N	%	N	%	N	%
Pilot	89	62.2	25	17.5	114	79.7
Weather	20	14.0	0	0.0	20	14.0
Malfunction	6	4.2	1	0.7	7	4.9
Undetermined	2	1.4	0	0.0	2	1.4
Total	117	81.8	26	18.2	143	100.0

Fonte: [20]

- ✓ *“Pulse oximetry: basic principles and applications in aerospace medicine.” [21]*

Oxímetros de pulso são aparelhos de monitorização fiáveis e não invasivos que têm ampla aplicação na medicina aeroespacial.

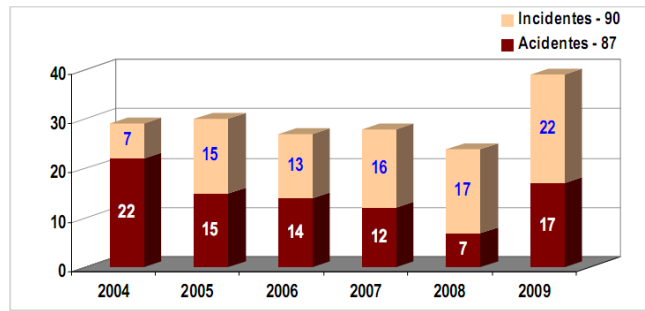
Actualmente a tecnologia permite oxímetros de pulso com um bom desempenho mesmo em ambientes adversos e inclusivamente medindo parâmetros adicionais: pequenos aparelhos movidos a baterias/pilhas podem ser usados para monitorar a saturação da oxihemoglobina ( $HbO_2$ ) durante o voo. Os oxímetros de pulso operam usando a espectrofotometria para medir a proporção de oxihemoglobina ( $HbO_2$ ) para reduzir a hemoglobina (Hb) no sangue arterial. Este valor é apresentado como a saturação da oxihemoglobina ( $SpO_2$ ). A determinação exacta da saturação de oxigénio exige um sinal de alta qualidade arterial e é limitado por exemplo por erros resultantes de movimentos, calibração e vibração. Sondas de medição de dedo convencionais podem interferir com o exercício das funções necessárias à pilotagem e o uso de capacetes e determinada roupa pode também impedir a aplicação de sensores na testa ou na orelha; por isso novos dispositivos introduzidos recentemente no mercado podem responder melhor a algumas destas limitações e permitir a medição de parâmetros adicionais. Por exemplo, projectos de novos tipos de sondas permitem maior liberdade de movimentos e incluem uma câmara de contacto e um sensor que se encaixa em torno do dedo como um anel comum. Este artigo explica assim a teoria de funcionamento e as limitações da oximetria de pulso, oferecendo também uma actualização sobre as novas tecnologias e discutindo as suas aplicações em medicina aeroespacial.

✓ “Estatísticas 2009 – GPIAA” [22]

O Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves (GPIAA) apresenta, todos os anos no seu site (<http://www.gpiaa.gov.pt>), as estatísticas de acidentes e incidentes com aeronaves civis ocorridos em território nacional e também os acidentes com aeronaves nacionais ocorridos no estrangeiro. O período considerado neste artigo abrange os últimos seis anos reflectindo-se assim uma análise estatística comparativa do período entre 2004 e 2009.

No período de 2004 a 2009, procedeu-se à investigação de 177 acidentes e incidentes. É possível verificar através da figura 16 a distribuição anual destes acidentes. A tabela 1 apresenta os movimentos ATM registados nas Regiões de Informação de Voo de Lisboa e Santa Maria entre 2004 e 2009 (dados fornecidos pela NAV – Portugal, E.P.E ao GPIAA).

**Figura 16: Acidentes e incidentes ocorridos anualmente**



Fonte: [22]

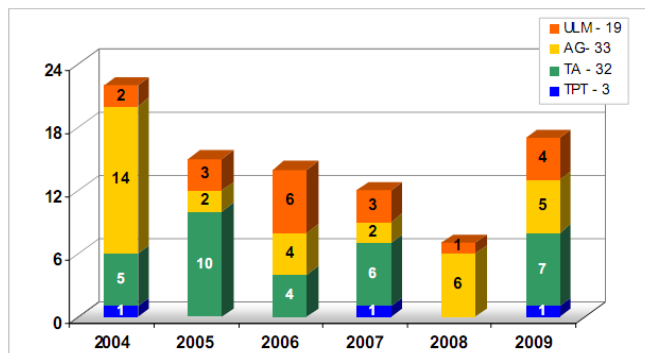
**Tabela 1: N° de movimentos ATM registados nas RIV de Lisboa e Santa Maria.**

<b>RIV LISBOA E SANTA MARIA</b>						
ANO	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Total de movimentos	479 181	497 820	524 679	558 626	576 603	546 000
Tráfego <i>IFR</i>	444 231	461 761	490 176	520 662	535 995	503 514
Tráfego <i>VFR</i>	34 950	36 059	34 503	37 964	40 608	42 486

Fonte: [22]

Analisando os acidentes ocorridos entre 2004 e 2009, distribuídos por cada sector da aviação civil (figura 17), verifica-se que a Aviação Geral (AG) e os Ultraleves Motorizados (ULM) se destacam negativamente com 52 acidentes, onde se incluem os 19 acidentes ocorridos só com os ULM. Demarcam-se os ULM da AG por ser uma actividade aérea em grande expansão e congregar grande número de adeptos e, consequentemente, merecer um estudo individualizado.

**Figura 17: Acidentes por actividade aérea**



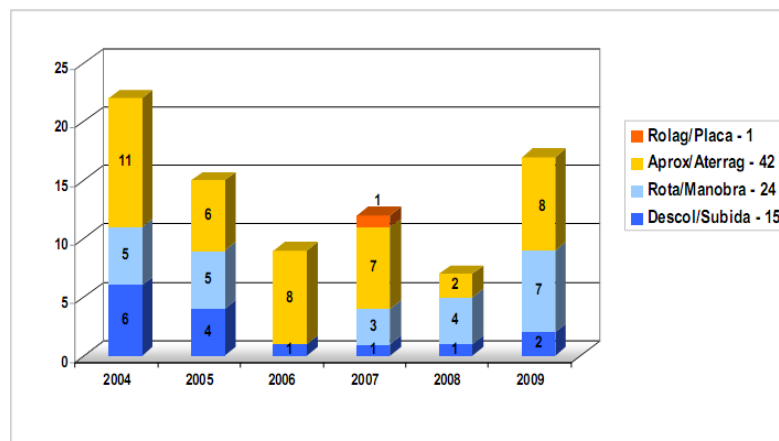
Fonte: [22]

Neste relatório do GPIAA os Planadores encontram-se inseridos na Aviação Geral pois por definição: “AG – Toda a outra actividade aérea não referida nos grupos do TA e do TPT. Inclui as actividades dos Aeroclubes e dos privados, compreende a actividade aérea de aviões, ultraleves motorizados (ULM), helicópteros, planadores, balões ou dirigíveis. Não são considerados, para efeitos de investigação, os acidentes de pára-quedismo, parapente ou asa delta sem motor. Trabalho Aéreo (TA) – Que inclui toda a actividade aérea de aviões, helicópteros, balões ou dirigíveis, exercida por empresas ou entidades com fins lucrativos e devidamente autorizadas a exercerem essas actividades, tais como, agrícolas, fotografia aérea, serviço ao INEM ou ao SNBPC, busca e salvamento, vigilância, patrulhamento, reboque de manga com publicidade, instrução de pilotagem, etc. Transporte Aéreo (TPT) – Que inclui transporte regular e não regular de passageiros, carga e correio, em aviões ou helicópteros e com fins lucrativos.”

Apesar de tudo, segundo o relatório do GPIAA em 2009 a frequência de fatalidades envolvendo ULM revela uma fase de decréscimo.

Para finalizar, o GPIAA concluiu que os acidentes ocorrem, na sua maioria, nas fases de aproximação e de aterragem (figura 18).

**Figura 18: Acidentes por fases de voo**



Fonte: [22]

### 2.3. Principais Factores Médicos Associados a Voos em Planador

Existe um número elevado de efeitos fisiológicos que podem prejudicar a segurança (*safety*) na aviação e que em alguns casos podem mesmo levar a situações de emergência durante um voo. Alguns dos principais factores médicos

importantes que podem ocorrer em pilotos de planadores são: hipoxia, hiperventilação, desorientação espacial, problemas no ouvido médio e seios nasais, doença do movimento, envenenamento por monóxido de carbono, *stress* e fadiga, desidratação e insolação, efeitos do álcool e drogas, e doenças por descompressão [1].

### 2.3.1. Hipoxia

A hipoxia ocorre quando existe um fornecimento inadequado de oxigénio necessário ao normal funcionamento do corpo humano. A hipoxia pode ser causada por diversos factores como, por exemplo, fornecimento insuficiente de oxigénio, transporte inadequado do oxigénio, ou incapacidade de utilização do oxigénio por parte dos tecidos do corpo humano. As formas de hipoxia podem ser divididas em quatro grupos diferentes baseados na sua causa, isto é:

- Hipoxia hipóxica (redução da pressão parcial de oxigénio com a altitude);
- Hipoxia estagnada (devido a uma circulação deficiente do sangue causada, por exemplo, por um problema de coração, um choque ou uma artéria obstruída; pode também ser resultado de muitos G's positivos ou de baixas temperaturas que resultam na redução da circulação sanguínea e na dificuldade de irrigação das extremidades do corpo);
- Hipoxia histotóxica (incapacidade, a nível celular, na utilização do oxigénio por envenenamento com, por exemplo, o consumo de álcool, drogas, medicamentos, etc.);
- Hipoxia hipémica (incapacidade dos glóbulos vermelhos transportarem oxigénio em quantidade suficiente devido, por exemplo, a situações de anemia, perda de sangue devido a uma doação, ou por envenenamento por monóxido de carbono).

O caso de hipoxia constitui um perigo muito sério e latente a grande altitude para os pilotos. Normalmente é de difícil reconhecimento pois os sintomas variam de indivíduo para indivíduo e os sintomas iniciais são enganosos, isto é, uma vítima de hipoxia pode sentir uma sensação de euforia e bem-estar estando já a sofrer os efeitos mais graves. A privação de oxigénio debilita o funcionamento cerebral e o de alguns órgãos vitais. Com o aumento do tempo sob privação de oxigénio as extremidades do corpo humano começam a responder mais lentamente e o voo começa a ser menos coordenado. Os sintomas mais comuns de hipoxia são os seguintes: dor de cabeça, diminuição do tempo de reacção, discernimento comprometido, euforia, diminuição da capacidade visual, sonolência, sensação de tontura ou

vertigem, sensação de formigueiro nos dedos e pés, dormência, unhas e lábios azulados (*Cyanosis*), músculos fracos, etc.. À medida que o nível de hipoxia aumenta o campo visual do piloto começa a estreitar e os instrumentos começam a parecer pouco definidos. O tratamento da hipoxia inclui voar a altitudes mais baixas e/ou utilizar oxigénio suplementar. Quando se efectuam voos a grande altitude, independentemente de se tratar de um planador ou não é imprescindível levar a bordo, e num local de fácil acesso, equipamentos que forneçam oxigénio ao piloto. Todos os pilotos estão susceptíveis aos efeitos da privação de oxigénio sendo indiferente a sua preparação física ou aclimatização.

### 2.3.2. Hiperventilação

Este factor ocorre quando o piloto está por exemplo sob *stress* emocional, sofre algum susto ou sente dor e assim a sua respiração aumenta de ritmo e intensidade. Contudo, o dióxido de carbono já se encontra a um nível reduzido no sangue e assim o resultado é uma excessiva perda deste, o que pode levar a perda de consciência. Quando pilotos de planadores encontram turbulência extrema e inesperada ou fortes zonas de descida para terreno acidentado ou água, podem inconscientemente aumentar o seu ritmo respiratório. Muitos dos sintomas de hiperventilação são idênticos aos de hipoxia mas o seu tratamento não e, por isso, é importante diagnosticar correctamente os sintomas e tratá-los de forma adequada. Deste modo, os sintomas mais comuns de hiperventilação são: dor de cabeça, diminuição do tempo de reacção, discernimento comprometido, euforia, diminuição da capacidade visual, sonolência, sensação de tontura ou vertigem, sensação de formigueiro nos dedos e pés, dormência, aparência pálida e húmida, espasmos musculares, etc.. O tratamento da hiperventilação requer a reposição dos níveis normais de dióxido de carbono no corpo humano. A melhor prevenção e tratamento é respirar normalmente mas também é possível reduzir a intensidade e o ritmo da respiração inspirando e expirando para um saco de papel ou falando em voz alta. A recuperação é habitualmente rápida após o ritmo da respiração voltar ao normal.

### 2.3.3. Desorientação Espacial

A desorientação espacial refere-se à falta de orientação em relação à posição no espaço e a outros objectos. A desorientação espacial pode ocorrer como resultado da informação ilusória dos sistemas visual e vestibular e relativamente à postura do corpo (forças de aceleração sobre os sensores de gravidade): os olhos mantêm a orientação visual; o sistema de detecção de

movimento do ouvido interno mantém a orientação vestibular; e os nervos da pele, articulações e músculos do corpo humano mantêm a orientação relativa à postura do corpo humano. Em pilotos de planadores a prevenção é o melhor remédio para a desorientação espacial. Assim, se por exemplo um planador não estiver equipado com instrumentos que permitam ao piloto efectuar o voo apenas guiando-se pelos instrumentos, e se o piloto não possuir treino de voo de planador por instrumentos, deve evitar voar em condições de visibilidade reduzida, à noite, ou quando o horizonte não for visível. É possível reduzir a susceptibilidade a ilusões de desorientação através do treino e também aprendendo a confiar totalmente nos instrumentos de voo do planador.

#### **2.3.4. Problemas no Ouvido Médio e Seios Nasais**

Como os planadores não são pressurizados as diferenças de pressão afectam os pilotos quando estes voam a altitudes elevadas. Por exemplo, subidas e descidas do planador podem provocar dores no ouvido interno e uma redução temporária da capacidade de audição. A explicação fisiológica para estes desconfortos é devido à diferença entre a pressão do ar que se encontra fora do corpo humano e à do ar que se encontra dentro do ouvido médio. O tratamento desta situação, muitas vezes dolorosa, que provoca uma redução temporária da sensibilidade auditiva, passa por apertar as narinas, fechar a boca e soprar lenta e suavemente contra a boca e o nariz. Este procedimento é denominado de *Valsalva Manoeuvre*.

#### **2.3.5. Doença do Movimento**

A doença do movimento, ou sensação de enjoo, é causada pelo conflito de mensagens recebidas pelo cérebro acerca do estado do corpo. É normal sentir-se sensação de enjoo durante os voos iniciais mas geralmente passa após os primeiros 10 voos. Outro contributo para a sensação de enjoo pode ser também a sensação de ansiedade e *stress* sentidos com o início do primeiro voo. Os sintomas da doença do movimento incluem, geralmente, desconforto, náuseas, tonturas, aparência pálida, transpiração e vómito. Para aliviar o desconforto da sensação de enjoo durante um voo deve-se abrir os respiradouros ou focar com o olhar objectos fora do planador.

### 2.3.6. Envenenamento por Monóxido de Carbono

Este factor pode ocorrer em moto-planadores pois o monóxido de carbono produzido pelos motores de combustão interna (quando situados na parte da frente do moto-planador) pode entrar para o *cockpit* e afectar a visão e a consciência do piloto sem este dar conta já que este gás é incolor e inodoro. Para alertar os pilotos existem já detectores de monóxido de carbono descartáveis que mudam de cor quando estão na presença de monóxido de carbono. Alguns sintomas de envenenamento por monóxido de carbono são: dor de cabeça, visão turva, tonturas, sonolência e/ou perda de força muscular. Quando se detecta o cheiro dos gases de escape do motor ou sempre que se sintam os sintomas atrás referidos devem imediatamente ser tomadas medidas correctivas. Alguns exemplos destas medidas passam por desligar o aquecedor, abrir os respiradouros para entrar ar fresco e, se houver disponibilidade, deve usar-se oxigénio suplementar.

### 2.3.7. Stress e Fadiga

O factor fadiga é frequentemente associado a erros de pilotagem. Alguns dos efeitos da fadiga incluem degradação de atenção e concentração, coordenação deficiente, e diminuição da capacidade de comunicação. Estes factores podem influenciar seriamente a capacidade do piloto para tomar decisões eficazes. A fadiga física pode ser resultado de falta de descanso ou exercício físico em excesso. Factores como o *stress* e o desempenho prolongado de trabalho cognitivo podem resultar em fadiga mental. O tratamento adequado para combater ou prevenir este factor é o descanso adequado.

O *stress* pode ser definido como a resposta do organismo às exigências físicas e psicológicas que lhe são impostas. Existem dois tipos de *stress*: *stress* agudo (curto prazo) e *stress* crónico (longo prazo). Normalmente um indivíduo saudável consegue lidar com o *stress* agudo e prevenir o aumento deste; no entanto, às vezes este pode transformar-se em *stress* crónico. O *stress* crónico pode ser definido como um nível de *stress* que apresenta uma carga insuportável, excedendo a capacidade de um indivíduo lidar com ele. Quando o *stress* atinge estes níveis o desempenho cai acentuadamente. Assim, não é seguro para os pilotos voarem com este nível de *stress*.

### 2.3.8. Desidratação e Insolação

A desidratação é o termo dado a uma perda crítica de água do corpo. O primeiro efeito visível da desidratação é a fadiga, o que torna o desempenho físico e mental difíceis, senão mesmo impossíveis. Um piloto de planador, muitas vezes voa por longos períodos de tempo sob temperaturas e/ou em altitudes elevadas e isso faz com que estejam particularmente susceptíveis à desidratação por dois motivos: a canópia não oferece nenhuma protecção contra o sol e, em altitudes elevadas, há menos poluentes do ar para filtrar os raios do sol. Se este líquido não for substituído, a fadiga transforma-se em tonturas, náuseas, fraqueza, sensação de formigueiro nas mãos e pés, cólicas abdominais, e sede extrema.

A insolação traduz-se numa incapacidade do organismo para controlar a temperatura e o início desta pode ser confundido com os sintomas da desidratação. Para evitar esses sintomas, é recomendável ao piloto levar para bordo um *stock* considerável de água e usá-lo com frequência em voo, quer esteja ou não com sede. Vestir roupas leves e usar chapéu para protecção contra o sol, e manter a cabine bem ventilada, auxilia em muito na dissipação do calor em excesso.

### 2.3.9. Efeitos do Álcool e Drogas

Vários estudos têm comprovado que o consumo de álcool e a deterioração de desempenho humano estão intimamente ligados. Como os pilotos têm de tomar inúmeras decisões (algumas delas em tempo crítico) no decorrer de um voo e a segurança de qualquer voo depende da habilidade dos pilotos para tomarem decisões acertadas quer durante ocorrências de rotina, quer em situações anormais, estes não devem consumir álcool. Mesmo quando ingerido em pequenas quantidades o álcool pode prejudicar a tomada de decisões, diminuir o sentido de responsabilidade, afectar a coordenação, diminuir o campo visual, afectar a memória, reduzir o poder de raciocínio, e diminuir o tempo de atenção. Do ponto de vista médico, o álcool age no corpo humano como uma anestesia geral. Quando alguém está “de ressaca” é sinal de que ainda está sob a influência de álcool. Quantidades consideráveis de álcool podem chegar a permanecer no corpo humano por mais de 16 horas e assim um piloto deve ser muito cauteloso quando voar depois de beber pois o efeito do álcool é multiplicado quando se está exposto a altitudes elevadas.

A *performance* de um piloto pode igualmente, ser seriamente prejudicada por determinados medicamentos. Muitos deles, tais como tranquilizantes, sedativos, analgésicos fortes, e supressores de tosse, têm efeitos primários

que podem prejudicar o julgamento, memória, atenção, coordenação, visão e capacidade de fazer cálculos. Outros, como os anti-histamínicos, medicamentos para a tensão arterial, relaxantes musculares, e agentes de controlo da diarreia e enjoo, têm efeitos secundários que podem afectar as mesmas funções críticas. Qualquer medicação que deprima o sistema nervoso, como um calmante, sedativo, ou anti-histamínico, pode tornar um piloto muito mais susceptível à hipoxia. O perigo das drogas ilegais também está bem documentado. Certas drogas podem ter efeitos alucinatórios que apenas se manifestem dias ou mesmo semanas depois de serem tomadas.

### 2.3.10. Doenças por Descompressão

A redução da pressão atmosférica durante o voo pode manifestar-se em problemas físicos nos pilotos tal como acontece com os mergulhadores. Num voo, a pressão atmosférica reduz-se com o aumento da altitude e isto leva a que o nitrogénio possa sair da corrente sanguínea e tecidos do corpo a um ritmo acelerado levando à formação de bolhas de nitrogénio no corpo humano. Esta saída rápida de nitrogénio é dolorosa e incapacitante e os sintomas de DCS<sup>5</sup> podem ser sentidos a altitudes tão baixas como, aproximadamente, 8.000 pés MSL. Os primeiros socorros a aplicar após aparecerem os sintomas da doença de descompressão são, tal como visto anteriormente: utilizar oxigénio a 100%; hidratar bebendo soluções isotónicas (água com 1/3 de sumo de maçã; 1/2 colher de chá de sal) ou transportar o paciente para uma câmara hiperbárica durante 2 a 5 horas.

## 2.4. Conclusão

Após uma investigação preliminar baseada em diversos artigos e livros foi possível verificar que o estudo sobre factores fisiológicos em pilotos de planadores ainda se encontra relativamente pouco aprofundado apesar da crescente procura actualmente por este tipo de modalidade desportiva. Talvez por isso a legislação actual sobre os requisitos médicos para estes pilotos seja algo ligeira e ainda em actualização<sup>6</sup>. No entanto tal como é referido no relatório do GPIAA [22] tem havido um aumento do tráfego VFR em Portugal e assim é importante considerar efectuar mais estudos e uma maior divulgação dos mesmos para que a segurança aérea seja mantida sob controlo.

<sup>5</sup> Ver, a propósito, no Capítulo 2 (Estado da arte), o artigo de Knueppel (1998) sobre os principais sintomas de DCS e as respectivas medidas preventivas / de tratamento [16].

<sup>6</sup> Ver site do INAC: [www.inac.pt](http://www.inac.pt) e/ou nota de rodapé 2 na página 9.

Foram também descritos neste capítulo os principais factores médicos a que um piloto de planador pode estar sujeito, com especial ênfase para a Hipoxia, cujos sintomas principais se resumem do seguinte modo (tabela 2):

**Tabela 2: Hipoxia – sintomas principais**

Hipoxia
<ul style="list-style-type: none"><li>- Dor de cabeça;</li><li>- Diminuição do tempo de reacção;</li><li>- Discernimento comprometido;</li><li>- Euforia;</li><li>- Diminuição da capacidade visual;</li><li>- Sonolência;</li><li>- Sensação de tontura ou vertigem;</li><li>- Sensação de formigueiro nos dedos e pés;</li><li>- Dormência;</li><li>- Unhas e lábios azulados (<i>Cyanosis</i>);</li><li>- Músculos fracos;</li><li>- Etc.</li></ul>

Fonte: [1]

### 3. Caso de Estudo

#### 3.1. Introdução

A zona da Covilhã possui excelentes condições topográficas e meteorológicas que permitem o voo à vela e para o demonstrar descrevemos em seguida algumas informações sobre a região.

Após a pesquisa do estado da arte actual e tendo em conta os meios disponíveis na região bem como os facultados pela Universidade da Beira Interior verificou-se que apenas seria possível estudar, no âmbito deste trabalho, um factor médico que possa eventualmente prejudicar a segurança do voo à vela. Assim decidimos pela hipoxia. A hipoxia é um factor muito importante a tomar em atenção na região de voo da Covilhã e da Serra da Estrela pois como se trata de uma zona topograficamente muito acidentada e a requerer voos a grande altitude a privação da quantidade normal de oxigénio durante algum tempo pode levar a que o piloto responda mais lentamente, o voo comece a ser menos coordenado, e os padrões de segurança sejam colocados em causa.

#### 3.2. Voo à Vela (*Gliding*) na Zona da Covilhã

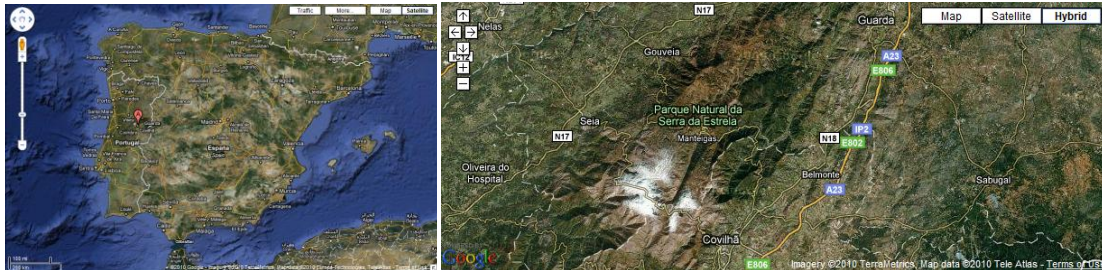
O que significa dizer que existem “boas condições para a prática do voo à vela”? Uma das respostas possíveis é que existem boas condições para a prática da modalidade se um planador conseguir voar durante muito tempo, grandes distâncias e alcançar altitudes elevadas [23]. E na região da Covilhã, apesar de pouco conhecida, existem boas condições para a prática do voo à vela ao longo de quase todo o ano!

##### 3.2.1. Escolha do Local (Covilhã)

Para ganharem altitude os planadores necessitam de correntes de ar ascendentes e tal como visto anteriormente existem várias formas de o conseguir, isto é, existe ar ascendente das térmicas (quando massas de ar sobre a terra absorvem o calor do sol e libertam bolsas de ar quente ascendentes) ou ar ascendente perto de montanhas ou vales (quando o vento sopra contra uma colina ou montanha e este tem de subir para a ultrapassar). Deste modo e tal como podemos verificar nos mapas das figuras 19 e 20 seguintes, a zona da Covilhã encontra-se numa posição privilegiada pois o vento dominante permite a formação de correntes de ar ascendentes que vão

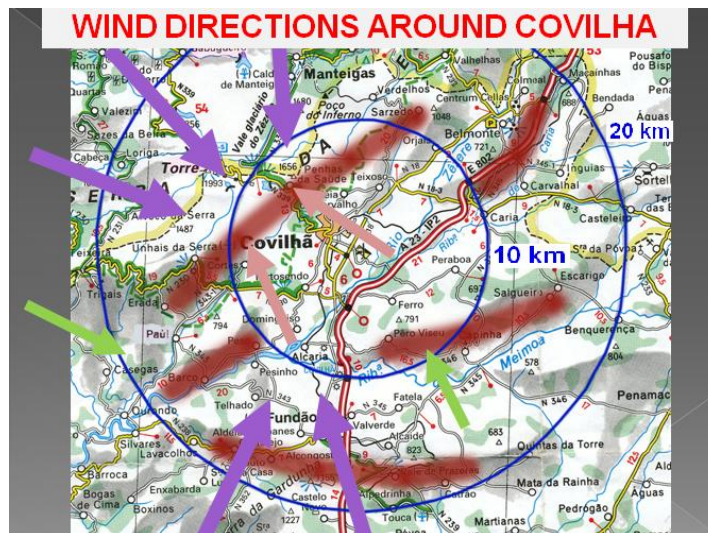
possibilitar as 3 formas clássicas de voar à vela (voo de montanha, voo em onda e voo em térmica).

Figura 19: Localização da Covilhã (A) e topografia da região



Fonte: [24]

Figura 20: Direção dos ventos na região da Covilhã



Observação: (curvas a vermelho = áreas montanhosas)

Fonte: [23]

Além disto também é possível estudar as nuvens para se verificar a probabilidade de existência ou não de correntes de ar ascendente, isto é, no caso da existência de térmicas existem normalmente nuvens do tipo “cumulus” na atmosfera e nuvens do tipo “lenticular” no caso da existência de ar ascendente em onda (*wave lift*) [23].

As nuvens são classificadas com base em dois critérios: aparência e altitude. Na tabela 3 seguinte encontra-se o resumo dos 10 tipos principais de nuvens [25].

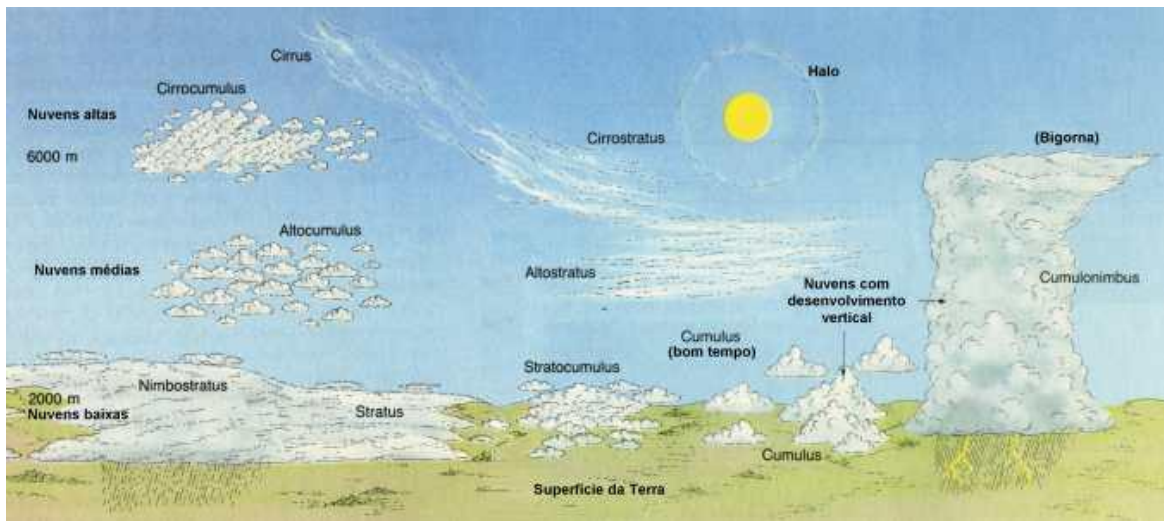
**Tabela 3: Classificação dos diferentes tipos de nuvens**

FAMÍLIA DE NUVENS	TIPO DE NUVEM	CARACTERÍSTICAS
Nuvens altas (acima de 6000 m)	<b>Cirros (Ci)</b>	Nuvens finas, delicadas, fibrosas, formadas de cristais de gelo.
	<b>Cirrocumulos (Cc)</b>	Nuvens finas, brancas, de cristais de gelo, na forma de ondas ou massas globulares em linhas. É a menos comum das nuvens altas.
	<b>Cirroestratos (Cs)</b>	Camada fina de nuvens brancas de cristais de gelo que podem dar ao céu um aspecto leitoso. Às vezes produzem halos em torno do sol ou da Lua.
Nuvens médias (2000 - 6000 m)	<b>Alto cumulos (Ac)</b>	Nuvens brancas a cinzas constituídas de glóbulos separados ou ondas.
	<b>Altoestratos (As)</b>	Camada uniforme branca ou cinza, que pode produzir precipitação muito leve.
Nuvens baixas (abaixo de 2000 m)	<b>Etratocumulos (Sc)</b>	Nuvens cinzas em rolos ou formas globulares, que formam uma camada.
	<b>Estratos (St)</b>	Camada baixa, uniforme, cinza, parecida com nevoeiro, mas não baseada sobre o solo. Pode produzir chuveiro.
	<b>Nimboestratos (Ns)</b>	Camada amorfa de nuvens cinza escuro. Uma das mais associadas à precipitação.
Nuvens com desenvolvimento vertical	<b>Cumulus (Cu)</b>	Nuvens densas, com contornos salientes, ondulados e bases frequentemente planas, com extensão vertical pequena ou moderada. Podem ocorrer isoladamente ou dispostas próximas umas das outras.
	<b>Cumulonimbos (Cb)</b>	Nuvens altas, algumas vezes espalhadas no topo de modo a formar uma "bigorna". Associadas com chuvas fortes, raios, granizo e tornados.
<u>Observação:</u> Nimboestratos e Cumulonimbos são as nuvens responsáveis pela maior parte da precipitação.		

Fonte: [25]

Na figura 21 seguinte encontra-se representado esquematicamente a forma destes 10 tipos diferentes de nuvens reconhecidos internacionalmente e referidos na tabela anterior.

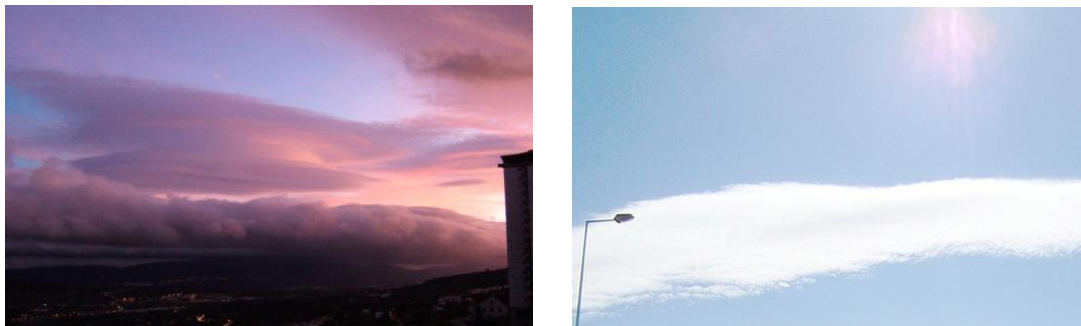
**Figura 21: Esquema dos diferentes tipos de nuvens**



Fonte: [25]

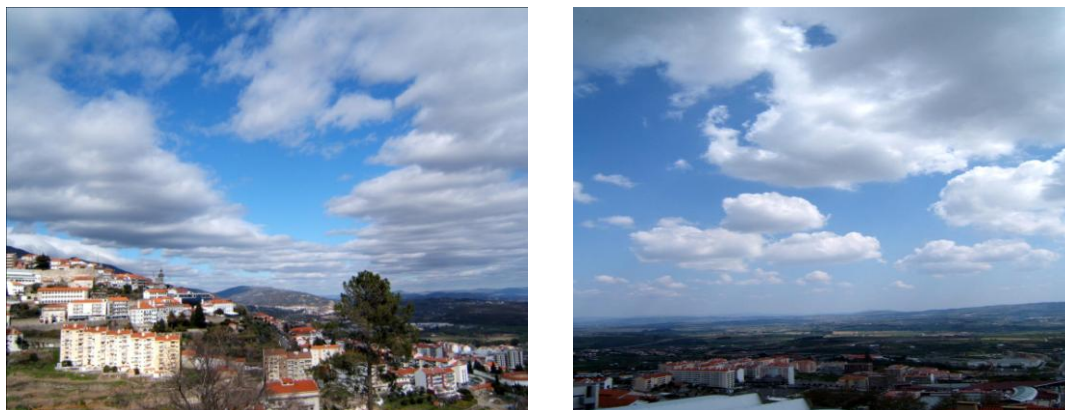
Na zona da Covilhã aparecem frequentemente nuvens que atestam a probabilidade de existência de correntes de ar ascendentes (figuras 22, 23 e 24).

**Figura 22: Nuvens *Lenticulares* na Covilhã**



Fonte: [26]

**Figura 23: Nuvens *Cumulus* na Covilhã**



Fonte: [26]

**Figura 24: Nuvens *Cumulus* na Covilhã a formar *Cloud Streets***

Fonte: [10]

Um dos factores fundamentais no Voo à Vela são, tal como já mencionado anteriormente, as condições meteorológicas, e o saber avaliar estas correctamente é fundamental para se voar em segurança. Ao se negligenciar a leitura e interpretação das condições meteorológicas aumenta a probabilidade de ocorrência de factores que podem levar a que ocorram incidentes / acidentes [27]. A meteorologia é a ciência que estuda a atmosfera terrestre e normalmente é conhecida como “a previsão do tempo” ou “a climatologia”. As condições do tempo são descritas em termos de alguns elementos básicos, que são quantidades ou propriedades medidas regularmente através de um balão meteorológico (sonda), que está equipado com barómetro, termómetro e higrómetro, além de um emissor rádio que vai transmitindo os dados continuamente para uma estação meteorológica terrestre à medida que a sonda ganha altitude. As propriedades mais importantes são: a temperatura do ar, a humidade do ar, a pressão do ar, a velocidade e direcção do vento, o tipo e a quantidade de precipitação, e o tipo e quantidade de nuvens. Estas propriedades variam tanto no tempo como no espaço (x, y, z) e assim, quando se pretende voar num determinado local, deve adquirir-se o hábito de pelo menos na véspera se consultar a informação meteorológica disponível, a fim de se obterem todos os detalhes importantes para o dia do voo.

Para se avaliarem as condições de voo, não basta a análise da direcção e intensidade do vento pois existe um conjunto de factores fundamentais para a operacionalidade do mesmo e para a segurança do piloto. Os tefigramas são uma ferramenta óptima para a avaliação das condições de voo e encontram-se disponíveis na internet em alguns dos *sites* de meteorologia<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Exemplos de sites de meteorologia na internet que disponibilizam tefigramas: [http://www.meteoblue.com/pt\\_PT/](http://www.meteoblue.com/pt_PT/); <http://ready.arl.noaa.gov/READYmet.php>; <http://www.xcskies.com/myxcskies>; <http://www.meteocovilha.com/>; <http://climetua.fis.ua.pt/main/otempo.php>; <http://www.meteoaeronautica.com/>. Caso não se conheçam exactamente as coordenadas do local do voo pode pesquisar-se em: <http://www.fallingrain.com/world/PO/>.

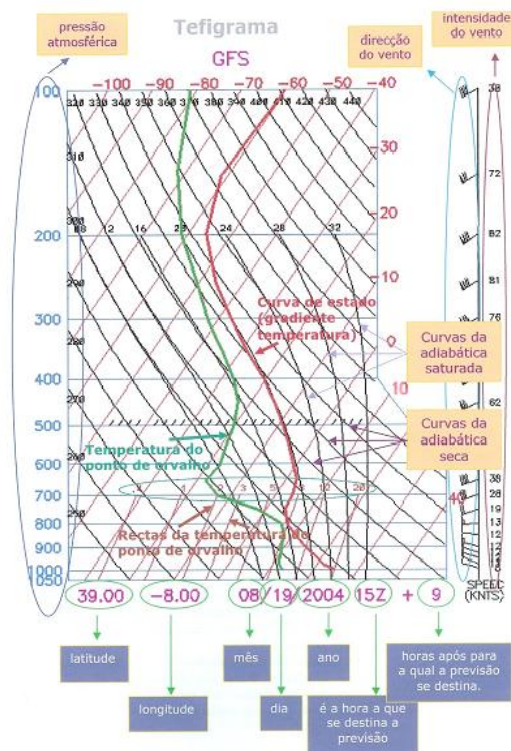
Saber interpretar o tefigrama é fundamental para todos aqueles que praticam o voo livre.

O tefigrama fornece um conjunto agregado de informações que são cruciais para a segurança, tais como:

- a direcção e intensidade do vento;
- a temperatura em diferentes altitudes;
- o tecto com ou sem nuvens;
- se existe estabilidade ou instabilidade;
- se as térmicas são ou não potentes;
- se existem, ou não, nuvens com grande desenvolvimento vertical;
- se existe muita ou pouca humidade no ar;
- onde se encontram as inversões;
- se existe, ou não, cirros em altitude;
- etc..

A figura 25 ilustra o exemplo de um tefigrama, devidamente legendado.

**Figura 25: Tefigrama legendado**

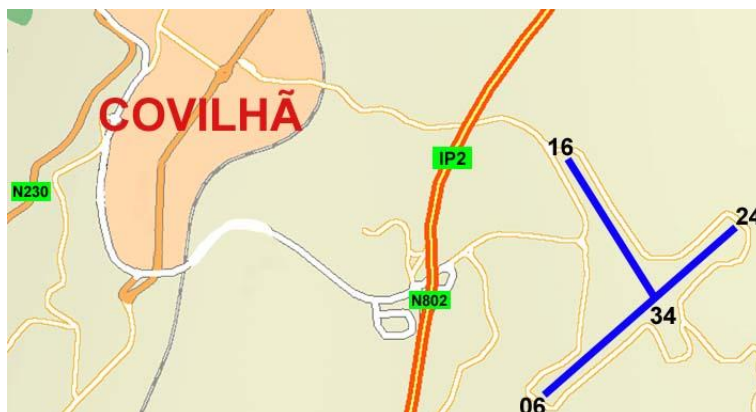


Fonte: [27]

### 3.2.2. Localização do Aeródromo

O trabalho experimental deste estudo teve por base o Aeródromo Municipal da Covilhã (LPCV) e tal como é possível visualizar nas figuras 26 e 27 seguintes este possui duas pistas<sup>8</sup>.

**Figura 26: Aeródromo Municipal da Covilhã (LPCV)**



Fonte: [28]

**Figura 27: Vista aérea do aeródromo LPCV**



Fonte: [29]

<sup>8</sup> Além das imagens das figuras 26 e 27 relativas ao aeródromo LPCV encontra-se em anexo (anexo 1) uma carta de aproximação visual ao mesmo.

Nas tabelas 4 e 5 seguintes encontram-se resumidas algumas informações úteis sobre o aeródromo em questão e as respectivas pistas.

**Tabela 4: Características principais das pistas do aeródromo LPCV**

QFU	Comp.	Larg.	Piso	T.Aeron	Declive
06/24	960m	23m	Betão	Ligeiros	1,5%
16/34	650m	40m	Saibro	Ligeiros	0%

Fonte: [28]

**Tabela 5: Características do aeródromo LPCV**

<b>Localização</b>	Covilhã
	2 Km (1,1 NM) SSE
<b>Dados de Referência</b>	LAT: 40°15,55'N
	LONG: 007°28,43'W
	Elevação: 482m/1581FT
	Temperatura média máxima: 17° C
	Temperatura média mínima: 7° C
	Nebulosidade anual (média): 4.5
	Precipitação anual (média): 2320 mm
<b>Tráfego Autorizado</b>	VFR - Visual flight rules (MTOW = ou < 5700KG)
	Operação de Ultraleves
<b>Horário de Operação</b>	Aeródromo: HO (Serviço disponível de acordo com requisitos operacionais) Seg. a Sex.: 08:00/18:00 LMT Voos fora deste período devem ser comunicados com 4 horas de antecedência. Sab., Dom. e Feriados - A pedido, com 24 horas de antecedência. Exceptuam-se voos de emergência médica
	Segurança: H24
<b>Combustível e Lubrificante</b>	AVGAS 100LL
<b>Restrições Locais</b>	Obstáculos: Superfície de transição a Este da pista perfurada pelo terreno e por edifícios. Superfície de transição a Oeste da pista nas proximidades da soleira 24, perfurada por árvores de grande porte. Os primeiros 60 m de cada pista não devem ser utilizados devido a irregularidades nas faixas da pista.

<b>Procedimentos</b>	AFIS - Vedada a prestação de serviço Freq: 122.000MHZ Cobertura: 15NM Tipo Emissão: A3E
	FIS - (Sector Norte) Freq: 130.900MHZ
	Locator: "COV" Freq: 360 KHZ Cobertura: 25NM Tipo Emissão: NON/A2A
<b>Informação Adicional</b>	Hangares: 1- 300 m <sup>2</sup> (20x15) Porta 15X4 m

Fonte: [28]

### 3.3. Trabalho Experimental

Será que o factor médico Hipoxia pode pôr em causa a segurança de voo em planadores quando estes se encontram a operar próximo da montanha na Serra da Estrela?

De seguida apresentamos uma descrição sucinta do equipamento utilizado para tentar responder a esta questão.

#### 3.3.1. Planador Utilizado

O planador utilizado foi o bilugar que consta das imagens das figuras 28 e 29 seguintes.

**Figura 28: Planador Duo Discus D-6769**



Fonte: [29]

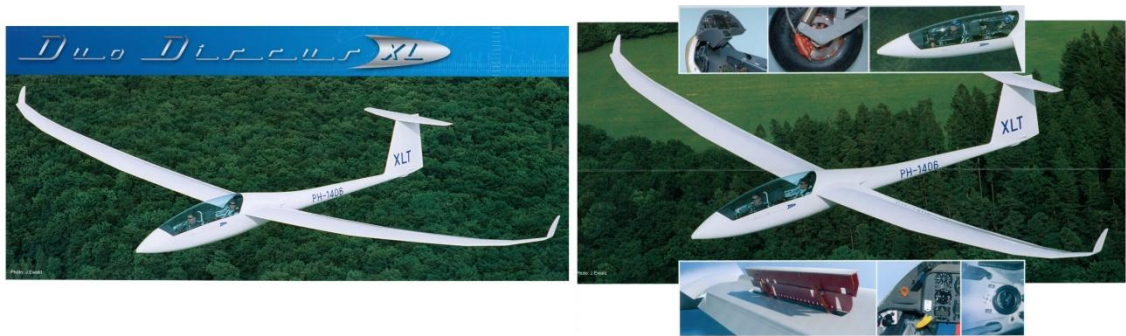
**Figura 29: Planador Duo Discus D-6769**



Fonte: [29]

O Duo Discus D-6769 foi fabricado na Alemanha, em Kirchheim/Teck Stuttgart. A fábrica, Schempp-Hirth Flugzeug-Vertriebs GmbH disponibilizou-nos diversa informação relativa a este planador, e que consta das figuras 30 / 31 e da tabela 6 seguinte.

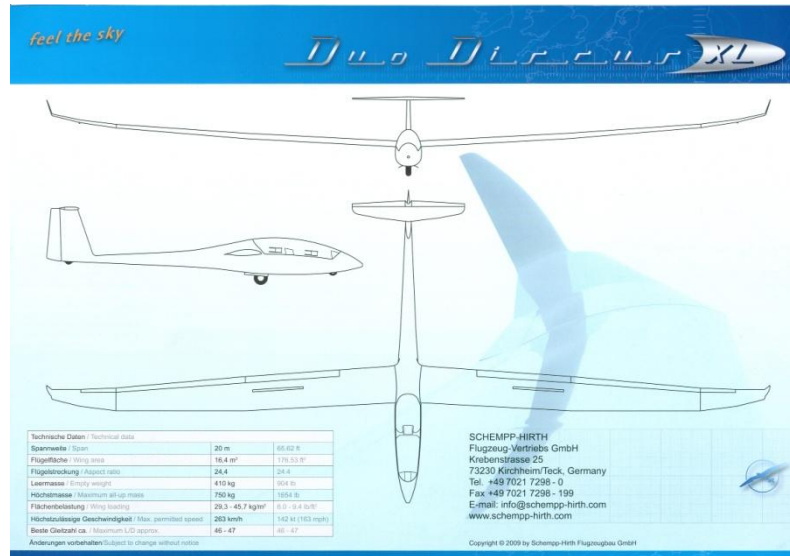
**Figura 30: Modelo Duo Discus XL<sup>9</sup>**



Fonte: [30]

<sup>9</sup> A diferença entre o modelo Duo Discus XL e o Duo Discus utilizado neste estudo é que o primeiro já possui Winglets.

Figura 31: Planta do planador Duo Discus XL



Fonte: [30]

Tabela 6: Especificações técnicas do planador Duo Discus

<i>Span</i>	20 m	65.62 ft
<i>Wing área</i>	16,4 m <sup>2</sup>	176.53 ft <sup>2</sup>
<i>Aspect ratio</i>	24,4	24.4
<i>Empty weight</i>	410 Kg	904 lb
<i>Maximum all-up mass</i>	750 Kg	1654 lb
<i>Wing loading</i>	29,3 – 45,7 Kg/m <sup>2</sup>	6.0 – 9.4 lb/ft <sup>2</sup>
<i>Max. permitted speed</i>	263 Km/h	142 kt (163 mph)
<i>Maximum L/D approx</i>	46 – 47	46 - 47

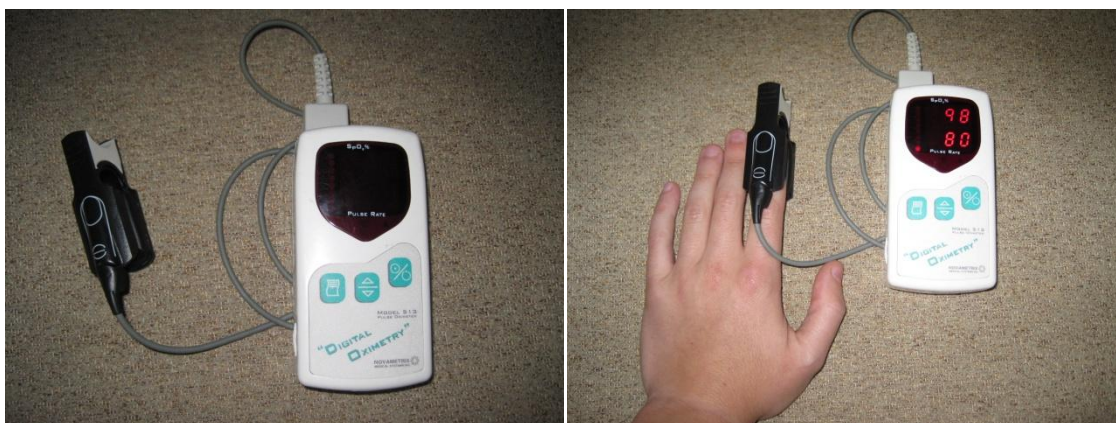
Fonte: [30]

### 3.3.2. Equipamento Médico

O oxímetro de dedo é um aparelho destinado a medir de forma não invasiva a percentagem de oxigénio no sangue (SpO<sub>2</sub>) e a frequência cardíaca (pulsação). Trata-se de um equipamento especialmente concebido para detectar hipoxia.

O equipamento utilizado (figura 32) foi o Oxímetro Portátil Novamatrix 513®, gentilmente cedido pela GASIN.

**Figura 32: Oxímetro utilizado**



Fonte: [29]

### 3.3.3. Procedimentos

Tal como mencionado, no trabalho experimental socorremo-nos do Oxímetro Portátil Novamatrix 513® para registar os níveis de oxigénio no sangue dos pilotos ao longo de todo voo. Foram utilizados dois equipamentos iguais e em simultâneo para tentar colmatar possíveis contratempos como por exemplo falha de algum dos sensores devido ao excesso de calor e de luminosidade existentes. Através da tecnologia que o planador Duo Discus D-6769 possui (figura 33) foi também possível registar os percursos dos voos bem como as altitudes atingidas em cada momento.

Os testes em voo começaram pelas 16 horas, sendo que o mais relevante foi no dia 07/08/2010 e teve uma duração aproximadamente de 3 horas. Foram seguidas todas as medidas de segurança. Os equipamentos médicos iniciaram os registos ainda ao nível da altitude do aeródromo LPCV. Foi colocado o cabo de reboque à aeronave que se encontra na figura 34 e com ajuda no solo foi iniciada a descolagem. Aos comandos da aeronave D-EKCD encontrava-se o Dr. Arlindo Silva e o Piloto do Planador D-6769 foi o Dr. António Conde.

**Figura 33: Instrumentos de voo do cockpit do planador Duo Discus D-6769**



Fonte: [29]

**Figura 34: Aeronave rebocadora D-EKCD**



Fonte: [29]

Durante o voo foram registadas imagens com a ajuda de uma câmara fotográfica. Algumas destas imagens encontram-se nas figuras 35 a 38 seguintes.

**Figura 35: Na descolagem do aeródromo LPCV**



Fonte: [29]

**Figura 36: Pormenor da Torre, no cume da Serra da Estrela**



Fonte: [29]

**Figura 37: Sobrevoando a Serra da Estrela**



Fonte: [29]

**Figura 38: Na aproximação ao aeródromo LPCV**



Observação: Ainda com bastante altitude.

Fonte: [29]

### 3.4. Conclusão

A Serra da Estrela em geral, e a zona da Covilhã em particular, possuem excelentes condições topográficas e meteorológicas que permitem o voo à vela<sup>10</sup>.

Acrescem as boas infra-estruturas existentes no aeródromo LPCV, que atraem um número cada vez maior de praticantes da modalidade.

Precisamente este crescimento do interesse pelo voo à vela está no cerne das nossas preocupações pelo perigo que o factor Hipoxia pode representar em pilotos menos despertos para o problema.

Assim, recorrendo ao auxílio de pilotos experientes, fomos avaliar se o sobrevoo da montanha conduzia efectivamente ao abaixamento dos níveis de oxigénio no sangue, e se tal facto conduzia a níveis de desempenho na pilotagem que contradissem a segurança de voo.

Toda a literatura especializada refere isso mesmo, mas na prática poucos são os estudos que o comprovam.

Se é certo que os testes por nós efectuados atestam a importância do fenómeno, por outro temos a consciência de que poderíamos – e podemos, ir mais além, na procura de soluções que possam minorar, ou eliminar, em tempo real, os perigos da hipoxia no desempenho operacional dos pilotos em geral, e dos de planador em particular.

Disso mesmo damos conta no capítulo 4, seguinte.

---

<sup>10</sup> Ver, a propósito, anexo 2 onde se encontra um artigo relativo ao voo à vela na zona da Covilhã.

## 4. Análise de Resultados

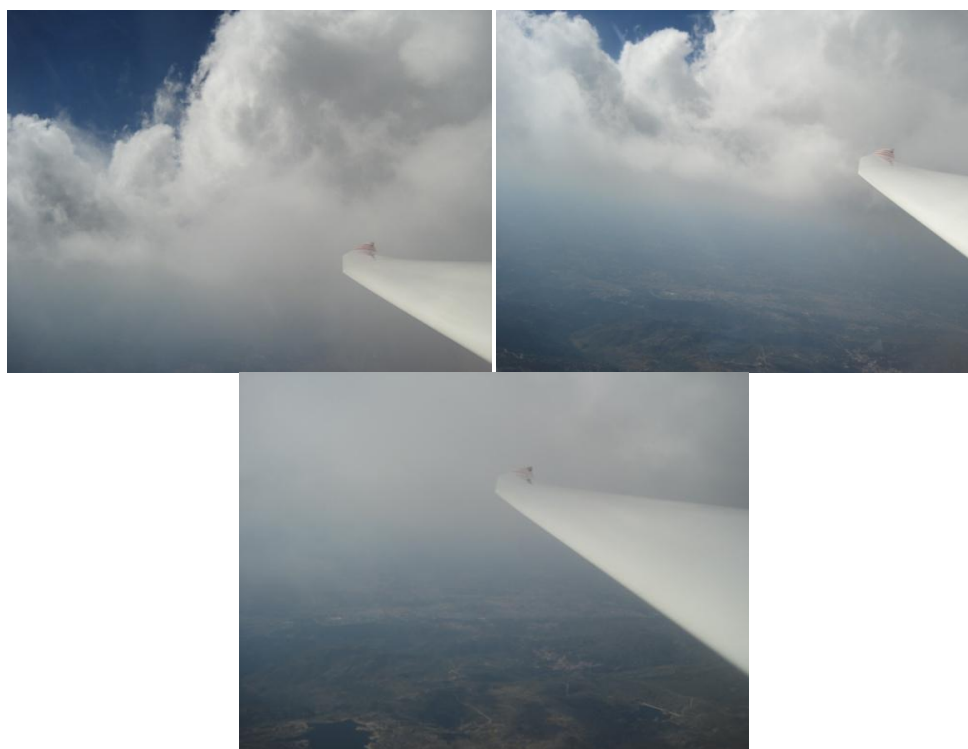
### 4.1. Introdução

Tal como referido oportunamente passamos a apresentar e a discutir os resultados experimentais obtidos em voo. Numa primeira fase serão apresentados os registos das oximetrias e, no final, far-se-á a discussão dos resultados à luz, quer dos artigos referidos no capítulo 2, quer da informação entretanto recolhida junto do CMA e da SFV da FAP relativa a testes de pilotos em câmara hipobárica.

O Planador utilizado para efectuar o estudo do dia 07/08/2010 (D-6769) possui no seu painel de instrumentos um *logger* que gravou todo o percurso efectuado. Deste modo, foi possível verificar que os testes em voo foram realizados em torno dos 3.050 m de altitude.

Algumas imagens que provam que durante o voo do dia 07/08/2010 atingimos realmente o tecto de nuvens são as da figura 39.

**Figura 39: Tocando as nuvens a 3.500m!**

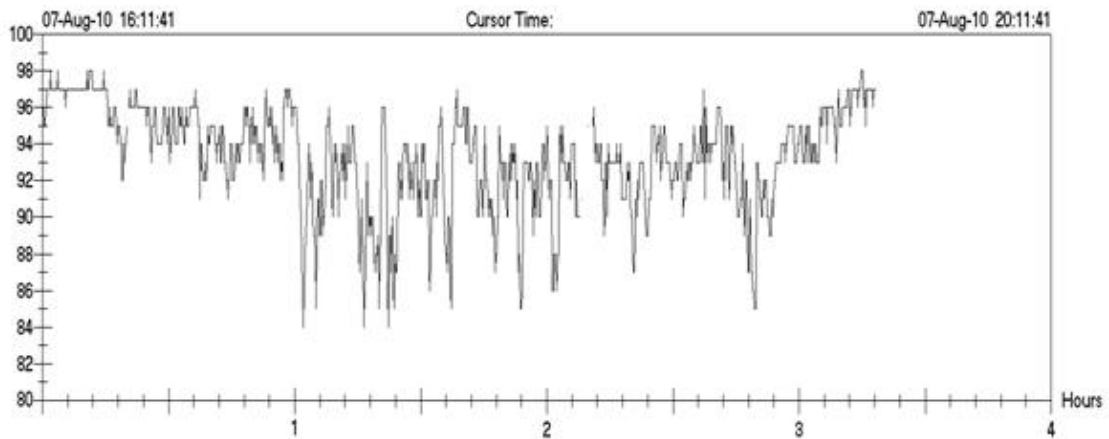


Fonte : [29]

## 4.2. Registos das Oximetrias

Os registos obtidos com os oxímetros<sup>11</sup> durante o voo de planador do dia 07/08/2010 foram os representados na figura seguinte. O gráfico da figura 40 indica os valores dos níveis de oxigénio (% de SpO<sub>2</sub>) em função do tempo (em horas).

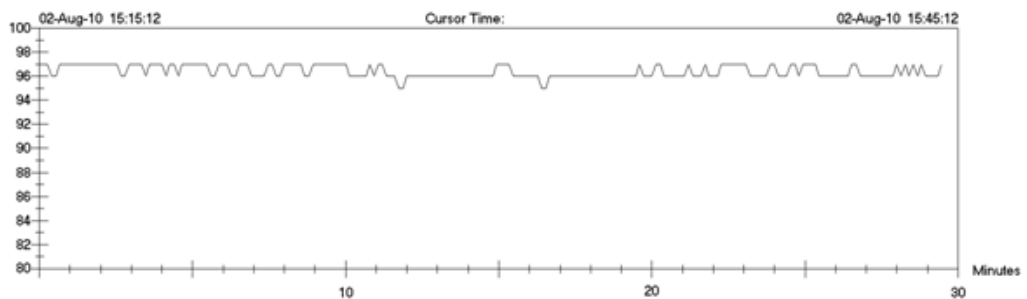
**Figura 40: Oximetrias do voo do dia 07/08/2010**



Fonte: [31]

Para a obtenção de um valor padrão foi solicitado ao piloto que efectuasse alguns registos em repouso no local onde normalmente habita. Assim, encontram-se na figura 41 seguinte os registos de referência do mesmo obtidos aproximadamente a 1.000 m de altitude.

**Figura 41: Oximetrias realizadas no local de residência**



Fonte: [31]

<sup>11</sup> Oxímetro Portátil Novamatrix 513®

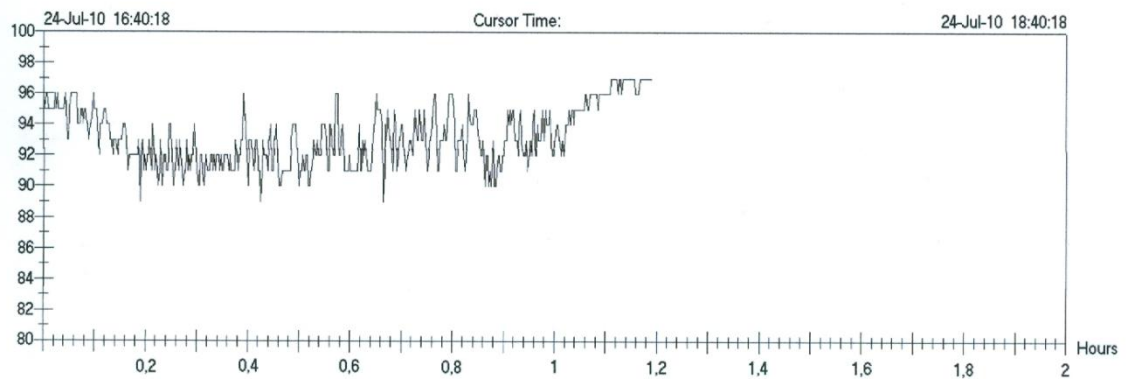
Apesar dos testes em voo de planador se terem prolongado por mais de três horas, e a uma altitude média de 3.050 m (sensivelmente 1.050 m acima do cume da Serra da Estrela), ainda foram testados outros voos que corroborassem / complementassem os dados obtidos.

No entanto, a partir do momento em que os equipamentos da Gasin nos foram disponibilizados, houve uma série de ocorrências que impediram a repetição da experiência, ora relacionadas com a operacionalidade dos oxímetros, ora com a disponibilidade dos pilotos, ora com as condições atmosféricas.

Assim, e complementarmente, resolvemos trazer aqui uma outra experiência realizada também no âmbito deste trabalho.

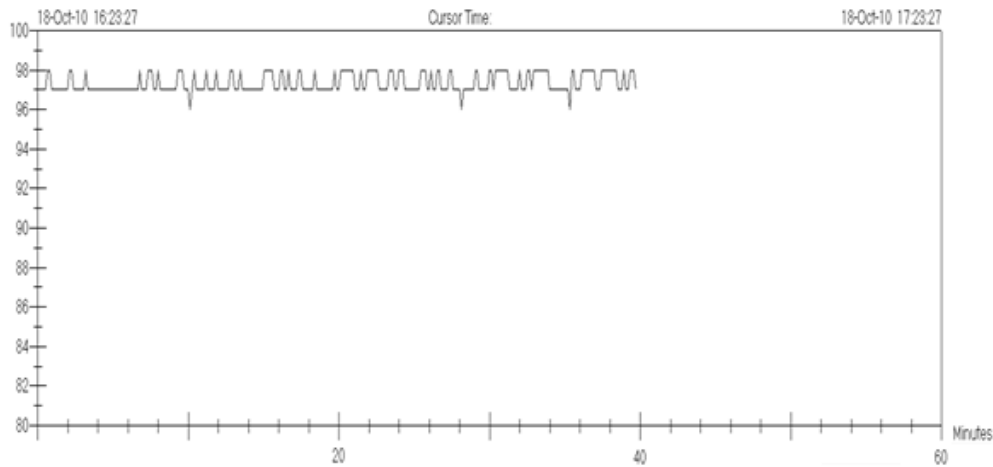
Efectivamente, para além do voo em Planador do dia 07/08/2010 foi previamente efectuado um outro de teste em ultraleve (dia 24/07/2010) para verificar a operacionalidade do equipamento médico. Este voo durou pouco mais de 1 hora, a uma altitude média de 9.000 pés (aproximadamente 2.750 m). Assim, os resultados das oximetrias obtidas durante o voo de ultraleve, bem como os de referência desse piloto foram os das figuras 42 e 43 seguintes.

**Figura 42: Oximetrias do voo do dia 24/07/2010**



Fonte: [31]

**Figura 43: Oximetrias realizadas no local de residência**



Fonte: [31]

### 4.3. Análise Comparativa dos Resultados Obtidos

Após análise dos resultados obtidos (e descritos) nas figuras (40 a 43) anteriores foi possível retirar diversas conclusões. Apesar de não ter sido possível efectuar mais voos em planador e de os equipamentos médicos utilizados não terem sido fáceis de utilizar num clima como o da Covilhã os dados obtidos ainda assim deram já um contributo muito importante para atingirmos os objectivos inicialmente propostos para este estudo.

Assim, do teste em Ultraleve foi possível retirar as seguintes conclusões:

- a parte inicial, isto é, nos primeiros 20 / 25 minutos de voo não houve grande alteração nos níveis de SpO<sub>2</sub> pois foi a subida até aos 9.000 / 9.500 pés (2.750 / 2.900 m);
- durante o voo a maior altitude a variabilidade dos níveis de SpO<sub>2</sub> é bastante maior comparativamente aos valores de referência medidos no solo (figura 43), isto é, no solo os níveis de SpO<sub>2</sub> apenas variam entre 97% / 98% enquanto que a 9.500 pés (2.900 m) os valores de SpO<sub>2</sub> variam entre 89% / 96%;
- no final do voo (fase da descida) a oximetria subiu acima dos valores iniciais (fase de início do voo), isto é, sobe até aos 97% / 98% enquanto que inicialmente apenas estava nos 95% / 96%. Isto pode dever-se ao facto de a descida ter sido repentina (aproximadamente 5 minutos) e o piloto, apesar de respirar com a mesma intensidade e frequência, passou a ter de repente maior concentração de O<sub>2</sub> no ar.

Relativamente ao teste em Planador, os registos das oximetrias revelaram que:

- a partir do momento em que se começou a sobrevoar a Serra da Estrela, a grande altitude (aproximadamente às 16h25min), os níveis de SpO<sub>2</sub> começaram a baixar até valores da ordem dos 92%;
- a partir daí voou-se a altitudes ainda mais elevadas (10.000 pés ≈ 3.050 m) e os níveis de oximetria desceram ainda mais, até aos 84%. A variabilidade foi bastante grande, isto é, enquanto que nos valores de referência medidos no solo (figura 41) os valores dos níveis de SpO<sub>2</sub> variaram apenas entre 95% e 97% (sendo que na maior parte do tempo foi entre 96% e 97%) a grande altitude variam entre os 84% e 97% (figura 40);
- no final do voo, quando se iniciou a descida e posteriormente se aterrou, a recuperação foi relativamente rápida e os níveis de oximetria do piloto voltaram a ser idênticos aos iniciais (98%).

Deste modo, será que a variação dos níveis de SpO<sub>2</sub> foi maior em altitude porque se deveu a alguma inadaptação do piloto à altitude ou às suas manobras / movimentos? 84% de nível de SpO<sub>2</sub>, apesar de não ser um valor crítico, também não é um valor habitual para um indivíduo ao nível do solo. Logo, será que o piloto sofrerá simultaneamente algum efeito cognitivo?

#### 4.4. Conclusão

Tal como indicado oportunamente existem vários factores que podem influenciar o fenómeno da hipoxia. Alguns dos mais importantes são os da tabela 7.

**Tabela 7: Factores que influenciam a hipoxia**

1. Altitude
2. Razão de subida
3. Duração da exposição
4. Tolerância individual
5. Actividade física
6. Temperaturas ambientes
7. <i>Stresses</i> auto-impostos

Fonte: [32]

A altitude máxima atingida durante os nossos voos foi de 10.000 pés (3.050 m). Mas apesar de apenas ser aconselhado tomar medidas preventivas acima desta

altitude foi possível constatar que os pilotos experimentaram alguns dos sintomas de hipoxia referidos no capítulo 2.

O factor médico da hipoxia possui os 4 estágios indicados na tabela 8 e os resultados por nós obtidos durante os voos experimentais apesar de não se enquadrarem numa fase crítica também não são completamente insignificantes / indiferentes.

**Tabela 8: Estágios de hipoxia**

Stage	Altitude in feet		Arterial oxygen saturation (%)
	Breathing air	Breathing 100% O <sub>2</sub>	
Indifferent	0 – 10.000	33.000 – 39.000	95 – 90
Compensatory	10.000 – 15.000	39.000 – 42.000	90 – 80
Disturbance	15.000 – 20.000	42.200 – 45.200	80 – 70
Critical	20.000 – 23.000	45.200 – 46.800	70 – 60

Fonte: [33]

No 1º estágio (*Asymptomatic* ou *Indifferent*) as pessoas geralmente não estão conscientes dos efeitos da hipoxia. Os principais sintomas são a perda de visão nocturna e a perda da visão a cores. Estes sintomas podem ocorrer em níveis de altitude relativamente baixos (4.000 pés) [34].

Em pessoas saudáveis o 2º estágio (*Compensatory*) pode ocorrer em altitudes entre 10.000 e 15.000 pés pois o corpo humano em geral tem a capacidade de reagir aos efeitos da hipoxia, aumentando a frequência e a profundidade da ventilação e débito cardíaco. Muito embora nem sempre isso aconteça [34].

No 3º estágio (*Deterioration* ou *Disturbance*) as pessoas são incapazes de compensar a falta de oxigénio. Infelizmente, nem todos tiveram a oportunidade de efectuar uma experiência em câmara hipobárica para saber identificar os seus próprios sintomas [34].

O 4º estágio (*Critical*) é a fase crítica que leva à morte. Os indivíduos que se encontram neste estágio estão quase completamente incapacitados tanto física como mentalmente. Pessoas nesta fase perdem a consciência, têm convulsões, paragens respiratórias e por fim morrem. Tal como se pode verificar através da tabela 8 a saturação de oxigénio neste estágio é inferior a 70% [34].

Os resultados por nós obtidos durante o voo em Planador enquadram-se no 2º estágio (*Compensatory*) apesar de terem sido efectuados a menor altitude do que a indicada na tabela 8. Os resultados obtidos durante o voo de Ultraleve encontram-se no 1º estágio (*Asymptomatic* ou *Indifferent*).

## 5. Conclusão

### 5.1. Síntese da Dissertação

Inicialmente o estudo a que nos propusemos foi o de averiguar se na zona da Covilhã / Serra da Estrela existiam boas condições para a prática do voo à vela e quais os requisitos de segurança exigidas.

Em relação às condições para a prática desta modalidade desportiva reconhecemos que são de facto excelentes. Esperamos que esta zona continue a ser cada vez mais procurada não somente pela comunidade de pilotos de planadores mas também por pilotos de outras classes e por adeptos da aviação em geral tanto de Portugal como do estrangeiro.

Relativamente ao factor médico da hipoxia este estudo revelou-nos que os níveis de hipoxia a que um piloto está sujeito quando sobrevoa a zona da Serra da Estrela não são extremamente críticos mas também não são insignificantes. Através da tabela 8 do capítulo 4 foi-nos possível verificar que os resultados obtidos durante o voo em planador até 10.000 pés (3.050 m) se situam já no 2º estágio de hipoxia. Como os sintomas da hipoxia variam de indivíduo para indivíduo a diminuição das capacidades intelectuais (por exemplo a capacidade de julgamento) ou mesmo o tempo de consciência útil também podem variar de piloto para piloto. Através da revisão do estado da arte (capítulo 2) e juntamente com as informações recolhidas durante a visita ao INAC e ao CMA – FAP foi-nos possível concluir que os sintomas mais usuais em indivíduos sob os efeitos de hipoxia são os constantes da tabela 9.

**Tabela 9: Principais sintomas de hipoxia**

OBJECTIVOS	SUBJECTIVOS
Aumento da profundidade da respiração	Apreensão
Diminuição do tempo de reacção	Cefaleias (dor de cabeça)
Diminuição da capacidade visual	Tonturas
Perda da coordenação muscular	Fadiga
Euforia (sensação de bem-estar)	Náuseas
Agressividade	Sensação de calor e frio
Sonolência	Visão turva
Cyanosis (unhas e lábios azulados)	Sensação de formigueiro nos dedos e pés
Discernimento comprometido	
Inconsciência	

Fonte: [1, 32]

Ora, o 2º estágio da hipoxia – mas também as opiniões de alguns pilotos de planadores que frequentam a zona da Serra da Estrela – atestam a existência de sintomas como Euforia, Sonolência, Cefaleias e Fadiga.

Assim, parece oportuno a instalação a bordo dos planadores de instrumentos que permitissem ao piloto monitorar continuamente alguns parâmetros do seu estado fisiológico.

Relativamente a legislação relacionada particularmente com os planadores verificamos que em Portugal ainda é escassa e que se encontra em actualização. A legislação médica relativa a pilotos de planadores civis é ainda assim pouco controlada. Enquanto que na aviação militar todos os pilotos têm de, por exemplo, fazer um voo de teste na câmara hipobárica<sup>12</sup> de 5 em 5 anos (ou de 3 em 3 anos no caso de aeronaves mais exigentes como sejam os *alpha-jet* ou os F-16), para o caso da aviação civil a maior parte dos pilotos nunca lá foi.

Apesar de, segundo o GPIAA, se verificar um aumento do tráfego VFR em Portugal, segundo o INAC, para o caso particular dos planadores, apenas é necessário cumprir o que está estipulado na JAR-22, Anexo I da ICAO e JAR-FCL 3 (JAA) ou seja, praticamente a apresentação de um *vulgar* atestado de aptidão física.

## 5.2. Considerações Finais

Podemos concluir que este trabalho foi extremamente motivador e interessante. Aliás, é um tema importante para a segurança de voo apesar de ainda pouco estudado e regulamentado.

Os sintomas da hipoxia são lentos mas progressivos e são mais significativos a partir de altitudes acima dos 10.000 pés (3.050 m). Os fumadores, por exemplo, podem sentir sintomas de hipoxia a altitudes mais baixas do que os não fumadores [35]. Aliás os resultados obtidos neste trabalho revelaram valores que já são considerados de hipoxia mesmo abaixo dos 10.000 pés (3.050 m) e em pilotos não fumadores.

Com este trabalho os objectivos iniciais foram alcançados apesar de não termos tido os planadores tão disponíveis como desejávamos devido a vários factores. O equipamento médico para o registo da oximetria revelou-se não ser o mais indicado e isso também limitou os nossos trabalhos. É de ponderar encontrar equipamentos mais eficazes pois durante os trabalhos perderam-se alguns

---

<sup>12</sup> Ver anexo 3 onde se encontram exemplos de perfis de voo simulados na câmara hipobárica da STF - FAP.

registos em voo devido aos sensores utilizados não funcionarem muito bem com a humidade.

Contudo, não podemos deixar de registar a disponibilidade e o empenho dos pilotos que participaram nas experiências.

### **5.3. Perspectivas Futuras de Investigação**

Os testes por nós efectuados atestam a importância do fenómeno da Hipoxia e por isso temos a consciência de que poderíamos – e podemos, ir mais além, na procura de soluções que possam minorar, ou eliminar, em tempo real, os perigos deste factor médico no desempenho operacional dos pilotos em geral, e dos de planador em particular.

Consideramos que seria importante instalar a bordo dos planadores instrumentos que permitissem ao piloto monitorar continuamente alguns parâmetros do seu estado fisiológico. Existem actualmente equipamentos médicos de leitura de oximetria de tamanho reduzido que com pequenas alterações seriam possíveis de instalar a bordo de um planador mesmo que este seja um monolugar de dimensões reduzidas.

Consideramos também de capital importância a avaliação de outras variáveis que concorrem para a hipoxia que não somente a variação de oxigénio do sangue tal como foi monitorizado. Este deverá ser um trabalho a desenvolver em estreita colaboração com a Faculdade de Ciências da Saúde desta Universidade.

Num futuro próximo deve haver uma legislação mais rigorosa e controladora em termos de requisitos médicos para o caso de pilotos civis nas classes *mais desportivas*. Além de melhor legislação também consideramos importante a sensibilização de todos os pilotos para os testes em câmara hipobárica do CMA - FAP.

## Bibliografia

1. FAA (2003) *Glider Flying Handbook*. New York, Aviation Supplies and Academics Inc.
2. DL 283/2007 (2007) *Decreto-Lei n.º 283/2007 de 13 de Agosto*, disponível no site: [http://www.fpv1.pt/images/stories/documentos/DL\\_283\\_2007.pdf](http://www.fpv1.pt/images/stories/documentos/DL_283_2007.pdf) (Último acesso em 17/10/2010).
3. Gliding Australia (2008) *Gliders*, [http://soaring.org.au/web/index.php?option=com\\_content&view=article&id=52&Itemid=58](http://soaring.org.au/web/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=58) (Último acesso em 17/10/2010).
4. Flyultraleves (2008) *Motoplanador*, [http://www.flyultraleves.com.br/pages/img\\_pages/](http://www.flyultraleves.com.br/pages/img_pages/) (Último acesso em 17/10/2010).
5. Airliners (2010) *Motoplanador*, <http://cdn-www.airliners.net/aviation-photos/middle/8/9/6/1165698.jpg> (Último acesso em 17/10/2010).
6. Voo à Vela (2008) *Covilhã 27/29 Dezembro*, [http://www.vooavela.net/fotos/album379/DSC\\_3250\\_800x600](http://www.vooavela.net/fotos/album379/DSC_3250_800x600) (Último acesso em 17/10/2010).
7. Federal Aviation Administration (2010) *Glider Handbook*, [http://www.faa.gov/library/manuals/aircraft/glider\\_handbook/](http://www.faa.gov/library/manuals/aircraft/glider_handbook/) (Último acesso em 17/10/2010).
8. AirLomba (2006) *LPCV*, <http://www.airlomba.net/BLOG/20060409/banner.jpg> (Último acesso em 17/10/2010).
9. APEA (2010) *Movimentos na Covilhã (LPCV(COV))*, <http://forum.apeapt.com/viewtopic.php?f=3&t=3110> (Último acesso em 17/10/2010).
10. AirLomba (2006) *Blog do AirLomba*, <http://www.airlomba.net/BLOG/20060409/banner.jpg> (Último acesso em 17/10/2010).
11. Caron, F. (1997) *Glider accidents in France from 1989 to 1993: the role of the pilot*, Paris, France, Université René Descartes.
12. Conde, A. V. (2009) *Algumas notas sobre o voo de montanha - o testemunho de um neófito*, Covilhã, Portugal.
13. Mota, A. J. (2003) *Renascido a 24 de Abril?* Serra da Estrela, Covilhã, Portugal.

14. Jarvis, S. and Harris, D. (2007) *Looking for an accident: glider pilots' visual management and potentially dangerous final turns*, Aviation Space and Environmental Medicine.
15. Knueppel, J. (2000) *Gliding Aviation Medicine, High Altitude Aspects and Mountain Wave Project 1999*, St. Martin de los Andes, Argentina.
16. Knueppel, J. (1998) *Practical Preventive Measures and Treatment of DCS in High Altitude - Glider Flying above 22.000 ft / 6.000 m*, German Aeroclub (DaeC), DGLRM, DFV, ASMA (Aviation Space and Environmental Medicine).
17. Major R. (2010) *Safety e Prevenção de Ocorrências - Factores Humanos*, Aula Aberta no Âmbito da UC de Segurança de Voo do Mestrado em Engenharia Aeronáutica da UBI (notas pessoais) Covilhã, Portugal.
18. The Perlan Project (2010), <http://www.perlanproject.com/> (Último acesso em 17/10/2010).
19. PubMed (2010) *Acute hypoxia and related symptoms on mild exertion at simulated altitudes below 3048m*, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17955948> (Último acesso em 17/10/2010).
20. IngentaConnect (2010) *Glider accidents: an analysis of 143 cases, 2001 – 2005*, <http://www.ingentaconnect.com/content/asma/ asem/2007/00000078/00000001/art00005> (Último acesso em 17/10/2010).
21. PubMed (2010) *Pulse oximetry: basic principles and applications in aerospace medicine*, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17955947> (Último acesso em 17/10/2010).
22. GPIAA (2010) *Estatísticas 2009*, <http://www.gpiaa.gov.pt> (Último acesso em 17/10/2010).
23. Kochanowski, M. (2010) *Gliding around Covilhã*, Palestra Proferida no Âmbito do Mestrado em Engenharia Aeronáutica (notas pessoais), Covilhã, Portugal.
24. Google maps (2010) *Covilhã*, <http://maps.google.com/> (Último acesso em 17/10/2010).
25. Física (2010) *Classificação dos diferentes tipos de nuvens*, <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap6/cap6-2-2.html> (Último acesso em 17/10/2010).
26. Kochanowski, M. (2010) *Gliding around Covilhã*, (coleção particular de fotografias).

27. Parapente Lazer (2010) *Leitura e Interpretação do Tefigrama*,  
<http://parapentelazer.com.sapo.pt/Tefigrama-1.pdf> (Último acesso em 17/10/2010).
28. Pelicano - Aviação Ultraligeira (2010) *LPCV*,  
[http://www.pelicano.com.pt/zp\\_covilha.html](http://www.pelicano.com.pt/zp_covilha.html) (Último acesso em 17/10/2010).
29. Fonseca, A. (2010) *Voo à Vela na Zona da Covilhã*, (coleção particular de fotografias).
30. Schempp-Hirth Flugzeug-Vertriebs GmbH (2010) *Duo Discus*, Kirchheim/Teck Stuttgart, Germany.
31. Gasin (2010) *Oxímetros*, <http://www.gasin.pt/> (Último acesso em 17/10/2010).
32. Ribeiro, J. (2001) *Fisiologia de Voo - Formação AME's/ Apresentação em PowerPoint*, Lisboa, INAC / AMS.
33. Ribeiro, J. (2001) *Fisiologia de Voo - Fisiologia de Voo. Formação AME's / Capítulo 1*, Lisboa, INAC / AMS.
34. Hypoxia and Oxygenation (2010) *Chapter 4*,  
[http://www.chems.alaska.gov/ems/Assets/AirMedCourse/EMS-F\\_Chapter4.pdf](http://www.chems.alaska.gov/ems/Assets/AirMedCourse/EMS-F_Chapter4.pdf).  
(Último acesso em 17/10/2010).
35. INAC (1985) *Manual of Civil Aviation Medicine*, Lisboa, INAC
36. AeroMedNews Home (2010) *Glider*, <http://www.daec-med.de/index.htm> (Último acesso em 17/10/2010).

## **Anexos**