



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Desempenho de Pilotos e Segurança de Voo O Caso da Hipoxia em Aviação Desportiva

Leandro Henrique Nogueira da Rocha

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Aeronáutica
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Jorge Miguel dos Reis Silva

Covilhã, Outubro de 2011

Dedicatória

Este trabalho é dedicado aos meus Pais e ao meu Irmão.

Agradecimentos

Gostaria de aproveitar este espaço para deixar os meus agradecimentos às pessoas que me ajudaram a concretizar este trabalho começando por agradecer ao meu orientador o Professor Doutor Jorge Miguel dos Reis Silva toda a ajuda, disponibilidade e empenho que me dedicou neste trabalho.

Um agradecimento muito especial aos meus Pais e ao meu Irmão, pelo esforço que fizeram para me manter a estudar no outro lado do oceano, e pela força que sempre me deram, nos bons e maus momentos.

Gostaria também de agradecer aos meus colegas Luís Patrão e Sara Zorro, toda a ajuda que me facultaram para a concretização deste trabalho. Muito Obrigado.

Resumo

Este trabalho pretende estudar os impactes da hipoxia na segurança do voo, em particular na aviação desportiva. Em 2010 foi apresentada na Universidade da Beira Interior (Covilhã, Portugal) precisamente um trabalho de mestrado em Engenharia Aeronáutica cujo objectivo principal era medir a percentagem de oxigénio no sangue de pilotos de planador e ultraleve a nível periférico (dedo da mão) durante voos não pressurizados. Os resultados foram muito satisfatórios mostrando um decaimento acentuado desta percentagem com a altitude mas o método utilizado não se mostrou ergonómico para utilização em futuras experiências porquanto era incómodo, desconfortável e pouco prático.

Assim, neste trabalho concentramo-nos em recolher a informação da oximetria cerebral de pilotos durante voos em aeronaves não pressurizadas através de medições efectuadas directamente sobre a região frontal de cada lobo cerebral, num processo menos incómodo e desconfortável, e até mais prático, comparando-as depois com as obtidas no trabalho efectuado em 2010. Para além dos dados experimentais obtidos em voo, e para melhor se compreender o impacte da hipoxia na aeronáutica em geral, e na aviação desportiva em particular, este trabalho apresenta ainda a definição e os vários tipos e sintomas do factor médico hipoxia bem como a forma como a legislação (mundial, europeia, americana e portuguesa) o encara.

Para este trabalho, foi também lançado um Inquérito *on-line* sobre a hipoxia em aviação geral (sintomas, impactes no desempenho dos pilotos, e eventuais medidas preventivas), adaptado de um outro lançado nos Estados Unidos da América. O objectivo deste inquérito é a recolha de informação sobre situações de hipoxia ou descompressão, distinguindo-se do original precisamente pela adaptação à aviação geral.

Este trabalho encerra com a indicação de perspectivas de desenvolvimento no futuro.

Palavras-chave

Desempenho de Pilotos, Voos Não Pressurizados, Oximetria Cerebral, Inquérito *on-line*, Segurança de Voo.

Abstract

This work intended to study the impact of hypoxia in flight safety, particularly in sport flying. In 2010 it was presented at the University of Beira Interior (Covilhã, Portugal) a work for a master's degree in aeronautical engineering which primary objective was to evaluate the percentage of oxygen in peripheral blood of a glider and an ultra light pilot (non-pressurized flights). The results were very satisfactory showing a sharp decay of this percentage as altitude increased, but the probing method used was uncomfortable and not ergonomic making it unusable for future experiments.

Thus, in this work we focus on gathering information from pilot's cerebral oximetry during flights in non-pressurized aircraft, by measurements made directly on each frontal lobe region, a process less cumbersome and uncomfortable, and even more practical, comparing with that of the work conducted in 2010. In addition to the experimental data obtained during the flights, and to better understand the impact of hypoxia in general aviation and sport aviation in particular, this work also presents the definition and the various medical factors and symptoms of hypoxia as well as how the legislation (Worldwide, European, American and Portuguese) faces it. This work ends with an indication of prospects for future developments.

For this work, also an online survey was released on the hypoxia in general aviation (symptoms, impact on the performance of pilots, and possible preventive measures), adapted from another one released in the United States of America. The aim of this survey is to collect information on the conditions of hypoxia or decompression, and it is distinct from the original precisely for its adaptation to the general aviation.

This work concludes with prospects for developments in the future.

Keywords

Pilots Performance, Non Pressurized Flight, Cerebral Oximetry, on-line Survey, Flight Safety.

Índice

Dedicatória	iii
Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	ix
Índice	xi
Lista de Figuras	xiv
Lista de Tabelas	xvi
Lista de Gráficos	xviii
Lista de Acrónimos	xx
1. Introdução	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objecto e Objectivo	2
1.3 Estrutura da Dissertação	3
2. Estado da Arte	5
2.1 Introdução	5
2.2 Hipoxia	5
2.2.1 Hipoxia Hipóxica	5
2.2.2 Hipoxia Hipémica (Anémica)	6
2.2.3 Hipoxia Estagnada	6
2.2.4 Hipoxia Histotóxica	7
2.3 Sintomas da Hipoxia	7
2.4 Pressão Parcial de Oxigénio	8
2.5 Tempo de Consciência Útil	8
2.6 Legislação	9
2.6.1 Legislação Internacional, Anexo 6 da ICAO	10
2.6.2 Legislação Europeia, JAR-OPS 1.775	11
2.6.3 Legislação Americana, FAR 91.211	12
2.6.4 Legislação Portuguesa, Decreto de Lei nº289/2003	13
2.7 Estatísticas	14
2.8 Acidentes/Incidentes Resultantes de Hipoxia	18
2.8.1 Piloto do Beech Model 35 Bonanza	18
2.8.2 Incidente com Cessna 404	19
2.8.3 Acidente com Beech Super King Air 200	20
2.8.4 Acidente com Glauser-Dirks DG-300	22
2.9 Conclusão	23
3. Caso de Estudo	25
3.1 Trabalho Experimental	25

3.2	Inquéritos	30
3.2.1	Questão 007	31
3.2.2	Questão 009	31
3.2.3	Questão 012	32
3.2.4	Questão 020	33
3.2.5	Questão 021	33
3.2.6	Questão 022	34
3.2.7	Questão 030	34
3.2.8	Questão 032	35
3.2.9	Questão 034	35
3.2.10	Questão 040	37
3.2.11	Questão 041	38
3.3	Conclusão	38
4.	Análise de Resultados	40
4.1	Introdução	40
4.2	Trabalho Experimental	40
4.3	Inquéritos	41
4.4	Conclusão	44
5.	Conclusão	45
5.1	Síntese da Dissertação	45
5.2	Considerações Finais	46
5.3	Perspectivas Futuras de Investigação	47
	Bibliografia	49
	Anexo 1 Inquérito lançado nos EUA [27]	52
	Anexo 2 Inquérito sobre Hipoxia em Aviação Geral	59

Lista de Figuras

Figura 1 - Mascaras de oxigénio do tipo <i>Quick-donning</i>	13
Figura 2 - Beech Model 35 Bonanza	19
Figura 3 - Cessna 404	20
Figura 4 - Beech 200 Super King Air	22
Figura 5 - Planador Glauser-Dirks DG-300	23
Figura 6 - Sistema de fornecimento de oxigénio do tipo Cannula	23
Figura 7 - Oxímetro Portátil Novametrix 513®	25
Figura 8 - Oximetrias em voo de planador e ultra leve obtidas por Fonseca [1]	26
Figura 9 - Nonin Medical Inc. Model 7600 Regional Oximetry System	28
Figura 10 - Oximetrias obtidas em voo realizado no dia 24 de Maio de 2011	29

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Sintomas da Hipoxia	8
Tabela 2 - Tempo de Consciência Útil médio para várias altitudes	9
Tabela 3 - Pressão absoluta <i>versus</i> altitude	10
Tabela 4 - Fornecimento de oxigénio suplementar	12
Tabela 5 - Informação relativa aos (novos) voos	28
Tabela 6 - Resultados da questão 0007 do inquérito, a) a h)	31
Tabela 7 - Resultados da questão 0007 do inquérito i) a o)	31
Tabela 8 - Resultados da questão 0009 do inquérito	32
Tabela 9 - Resultados da questão 0012 do inquérito	32
Tabela 10 - Níveis de concordância com as afirmações da questão 0030 do inquérito...	35
Tabela 11 - Resultados da questão 0032 do inquérito	35
Tabela 12 - Resultados da questão 0034 do inquérito (a)	36
Tabela 13 - Resultados da questão 0034 do inquérito (b)	36
Tabela 14 - Resultados da questão 0034 do inquérito (c)	37
Tabela 15 - Resultados da questão 0034 do inquérito (d)	37

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Número e percentagem de ocorrências com planadores nos Estados Unidos da América, entre 2001 e 2010, por causas	15
Gráfico 2 - Número de ocorrências com planadores nos Estados Unidos da América, entre 2001 e 2010, por causas	16
Gráfico 3 - Percentagem de aeronaves na frota geral dos Estados Unidos da América em 2006	16
Gráfico 4 - Número de Acidentes/incidentes por actividade aérea em Portugal, entre 2004 e 2009	17
Gráfico 5 - Percentagem de acidentes/incidentes por actividade aérea em Portugal, entre 2004 e 2009	17
Gráfico 6 - Resultados da questão 0009 do inquérito	32
Gráfico 7 - Resultados da questão 0012 do inquérito	32
Gráfico 8 - Percentagem de tempo de voo a determinadas altitudes (QNH)	33
Gráfico 9 - Resultados da questão 0021 do inquérito	33
Gráfico 10 - Resultados da questão 0022 do inquérito	34
Gráfico 11 - Resultados da questão 0040 do inquérito	38
Gráfico 12 - Resultados da questão 0041 do inquérito	38

Lista de Acrónimos

AAIB	Air Accidents Investigation Branch
ATSB	Australian Transport Safety Bureau
ECCAIRS	European Coordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems
ECG	Electrocardiograma
EEG	Electroencefalograma
EMG	Electromiograma
EUA	Estados Unidos da América
FAR	Federal Aviation Regulations
FL	Flight Level
GPIAA	Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves
GPS	Global Positioning System
hPa	Hectopascal
ICAO	International Civil Aviation Organization
JAR	Joint Aviation Requirement
mBar	Milibar
MOV	Manual de Operações de Voo
MSL	Mean Sea Level
NTSB	National Transportation Safety Board
O ₂	Oxigénio
OPS	Operations
PDT	Pacific Daylight Time
rSO ₂	Saturação de Oxigénio no Sangue a nível regional
S _p O ₂	Saturação de Oxigénio no Sangue a nível periférico
TCU	Tempo de Consciência Útil

1. Introdução

1.1 Motivação

Nos últimos anos tem havido um aumento tanto da prática de voo à vela como da aviação ultraligeira em Portugal. Com este aumento tem-se constatado que alguns pilotos depois de voltarem dos seus voos, afirmam ter notado em si mesmos alguma euforia, diminuição de tempo de reacção e incapacidade para efectuar tarefas muito simples a bordo da aeronave.

Como é sabido, na prática de voo à vela as aeronaves usadas são os planadores e na aviação ultraligeira as aeronaves utilizadas são os ultraleves. Em ambos os tipos de aeronaves (planadores e ultraleves) não há pressurização da cabine do piloto e, assim sendo, este está sujeito à mesma pressão que no exterior da mesma, ou seja, à pressão atmosférica.

Com o aumento da altitude, a pressão diminui e conseqüentemente também diminui a pressão parcial de oxigénio. Esta diminuição da pressão parcial de oxigénio é a responsável pelo aparecimento da Hipoxia, cujos sintomas iniciais são precisamente os descritos no primeiro parágrafo desde capítulo. Se não detectada a tempo, os sintomas da Hipoxia vão-se agravando até à perda total de consciência, isto de acordo com a resistência física de cada individuo, a altitude e o tempo de voo decorrido a essa altitude. Como a Hipoxia é uma doença que pode acontecer a qualquer piloto durante um voo despressurizado a altitudes pressão acima dos 10.000 pés MSL, e sendo os impactos desta doença extremamente nefastos no que diz respeito à segurança do voo, torna-se imperativo criar futuramente um sistema simples, suficientemente pequeno mas eficaz que, instalado a bordo destas aeronaves, tenha a capacidade de avisar o piloto que está em perigo de incorrer em Hipoxia.

Na minha formação académica a segurança do voo foi sempre um tema que me fascinou. A certa altura tomei conhecimento do trabalho de mestrado em Engenharia Aeronáutica desenvolvido pela minha colega Ana Fonseca em 2010 sobre *Voo à Vela em Altitude e Próximo de Montanhas, Efeitos Fisiológicos e Desempenho em Pilotos de Planador* [1], o qual me despertou bastante curiosidade e interesse, porquanto a parte experimental envolvia a medição da frequência cardíaca (pulsação) e a percentagem de oxigénio no sangue (S_pO_2) utilizando um oxímetro portátil durante um voo de planador para provar que efectivamente o aumento de altitude (e a conseqüente diminuição de pressão) faz diminuir o oxigénio no sangue. Entretanto surgiu a oportunidade de eu continuar esse trabalho adicionando novas variáveis a medir - tais como, para as aeronaves, velocidade relativa, velocidade vertical, altitude, temperatura exterior e

interior, pressão atmosférica, humidade do ar, e aceleração dos três eixos (G's), e, para os pilotos, pressão parcial do oxigénio no sangue ao nível cerebral - e tentando depois relacioná-las com a possível alteração de desempenho do piloto. Decidi então agarrar esta oportunidade por a achar muito interessante do ponto de vista de segurança do voo.

Uma pesquisa inicial revelou-me que existe uma legislação muito débil a este respeito que apenas impõe ou limites para se voar até certas altitudes sem oxigénio ou quantidades de oxigénio necessárias para se voar dentro de determinadas altitudes durante certos períodos de tempo.

Acresce a que relativamente à fisiologia de voo, para se obter licença Classe 2 (que certifica que um individuo está fisicamente apto a voar planadores, ultraleves, entre outras aeronaves) é apenas necessário efectuar um electroencefalograma - se indicado, um exame à hemoglobina, um electrocardiograma, um audiograma, um exame extensivo de otorrinolaringologia - se indicado, um exame extensivo de oftalmologia, um perfil de lípidos, um teste de função pulmonar e uma análise à urina. Não é requerido qualquer tipo de experiência em câmara hipobárica que é de extrema importância para um piloto conhecer quais são os seus limites, experimentando os sintomas da hipoxia para mais tarde os reconhecer e poder tomar decisões adequadas (e atempadas) para manter a segurança do voo.

Veja-se como relacionadas com este tema ainda existem várias lacunas legislativas, às quais tentarei dar resposta com esta dissertação.

1.2 Objecto e Objectivo

O objecto desta dissertação é pois a fisiologia de voo, o desempenho dos pilotos de aeronaves como planadores e ultraleves, o lançamento de um inquérito a pilotos sobre o tema da hipoxia, e a segurança (*safety*) de voo.

O objectivo principal, na realidade, desdobra-se em três sub-objectivos de alcance a médio e/ou longo prazos. No primeiro pretende-se obter não só variáveis de/em voo (velocidade relativa, velocidade vertical, altitude e posição, e coordenadas GPS, temperatura exterior e interior da aeronave, humidade do ar, aceleração nos três eixos), mas também parâmetros fisiológicos (resultantes de electrocardiogramas (ECG), electroencefalogramas (EEG) e electromiogramas (EMG)), de modo integrado e sincronizado no tempo. Este equipamento terá de ser pequeno e leve para ser instalado a bordo dessas aeronaves e, ao mesmo tempo, capaz de medir e gravar todas aquelas variáveis. Numa segunda fase, já em terra, tais variáveis terão de ser analisadas de modo cruzado de forma a perceber-se quando é que a Hipoxia começa efectivamente a surgir. Para, numa terceira fase, aquele equipamento de bordo poder ser programado

de forma a emitir alertas quando os valores registados apontarem para o perigo do piloto entrar em estado de Hipoxia. Sendo a Hipoxia um perigo para a segurança do voo, pois afecta o desempenho do piloto e consequentemente a sua capacidade para continuar a pilotar de forma segura, ter a bordo um dispositivo que o alerte para este perigo será uma mais-valia para este (e todo o) tipo de aeronaves não pressurizadas. Com este dispositivo o piloto, ao receber um alerta, terá tempo suficiente para tomar as decisões devidas como, por exemplo, descer para uma altitude pressão considerada segura e/ou recorrer a um qualquer sistema de oxigénio suplementar que esteja instalado a bordo. Estas decisões, tomadas atempadamente, são decisivas para prevenir incidentes e/ou acidentes que possam colocar em perigo a vida do piloto e a integridade da aeronave.

Um segundo objectivo passa pelo lançamento de um inquérito alargado a toda a comunidade de pilotos em Portugal para se perceber o impacto real deste fenómeno.

O terceiro objectivo surge em consequência dos anteriores e implica um conjunto de recomendações, convenientemente fundamentadas, para alterar a legislação que vigora em Portugal sobre esta matéria.

1.3 Estrutura da Dissertação

Para elaborar esta dissertação começamos por fazer uma pesquisa sobre o que é o factor médico hipoxia em si mesmo, como este pode afectar os pilotos, as suas consequências, e que perigos apresenta para a Segurança do Voo. De seguida fizemos uma pesquisa exhaustiva sobre acidentes e incidentes num passado próximo envolvendo precisamente planadores, ultraleves e aeronaves ligeiras despressurizadas para tentar descobrir alguns cuja causa ou uma das causas fosse a Hipoxia para desta forma perceber melhor o impacto real deste fenómeno na aviação ultraligeira e de planadores. Dessa pesquisa resultou uma análise estatística que consta do Capítulo 2.

Em simultâneo com a pesquisa bibliográfica, elaborámos e lançamos um inquérito *online* com o objectivo de recolher entre pilotos informação sobre eventuais situações de Hipoxia, para se ter uma melhor percepção do impacto deste problema em Portugal.

Por razões que explicaremos oportunamente, e de entre todo o equipamento que de início prevíamos instalar e testar a bordo de planadores e ultraleves, apenas foi possível o da oximetria cerebral, isto é, o Nonin Medical Inc. Model 7600 Regional Oximetry System.

Após a pesquisa bibliográfica, o lançamento do inquérito, e a realização do trabalho experimental, elaborou-se esta dissertação dividida em 5 capítulos.

O primeiro capítulo corresponde à introdução, dividida na motivação, no objecto e objectivo, e na estrutura da dissertação.

O segundo capítulo corresponde ao estado da arte e contem a definição de Hipoxia e a descrição dos seus efeitos na fisiologia humana; contem a legislação em vigor sobre este tema, e ainda algumas estatísticas relacionadas com ele; por fim apresentam-se exemplos de acidentes e incidentes cuja causa, ou uma das causas, foi a Hipoxia.

O terceiro capítulo está dividido em duas partes: a primeira com os resultados do trabalho experimental, obtidos através dos instrumentos colocados a bordo de planadores e ultraleves; a segunda com os resultados do inquérito lançado aos pilotos em Portugal.

No quarto capítulo faz-se a análise e discussão dos resultados obtidos no trabalho experimental e no inquérito.

No quinto (e último) capítulo é feita a síntese da tese, registadas algumas considerações finais, e apontadas perspectivas futuras para investigação neste tema.

2. Estado da Arte

2.1 Introdução

Este capítulo trata do Estado da Arte em geral onde é definido, em primeiro lugar, o factor médico hipoxia, os vários tipos de Hipoxia, os seus efeitos na fisiologia humana e consequentes perigos para a segurança do voo (*Safety*). Neste capítulo também falamos da pressão parcial de oxigénio e de um parâmetro muito importante quando se fala de hipoxia na aviação, o tempo de consciência útil.

Como é na legislação que se encontram as leis que ditam as regras para se operar/voar em segurança, este capítulo inclui a parte da legislação que se dedica ao tema deste trabalho.

No Estado da Arte também incluímos uma análise estatística sobre a quantidade, percentagens e evolução de acidentes e incidentes envolvendo planadores e ultraleves. Por fim, e para mostrar através de casos reais o perigo que a hipoxia representa para a segurança do voo, relatamos a experiência de um piloto que passou por uma situação de hipoxia e apresentamos descrições de alguns acidentes/incidentes onde está presente esse factor médico.

2.2 Hipoxia

O termo *Hipoxia* significa *quantidade de oxigénio reduzido* ou *oxigénio insuficiente*. Qualquer tecido humano quando não recebe oxigénio durante um determinado tempo, morre; normalmente a maior preocupação é fornecer oxigénio suficiente ao cérebro pois este é particularmente vulnerável à falta de oxigénio. No caso do piloto que está a voar uma aeronave, qualquer factor responsável pela diminuição da função mental pode resultar em erros que vão ameaçar a sua vida, a vida dos passageiros e/ou pessoas em terra, e a própria integridade da aeronave.

A hipoxia pode ser causada por vários factores, sendo alguns destes: o fornecimento insuficiente de oxigénio, o transporte inadequado de oxigénio, ou a incapacidade dos tecidos do corpo para usarem o oxigénio. Existem vários tipos de hipoxia, normalmente de acordo com as suas causas [2]: hipoxia Hipóxica, hipoxia Hipémica (Anémica), hipoxia Estagnada, e hipoxia Histotóxica.

2.2.1 Hipoxia Hipóxica [2], [3]

Este tipo de Hipoxia é o resultado de oxigénio insuficiente nos pulmões, mais precisamente ao nível alveolar. Exemplos que causam este tipo de doença são, por

exemplo, a obstrução de uma via respiratória ou o afogamento. Ambos são exemplos óbvios de como os pulmões podem ficar inibidos de oxigénio.

No caso dos pilotos, a redução da pressão parcial de oxigénio a alta altitude é a causa principal da Hipoxia Hipóxica. Apesar da percentagem de oxigénio na atmosfera ser constante, a sua pressão parcial diminui proporcionalmente à medida que a pressão atmosférica diminui (isto com o aumento da altitude). À medida que a aeronave sobe durante o voo, a percentagem de cada gás na atmosfera permanece o mesmo, mas existem menos moléculas de oxigénio disponíveis à pressão requerida para que passem através das membranas no sistema respiratório. Esta diminuição de moléculas de oxigénio a determinada pressão pode conduzir ao aparecimento do factor médico Hipoxia Hipóxica.

2.2.2 Hipoxia Hipémica (Anémica) [2], [3]

Este tipo de Hipoxia ocorre quando o sangue não é capaz de absorver e transportar uma quantidade suficiente de oxigénio para as células do corpo. A palavra *Anémica* significa *pouco sangue*. Este tipo de doença de Hipoxia é o resultado da insuficiência de oxigénio no sangue (e não no sistema respiratório) e pode ser causada por uma variedade de factores como, por exemplo, carência de volume adequado de sangue, e consequentemente de glóbulos vermelhos (devido a hemorragia), existência de doenças sanguíneas tais como a anemia, uso de drogas, etc. Os casos mais comuns são devido à hemoglobina, a molécula no sangue que é responsável pelo transporte do oxigénio e que pode ficar quimicamente incapaz de se ligar a moléculas de oxigénio.

A causa mais comum da Hipoxia Hipémica é o envenenamento por monóxido de carbono, molécula esta que se liga de forma prolongada à hemoglobina impedindo que esta se ligue ao oxigénio.

2.2.3 Hipoxia Estagnada [2], [3]

A Hipoxia Estagnada ocorre quando há uma redução do fluxo sanguíneo quer a nível geral quer local, e também está relacionada com a respiração. A própria palavra *estagnada* significa que *não flui* e o sangue rico em oxigénio nos pulmões não se move para os tecidos que precisam dele para obter o oxigénio. Quando um membro (como um braço ou uma perna) fica dormente, é sinal que a circulação lhe foi acidentalmente cortada e estamos perante um tipo de Hipoxia Estagnada. Este tipo de doença também pode resultar de choque, da incapacidade do coração bombear sangue eficazmente, ou de uma artéria estar fechada/entupida.

Durante um voo, a Hipoxia Estagnada pode ocorrer com o aumento das forças G's positivas, impossibilitando o sangue de chegar ao cérebro. Também as temperaturas

baixas podem reduzir a circulação e diminuir o fornecimento de oxigénio às extremidades do corpo.

2.2.4 Hipoxia Histotóxica [2], [3]

A incapacidade das células usarem o oxigénio de forma eficiente é definida como Hipoxia Histotóxica. *Histo* significa *tecidos* ou *células*, e *tóxica veneno/envenenamento*. Neste tipo de Hipoxia, existe oxigénio suficiente a ser transportado para as células que precisam dele, mas estas células estão incapazes de utilizar o oxigénio. Este problema de *respiração celular* pode ser causado por álcool e outras drogas, tais como narcóticos e venenos. Através de investigação, ficou mostrado que ingerir 0,28 litros de álcool equivale a adicionar 2.000 pés de altitude à altitude fisiológica verdadeira.

2.3 Sintomas da Hipoxia

Voar a grandes altitudes em aeronaves não pressurizadas e sem oxigénio suplementar pode colocar os pilotos vulneráveis à Hipoxia. A falta de oxigénio faz com que o cérebro e outros órgãos vitais possam ficar danificados.

Contrariamente ao que se poderia pensar, os sintomas iniciais da Hipoxia são aparentemente inócuos tais como euforia e sentimentos de despreocupação. Com o aumento da privação de oxigénio, as extremidades do corpo tornam-se menos responsivas e o voo torna-se menos coordenado.

Os sintomas da Hipoxia variam de indivíduo para indivíduo; no entanto, após uma pesquisa mais detalhada, elaboramos a Tabela 1 que resume os sintomas mais comuns.

Apesar de todos estes sintomas, os efeitos da Hipoxia podem induzir o piloto a uma falsa sensação de segurança e que tudo está normal.

O tratamento para a Hipoxia inclui o voo a altitudes mais baixas (normalmente abaixo dos 10.000 pés) e/ou a utilização de oxigénio de reserva/suplementar. Todos os pilotos são susceptíveis aos efeitos de privação de oxigénio, qualquer que seja a sua resistência física ou capacidade de aclimatização. Ao voar a altas altitudes é fundamental que o oxigénio esteja a ser utilizado de forma correcta (dentro das regras de uma boa pressurização e com a utilização de sistemas de oxigenação adequados) para que o piloto respire a uma pressão parcial de oxigénio adequada. A pressão parcial de oxigénio é definida em seguida.

Tabela 1: Sintomas da Hipoxia

Amnésia
Atordoamento
Aumento da autoconfiança
Aumento da respiração
Descoordenação muscular
Diminuição da capacidade de percepção da cor
Diminuição da capacidade visual
Diminuição do tempo de reacção
Discernimento comprometido
Discurso descoordenado
Discurso insultuoso
Dor de cabeça
Entorpecimento (inacção perante determinada tarefa/problema)
Euforia
Falta de concentração
Movimentos lentos
Mudanças de personalidade
Mudanças na cor da pele
Obsessão por determinada tarefa
Perca de auto-criticismo
Pontas dos dedos dos pés e das mãos, unhas e lábios, azulados
Raciocínio deficiente
Sensação de falta de ar
Sensação de formigueiro nos dedos das mãos e dos pés
Sensações de calor e frio
Sonolência
Tonturas
Tremuras na pele
Visão em túnel

Fonte: [2],[3],[4],[5],[6]

2.4 Pressão Parcial de Oxigénio [2], [7]

A concentração de oxigénio na atmosfera é constante (cerca de 20.95%) até altitudes de cerca de 100.000 pés. Isto quer dizer que, de acordo com a Lei de Dalton, a pressão parcial de oxigénio ao nível do mar é de 212 mBar (20.95% de 1.013 mBar, onde 1.013 mBar é a pressão atmosférica padrão ao nível do mar). À medida que aumenta a altitude, a pressão parcial de cada gás na atmosfera diminui, mas a concentração de oxigénio mantém-se; por exemplo, a 40.000 pés de altitude a pressão atmosférica é de 187,54 Mbar e a pressão parcial de oxigénio 39,29 Mbar, o que continua a ser cerca de 20.95% da pressão atmosférica. O problema para os pilotos é que a pressão atmosférica a altas altitudes não é suficiente para que os tecidos pulmonares possam absorver o oxigénio, isto é, não há pressão suficiente para os alvéolos absorverem o oxigénio.

2.5 Tempo de Consciência Útil [2], [7], [8]

Um parâmetro muito importante que surge quando falamos de hipoxia é o *Tempo de Consciência Útil* (TCU). Em condições onde a pressão ambiente seja baixa, o TCU indica o tempo disponível para agir e realizar certas e determinadas tarefas, tais como

colocar a máscara de oxigénio ou descer de altitude. Ao ultrapassar este intervalo de tempo, as capacidades mentais e físicas do piloto deterioram-se, podendo resultar na perda de consciência e possivelmente até na morte. O TCU corresponde, então, ao intervalo de tempo que o piloto dispõe de consciência racional para tomar decisões que permitam salvar-lhe a vida.

Como se pode observar na Tabela 2, o tempo de consciência útil diminui com o aumento da altitude. É também importante salientar que até as actividades desempenhadas dentro dos limites do TCU se vão deteriorando significativamente do início ao fim do TCU (quando a *performance* é muito menor que no início).

O TCU representa uma *janela de oportunidade* para agir, descer para uma altitude adequada e/ou colocar a máscara de oxigénio. Esta *janela de oportunidade* é bastante limitada, e por isso deve ser tida em conta acima de qualquer outro procedimento, porque um tripulante depois de ultrapassar o limite do TCU torna-se incapaz de efectuar qualquer acção correctiva adequada e de assumir uma atitude de defesa, por mais simples que seja.

Tabela 2: Tempo de Consciência Útil médio para várias altitudes

Altitude (FL)	Altitude (pés)	Altitude (metros)	Tempo de Consciência Útil
FL 150	15.000	4.572	30 minutos, ou mais
FL 180	18.000	5.486	20 a 30 minutos
FL 220	22.000	6.705	5 a 10 minutos
FL 250	25.000	7.620	3 a 5 minutos
FL 280	28.000	8.534	2,5 a 3 minutos
FL 300	30.000	9.144	1 a 3 minutos
FL 350	35.000	10.668	30 a 60 segundos
FL 400	40.000	12.192	15 a 20 segundos
FL 450	45.000	13.106	9 a 15 segundos
FL 500, ou acima	50.000	15.240	6 a 9 segundos

Fonte: [8]

Os tempos apresentados na Tabela 2 não são fixos, ou seja, podem variar consoante o indivíduo (condição física, tipo de vida que leva, entre outros), hora, etc.. Qualquer tipo de actividade que aumente o metabolismo celular, implica a diminuição do TCU. Em casos de despressurização rápida, o TCU é reduzido para metade.

2.6 Legislação

Para se ter uma visão mais abrangente sobre o tema deste trabalho é necessário também conhecer o que é que a legislação diz a este respeito, porque vai ser aí que vamos encontrar as leis que determinam a que altitudes se pode voar de forma segura e sem auxílio de oxigénio suplementar, e a partir de que altitudes se tem de voar com recurso a oxigénio suplementar (e durante quanto tempo).

Para se ter uma ideia de como este assunto é abordado a nível mundial foi feita, sucessivamente, uma pesquisa dentro da legislação internacional, depois da europeia, seguindo-se a americana e a portuguesa.

Os próximos quatro subcapítulos são pois dedicados a cada uma dessas abordagens legislativas, mais precisamente sobre as altitudes a que se recomenda/impõe voar sem e com oxigénio suplementar. A legislação Internacional sobre o tema é dada pelo Anexo 6 da ICAO, a Europeia é dada pela JAR-OPS 1.775, a Americana pela FAR 91.211, e finalmente a Legislação em vigor no nosso país é dada pelo Decreto-Lei n.º 289 de 14 de Novembro de 2003.

2.6.1 Legislação Internacional, Anexo 6 da ICAO [9]

- a) Um voo a ser operado a altitudes nas quais a pressão atmosférica no interior da cabine seja inferior a 700 hPa, não deverá acontecer a menos que haja oxigénio suficiente armazenado para fornecer a:
- 1) Todos os membros da tripulação e 10% dos passageiros por um período superior a 30 minutos sempre que a pressão atmosférica na cabine esteja entre os 700 hPa e os 620 hPa; e
 - 2) Todos os membros da tripulação e passageiros em qualquer período em que a pressão atmosférica na cabine seja inferior a 620 hPa.
- b) Um voo operado por uma aeronave pressurizada não deverá começar a menos que a aeronave tenha uma quantidade suficiente de oxigénio armazenado a bordo para fornecer a todos os membros da tripulação e passageiros para o caso de despressurização, por um período em que a pressão atmosférica na cabine seja inferior a 700 hPa. Também, quando uma aeronave está a operar em níveis de voo em que a pressão atmosférica seja inferior a 376 hPa, ou que opera em níveis de voo nos quais a pressão atmosférica é superior a 376 hPa e que em 4 minutos não consegue descer em segurança para um nível de voo em que a pressão atmosférica seja igual a 620 hPa, deverá ter oxigénio armazenado suficiente para fornecer durante 10 minutos a todos os passageiros na cabine.

Nota: As altitudes aproximadas na atmosfera padrão correspondentes aos valores da pressão absoluta usados no texto são as seguintes (Tabela 3):

Tabela 3: Pressão absoluta *versus* altitude

Pressão Absoluta (hPa)	Altitude (metros)	Altitude (pés)
700	3.000	10.000
620	4.000	13.000
376	7.600	25.000

Fonte: [9]

2.6.2 Legislação Europeia, JAR-OPS 1.775 [10]

a) Geral:

- 1) Um operador não deve operar uma aeronave não pressurizada a altitudes superiores a 10.000 pés a não ser que esteja disponível a bordo equipamento de oxigénio suplementar, capaz de armazenar e fornecer oxigénio.
- 2) A quantidade de oxigénio suplementar exigido para sustentar uma determinada operação deverá ser calculada com base nas altitudes e duração do voo de acordo com os procedimentos operacionais estabelecidos para cada tipo de operação no Manual de Operações, com as rotas a serem utilizadas e com os procedimentos de emergência especificados neste manual.
- 3) Uma aeronave com planos para ser operada a altitudes pressão acima dos 10.000 pés deverá estar provida de equipamento capaz de armazenar e fornecer oxigénio.

b) Requisitos para fornecimento de oxigénio:

- 1) *Membros da tripulação de voo.* Cada membro da tripulação de voo no *cockpit* deverá ter oxigénio suplementar disponível de acordo com a tabela 4 Se todos os ocupantes do *cockpit* estiverem a utilizar oxigénio suplementar, então também devem ser considerados como membros de tripulação de voo no que diz respeito a oxigénio suplementar.
- 2) *Membros da tripulação de cabine, membros da tripulação adicionais e passageiros.* Os membros da tripulação de cabine e passageiros deverão ter disponível oxigénio de acordo com a Tabela 4. Um número de membros da tripulação de cabine acima do número de membros de tripulação de cabine necessários para o voo e membros de tripulação extra deverão ser considerados como passageiros no que diz respeito a oxigénio suplementar.

Tabela 4: Fornecimento de oxigénio suplementar

Fornecimento a:	Duração e Altitude Pressão:
Todos os ocupantes do <i>cockpit</i> (todos os assentos do <i>cockpit</i>)	Todo o tempo de voo em que a aeronave esteja a voar em altitudes pressão acima dos 10.000 pés
A todos os membros da tripulação de cabine	Todo o tempo de voo em que a aeronave esteja a voar em altitudes pressão acima dos 13.000 pés e por qualquer período de tempo até 30 minutos em altitudes pressão entre os 10.000 pés e os 13.000 pés.
100% dos passageiros (ver Nota)	Todo o tempo de voo em que a aeronave esteja a voar em altitudes pressão acima dos 13.000 pés.
10% dos passageiros (ver Nota)	Todo o tempo de voo após 30 minutos a voar acima dos 10.000 pés e abaixo dos 13.000 pés.
Nota: Nesta tabela a palavra <i>passageiros</i> inclui todos os passageiros a bordo incluindo crianças com idades inferiores a 2 anos.	

Fonte: [10]

2.6.3 Legislação Americana, FAR 91.211 [11]

a) Geral. Nenhuma pessoa pode operar uma aeronave com registo civil dos Estados Unidos da América nas seguintes condições:

- 1) Em altitudes pressão de cabine entre os 12.500 pés (MSL) e os 14.000 pés (MSL) inclusive, excepto os casos em que o número mínimo de tripulantes tenha oxigénio suplementar disponível para usar durante a parte do voo naquele intervalo de altitudes com uma duração superior a 30 minutos;
- 2) Em altitudes pressão de cabine acima dos 14.000 pés (MSL), excepto os casos em que o número mínimo de tripulantes tenha oxigénio suplementar disponível para usar durante todo o voo (acima dos 14.000 pés MSL); e
- 3) Em altitudes pressão de cabine acima dos 15.000 pés (MSL) a menos que cada ocupante da aeronave tenha disponível oxigénio suplementar suficiente para toda a duração do voo a estas altitudes (acima dos 15.000 pés MSL).

b) Aeronaves com cabine pressurizada.

- 1) Nenhuma pessoa pode operar uma aeronave não pressurizada com registo civil dos Estados Unidos da América nas seguintes condições:
 - i) Em níveis de voo acima dos 25.000 pés a menos que haja a bordo oxigénio suplementar disponível para pelo menos 10 minutos acima do que é exigido no parágrafo a) desta secção para cada ocupante da aeronave, para que seja utilizado na descida em caso de despressurização da cabine; e

ii) Em níveis de voo acima dos 35.000 pés, a menos que um dos pilotos aos comandos da aeronave tenha colocado e esteja a usar uma máscara de oxigénio que está segura, selada e que forneça oxigénio constantemente ou automaticamente sempre que a altitude de cabine exceda os 14.000 pés (MSL), excepto o caso em que se esteja a voar abaixo do nível de voo 410 e ambos os pilotos aos comandos tenham acesso a máscaras de oxigénio do tipo *Quick-donning* (Figura 1), que tem a particularidade de poderem ser colocadas na cara em apenas 5 segundos usando só uma mão, ficando imediatamente fixas, seladas e a fornecer oxigénio.

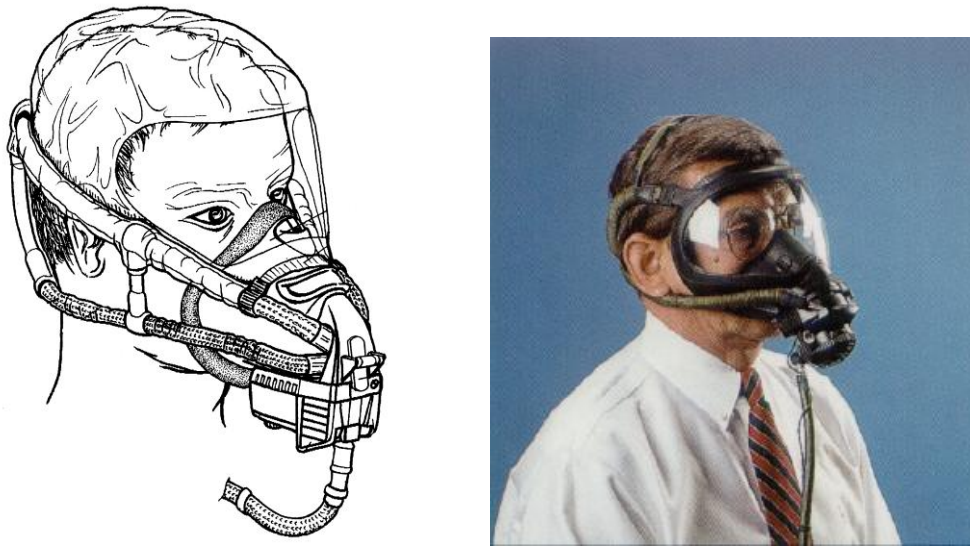


Figura 1: Máscaras de Oxigénio do tipo *Quick-donning* [12], [13]

2) Não obstante do parágrafo b) 1), ii) desta secção, se por qualquer razão em qualquer momento for necessário que um dos pilotos deixe os comandos da aeronave, quando está a voar em altitudes superiores a 35.000 pés, o piloto que fica aos comandos deverá colocar a máscara de oxigénio até que o piloto que deixou os comandos volte à posição de pilotagem.

2.6.4 Legislação Portuguesa, Decreto de Lei nº 289/2003 [14]

A legislação portuguesa baseia-se na europeia JAR-OPS e assim, de uma forma simples, diz que compete ao piloto comandante garantir que os membros da tripulação técnica de voo no desempenho das suas funções utilizem continuamente oxigénio suplementar quando a altitude de cabine exceda os 10.000 pés (3.048 metros) por um período superior a trinta minutos ou quando a altitude de cabine exceda 13.000 pés (3.962 metros). Como é esta a legislação que mais nos interessa no âmbito deste trabalho, convém descreve-la com mais detalhes; assim temos:

a) Geral:

- 1) O operador não deve operar uma aeronave não pressurizada a altitudes superiores a 10.000 pés salvo se existir a bordo um equipamento de oxigénio complementar que possibilite a utilização das quantidades de oxigénio exigidas;
- 2) A quantidade de oxigénio suplementar para uma operação específica deve ser calculada com base nas altitudes de voo e na duração do voo, tendo em conta os procedimentos operacionais estabelecidos no MOV para cada operação, as rotas que são operadas e os procedimentos de emergência especificados no MOV;
- 3) Uma aeronave que pretenda operar a altitudes pressão acima dos 10.000 pés de altitude, deve ter a bordo equipamento que permita o armazenamento e a distribuição das quantidades de oxigénio necessárias.

b) Requisitos relativos à quantidade e equipamento de oxigénio:

- 1) Tripulantes de voo: cada membro da tripulação de voo a desempenhar funções na cabine de pilotagem deve dispor de oxigénio suplementar, de acordo com a Tabela 4. Se todos os ocupantes dos lugares de cabine receberem o oxigénio destinado à tripulação de voo, devem ser considerados como membros da tripulação em serviço para efeitos de fornecimento de oxigénio;
- 2) Os membros de tripulação de cabine e os passageiros devem dispor de oxigénio suplementar, de acordo com o indicado na Tabela 4. Os membros da tripulação da cabine que viajam como extra ao número mínimo de tripulantes necessário, e os tripulantes suplementares, devem ser considerados como passageiros, para efeitos de fornecimento de oxigénio.

2.7 Estatísticas

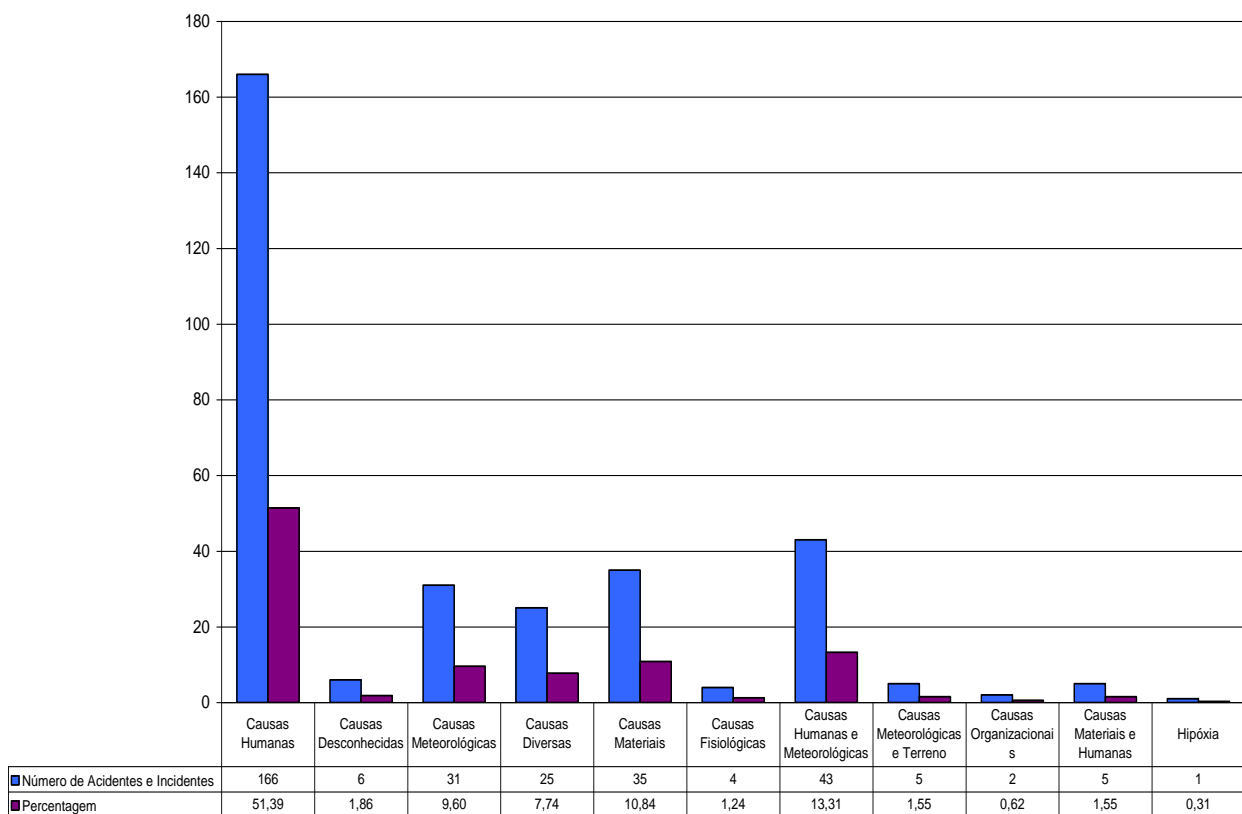
Neste sub-capítulo foi feita uma pesquisa aos níveis internacional e nacional para se ter uma ideia da quantidade, percentagens, e evolução de acidentes e incidentes com planadores e ultraleves, e comparar essa evolução com outros tipos de actividade aérea.

Para os planadores foi encontrada no site do NTSB uma base de dados com relatórios de acidentes e incidentes bastante completa. Lemos e analisamos 323 desses relatórios e separamo-los de acordo com as causas de acidentes e incidentes. Estas causas foram divididas em humanas, meteorológicas, materiais, fisiológicas, organizacionais, de

hipoxia, e desconhecidas, ou então englobando mais do que uma dessas categorias como, por exemplo, causas humanas e meteorológicas, materiais e humanas, meteorológicas e terreno, e ainda por motivos diversos (que englobam vários factores). Depois de fazermos esta triagem construímos os Gráficos 1 e 2 para uma melhor visualização dos resultados.

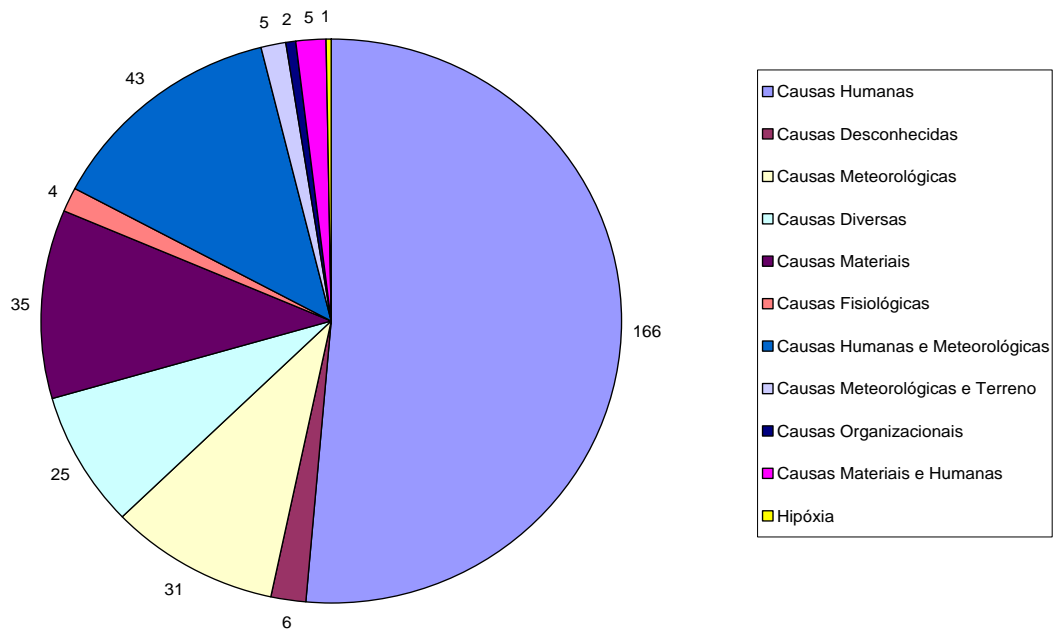
Como é possível observar em ambos os gráficos, as causas humanas estão presentes em pelo menos 66,25% dos acidentes/incidentes envolvendo planadores e são directamente responsáveis por 51,25% dos mesmos. No entanto, de entre os 323 relatórios analisados, apenas 1 apontava como causa o factor médico hipoxia, representando uma percentagem de apenas 0,3%.

Gráfico 1: Número e percentagem de ocorrências com planadores nos Estados Unidos da América, entre 2001 e 2010, por causas



Fonte: Autor, com base em [15]

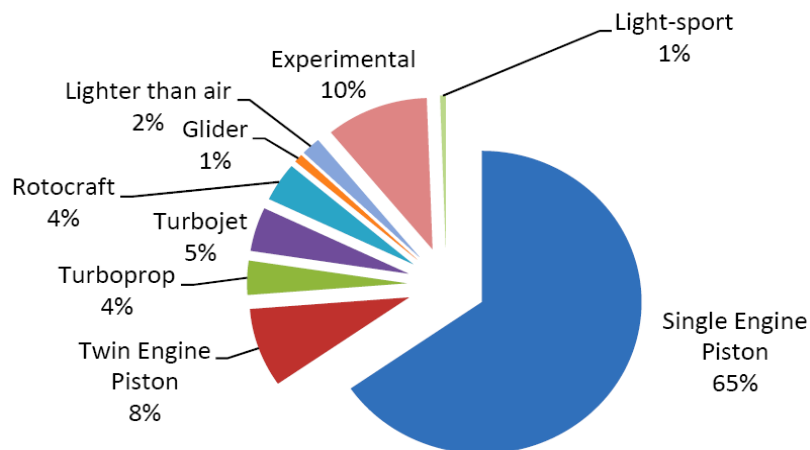
Gráfico 2: Número de ocorrências com planadores nos Estados Unidos da América, entre 2001 e 2010, por causas



Fonte: Autor, com base em [15]

Também a partir do Gráfico 3 podemos constatar que no ano de 2006 o total de ultraleves e de planadores representava apenas 2% (1% em cada categoria) da frota geral de aeronaves nos Estados Unidos da América.

Gráfico 3: Percentagem de aeronaves na frota geral dos Estados Unidos da América em 2006.



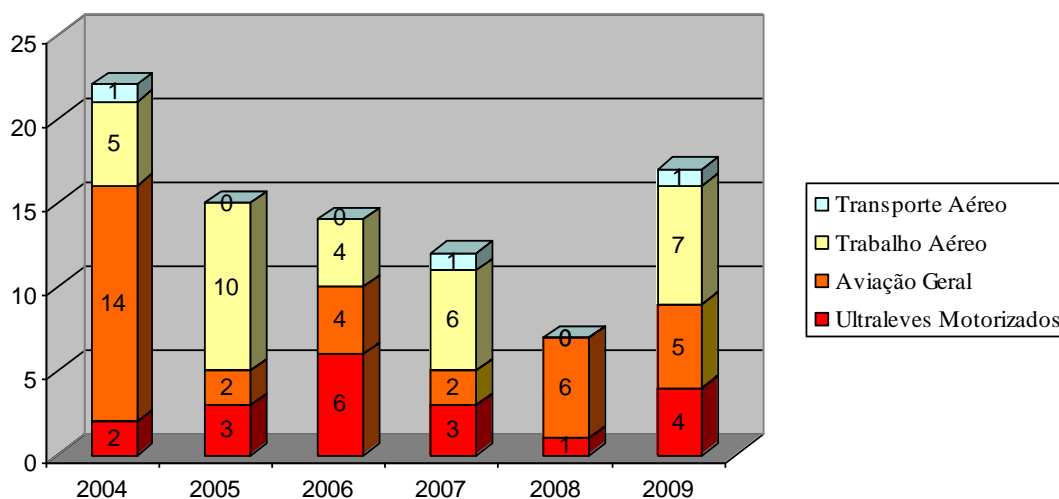
Fonte: [16]

Mas mesmo representando apenas 1% das aeronaves da frota geral dos Estados Unidos, nesse mesmo ano de 2006 ocorreram 34 acidentes/incidentes com planadores, 4 dos quais com resultados fatais para os pilotos!

Ao contrário do que sucedeu com os planadores, a quantidade de informação encontrada no site do NTSB sobre acidentes/incidentes envolvendo ultraleves foi escassa. Como tal recorreremos a outras fontes, nomeadamente o GPIAA, onde conseguimos algumas informações estatísticas sobre ultraleves.

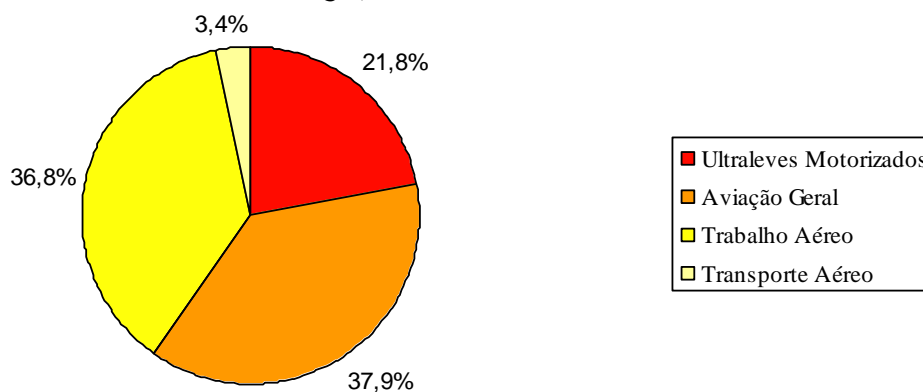
Embora não se tenha verificado nenhum acidente/incidente nos últimos anos em Portugal com ultraleves cuja causa pudesse ter sido atribuída ao factor médico Hipoxia, entre 2004 e 2009 verificaram-se 19 ocorrências com este tipo de aeronaves, ou seja, 21,8% do total registado no país em igual período, como é possível observar nos Gráficos 4 e 5.

Gráfico 4: Número de acidentes/incidentes por actividade Aérea em Portugal, entre 2004 e 2009



Fonte: [17]

Gráfico 5: Percentagem de acidentes/incidentes por actividade Aérea em Portugal, entre 2004 e 2009



Fonte: [17]

Note-se que se separa os ultraleves da aviação geral por ser uma actividade aérea em grande expansão, que congrega um grande número de adeptos e, conseqüentemente merece um estatuto individualizado. No Gráfico 5 pode-se observar a percentagem de

acidentes/incidentes em Portugal por actividade aérea entre 2004 e 2009 e verificar que embora não representem o maior grupo, os ultraleves acidentados merecem algum destaque.

Por ser um tipo de actividade aérea em que não se voa a grandes altitudes, não foram encontrados acidentes/incidentes com ultraleves cuja causa declarada tenha sido o factor médico Hipoxia. De qualquer forma, algumas destas aeronaves conseguem atingir altitudes superiores a 13.000 pés, e é aqui, neste contexto, que este estudo se torna importante.

2.8 Acidentes/incidentes Resultantes da Hipoxia

Para este subcapítulo foi feita uma pesquisa tão exaustiva quanto possível em busca de relatos (*Callback*) e relatórios de acidentes/incidentes envolvendo planadores e ultraleves e em que a causa principal ou secundária da ocorrência tivesse sido a hipoxia. O objectivo deste subcapítulo é mostrar, através de casos reais, o perigo que a hipoxia representa para a segurança do voo.

Como este problema, relativamente a planadores e a ultraleves, não está ainda muito documentado não nos foi possível encontrar muita informação. Como tal, alguns dos casos que vamos passar a descrever ocorreram com aeronaves ligeiras (não ultraleves). No entanto, a hipoxia ocorreu em condições de voo que podem ser facilmente igualadas às de um ultraleve ou de um planador e, como tal, são válidos no âmbito dos nossos propósitos com este trabalho. Felizmente encontramos um relatório de um incidente devido à hipoxia com planador.

2.8.1 Piloto do Beech Model 35 Bonanza [18]

Este é um relato feito por um piloto de uma aeronave Beech Model 35 Bonanza (Figura 2) que sofreu os efeitos da hipoxia depois de voar 4 horas a uma altitude de 12.500 pés MSL e sem oxigénio suplementar.

Em retrospectiva, é bastante óbvio para mim que tive um caso de hipoxia avançada durante a minha descida VFR. Estive a voar mais ou menos 4 horas a uma altitude de 12.500 pés e o voo a essa altitude decorreu sempre bem, foi um voo calmo e sossegado. Quando entrei em contacto com o centro de controlo a fim de começar a minha descida, fui mandado contactar outro sector. Foi aqui que as coisas começaram a correr mal. Eu penso que tenha ouvido mal ou seleccionado a frequência errada, mas as minhas tentativas para contactar com o sector foram infrutíferas, e não sei como, não consegui voltar a contactar com o controlador anterior. Isto parece inacreditável para um piloto com o meu nível de experiência mas enquanto estava a voar a aeronave não houve problemas, mas depois uma simples tarefa mental que quase nada exige,

tornou-se quase impossível de concretizar. Como resultado, entrei em espaço aéreo classe B sem autorização.

O meu estado de saúde é excelente, nunca fumei e não bebo álcool. Agora dou-me conta que voos prolongados, mesmo a uma altitude autorizada de 12.500 pés, podem ter um efeito muito prejudicial na capacidade mental de qualquer indivíduo. Aprendi uma grande lição e uma das primeiras coisas em que vou investir será num equipamento de oxigénio portátil [18].

A resposta, em termos legislativos, para esta ocorrência que se verificou em espaço aéreo dos Estados Unidos da América foi a seguinte:

A FAR 91.211 exige o uso de oxigénio suplementar para voos em que a altitude pressão na cabine seja superior a 12.500 pés MSL e até 14.000 pés MSL (inclusive) em voos cuja duração seja superior a 30 minutos [18].



Figura 2: Beech Model 35 Bonanza [19]

2.8.2 Incidente com Cessna 404 [20]

Um Cessna 404 (Figura 3) não pressurizado descolou no dia 26 de Dezembro de 2006 às 1855 (hora local) do aeroporto de São Pedro no arquipélago de Cabo Verde com destino a Dakar.

O relatório emitido pela entidade AAIB do Reino Unido diz que o piloto não utilizou de forma contínua o oxigénio suplementar quando voava acima dos 10.000 pés, durante a subida e o início de cruzeiro a FL210. O passageiro afirmou que o piloto tirou a máscara de oxigénio diversas vezes. O piloto confirmou aos investigadores que às 19h30min retirou a máscara de oxigénio para tratar um possível problema com um motor.

O relatório diz que *o piloto estaria provavelmente sob os efeitos da hipoxia quando tentou ajustar as manetas do motor, o que resultou em vibrações, seguidas de uma descida descontrolada* [20].

O passageiro disse que ocorreu uma mudança no som do motor e que sentiu as vibrações antes da aeronave começar a descer a alta velocidade e em espiral. Ele tentou falar duas vezes com o piloto através do sistema *intercom*, e a aeronave estaria a passar os 5.000 pés e a descer quando o piloto respondeu ao segundo chamamento.

Depois de restabelecer o controlo da aeronave, o piloto pediu e obteve autorização do controlo de tráfego aéreo para divergir para o aeroporto Amílcar Cabral no arquipélago de Cabo Verde. O piloto aterrou a aeronave em segurança às 2005. Durante o inquérito o piloto afirmou que provavelmente começou a ficar sob o efeito da hipoxia durante a subida e que o problema com um motor resultou, provavelmente, num ajuste inadequado dos respectivos controlos para a altitude de cruzeiro.



Figura 3: Cessna 404 [21]

2.8.3 Acidente com Beech Super King Air 200 [22]

No dia 4 de Setembro de 2000 uma aeronave do tipo Beech Super King Air 200 (Figura 4) com um piloto e 7 passageiros a bordo estava a efectuar um voo *charter* entre Perth e Leonora (no oeste australiano) quando se despenhou. Uma das causas apontada foi a hipoxia (Hipoxia Hipobárica).

A história do voo: pouco depois de descolar, o piloto foi autorizado a subir para o nível de voo 250 (aproximadamente 25.000 pés). 20 minutos depois o controlador de tráfego aéreo começou a observar, através do seu ecrã de radar, que o King Air estava a subir acima do nível de voo 250. Quando questionado para verificar a sua altitude, o piloto disse ao controlador *stand by* e manteve o dedo a comprimir o botão do rádio durante os 8 minutos seguintes e durante esse tempo só se ouviam sons de uma pessoa a respirar, algumas sílabas sem sentido, e o som de fundo dos hélices do motor.

No relatório final, o ATSB diz que nestas transmissões se notavam os sintomas da Hipoxia Hipobárica, que afectam as funções mentais antes de afectar as físicas.

Por exemplo, um piloto sob o efeito deste tipo de hipoxia é perfeitamente capaz de comprimir o botão (do microfone) para transmitir mas no entanto não consegue elaborar mentalmente um discurso para o transmitir por palavras [22].

Cerca de 1 hora e 25 minutos depois de descolar de Perth, a aeronave sobrevoou Leonora a uma altitude de 34.000 pés. A aeronave manteve o rumo constante (cerca de 050°) indicando que o piloto automático estaria ligado nos modos *heading-hold* e *pitch-hold*.

A tripulação de uma aeronave executiva a Jacto interceptou a King Air e disse que não observou nem luzes nem movimento no seu interior.

No relatório também se pode ler que *a aeronave, por razões desconhecidas, estaria provavelmente despressurizada durante as fases de subida e de cruzeiro, acrescentando que o piloto e passageiros estariam incapacitados para agir, provavelmente devido à hipoxia hipobárica por causa da altitude de cabine elevada e porque não estariam a receber oxigénio suplementar [22].*

Cerca de 3 horas e 37 minutos depois de sobrevoar Leonora, a aeronave atingiu o solo perto de Burketown na costa norte de Queensland.

Devido aos danos na aeronave e à falta de *data/voice recorders*, o ATSB não conseguiu determinar se a aeronave chegou a ser pressurizada, e em caso afirmativo o porquê da despressurização. A aeronave tinha voado na manhã do dia do acidente e não tinham sido encontrados problemas no sistema de pressurização.

O relatório diz também que o piloto envolvido neste acidente era conhecido pelo seu profissionalismo e uso metódico das *checklists*.

O sistema de pressurização desta aeronave incluía avisos visuais de excesso de altitude de cabine, mas não incluía avisos auditivos para este mesmo problema. O relatório diz que este acidente podia ter sido evitado se tivesse ocorrido um aviso auditivo além do visual para quando a altitude de cabine excedesse os 10.000 pés.

O ATSB fez uma recomendação à FAA para que este sistema de aviso fosse implementado nestas aeronaves mas a recomendação foi rejeitada.



Figura 4: Beech 200 Super King Air [23]

2.8.4 Acidente com Glauser-Dirks DG-300 [24]

No dia 28 de Agosto de 2006, às 16 horas e 35 minutos PDT, a aeronave Glauser-Dirks DG-300 (Figura 5) com registo N302N, fez *overshoot* da pista durante a aterragem no Aeroporto de Truckee-Tahoe, na cidade de Truckee, Califórnia, nos Estados Unidos da América). O piloto aterrou o planador num campo próximo e como consequência a empengem vertical soltou-se do resto da estrutura da aeronave.

Neste incidente não houve vítimas mortais a lamentar e o piloto não ficou ferido; contudo, o planador ficou bastante danificado.

As condições meteorológicas permitiam o voo visual e não foi feito qualquer plano de voo. O piloto descolou do Aeroporto de Truckee-Tahoe às 13 horas PDT e foi na aterragem que se deu o incidente.

De acordo com o piloto, este esteve a voar cerca de 4 horas em altitudes superiores a 10.000 pés MSL. Durante o voo começou a sentir sintomas de Hipoxia, desceu e tentou aterrar em Truckee mas fez *overshoot* da pista e, como referido, aterrou num campo próximo. O piloto pensa que o sistema de fornecimento de oxigénio do tipo *Cannula* que tinha a bordo (Figura 6) não devia estar a fornecer oxigénio de forma adequada porquanto teve de respirar pela boca.

O NTSB determinou que as causas prováveis para este incidente foram a aproximação inadequada à pista para a aterragem, resultando no *overshoot* da pista. Um factor que contribuiu para este incidente foi a condição de Hipoxia do piloto.



Figura 5: Planador Glauser-Dirks DG-300 [25]

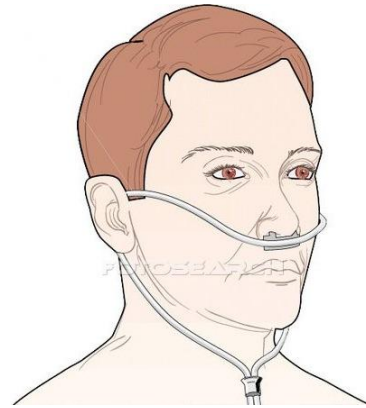


Figura 6: Sistema de fornecimento de oxigénio do tipo Cannula [26]

2.9 Conclusão

Em Portugal assiste-se actualmente a um aumento em larga escala de voos de lazer nomeadamente em aeronaves não pressurizadas do tipo planador e ultra leve. Nos cursos de pilotagem não parece ser dado muito destaque ao tema da hipoxia na aviação, talvez porque não existe muita investigação a este respeito.

A legislação limita-se a fazer restrições de altitude e de tempo, com ou sem oxigénio suplementar de suporte, não tendo em conta que o factor médico hipoxia varia de pessoa para pessoa. As legislações internacional, europeia e portuguesa para este assunto não diferem muito, exigindo que para períodos de tempo superiores a 30 minutos em altitudes pressão entre os 10.000 pés e os 13.000 pés se utilize oxigénio suplementar e para altitudes superiores a 13.000 é obrigam a utilização do oxigénio suplementar por qualquer período de tempo. A americana difere apenas um pouco, isto é, exigindo que para períodos de tempo superiores a 30 minutos em altitudes pressão entre os 12.500 pés e os 14.000 pés se utilize oxigénio suplementar e para altitudes superiores a 14.000 é obrigam a utilização do oxigénio suplementar por qualquer período de tempo.

Como foi possível constatar, em Portugal, entre 2004 e 2009, 21,8% do total de acidentes/incidentes com aeronaves ocorreram precisamente com ultraleves motorizados.

Também encontrámos e descrevemos alguns casos que nos provam que a hipoxia deve ser realmente considerada como um factor de perigo a ter em conta na aviação.

No Caso de Estudo que descrevemos em seguida instalámos a bordo equipamentos para medir os níveis de oxigénio no sangue do piloto e assim avaliar os seus limites reais de hipoxia. Mas seria interessante que num futuro próximo tais dispositivos pudessem em

simultâneo emitir sinais de alerta para que o piloto, confrontado com os seus limites de hipoxia, descesse de imediato para níveis de voo seguros ou, em alternativa, passasse a utilizar oxigénio suplementar. Validado o sistema, o passo final seria a respectiva iniciativa legislativa.

3. Caso de Estudo

Em 2010 foi apresentada na Universidade da Beira Interior (Covilhã, Portugal) um trabalho de mestrado em Engenharia Aeronáutica cujo objectivo principal era medir a percentagem de oxigénio no sangue de pilotos de planador e ultraleve a nível periférico (dedo da mão) durante voos não pressurizados [1]. Os resultados foram muito satisfatórios mostrando um decaimento acentuado desta percentagem com a altitude mas o método utilizado não se mostrou ergonómico para utilização em futuras experiências porquanto era incómodo, desconfortável e pouco prático. Neste trabalho vamos-nos concentrar em recolher a informação da oximetria cerebral de pilotos durante voos em aeronaves não pressurizadas através de medições efectuadas directamente sobre a região frontal de cada lobo cerebral, comparando-as depois com os dados obtidos no trabalho de 2010.

Em paralelo ao trabalho experimental, lançamos um inquérito *on-line* sobre a hipoxia em aviação geral (sintomas, impactes no desempenho dos pilotos, e eventuais medidas preventivas), adaptado de um outro lançado nos EUA e que serviu de base ao artigo intitulado: *Altitude Training Experiences and Perspectives* [27]. O objectivo deste nosso inquérito é a recolha de informação sobre situações de hipoxia ou descompressão, distinguindo-se do original precisamente pela adaptação à aviação geral.

3.1 Trabalho Experimental

O trabalho de Fonseca [1] tentou responder à seguinte questão: *Será que o factor médico hipoxia pode pôr em causa o desempenho dos pilotos e a segurança do voo em planadores e ultraleves?* Para tal foram efectuados vários voos nos quais se mediu a percentagem de oxigénio no sangue (S_pO_2) a nível periférico (dedo da mão) utilizando um Oxímetro Portátil Novamatrix 513® (Figura 7).



Figura 7: Oxímetro Portátil Novamatrix 513® [1]

Em dois desses voos foram obtidos os resultados da Figura 8: o primeiro gráfico diz respeito a um voo em planador e o segundo a um voo em ultra leve.

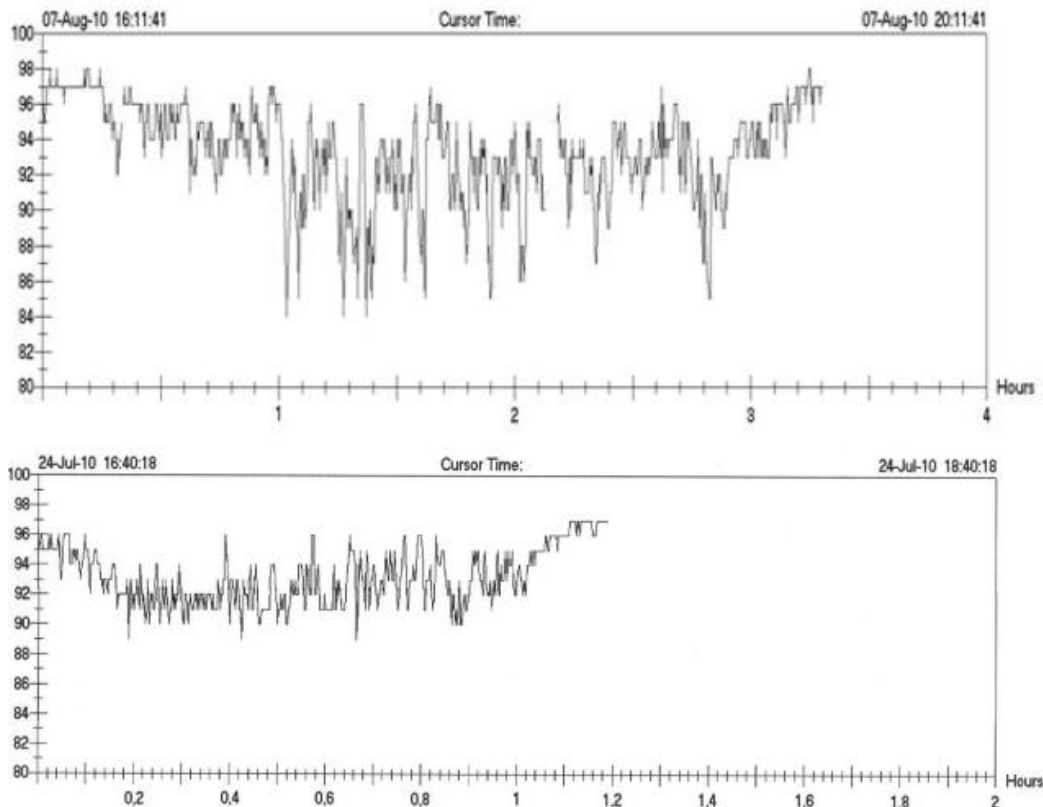


Figura 8: Oximetrias em voo de planador e ultra leve obtidas por Fonseca [1]

O voo em planador realizou-se a 7 de Agosto de 2010, teve uma duração aproximada de 3 horas e 20 minutos, a uma altitude média de 10.000 pés. Os registos das oximetrias revelaram o seguinte [1]:

- A partir do momento em que se começou a voar acima dos 6.000 pés (aproximadamente às 16h25), os níveis de SpO₂ começaram a baixar até valores da ordem dos 92%;
- A partir daí voou-se a altitudes ainda mais elevadas (10.000 pés) e os níveis de oximetria desceram ainda mais, até aos 84%; a variabilidade foi bastante grande, isto é, enquanto no solo os valores (de referência) dos níveis de SpO₂ do piloto variaram apenas entre 95% e 97% a grande altitude variaram entre 84% e 97%;
- 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%).

Neste contexto Fonseca [1] questionava se a variação dos níveis de SpO₂ era maior em altitude porque se deveu a alguma inadaptação do piloto à altitude ou às suas manobras/movimentos. 84% de nível de SpO₂, apesar de não ser um valor crítico, também não é um valor habitual para um indivíduo ao nível do solo. Logo, o piloto

sofrerá simultaneamente algum efeito cognitivo associado à perda de concentração de oxigénio no sangue?

O voo em ultra leve realizara-se um pouco antes, a 24 de Julho de 2010, e teve uma duração aproximada de 1 h, a uma altitude máxima de 9.000 pés. Os registos das oximetrias revelaram o seguinte [1]:

- A parte inicial do voo, isto é, nos primeiros 20 a 25 min, com a subida até 9.000 a 9.500 pés, não houve grande alteração nos níveis de SpO₂ do piloto;
- Durante o voo a maior altitude a variabilidade dos níveis de SpO₂ foi bastante maior comparativamente aos valores de referência medidos no solo (entre 97% e 98%) porquanto a 9.500 pés os valores de SpO₂ variaram entre 89% e 96%;
- No final do voo (fase da descida) a oximetria subiu acima dos valores iniciais, isto é, até 97% a 98% (contra 95% a 96%). Na opinião da autora tal facto pode ter sido devido à descida mais repentina (que durou aproximadamente 5 min) em que o piloto, apesar de respirar com a mesma intensidade e frequência, passou a ter subitamente maior concentração de O₂ no ar.

Tal como mencionado este trabalho surge como um complemento ao de Fonseca [1] porque ao invés de se medir a saturação de O₂ no sangue a nível periférico (SpO₂), fomos medir a saturação de O₂ no sangue, venoso e arterial (rSO₂), a nível cerebral; e, assim, caso os resultados sejam os esperados estaremos não só a corroborar os resultados de Fonseca [1], mas também a testar uma alternativa na sua obtenção com menos problemas operacionais.

O equipamento seleccionado foi o Nonin Medical Inc. Model 7600 Regional Oximetry System (Figura 9), o mais recente avanço em termos de espectroscopia por infravermelhos (Near-Infrared Spectroscopy - NIRS) projectado e criado pela EQUANOX™ para a monitorização em tempo real da oximetria regional em pacientes em risco de lesão cerebral.



Figura 9: Nonin Medical Inc. Model 7600 Regional Oximetry System [28]

Este equipamento é composto por quatro sensores que oferecem grande precisão independentemente do tipo e características de pele do utilizador, eliminando os efeitos de superfície e isolando as medições do córtex cerebral. É fácil de operar e oferece conectividade Bluetooth® a fim de se ter acesso posterior a dados armazenados na memória. O modelo 7600, portátil, tem um *design* robusto que o torna prático para utilização em qualquer ambiente. No caso vertente os maiores problemas poderiam advir da operação a altitudes e a temperaturas elevadas e por períodos de tempo longos, mas as especificações técnicas deram-nos grande espaço de manobra: o equipamento poderia ser utilizado até 12.000 pés, a temperaturas entre os -5°C e os +40°C, com uma bateria de autonomia até 3 h [29].

Foram efectuados 6 voos num planador do tipo PW6, todos conduzidos por pilotos diferentes, sendo a duração e a altitude máxima as apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5: Informação relativa aos (novos) voos

Voo (n.º)	Piloto		Voo	
	Idade	Horas de Voo	Duração	Altitude Máxima (pés)
1	65	2.700	21 min 00 seg	1.300
2	35	50	48 min 04 seg	2.800
3	44	300	31 min 00 seg	3.100
4	35	20	46 min 12 seg	2.800
5	44	300	1 h 04 min 24 seg	3.600
6	35	1.500	1 h 05 min 32 seg	3.600

Como os resultados obtidos nos diversos voos foram muito semelhantes iremos apenas aqui debruçar-nos sobre o número 6. Este voo foi efectuado a 24 de Maio de 2011, atingiu uma altitude máxima de 3.600 pés, e teve uma duração de aproximadamente 1

h e 5 min. Foram usados dois canais do aparelho da Nonin Medical Inc. (Model 7600), cada uma das sondas foi colocada sobre a região frontal de cada lobo cerebral, e os resultados obtidos são os da Figura 10.

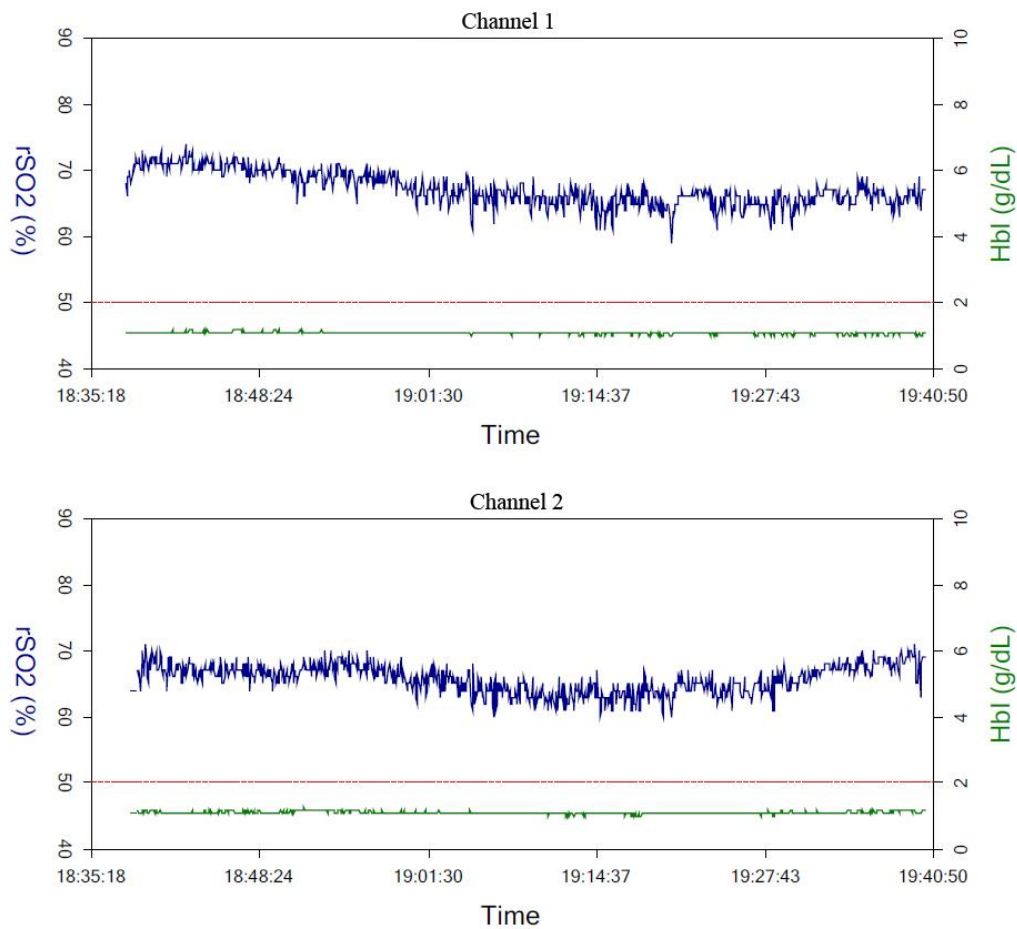


Figura 10: Oximetrias obtidas em voo realizado no dia 24 de Maio de 2011

A Figura 10 corresponde pois a um voo de 1h e 05 min efectuado a uma altitude máxima de 3.600 pés por um piloto com 35 anos de idade mas já com cerca de 1.500 horas de experiência em navegação.

A primeira constatação é que ambos os canais (1 - lado frontal esquerdo, e 2 - lado frontal direito) apresentam valores ligeiramente distintos. É natural que até num indivíduo saudável haja algumas discrepâncias mas, ainda assim, e num futuro próximo, informações como esta terão de ser cuidadosamente analisadas por especialistas clínicos para determinarem a existência, ou não, de alterações significativamente importantes do funcionamento do cérebro que possam por em causa o desempenho de voo.

A segunda constatação é que muito embora a altitude do voo não tenha sido muito elevada, ainda assim há a assinalar alterações significativas da saturação de O_2 no

sangue, venoso e arterial (rSO_2), a nível cerebral, durante o voo. Repare-se, por exemplo, na informação do canal 1 (lado frontal esquerdo):

- No início do voo o valor de rSO_2 é de cerca de 65,7%;
- Com cerca de 7 minutos de voo (18h42) o valor de rSO_2 atinge o valor máximo absoluto, isto é, 74,3%, provavelmente resultante de uma habituação do piloto ao ambiente situacional;
- Mas a partir desse instante o valor de rSO_2 desce praticamente de modo contínuo até perto das 19h20 quando se atinge o mínimo absoluto de 58,6%; segundo registos de bordo esse é precisamente o momento em que a aeronave voa a uma altitude mais elevada, na ordem dos 3.600 pés; esta variação de 15,7% é muito significativa, tal como veremos oportunamente;
- A partir de então o piloto inicia os procedimentos de aterragem, e os valores de rSO_2 começam a subir até atingirem às 19h40, e tal como no início do voo, cerca de 65,7%.

Reservamos para o capítulo seguinte a análise comparativa dos resultados experimentais das oximetrias periférica e cerebral.

3.2 Inquéritos

Como foi referido no início do capítulo, foi lançado um inquérito *on-line* sobre a hipoxia em aviação geral (sintomas, impactes no desempenho dos pilotos, e eventuais medidas preventivas) adaptado de um outro (Anexo 1) lançado nos EUA e que serviu de base ao artigo intitulado: *Altitude Training Experiences and Perspectives* [27]. O objectivo deste nosso inquérito (Anexo 2) é a recolha de informação sobre situações de hipoxia ou descompressão, distinguindo-se do original precisamente pela adaptação à aviação geral.

Lançado em Abril de 2011 foram obtidas 104 respostas, 37 mais que o original em inglês. Sendo esta uma oportunidade única para recolher tanta informação quanto possível sobre o assunto, isto é, ocorrências, experiências e opiniões que a comunidade de pilotos em Portugal tem sobre o tema da Hipoxia, foram elaboradas 41 questões das quais seleccionamos apenas 11 para apresentar no âmbito desta dissertação sendo as restantes (30) analisadas em trabalhos futuros.

De seguida apresentamos as questões seleccionadas no âmbito deste trabalho e as respectivas respostas. Reservamos para o capítulo seguinte a análise dos resultados obtidos.

3.2.1 Questão 0007

Esta questão aborda o tipo de licença de voo que os inquiridos possuem, podendo estas ser as seguintes:

- a) Piloto de ultraleve;
- b) Piloto de planador;
- c) Piloto particular de avião;
- d) Piloto particular de helicóptero;
- e) Piloto particular de motoplanador;
- f) Piloto particular de balão;
- g) Piloto comercial de avião;
- h) Piloto comercial de helicóptero;
- i) Piloto comercial de balão;
- j) Piloto de linha aérea de avião;
- k) Piloto de linha aérea de helicóptero;
- l) Instrutor de voo de ultraleves;
- m) Instrutor de voo de ligeiros;
- n) Instrutor de voo de linha aérea;
- o) Instrutor de voo com instrumentos.

Os resultados obtidos são os representados nas Tabelas 6 e 7:

Tabela 6: Resultados da questão 0007 do inquérito, a) a h)

	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)
Sim	35	10	44	1	2	0	26	0
Sim (%)	33,65	9,62	42,31	0,96	1,92	0,00	25,00	0,00

Tabela 7: Resultados da questão 0007 do inquérito i) a o)

	i)	j)	k)	l)	m)	n)	o)
Sim	0	21	1	10	6	3	4
Sim (%)	0,00	20,19	0,96	9,62	5,77	2,88	3,85

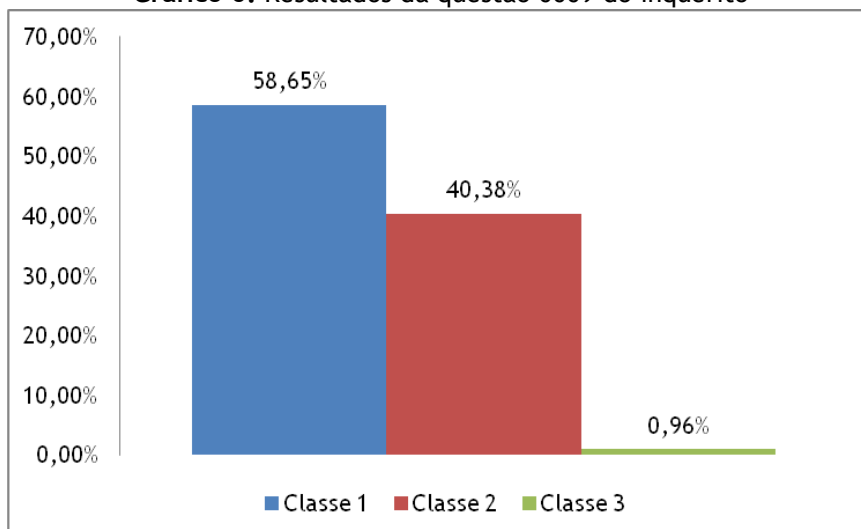
3.2.2 Questão 0009

Nesta questão vamos saber que tipos de licenças médicas os inquiridos possuem, podendo estas ser de Classe 1, Classe 2 ou Classe 3. As respostas estão representadas na Tabela 8 e Gráfico 6:

Tabela 8: Resultados da questão 0009 do inquérito

	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Número	61	42	1
Percentagem	58,65	40,38	0,96

Gráfico 6: Resultados da questão 0009 do inquérito



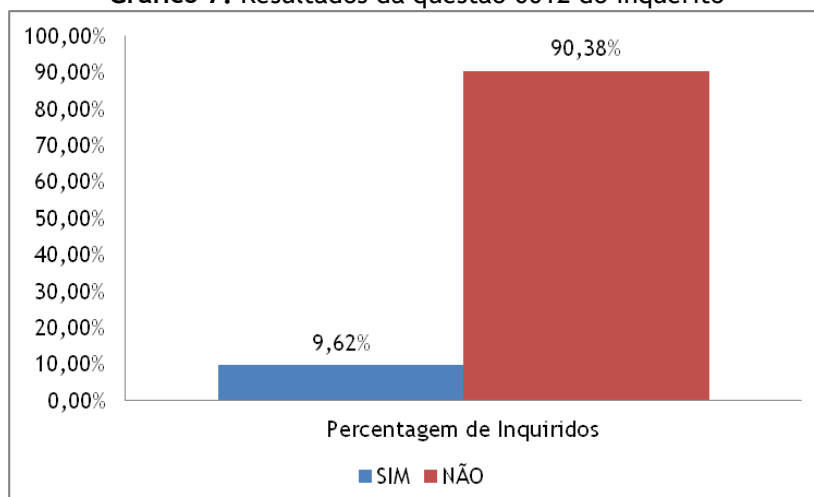
3.2.3 Questão 0012

Esta questão tenta saber se a maioria dos voos efectuados nos últimos 6 meses pelos inquiridos foi em aeronaves pressurizadas ou não. Os resultados foram os da Tabela 9 e Gráfico 7.

Tabela 9: Resultados da questão 0012 do inquérito

	Sim	Não
Número	10	94
Percentagem	9,62	90,38

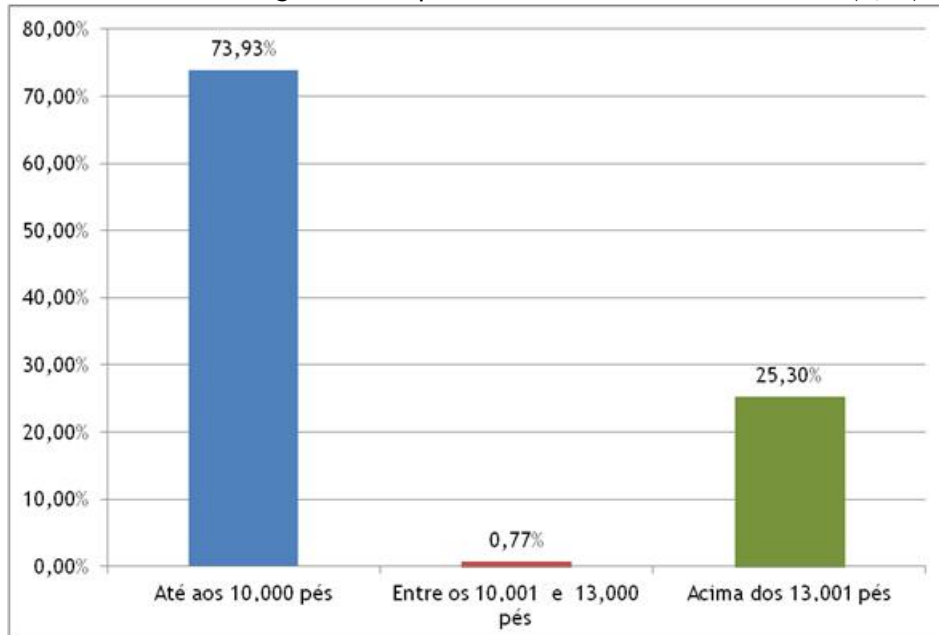
Gráfico 7: Resultados da questão 0012 do inquérito



3.2.4 Questão 0020

Nesta questão tenta-se saber qual a percentagem de tempo (médio) de voo que os pilotos inquiridos voam em determinadas altitudes (QNH). Os resultados estão no Gráfico 8.

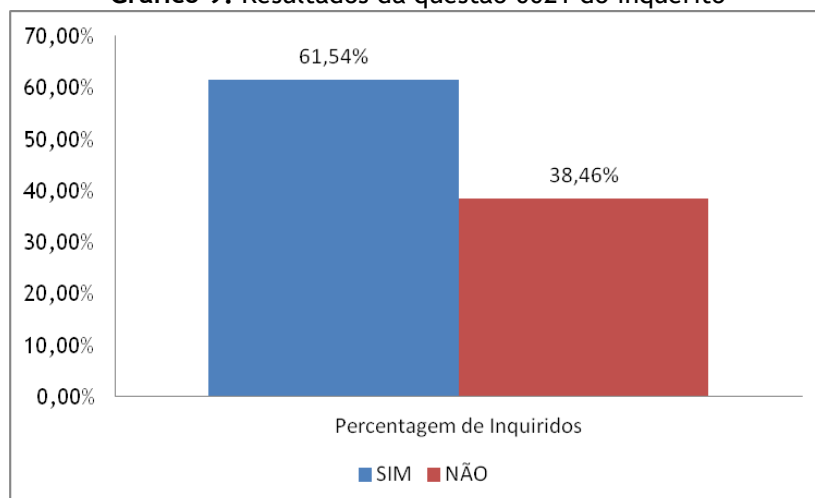
Gráfico 8: Percentagem de tempo de voo a determinadas altitudes (QNH)



3.2.5 Questão 0021

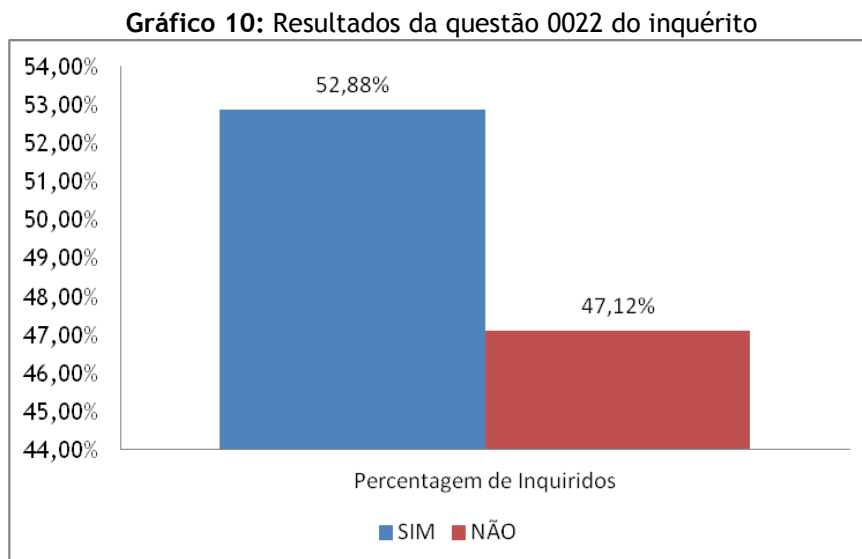
Aqui questiona-se se os inquiridos concordam com a afirmação de que, nas altitudes e condições em que voam normalmente, há (Sim) ou não o perigo de estarem sujeito a situações de hipóxia. Os resultados estão no Gráfico 9.

Gráfico 9: Resultados da questão 0021 do inquérito



3.2.6 Questão 0022

A partir desta questão entramos nas que são relativas à hipoxia em si mesmo; em primeiro lugar começamos por questionar os inquiridos se já realizaram formação ou treino sobre a hipoxia em aviação. As respostas são as do Gráfico 10.



3.2.7 Questão 0030

Numa escala de 1 a 5 em que 1 significa *discordo totalmente*, 2 *discordo*, 3 *nem concordo nem discordo*, 4 *concordo* e 5 *concordo plenamente*, pediu-se aos inquiridos que indicassem o seu nível de concordância com as seguintes afirmações:

- Todos os pilotos deveriam fazer um treino básico de introdução à hipoxia (sem treino em câmara hipobárica);
- Todos os pilotos deveriam fazer um treino periódico sobre hipoxia (sem treino em câmara hipobárica)
- Todos os pilotos deveriam fazer um treino básico em câmara hipobárica;
- Todos os pilotos deveriam fazer um treino periódico em câmara hipobárica;
- As regulamentações aeronauticas actuais, no que toca à formação e treino de situações de hipoxia, são suficientes;
- A necessidade de treino em câmara hipobárica deveria ser estabelecida em função da altitude máxima das aeronaves pilotadas pelo piloto em causa;
- A necessidade de treino em câmara hipobárica deveria ser estabelecida em função do tipo de licença de voo do piloto.

Os níveis de concordância dos inquiridos estão na Tabela 10.

Tabela 10: Níveis de concordância com as afirmações da questão 0030 do inquérito

Níveis de Concordância	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)
1	4	10	14	21	11	3	6
2	10	17	14	32	32	11	16
3	7	29	18	27	34	26	24
4	14	18	23	11	16	31	32
5	67	28	33	11	9	31	24
Não responderam	2	2	2	2	2	2	2
Média de Concordância	4,19	3,30	3,39	2,55	2,75	3,67	3,44

3.2.8 Questão 0032

Nesta questão perguntamos aos inquiridos se estes já se encontraram perante alguma situação de hipóxia em voo, e nas seguintes condições:

- a) Como aluno-piloto;
- b) Como piloto;
- c) Como instrutor;
- d) Como membro de uma tripulação;
- e) Como passageiro.

Os resultados foram os da Tabela 11.

Tabela 11: Resultados da questão 0032 do inquérito

	a)	b)	c)	d)	e)	f)
Número de Respostas	103	104	101	101	101	102
SIM	4	8	1	0	3	2
NÃO	99	95	100	101	98	100
Não Responderam	1	0	3	3	3	2
SIM (%)	3,88	7,69	0,99	0,00	2,97	1,96
NÃO (%)	96,12	91,35	99,01	100,00	97,03	98,04
Não Responderam (%)	0,97	0,00	2,97	2,97	2,97	1,96

3.2.9 Questão 0034

Esta é uma das questões mais interessantes do inquerito porque apresenta aos inquiridos uma vasta lista de possíveis sintomas de hipoxia para que possam escolher qual ou quais já sentiram ou observaram em si próprios enquanto voavam. Como a lista de eventuais sintomas é grande os resultados estão divididos em 4 tabelas.

Na Tabela 12 temos os resultados para sintomas de hipoxia como sensação de falta de ar, alterações visuais, falta de coordenação dos movimentos, e sensação súbita de calor ou frio.

Tabela 12: Resultados da questão 0034 do inquérito (a)

	Sensação de falta de ar	Alterações visuais	Falta de coordenação dos movimentos	Sensação súbita de calor ou frio
Numero de Respostas	101	101	101	101
Sentiram	11	12	8	11
Não Sentiram	90	89	93	90
Não Responderam	3	3	3	3
Sentiram (%)	10,89	11,88	7,92	10,89
Não Sentiram (%)	89,11	88,12	92,08	89,11
Não Responderam (%)	2,97	2,97	2,97	2,97

A Tabela 13 tem os resultados para sintomas da hipoxia tais como o aumento da profundidade da respiração ou da frequência respiratória, euforia, dor de cabeça, e aumento do tempo de reacção.

Tabela 13: Resultados da questão 0034 do inquérito (b)

	Aumento da profundidade da respiração ou da frequência respiratória	Euforia	Dor de cabeça	Aumento do tempo de reacção
Nº de Respostas	101	101	101	101
Sentiram	19	10	28	21
Não Sentiram	82	91	73	80
Não Responderam	3	3	3	3
Sentiram (%)	18,81	9,90	27,72	20,79
Não Sentiram (%)	81,19	90,10	72,28	79,21
Não Responderam (%)	2,97	2,97	2,97	2,97

Na Tabela 14 temos os resultados no que respeita a sintomas da hipoxia como dificuldade em tomar decisões, tonturas, náuseas, e formigueiros nos dedos das mãos e/ou dos pés.

Tabela 14: Resultados da questão 0034 do inquérito (c)

	Dificuldade em tomar decisões	Tonturas	Náuseas	Formigueiros nos dedos das mãos e/ou dos pés
Número de Respostas	100	101	101	101
Sentiram	18	11	15	10
Não Sentiram	82	90	86	91
Não Responderam	4	3	3	3
Sentiram (%)	18,00	10,89	14,85	9,90
Não Sentiram (%)	82,00	89,11	85,15	90,10
Não Responderam (%)	4,00	2,97	2,97	2,97

Na Tabela 15 temos os resultados no que diz respeito aos sintomas da hipoxia como fadiga, cansaço ou sonolência, cianose (extremidades e/ou lábios azuis/arroxeados), alterações do discurso, e dificuldade em decorar informações e/ou instruções:

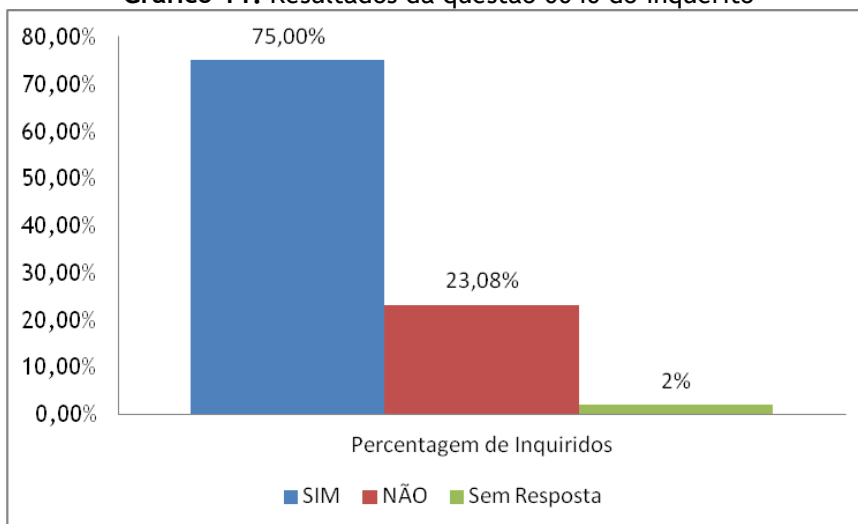
Tabela 15: Resultados da questão 0034 do inquérito (d)

	Fadiga, cansaço ou sonolência	Cianose (extremidades e/ou lábios azuis/arroxeados)	Alterações do discurso	Dificuldade em decorar informações e/ou instruções
Número de Respostas	100	100	100	100
Sentiram	36	4	5	18
Não Sentiram	64	96	95	82
Não Responderam	4	4	4	4
Sentiram (%)	36,00	4,00	5,00	18,00
Não Sentiram (%)	64,00	96,00	95,00	82,00
Não Responderam (%)	4,00	4,00	4,00	4,00

3.2.10 Questão 0040

Esta é uma das questões no inquerito mais importantes para este trabalho porque pergunta de forma clara se o inquirido considera que seria útil o desenvolvimento de sistemas de monitorização e quantificação objectiva, em voo e em tempo real, da capacidade de resposta do piloto. Numa amostra de 104 inquiridos, os resultados foram os do Grafico 11.

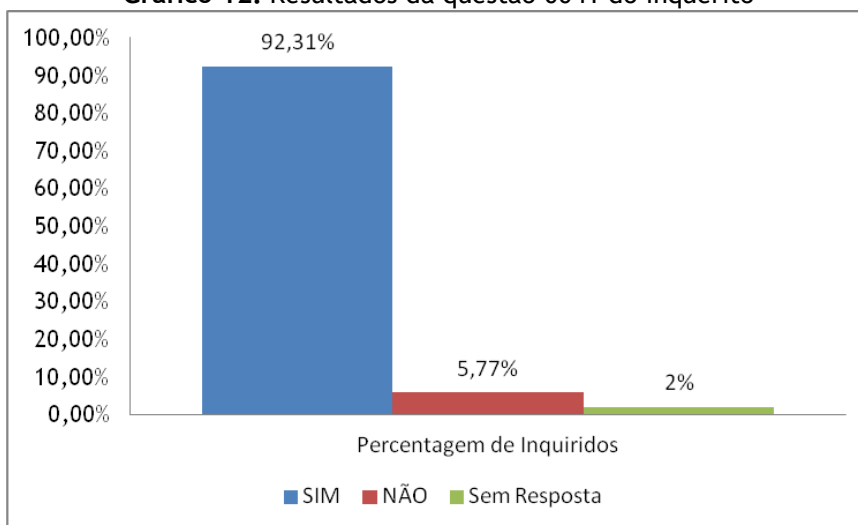
Gráfico 11: Resultados da questão 0040 do inquérito



3.2.11 Questão 0041

Esta é sem dúvida uma questão crucial de todo o inquerito porque a resposta servirá como incentivo para trabalhos futuros. Nela pergunta-se aos pilotos se caso contribuísse para a segurança do voo estariam dispostos a utilizar a bordo um sistema como o descrito na questão anterior (0040). Os resultados obtidos foram os do Gráfico 12.

Gráfico 12: Resultados da questão 0041 do inquérito



3.3 Conclusão

Neste capítulo tivemos a descrição do caso de estudo que se dividiu em duas partes. A primeira sobre o trabalho experimental, em que são expostos os resultados sobre oximetria periférica obtidos por Fonseca [1] em voos realizados em 2010, e os nossos sobre oximetria cerebral obtidos em voos mais recentes, a fim de serem analisados comparativamente no capítulo seguinte. A segunda sobre o inquerito *on-line* lançado

entre a comunidade de pilotos em Portugal a respeito da hipóxia - sintomas e efeitos, cujas conclusões principais serão comparadas no capítulo seguinte com o inquérito original lançado nos EUA.

4. Análise de Resultados

4.1 Introdução

Neste capítulo vamos analisar os resultados obtido no âmbito do trabalho desenvolvido e exposto no capítulo anterior.

Como este trabalho está dividido em duas partes, o trabalho experimental e o inquérito *on-line*, a análise de resultados vai ser também naturalmente subdividida em duas fases. Na primeira será feita a análise e a discussão comparativa entre os resultados obtidos experimentalmente por Fonseca [1] e os obtidos, também experimentalmente, no âmbito deste trabalho. Na segunda vamos analisar e discutir os resultados do inquérito.

4.2 Trabalho Experimental

O trabalho realizado por Fonseca em 2010 [1] mostrou uma descida acentuada dos níveis de S_pO_2 no sangue dos pilotos de planador e de ultraleve simultaneamente com o ganho em altitude (Figura 8). A autora sublinha que os níveis de hipoxia a que um piloto de planador e de ultra leve estão sujeitos não são críticos mas também não são indiferentes. Aliás, segundo a classificação de Ribeiro [30] os resultados obtidos durante o voo em planador levam-nos a admitir que o piloto poderia estar teoricamente já num 2º estágio de hipoxia, designado por *Compensatory*, e caracterizado por Euforia, Sonolência, Cefaleias e Fadiga. Como os sintomas da hipoxia variam de indivíduo para indivíduo, também será expectável que a diminuição das capacidades intelectuais (por exemplo, a de julgamento) ou mesmo o Tempo de Consciência Útil possam variar de piloto para piloto.

Os dados obtidos por Fonseca [1], embora muito relevantes para a constatação empírica do fenómeno da hipoxia em ambientes de cabines de aeronaves não pressurizadas, foram obtidos recorrendo a um método que não se mostrou ergonómico para utilização em futuras experiências porquanto era incómodo, e pouco prático.

Ao invés, o equipamento da Nonin Medical Inc. (Model 7600 Regional Oximetry System) que utilizámos revelou-se uma alternativa muito interessante para obtenção de resultados, com maior rigor e com menos problemas operacionais. Além do mais, a saturação de O_2 no sangue é medida não a nível periférico mas cerebral, com perspectivas futuras de prevenção mais atempada e eficaz de ocorrências (incidentes e acidentes) aéreas resultantes do impacte da hipoxia directamente no desempenho dos pilotos.

Assim, uma análise comparativa entre os resultados obtidos num e noutra caso permitem-nos constatar o seguinte:

- Enquanto os voos realizados em 2010 [1] atingiram uma altitude máxima de 9.500 pés estes, efectuados no âmbito do nosso trabalho, não foram além dos 3.600 pés; seria pois de esperar que nestes últimos a alteração de concentração de oxigénio no sangue com a subida da altitude não fosse tão evidente; no entanto, porque o equipamento assim o permitiu, essa alteração não só foi evidente como ainda significativamente superior; portanto, um equipamento de avaliação da concentração dos níveis de oxigénio a nível cerebral parece ser-nos mais útil que um que faça essa avaliação apenas a nível periférico (dedo da mão);
- Efectivamente, enquanto nos trabalhos de 2010 se detectou que os níveis de concentração do oxigénio variaram cerca de 9% (98% no solo e 89% em voo) a 9.500 pés, no âmbito dos nossos trabalhos, a variação foi na ordem de 15.7% (74,3% em situação estabilizada e 58,6% em voo) apenas a 3.600 pés; o que, na realidade, é tão significativo quanto preocupante.

Em suma, quanto aos resultados agora obtidos, e se comparados com os obtidos pelo método utilizado por Fonseca [1], sublinhamos:

- Os sensores de oximetria na parte frontal da cabeça são menos incómodos e mais práticos do que os de colocação no dedo da mão;
- As curvas de oximetria cerebral e periférica, com variação de altitude, apresentam um padrão semelhante;
- A oximetria cerebral é uma medida mais segura do estado de oxigenação do piloto.

4.3 Inquéritos

Ao inquérito original, lançado nos Estados Unidos da América, responderam 67 pilotos. De entre este universo 84% dos inquiridos tinham licença de voo do tipo *corporate*, 67% tinham licença de aviação geral, 93% tinham licença para transporte aéreo, 55% tinham licença comercial, 51% tinham licença de instrutor de voo, 43% tinham licença de instrutor de voo com instrumentos, 22% tinham licença particular e 1% tinha licença para voo de recreio (ultraleves, ligeiros, planadores).

No caso do nosso inquérito ampliamos a lista de tipos de licença. E de entre um universo de 104 inquiridos os resultados mostraram que 33,65% dos pilotos tem licença de ultraleve, 9,62% tem licença de planador, 42,31% tem licença de piloto particular de

avião, 0,96% tem licença de piloto particular de helicóptero, 1,92% tem licença de piloto particular de motoplanador, 25% tem licença de piloto comercial de avião, nenhum dos inquiridos tem licença de piloto comercial de helicóptero ou licença de piloto comercial de balão ou licença de piloto particular de balão, 20,19% possui licença de piloto de linha aérea de avião, 0,96% possui licença de piloto de linha aérea de helicóptero, 9,62% possui licença de instrutor de voo de ultraleves, 5,77% possui licença de instrutor de voo de ligeiros, 2,88% possui licença de instrutor de voo de linha aérea, e 3,95% possui licença de instrutor de voo com instrumentos.

O nosso inquérito mostra que 58,65% dos pilotos possui licença médica classe 1 (para exercer funções de Piloto de Linha Aérea, Piloto Comercial ou privilégios de licença de tripulações múltiplas como membro da tripulação), 40,38% tem licença médica classe 2 (para exercer funções de aluno piloto, piloto particular, engenheiro de voo ou navegador), e 0,96% possui licença médica classe 3 (para exercer funções de controlador de tráfego aéreo).

Nos nossos resultados vemos que 90,38% dos voos realizados pelos nossos inquiridos nos últimos 6 meses foram efectuados em aeronaves não pressurizadas, que são afinal o alvo deste trabalho.

Também ficamos a saber através da questão 20 do nosso inquérito que a maior parte dos nossos inquiridos (73,93%) voa, em média, em altitudes até 10.000 pés, que apenas 0,77% voa entre os 10.001 e os 13.000 pés, e que 25,30% voa acima dos 13.001 pés. Ora, são precisamente os voos a partir dos 10.000 pés os que parecem mais sujeitos ao perigo da hipoxia.

61,54% dos nossos inquiridos pensam que nas altitudes e condições a que normalmente voam, há realmente o perigo de estarem sujeitos a situações de hipoxia. Mas apenas 52,88% do total de inquiridos já realizaram formação ou treino sobre hipoxia em aviação, o que é um valor baixo se comparado com o resultado obtido no inquérito original que revelou que 92,54% (em 67 indivíduos) já teriam realizado formação ou treino sobre hipoxia em aviação - 71% dos quais, inclusivamente, em câmara hipobárica.

No inquérito lançado nos EUA 92% dos inquiridos concordam com a afirmação de que os pilotos deveriam fazer um treino básico de introdução à hipoxia (sem necessidade de treino específico em câmara hipobárica). No nosso caso propusemos uma escala de concordância, de 1 a 5, em que 1 significa *discordo totalmente*, 2 significa *discordo*, 3 significa *nem concordo nem discordo*, 4 significa *concordo*, e 5 significa *concordo plenamente*; e também obtivemos a média de concordancia mais elevada para aquela resposta, na ordem dos 4,19.

Também 86% dos inquiridos nos EUA concordaram que todos os pilotos deveriam fazer um treino periódico sobre hipoxia (sem treino em câmara hipóbarica). No nosso caso a média de concordância para esta afirmação foi de apenas 3,30 (*nem concordo nem discordo*).

85% dos inquiridos Norte Americanos concordam com a afirmação de que todos os pilotos deveriam fazer um treino básico em câmara hipóbarica. No nosso caso a média de concordância com esta afirmação ficou aquém das nossas expectativas (3,39).

Confrontados com o grau de suficiência das regulamentações aeronáuticas actuais, especificamente no que concerne à formação e treino de situações de hipoxia, a média de concordância dos nossos inquiridos foi de 2,75. Também 52% dos pilotos do inquerito original *discordaram* ou *discordaram totalmente*, o que mostra o descontentamento generalizado quanto ao modo como este assunto é abordado por ambas as legislações (que não diferem muito entre si).

No que diz respeito à afirmação de que a *necessidade de treino em câmara hipobárica deveria ser estabelecida em função da altitude máxima das aeronaves pilotadas pelo piloto em causa*, 59% dos inquiridos nos EUA concordam com ela, enquanto a nossa média de concordância foi de 3,67.

68% dos inquiridos nos EUA concorda que a *necessidade de treino em câmara hipóbarica deveria ser estabelecida em função do tipo de licença de voo do piloto*. No entanto, apenas obtivemos uma média de concordância de 3,44 para esta afirmação.

As respostas que obtivemos a respeito da formação e treino em hipoxia mostram que existe uma preocupação por este assunto; mas também existe descontentamento quanto ao modo como a regulamentação vigente o encara.

Quando inquiridos se alguma vez se encontraram perante uma situação de hipoxia em voo as respostas dos nossos interlocutores foram muito interessantes: 3,88% já se encontraram perante uma situação de hipoxia como aluno-piloto, 7,69% como piloto, 0,99% como co-piloto, 2,97% como membro de uma tripulação, e 1,96% como passageiro. A hipoxia é, efectivamente, um perigo real que acontece na aviação.

Quanto aos sintomas mais comuns de hipoxia já sentidos pelos inquiridos as respostas foram as seguintes: *fadiga, cansaço ou sonolência* (36,00%), *dor de cabeça* (27,72%), *aumento do tempo de reacção* (20,79%), *o aumento da profundidade da respiração ou da frequência respiratória* (18,81%), *dificuldade em tomar decisões* (18,00%), *náuseas* (14,85%), e *dificuldade em decorar informações e/ou instruções* (18,00%).

Colocada a questão se seria útil desenvolver sistemas de monitorização e quantificação objectiva, em voo e em tempo real, da capacidade de resposta do piloto, 75,00% dos inquiridos responderam afirmativamente.

Por último confrontávamos os inquiridos com a sua receptividade para a instalação a bordo de um sistema como o descrito na questão anterior caso este viesse a contribuir para a segurança do voo. E 92,31% dos inquiridos responderam afirmativamente. O que dá especial ênfase a este trabalho e aumenta motivação para trabalhos futuros neste tema.

4.4 Conclusão

Como referido oportunamente as altitudes atingidas durante os nossos voos não foram as desejadas, mas mesmo assim conseguimos observar e comprovar uma descida significativa da percentagem de rSO_2 em ambos os lobos cerebrais dos pilotos. Os resultados obtidos são muito importantes para a evolução da segurança de voo em aviação desportiva, corroboram os dados de Fonseca [1] em 2010, e validam o método agora utilizado.

Os resultados dos inquéritos também foram muito importantes porquanto mostram que os pilotos em Portugal estão atentos ao fenómeno da hipoxia e, inclusivamente, desejariam ter mais formação nessa área incluindo treino específico em câmara hipobárica. Do inquérito ressalta ainda algum descontentamento sobre o quadro regulamentar em vigor, que peca por ser demasiado permissivo.

Por fim, e o que nos serve de motivação para trabalhos futuros, os nossos inquiridos consideram que seria útil o desenvolvimento de sistemas de monitorização e quantificação objectiva, em voo e em tempo real, da capacidade de resposta do piloto e afirmam, inclusivamente, que utilizariam este(s) sistema(s) se tal contribuísse para a segurança do voo.

5. Conclusão

5.1 Síntese da Dissertação

Nos últimos anos tem havido um aumento tanto da prática de voo à vela, como da aviação ultra ligeira em Portugal. Em simultâneo tem-se constatado que alguns pilotos depois de voltarem dos seus voos, afirmam ter notado em si mesmos alguma euforia, diminuição de tempo de reacção, e incapacidade para efectuem tarefas muito simples a bordo das aeronaves. Ora, estes sintomas configuram um quadro de hipoxia que, em termos de segurança de voo, é algo preocupante.

Neste contexto aprofundamos a noção de *hipoxia* e analisamos os seus sintomas típicos, apresentamos os conceitos de pressão parcial de oxigénio e de tempo de consciência útil, e perscrutamos a respectiva legislação aeronáutica mundial, europeia, americana e portuguesa. Neste particular constatamos que de um modo geral o quadro legislativo se limita a fazer restrições de altitude e de tempo, com ou sem oxigénio suplementar de suporte, não tendo em conta que o factor médico hipoxia varia com o indivíduo e depende de muitos outros factores.

De modo a enquadrar o peso da hipoxia no universo dos incidentes e acidentes com aeronaves elaboramos uma análise estatística com base na informação recolhida a partir de 323 relatórios da NTSB para o período 2001/2010, e de 19 relatórios do GPIAA para o período 2004/2009. Em paralelo descrevemos o impacto directo da hipoxia em 4 ocorrências (reais), 3 envolvendo aeronaves ligeiras e 1 relacionada com planadores.

No caso de estudo fizemos dois trabalhos em paralelo: o primeiro consistiu na recolha de informação de oximetria cerebral de pilotos durante voos em aeronaves não pressurizadas através de medições efectuadas directamente sobre a região frontal de cada lobo cerebral, para posteriormente os comparar com os dados obtidos no trabalho de Fonseca [1]; o segundo foi o lançamento de um inquérito *on-line* sobre a hipoxia (sintomas, impactes no desempenho dos pilotos, e eventuais medidas preventivas), adaptado de um outro lançado nos EUA, mas dirigido especificamente à aviação geral em Portugal.

No final analisamos e discutimos os resultados, tanto os das oximetrias obtidas em voo, como os do inquérito lançado *on-line*. Concluímos, por um lado, que apesar de durante os voos não termos atingido as altitudes desejadas ainda assim constatamos a queda da percentagem de rSO_2 com o aumento da altitude, corroborando os dados de Fonseca [1] em 2010, validando o método agora utilizado, e abrindo novas perspectivas para a monitorização e controlo da hipoxia. Aliás, a metodologia agora utilizada permitiu

chegar a 3 conclusões que consideramos da maior importância: a) os sensores de oximetria na parte frontal da cabeça são menos incómodos e mais práticos do que os de colocação no dedo da mão; b) as curvas de oximetria cerebral e periférica, com variação de altitude, apresentam um padrão semelhante; c) a oximetria cerebral é uma medida mais segura do estado de oxigenação do piloto.

Por outro, os resultados dos inquéritos mostram que em Portugal os pilotos estão atentos ao fenómeno da hipoxia, desejariam ter mais formação nessa área - incluindo treino específico em câmara hipobárica, não estão plenamente satisfeitos com o quadro regulamentar em vigor, e consideram útil e desejável o desenvolvimento de sistemas de monitorização e quantificação objectiva, em voo e em tempo real, da capacidade de resposta dos pilotos - cientes de que tal pudesse vir a contribuir para a segurança do voo.

5.2 Considerações Finais

O factor médico hipoxia é tomado em linha de conta na aviação comercial e militar mas não tem vindo a merecer a devida atenção por parte das autoridades competentes em matéria de aviação geral, sobretudo no que diz respeito a planadores, ultra leves e aeronaves ligeiras de cabines não pressurizadas. O problema é tanto mais grave quanto hoje em dia a aviação geral desportiva é uma actividade em franca expansão por todo o mundo, e os respectivos quadros regulamentares dos vários países ou não acompanham essa evolução ou estão desajustados da realidade.

O factor médico hipoxia pode ser causado por vários factores e manifestar-se de diversas formas. Mas em quase todas elas de forma subtil e silenciosa pondo em risco o desempenho do piloto e, conseqüentemente, a segurança de voo. Há muita literatura sobre este fenómeno, mas não há muitos estudos empíricos que o corroborem em cenários reais.

O trabalho desenvolvido por Fonseca em 2010 [1] serviu-nos de motivação para este outro, já que muito embora o fenómeno da hipoxia em aviação geral tenha sido bem identificado e a altitudes relativamente baixas, o método utilizado não se revelou o mais ergonómico e prático. Neste sentido, procurámos um equipamento mais *user-friendly*, que se revelou simultaneamente de maior potencial para futuros desenvolvimentos deste trabalho.

Assim, para além da Nonin Medical Inc. a execução do trabalho experimental teve ainda o apoio de colegas da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade da Beira Interior e de pilotos do AeroClube de Viseu. Mas deparamo-nos com algumas dificuldades sobretudo relacionadas com a disponibilidade de pilotos e/ou de aeronaves para a realização dos testes em voo que considerávamos necessários.

O inquérito *on-line* sobre a hipoxia em aviação geral (sintomas, impactes no desempenho dos pilotos, e eventuais medidas preventivas) colheu o interesse de muitos

dos profissionais ligados à prática da modalidade. Ainda assim, a nossa amostra poderia ter sido mais ampla caso todas as entidades contactas nos tivessem respondido atempadamente.

No início tínhamos como objectivo instalar a bordo de planadores e ultraleves outros equipamentos para além do oxímetro cerebral e desenvolvidos com auxílio de colegas do Instituto de Telecomunicações do Departamento de informática da Universidade da Beira Interior. Tais equipamentos permitiriam medir em simultâneo durante o voo parâmetros quer operacionais da aeronave e do ambiente em redor, quer fisiológicas do piloto. Mas no âmbito deste trabalho, e devido a sucessivos problemas de ordem técnica e operacional, acabámos por centrar a nossa atenção apenas no equipamento da Nonin Medical Inc., e no inquérito *on-line*. Na realidade as tentativas de utilização de equipamentos para medir variáveis de/em voo (velocidade relativa, velocidade vertical, altitude e posição, coordenadas GPS, temperatura exterior e interior da aeronave, humidade do ar, aceleração nos três eixos), cruzadas com a oximetria cerebral dos pilotos, prosseguiram a seu ritmo e estão agora na fase de testes em voo. Mas os dados assim obtidos precisam de ser analisados com tempo, e este não se coaduna com o prazo de execução deste trabalho. Aliás, de momento trabalhamos já para uma eventual futura incorporação no conjunto dos parâmetros fisiológicos de informação relacionada com electrocardiografia (ECG), Electroencefalografia (EEG) e Electromiografia (EMG).

Tínhamos também como objectivo fazer recomendações para alterar a legislação que vigora em Portugal sobre o uso de oxigénio neste tipo de aeronaves, prevenindo assim situações de hipóxia. Mas apenas com os dados da oximetria cerebral e os do inquérito em nossa posse achamos que ainda não é o momento certo para o fazer.

5.3 Perspectivas Futuras de Investigação

De acordo com a experiência entretanto adquirida achamos que as próximas linhas de investigação deverão passar por:

- Instalar a bordo e testar em voo dispositivos que meçam variáveis de/em voo (velocidade relativa, velocidade vertical, altitude e posição, coordenadas GPS, temperatura exterior e interior da aeronave, humidade do ar, e aceleração nos três eixos) cruzando-as em simultâneo com parâmetros fisiológicos provenientes de oxímetro cerebral, de electrocardiografias (ECG), de Electroencefalografias (EEG), e de Electromiografias (EMG);
- Instalar a bordo e testar em voo equipamentos que integrem toda a informação referida anteriormente e que em tempo real possam emitir sinais de alerta (visuais e/ou acústicos) para que os pilotos, confrontados com os seus limites

de hipoxia, tomem as devidas precauções tendo em consideração a segurança de voo;

- Validado o sistema, propor iniciativas legislativas adequadas.

Bibliografia

- [1] Fonseca, A.: “Voo à Vela em Altitude e Próximo de Montanhas Efeitos Fisiológicos e Desempenho em Pilotos de Planador”, Tese Mestrado Engenharia Aeronáutica, Covilhã, Universidade da Beira Interior, 2010.
- [2] International Bird Dog Association (2011)
http://www.ibdaweb.com/surgeon_pages/hypoxia.htm [Último acesso em 22/07/2011].
- [3] FAA, “Pilot’s Handbook of Aeronautical Knowledge”. U.S. Department of Transportation, Flight Standards Service, Oklahoma City, 2008.
- [4] McFall, A. (2005) *Hypoxia*,
http://www.mindensoaringclub.com/int2/index.php?option=com_content&task=view&id=45&itemid=38 [Último acesso em 22/03/2011].
- [5] ECCAIRS 4.2.6 “Data Definition Standard”,
<http://www.icao.int/anb/aig/taxonomy/r4cdexplanatoryfactors.pdf> [Último acesso em 22/03/2011].
- [6] Henderson, B. M.Sc. (Outubro de 2001) “Exposure to Mild Hypoxia and Implications for Decision Making”,
http://amygdala.danlj.org/~danlj/Soaring/Oxygen/TechSoaring2005/Henderson_low_alt_hypoxia_Ostiv.pdf [Último acesso em 22/03/2011].
- [7] Sarmiento A.O. “Treino de Tripulantes em Fisiologia de Voo”, Curso de Especialização em Segurança no Transporte Aéreo Safety and Security, Setembro de 2007.
- [8] Time of Useful Consciousness,
http://en.wikipedia.org/wiki/Time_of_useful_consciousness [Último acesso em 22/03/2011].
- [9] ICAO. Annex 6. “Operation of Aircraft”, Eighth Edition. ICAO, Montreal, July 2001. pp. 6-7;pp. II.2.5-II.2.6.
- [10] Joint Aviation Authorities, *JAR-OPS 1: Commercial Air Transportation (Aeroplanes)*, Maio 2007, pp. 1-K-12; pp. 1-k-13,
<http://www.jaa.nl/publications/jars/jar-ops-1.pdf> [Último acesso em 22/03/2011].
- [11] FAR 91.211, “Supplemental Oxygen”,
<http://www.angelfire.com/co2/stewart/91211.html>, [Último acesso em 13/06/2011].

- [12] Protective Equipment With Fast Fixing Head (2001),
<http://www.freepatentsonline.com/6588424.html> [Último acesso em 22/03/2011].
- [13] Sweep-On Full Face Crew Oxygen Mask System (2000),
<http://www.beaerospace.com/PDF/FFcrewmask.pdf> [Último acesso em 22/03/2011]
- [14] DR. *Decreto-lei 289/2003 de 14 de Novembro (2003)*, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Lisboa, Imprensa Nacional - Casa da Moeda, SA, 2003, pp 7687; pp. 7691-7692; pp.7744-7745,
http://www.meteo.pt/export/sites/default/bin/docs/institucionais/dl289_2003.pdf
[Último acesso em 22/03/2011].
- [15] NTSB “Aviation Query” (2011),
<http://www3.nts.gov/aviationquery/index.aspx> [Último acesso em 22/03/2011].
- [16] National Transportation Safety Board (2006) “Annual Review of Aircraft Accident Data: U.S. Air Carrier Operations Calendar Year 2006”, pp. 4,
<http://www3.nts.gov/publictn/2010/ARC1001.pdf> [Último acesso em 22/03/2011]
- [17] GPIAA (2011) “Estatísticas 2009”, pp.18,
<http://www.gpiaa.gov.pt/tempfiles/20100506171247moptc.pdf> [Último acesso em 22/03/2011].
- [18] NASA’s Aviation Safety Reporting System “Callback” ASRS Number 341, Maio 2008, pp. 2, http://asrs.arc.nasa.gov/docs/cb/cb_341.pdf [Último acesso em 22/03/2011].
- [19] Airliners.net, 2011, <http://www.airliners.net/photo/Beech-S35-Bonanza/1859964/L/&sid=9b69bcfad40678857be35d9c36e88429> [Último acesso em 22/03/2011].
- [20] AeroSafety World “The Journal of Flight Safety Foundation”, Agosto de 2007, pp 62.
- [21] Airliners.net, 2011, <http://www.airliners.net/photo/Air-South-Regional/Cessna-404-Titan/1681295/L/&sid=bf76521bb10cac980fdc93eade308aa3>
[Último acesso em 22/03/2011]
- [22] AviationSafety World, “The Journal of Flight Safety Foundation”, Outubro de 2006, pp. 36-38.

- [23] Airliners.net, 2011, <http://www.airliners.net/photo/Beech-200-Super/1852945/L/&sid=181bd7986d6090c79a8c4cc17b82d188> [Último acesso em 22/03/2011]
- [24] NTSB, “Accident Reports”, 2011, <http://dms.nts.gov/aviation/AccidentReports/lyrogz55w3j4hymovjzwdz451/W07082011120000.pdf> [Último acesso em 13/06/2011].
- [25] Glauser-Dirks DG-300, http://en.wikipedia.org/wiki/Glaser-Dirks_DG-300 [Último acesso em 22/03/2011].
- [26] Nursingcrib, “Oxygen Therapy”, 2011, <http://nursingcrib.com/nursing-notes-reviewer/oxygen-therapy/> [Último acesso em 22/03/2011].
- [27] Hackworth C, Peterson L, Jack D, Williams C. (2005) Altitude Training Experiences and Perspectives: Survey of 67 Professional Pilots, *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 2005 April, 76(4): 392-4.
- [28] Nonin Medic Inc. *Model 7600. Regional Oximetry System*, 2011, <http://www.nonin.com/Model7600> [Último acesso em 13/06/2011].
- [29] Nonin Medic Inc. *EQUANOX™, Model 7600. Regional Oximetry System*, 2011, http://www.nonin.com/documents/8114-001-01_7600_Spec_Sheet_VueLink-Advance.pdf [Último acesso em 13/06/2011].
- [30] Ribeiro, J. “*Fisiologia de Voo - Fisiologia de Voo. Formação AME's*”, *Capítulo 1*, Lisboa, INAC/AMS, 2011.

Anexo 1

Inquérito lançado nos EUA [27]

The purpose of this survey is to gather background information regarding the incidence and prevalence of Hypoxia and Decompression. As concerned representatives of the Aviation Industry, we are interested in your opinions. Your input will assist in creating an overall response from the Aviation Community regarding Hypoxia. This information will be potentially beneficial in identifying requirements for enhanced Hypoxia training. The completion of this survey is voluntary.

Please fill in the blank spaces provided. **Example:**

3	3
---	---

1. Age:

--	--

Please indicate your response to the following by blackening the appropriate circle.

- 2. Gender: Male Female
- 3. Smoker: No Yes
- 4. Do you exercise regularly? No Yes
- 5. Do you scuba dive regularly?----- No Yes
- 6. Flight background (please indicate your response by blackening **ALL** applicable circles):
 General Aviation Major Airline Regional Airline Air Taxi Military Corporate

Please indicate **ALL** ratings that apply to your level of certification by blackening the appropriate circles.

- 7. Recreational 9. Commercial 11. Flight instructor
- 8. Private 10. Air transport 12. Flight instructor-instrument
- 13. What is your current medical rating? Please indicate your response by blackening the appropriate circle.
 Class 1 Class 2 Class 3 None
- 14. What type of aircraft do you spend most of your time currently flying professionally (e.g., make and model)? Please write your response on the line below.

Please fill in the blank spaces provided. **Example:**

0	3
---	---

- 15. What is the age of the aircraft you fly professionally?

--	--

 Years
- 16. Is the aircraft that you have flown most frequently in the past 6 months pressurized? No Yes
- 17. How many total hours have you flown in your lifetime? _____
- 18. How many hours have you flown during the past 6 months? _____

Please indicate the percentage of total hours that you have flown as a pilot in the past 6 months for each of the listed categories. Fill in the blank spaces provided. **Example:**

0	1	5
---	---	---

 %

- 19. During the Day-----

--	--	--

 %
- 20. During the Night-----

--	--	--

 %
- 21. For business-----

--	--	--

 %
- 22. For pleasure-----

--	--	--

 %
- 23. Jet aircraft-----

--	--	--

 %
- 24. Turbo prop-----

--	--	--

 %
- 25. Reciprocating engine-----

--	--	--

 %
- 26. As an instructor-----

--	--	--

 %

Fill in the blank spaces provided. **Example:**

4	1	0	0	0
---	---	---	---	---

 feet (msl)

27. What is your average cruise altitude? -

--	--	--	--	--

 feet (msl)

On average, what percentage of your cruise time is spent (fill in the blank spaces provided):

Example:

0	8	8
---	---	---

 %

28. Below 25,000 feet (msl)-----

--	--	--

 %

29. 25,000 feet (msl) to 30,000 feet (msl)--

--	--	--

 %

30. 30,001 feet (msl) to 35,000 feet (msl)--

--	--	--

 %

31. 35,001 feet (msl) to 40,000 feet (msl)--

--	--	--

 %

32. 40,001 feet (msl) to 43,000 feet (msl)--

--	--	--

 %

33. Above 43,000 feet (msl)-----

--	--	--

 %

34a. Have you received any training on the issue of Hypoxia? No Yes

34b. TM If NO, would you benefit from Hypoxia training? No Yes

TM TM TM **If you answered NO to item 34a, please skip to item 43.**

34c. TM If YES, was the training for... Military personnel Civilian personnel

Please indicate the type of training you have received by blackening **ALL** appropriate circles and fill in the blank spaces provided.

	Type of Training	Year training was received		Location where training was received (e.g., name of facility)			
35.	<input type="checkbox"/> Basic introductory course on Hypoxia (not including altitude chamber training)	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"><tr><td style="width: 25%;"></td><td style="width: 25%;"></td><td style="width: 25%;"></td><td style="width: 25%;"></td></tr></table>					<hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/>
36.	<input type="checkbox"/> Recurrent course on Hypoxia (not including altitude chamber training)	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"><tr><td style="width: 25%;"></td><td style="width: 25%;"></td><td style="width: 25%;"></td><td style="width: 25%;"></td></tr></table>					<hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/>
37.	<input type="checkbox"/> Initial altitude chamber training	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"><tr><td style="width: 25%;"></td><td style="width: 25%;"></td><td style="width: 25%;"></td><td style="width: 25%;"></td></tr></table>					<hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/>

38. Do you attend altitude chamber training on a recurring basis? No Yes

39. If you answered YES to item 38, what is the time interval between sessions?
Please write your response on the line below.

Please indicate your level of agreement with the following statements by blackening the appropriate circle.

40. The Hypoxia training I received was informative.
 Strongly disagree Disagree Neither disagree nor agree Agree Strongly agree

41. I would benefit from more Hypoxia training.
 Strongly disagree Disagree Neither disagree nor agree Agree Strongly agree

42. What did the Hypoxia training that you received cover? Please indicate your response by blackening **ALL** appropriate circles.

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Respiration | <input type="checkbox"/> Causes and effects of gas expansion and gas bubble formation |
| <input type="checkbox"/> Effects, symptoms, and causes of Hypoxia and any other high-altitude sickness | <input type="checkbox"/> Preventive measures for eliminating gas expansion, gas bubble formation, and high-altitude sickness |
| <input type="checkbox"/> Duration of consciousness without supplemental oxygen | <input type="checkbox"/> Physical phenomena and incidents of decompression |
| <input type="checkbox"/> Effects of prolonged usage of supplemental oxygen | |

Please indicate your level of agreement with the following statements by blackening the circle in the column of your choice.

	Strongly disagree	Disagree	Neither disagree nor agree	Agree	Strongly agree
43. All pilots should receive basic introductory Hypoxia training (not including altitude chamber training).-----	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44. All pilots should receive recurrent Hypoxia training (not including altitude chamber training).-----	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
45. All pilots should receive initial altitude chamber training.---	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
46. All pilots should receive recurrent altitude chamber training.-----	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
47. All crewmembers should receive basic introductory Hypoxia training (not including altitude chamber training).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48. All crewmembers should receive recurrent Hypoxia training (not including altitude chamber training).-----	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
49. All crewmembers should receive initial altitude chamber training.-----	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
50. All crewmembers should receive recurrent altitude chamber training.-----	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
51. The current regulations (i.e., not requiring altitude chamber training) addressing high altitude flying (above 25,000 feet/msl) are sufficient.-----	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
52. Should altitude chamber training be based on the altitude capability of an aircraft?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		No		Yes	
53. Should altitude chamber training be based on the type of airmen license?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		No		Yes	
54. If you answered YES to item 53, for what level(s) of airmen license should altitude chamber training be required? Please indicate the type of airmen license by blackening ALL appropriate circles.					
	<input type="checkbox"/> Private	<input type="checkbox"/> Commercial	<input type="checkbox"/> ATP		

Below please indicate which, if any, pilots should receive Hypoxia training and identify the level of training that you believe is necessary. Indicate your response by blackening **ALL** appropriate circles.

Certification

Level of Training

55.	Air transport	<input type="checkbox"/>	Basic introductory course on Hypoxia (not including altitude chamber training)	<input type="checkbox"/>	Recurrent course on Hypoxia (not including altitude chamber training)	<input type="checkbox"/>	Initial altitude chamber training	<input type="checkbox"/>	Recurrent altitude chamber training	<input type="checkbox"/>	NOT needed
		Certification									
		Level of Training									
56.	Commercial	<input type="checkbox"/>	Basic introductory course on Hypoxia (not including altitude chamber training)	<input type="checkbox"/>	Recurrent course on Hypoxia (not including altitude chamber training)	<input type="checkbox"/>	Initial altitude chamber training	<input type="checkbox"/>	Recurrent altitude chamber training	<input type="checkbox"/>	NOT needed
57.	Private-----	<input type="checkbox"/>	Basic introductory course on Hypoxia (not including altitude chamber training)	<input type="checkbox"/>	Recurrent course on Hypoxia (not including altitude chamber training)	<input type="checkbox"/>	Initial altitude chamber training	<input type="checkbox"/>	Recurrent altitude chamber training	<input type="checkbox"/>	NOT needed
58.	Recreational	<input type="checkbox"/>	Basic introductory course on Hypoxia (not including altitude chamber training)	<input type="checkbox"/>	Recurrent course on Hypoxia (not including altitude chamber training)	<input type="checkbox"/>	Initial altitude chamber training	<input type="checkbox"/>	Recurrent altitude chamber training	<input type="checkbox"/>	NOT needed
59.	Instructor----	<input type="checkbox"/>	Basic introductory course on Hypoxia (not including altitude chamber training)	<input type="checkbox"/>	Recurrent course on Hypoxia (not including altitude chamber training)	<input type="checkbox"/>	Initial altitude chamber training	<input type="checkbox"/>	Recurrent altitude chamber training	<input type="checkbox"/>	NOT needed

In the following section indicate which pilots should receive Hypoxia training and identify the level of training that you believe is necessary. Indicate your response by blackening **ALL** appropriate circles.

		Level of Training									
60.	General aviation pilots flying unpressurized aircraft-----	<input type="checkbox"/>	Basic introductory course on Hypoxia (not including altitude chamber training)	<input type="checkbox"/>	Recurrent course on Hypoxia (not including altitude chamber training)	<input type="checkbox"/>	Initial altitude chamber training	<input type="checkbox"/>	Recurrent altitude chamber training	<input type="checkbox"/>	NOT needed
61.	Pilots flying pressurized aircraft-----	<input type="checkbox"/>	Basic introductory course on Hypoxia (not including altitude chamber training)	<input type="checkbox"/>	Recurrent course on Hypoxia (not including altitude chamber training)	<input type="checkbox"/>	Initial altitude chamber training	<input type="checkbox"/>	Recurrent altitude chamber training	<input type="checkbox"/>	NOT needed

training)

Have you ever experienced Hypoxia under the following conditions?

- 62. During training----- μ No μ Yes
- 63. As a pilot----- μ No μ Yes
- 64. As a co-pilot----- μ No μ Yes
- 65. As a crewmember μ No μ Yes
- 66. As a passenger--- μ No μ Yes

67. How many Hypoxia events have you experienced? ---

If you answered YES to any of the above conditions, please indicate the sign(s) and/or symptom(s) you experienced by blackening **ALL** appropriate circles for each condition.

	Sign(s)/Symptom(s)		Condition(s)				
			Training	Pilot	Co-pilot	Crewmember	Passenger
68.	Increased depth and rate of breathing-----		μ	μ	μ	μ	μ
69.	Poor judgment-----		μ	μ	μ	μ	μ
70.	Apprehension/anxiety-----		μ	μ	μ	μ	μ
71.	Fatigue-----		μ	μ	μ	μ	μ
72.	Hot/cold flashes-----		μ	μ	μ	μ	μ
73.	Cyanosis (bluing of the skin or lips)-----		μ	μ	μ	μ	μ
74.	Loss of muscle coordination-----		μ	μ	μ	μ	μ
75.	Dizziness-----		μ	μ	μ	μ	μ
76.	Nausea-----		μ	μ	μ	μ	μ
77.	Tingling in extremities-----		μ	μ	μ	μ	μ
78.	Delayed reaction time-----		μ	μ	μ	μ	μ
79.	Feeling the need for more air-----		μ	μ	μ	μ	μ
80.	Mental confusion-----		μ	μ	μ	μ	μ
81.	Headache-----		μ	μ	μ	μ	μ
82.	Visual impairment-----		μ	μ	μ	μ	μ
83.	Euphoria-----		μ	μ	μ	μ	μ

84. When you experienced Hypoxia, what corrective action(s) was/were taken? Please write in your response.

Have you ever experienced an in-flight altitude decompression situation under the following conditions?

85. As a pilot----- μ No μ Yes
86. As a co-pilot----- μ No μ Yes
87. As a crewmember μ No μ Yes
88. As a passenger--- μ No μ Yes

89. If you answered YES to any of the above conditions, please explain.

If you answered YES to any of the above conditions, please indicate the in-flight altitude decompression situation you experienced by blackening **ALL** appropriate circles for each condition.

Altitude Decompression Situation(s)	Condition(s)			
	Pilot	Co-pilot	Crewmember	Passenger
90. Slow decompression-----	μ	μ	μ	μ
91. Rapid decompression-----	μ	μ	μ	μ
92. Explosive decompression-----	μ	μ	μ	μ

93. When you experienced altitude decompression, what corrective action(s) was/were taken? Please write in your response.

94. Please provide any other comments that you have concerning the issues of Hypoxia and Decompression.

95. **This information is NOT required but would be appreciated.** If we require clarification of any of your responses may we contact you? If your answer is YES, please provide the following information.

Name: _____ Phone: () _____

E-mail: _____

Thank you for your participation!

Anexo 2

Inquérito sobre Hipoxia em Aviação Geral

Atenção: A execução de JavaScript está desactivada no seu navegador. Poderá não conseguir responder a todas as perguntas deste inquérito. Por favor, verifique os parâmetros do seu navegador.

Hipóxia em Aviação Geral

Mestrado em Engenharia Aeronáutica - Leandro Rocha | Doutoramento em Medicina - Luís Patrão
Universidade da Beira Interior - Covilhã

Este inquérito é de preenchimento voluntário e destina-se a pilotos de aviação com licença válida, independentemente da classe ou tipo da mesma. Insere-se no âmbito do Mestrado em Engenharia Aeronáutica de Leandro Rocha e do Doutoramento em Medicina de Luís Patrão, ambos pela Universidade da Beira Interior, estando a orientação científica a cargo dos Professores Doutores Jorge Miguel Reis Silva e Miguel Castelo Branco, respectivamente. Este inquérito conta com o apoio da Direcção de Certificação Médica do Instituto Nacional de Aviação Civil, I.P.

Este inquérito foi adaptado de um outro, em língua inglesa, que serviu de base ao artigo *Hackworth C, Peterson L, Jack D, Williams C. Altitude training experiences and perspectives: survey of 67 professional pilots. Aviation, Space and Environmental Medicine 2005 Apr;76(4):392-4*. A primeira autora foi contactada e deu autorização para o uso, sem reservas, do inquérito original.

O objectivo deste inquérito é a recolha de informação sobre situações de hipóxia ou descompressão, distinguindo-se do original em inglês pela adaptação à aviação geral. Os resultados serão um ponto de partida para trabalhos futuros podendo ser úteis na definição de novos protocolos de formação e treino de situações de hipóxia.

Caso surja alguma dúvida durante o preenchimento do inquérito, por favor não hesite em enviar um email para [luispatrao \(at\) fcsaude \(ponto\) ubi \(ponto\) pt](mailto:luispatrao@fcsaude.ubi.pt)

Os autores desde já agradecem a sua colaboração.

Existem 41 perguntas neste inquérito

Uma nota sobre privacidade

Este inquérito é anónimo.

O registo guardado das suas respostas ao inquérito não contém nenhuma informação identificativa a seu respeito, salvo se alguma pergunta do inquérito o pediu expressamente. Se respondeu a um inquérito que utilizasse um token identificativo para lhe permitir o acesso, pode ter a certeza de que o token identificativo não foi guardado com as respostas. É gerido numa base de dados separada e será actualizado apenas para indicar se completou ou não este inquérito. Não é possível relacionar os tokens de identificação com as respostas a este inquérito.

Inquérito

1 *Qual a sua idade?

anos.

2*Qual o seu género?

- Feminino
- Masculino

3*É ou já foi fumador?

- Sim, sou fumador
- Não sou actualmente mas já fui fumador
- Não sou nem nunca fui fumador

4*Pratica exercício físico com regularidade?

- Sim
- Não

5*Pratica mergulho com regularidade?

- Sim
- Não

6*A actividade que desempenha ou já desempenhou em toda a sua vida como piloto insere-se em qual ou quais destas categorias?

Seleccione todas as que se apliquem

- Aviação Geral
- Aviação Militar
- Transporte aéreo internacional
- Transporte aéreo regional
- Taxi-aéreo
- Corporate

7*Possui qual ou quais das seguintes licenças de voo?

Seleccione todas as que se apliquem

- Piloto de ultraleve
- Piloto de planador
- Piloto particular de avião
- Piloto particular de helicóptero
- Piloto particular de motoplanador
- Piloto particular de balão
- Piloto comercial de avião
- Piloto comercial de helicóptero
- Piloto comercial de balão
- Piloto de linha aérea de avião
- Piloto de linha aérea de helicóptero
- Instrutor do voo de ultraleves
- Instrutor de voo de ligeiros
- Instrutor de voo de linha aérea
- Instrutor de voo com instrumentos

8*A sua principal actividade profissional é piloto ou instrutor de voo?

- Sim
- Não

9*Qual é a licença médica que possui actualmente?

- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

10*Indique a marca e modelo da aeronave que pilota com mais frequência.

11*Qual a idade da aeronave que pilota mais frequência?

anos

Neste campo só se aceitam números

12*A maioria dos voos que efectuou nos últimos 6 meses foi em aeronaves pressurizadas?

- Sim
- Não

13*Qual o total de horas que voou como piloto e/ou instrutor?

horas de voo

Neste campo só se aceitam números

14*Quantas horas voou como piloto e/ou instrutor nos últimos 6 meses?

horas de voo

Neste campo só se aceitam números

15*Qual a percentagem de tempo de voo como piloto e/ou instrutor que, nos últimos 6 meses, foi durante o dia vs. durante a noite?

Por favor, seleccione... ▼

? O primeiro valor refere-se ao período diurno e o segundo ao período nocturno.

16*Qual a percentagem de tempo de voo como piloto e/ou instrutor que, nos últimos 6 meses, foi por lazer/desporto vs. obrigações profissionais?

Por favor, seleccione... ▼

? O primeiro valor refere-se a lazer/desporto e o segundo a obrigações profissionais.

17*Qual a percentagem de tempo de voo que, nos últimos 6 meses, voou como piloto vs. instrutor?

? O primeiro valor refere-se a tempo de voo exclusivamente como piloto e o segundo a tempo de voo como instrutor de voo.

18*Qual a altitude, em pés, a que voa habitualmente?

 pés

Neste campo só se aceitam números

? Considere que, por exemplo, 30000 pés correspondem ao FL300.

19*Qual a percentagem de tempo de voo que, nos últimos 6 meses, voou em aeronaves com motor alternativo vs. turbina?

? O primeiro valor refere-se a tempo de voo em aeronaves com motor alternativo o segundo a aeronaves com turbina.

20*Em média, qual a percentagem do seu tempo de voo realizado nas seguintes altitudes (QNH)?

Nestes campos só podem ser inseridos números

O total de todos os registos tem de igualar 100

- até aos 5000 pés
- entre os 5001 e os 10000 pés
- entre os 10001 e os 13000 pés
- entre os 13001 e os 15000 pés
- entre os 15001 e os 25000 pés
- entre os 25001 e os 30000 pés
- entre os 30001 e os 35000 pés
- entre os 35001 e os 40000 pés
- entre os 40001 e os 43000 pés
- acima dos 43000 pés
- Restantes:

• Total:

? Considere que, por exemplo, 30000 pés correspondem ao FL300.

21*Concorda com a afirmação de que, nas altitudes e condições em que voa normalmente, não há qualquer perigo de estar sujeito a situações de hipóxia?

- Sim
- Não

22*Já realizou formação ou treino sobre hipóxia em aviação?

- Sim
- Não

23*Considera que beneficiaria, enquanto piloto, de formação/treino sobre hipóxia?

- Sim
- Não

24*A formação/treino que efectuou sobre hipóxia dirigia-se a:

- Cívís
- Militares

25*Qual o tipo de formação/treino em hipóxia que realizou?

- Curso básico de introdução à hipóxia ou aulas durante o curso de piloto (sem treino em câmara hipobárica)
- Curso periódico sobre hipóxia (sem treino em câmara hipobárica)
- Curso sobre hipóxia com treino em câmara hipobárica

26*Realiza treino em câmara hipobárica de forma regular?

- Sim
- Não

27*Com que periodicidade realiza treino em câmara hipobárica?

- Trimestralmente
- Semestralmente
- Anualmente
- Bianualmente
- Com intervalos de tempo entre treinos superiores a 2 anos

28*Indique o seu nível de concordância com as seguintes afirmações:

	1	2	3	4	5
A formação/treino que fiz sobre hipóxia foi útil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A formação/treino que fiz sobre hipóxia foi insuficiente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

? 1 - Discordo totalmente | 2 - Discordo | 3 - Nem concordo nem discordo | 4 - Concordo | 5 - Concordo plenamente

29*Na(s) formação(ões)/treino(s) que realizou sobre hipóxia foi(foram) abordado(s) qual(quais) destes temas?

Seleccione todas as que se apliquem

- Respiração
- Causas, sintomas e efeitos da hipóxia e outras situações relacionadas com a altitude
- Tempo de consciência útil sem oxigénio suplementar
- Efeitos do uso prolongado de oxigénio suplementar

- Causas e efeitos da expansão dos gases e formação de bolhas de gás
- Medidas preventivas da expansão dos gases, formação de bolhas gasosas e doença de altitude
- Fenómenos físicos e incidentes na descompressão

30*Indique o seu nível de concordância com as seguintes afirmações:

	1	2	3	4	5
Todos os pilotos deveriam fazer um treino básico de introdução à hipóxia (sem treino em câmara hipobárica)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Todos os pilotos deveriam fazer um treino periódico sobre hipóxia (sem treino em câmara hipobárica)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Todos os pilotos deveriam fazer um treino básico em câmara hipobárica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Todos os pilotos deveriam fazer um treino periódico em câmara hipobárica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
As regulamentações aeromédicas actuais, no que toca à formação e treino de situações de hipóxia, são suficientes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A necessidade de treino em câmara hipobárica deveria ser estabelecida em função da altitude máxima das aeronaves pilotadas pelo piloto em causa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A necessidade de treino em câmara hipobárica deveria ser estabelecida em função do tipo de licença de voo do piloto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

? 1 - Discordo totalmente | 2 - Discordo | 3 - Nem concordo nem discordo | 4 - Concordo | 5 - Concordo plenamente

31*Que tipo de formação em hipóxia considera que os pilotos a seguir descritos deveriam possuir?

	Não precisa de formação em hipóxia	Curso básico de introdução à hipóxia (sem treino em câmara hipobárica)	Curso periódico sobre hipóxia (sem treino em câmara hipobárica)	Curso que incluiu treino em câmara hipobárica	Curso periódico em câmara hipobárica
Piloto de ultraleve	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Piloto de planador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Piloto particular de avião	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Piloto particular de helicóptero	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Piloto particular de motoplanador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Piloto particular de balão	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Piloto comercial de avião	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Piloto comercial de helicóptero	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Piloto comercial de balão	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Piloto de linha aérea de avião	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Piloto de linha aérea de helicóptero	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Instrutor de voo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pilotos de aviação geral que voem aeronaves não pressurizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pilotos que voem aeronaves pressurizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

32*Alguma vez se encontrou perante uma situação de hipóxia em voo?

	Sim	Não
Como aluno-piloto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Como piloto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Como co-piloto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Como instrutor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Como membro de uma tripulação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Como passageiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

33*Quantas vezes já se encontrou em situações de hipóxia em voo?

- Entre 1 e 5 vezes
- Entre 6 a 10 vezes
- Entre 11 e 20 vezes
- Entre 21 e 50 vezes
- Entre 51 e 100 vezes
- Mais de 100 vezes

34*Qual ou quais dos sintomas seguintes já sentiu ou observou em si enquanto voava e que funções desempenhava nesse momento?

	Aluno-piloto	Piloto	Co-piloto	Membro da tripulação	Instrutor	Passageiro	Nunca senti
Sensação de falta de ar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alterações visuais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de coordenação dos movimentos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sensação súbita de calor ou de frio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento da profundidade da respiração ou da frequência respiratória	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Euforia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dor de cabeça	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Aumento do tempo de reacção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dificuldade em tomar decisões	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tonturas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Náuseas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Formigueiros nos dedos das mãos e/ou dos pés	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fadiga, cansaço ou sonolência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sensação de falta de ar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cianose (as extremidades e/ou os lábios ficarem azuis/arroxeados)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alterações do discurso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dificuldade em decorar informações e/ou instruções	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

35 Quando se encontrou perante situações de hipóxia ou quando sentiu os sintomas referidos na pergunta anterior, que medidas tomou para resolver essa situação?

36* Em voo, já esteve perante uma situação de descompressão?

	Sim	Não
Como aluno-piloto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Como piloto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Como co-piloto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Como instrutor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Como membro de uma tripulação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Como passageiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

37*Que tipo(s) de descompressão presenciou em voo enquanto piloto e/ou instrutor?

- Descompressão lenta
- Descompressão rápida
- Descompressão explosiva

38 Quando se encontrou perante situações de descompressão, que medidas tomou para as resolver e/ou minorar os seus efeitos?



39 Explícite quaisquer outras informações sobre hipóxia e descompressão que considere úteis e que sejam fruto da sua experiência enquanto piloto.



40*Considera que seria útil o desenvolvimento de sistemas de monitorização e quantificação objectiva, em voo e em tempo real, da capacidade de resposta do piloto?

- Sim
- Não

41*Utilizaria um sistema como o descrito na questão anterior se tal contribuísse para a segurança de voo?

- Sim
- Não

Carregar inquérito incompleto

Submeter