



I Jornadas de
Hiperbarismo
em Portugal

O Hiperbarismo é o domínio da técnica que surge da necessidade de trabalhar em pressões ambientais superiores à atmosférica, aplicando-se sobretudo na Engenharia e na Medicina.

Esta abordagem revela-se com frequência muito vantajosa em intervenções de obras submersas e até em reservatórios de gás líquido.

A Oxigenoterapia Hiperbárica é uma modalidade terapêutica imprescindível no tratamento das intoxicações pelo monóxido de carbono, das infecções anaeróbias e síndromes de descompressão, sendo complementar no tratamento de muitas outras patologias.

O objectivo das Jornadas é a divulgação do Hiperbarismo nestas duas vertentes, estando presentes alguns dos melhores especialistas mundiais.

CPAS - CENTRO PORTUGUÊS DE ACTIVIDADES SUBAQUÁTICAS

R. Alto do Duque, 45 1400-009 LISBOA
Tel. 21 301 69 61 - Fax 21 302 03 56
E-mail: cpas@cpas.pt
Internet: www.cpas.pt



CEVA



FSE

MINISTÉRIO DO
TRABALHO E DA
SOLIDARIEDADE



Centro Cultural de Belém - sala CALEMPLOY
LISBOA 25,26 e 27 de Novembro 1999

PROGRAMA DAS JORNADAS _____ 09

CADERNO TÉCNICO _____ 13

O MERGULHO PROFISSIONAL E OS TRABALHOS EM IMERSÃO

OS PRIMEIROS TRABALHOS EM IMERSÃO _____	15
MERGULHO E ENGENHARIA CIVIL _____	16
O MERGULHO INDUSTRIAL <i>OFFSHORE</i> _____	17
A FORMAÇÃO DOS TÉCNICOS _____	18
O MERGULHO PROFISSIONAL EM 1999 _____	19
A COOPERAÇÃO EUROPEIA _____	19
OS TRABALHOS HIPERBÁRICOS EM ENGENHARIA CIVIL _____	20
A ORGANIZAÇÃO OPERACIONAL DE UM ESTALEIRO HIPERBÁRICO _____	21
NATUREZA DOS TRABALHOS HIPERBÁRICOS NA ENGENHARIA CIVIL _____	21

CADERNO MÉDICO _____ 23

A OXIGENOTERAPIA HIPERBÁRICA NA ACTUALIDADE

INTRODUÇÃO _____	25
MECANISMOS FISIOLÓGICOS DA OXIGENOTERAPIA HIPERBÁRICA _____	26
MEIOS DE ADMINISTRAÇÃO DA OHB _____	31
INDICAÇÕES DA OHB _____	32
MEDICAMENTOS ASSOCIADOS _____	38
A SESSÃO DE OHB _____	38
PRECAUÇÕES E CONTRA-INDICAÇÕES _____	39
CONCLUSÃO _____	40

OBJECTIVOS

Na passagem de mais um século em que muitos conceitos evoluíram e a prática do Hiperbarismo assumiu contornos indissociáveis da actividade do Homem, em áreas como a Engenharia e a Medicina, importa fazer um balanço e reflectir sobre o futuro.

Torna-se assim fundamental analisar os desafios que se nos deparam, nomeadamente: como introduzir novos conteúdos programáticos na formação Técnica e Médica, visando a criação de novos perfis profissionais e sua especialização; como adoptar técnicas de execução inovadoras naqueles domínios, permitindo uma maior eficácia no desempenho do trabalho científico e abertura de novas perspectivas de investigação; como desenvolver estruturas hospitalares dotadas de instalações hiperbáricas, visando a generalização dos tratamentos de oxigenoterapia hiperbárica nas diversas especialidades em que estes estão indicados; como divulgar, criar e optimizar os procedimentos de intervenção operacional e de urgência em meio hiperbárico; como consolidar tais procedimentos baseados em aspectos inovadores no nosso país, compatibilizando os usos, acompanhando aptidões, transformando tradições, a fim de obter melhores condições de vida e de saúde, de eficácia, de rendimento, de conhecimento e desenvolvimento.

Por outro lado e no âmbito de uma nova abordagem que importa assumir colectivamente para o Século XXI, a aplicação do Hiperbarismo em Portugal necessita de ser equacionada entre os Organismos Institucionais e os Centros de Formação.

Objectivo prioritário é ainda a projecção e divulgação de estruturas de formação e enquadramento técnico, harmonizando os padrões de formação para permitir aos profissionais da Hiperbária em Portugal obter uma certificação profissional comunitária.

Constituem igualmente importantes linhas estratégicas a implementar : a sensibilização dos organismos de investigação, instituições e empresas, para as aplicações e procedimentos inerentes à utilização da Hiperbária; a criação de uma base de dados nacional de profissionais que permitirá aos utilizadores do meio hiperbárico efectuar um intercâmbio de informação, do conhecimento e de tecnologias, para uma urgente mudança de atitudes, tendo em vista um reforço da sua participação nos processos de tomada de decisão, estimulando o aparecimento de novos profissionais, assim como promover o desenvolvimento de parcerias.

Proporcionar um alargado debate sobre estas questões, através da análise e troca de experiências e práticas, constituem os objectivos essenciais destas las Jornadas sobre Hiperbarismo em Portugal.

COMISSÃO DE HONRA

Presidente da República
Primeiro-Ministro
Ministro do Trabalho e da Solidariedade Social
Ministra da Saúde
Ministro do Equipamento e da Administração do Território
Ministro da Ciência e Tecnologia
Ministro da Defesa
Secretário de Estado das Obras Públicas
Secretário de Estado da Saúde
Secretário de Estado do Emprego e Formação
Secretário de Estado da Indústria e Energia
Embaixador de França
Presidente da Câmara Municipal de Lisboa
Director Geral do Instituto Hidrográfico
Director Geral de Marinha
Director do Serviço de Saúde da Marinha
Bastónario da Ordem dos Médicos
Bastónario da Ordem dos Engenheiros
Reitor da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa
Reitor da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Nova de Lisboa
Reitor da Fac. de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa
Reitor do Instituto Superior Técnico
Director-Geral do LNEC
Director-Geral do INETI
Director-Geral do ISQ
Director-Geral do IEFP
Coordenadora dos Programas do GICEA
Coordenador do Programas ADAPT do GICEA

ORGANIZAÇÃO

CPAS
Centro Português de Actividades Subaquáticas

COMISSÃO ORGANIZADORA

CPAS
Centro Português de Actividades Subaquáticas

DIRECTORA DO PROJECTO:

Dr^a Margarida Farrajota (*Economista*)

MEDICINA:

Dr^a Eduarda Vidal (*Médica*)

Dr^a Elisabete Pereira (*Médica*)

Dr. João Leiria (*Médico*)

Dr. Rui Represas (*Médico*)

TÉCNICA E SEGURANÇA:

Eng. Dias Barata (*Engenheiro*)

Dr. João Duarte (*Geólogo*)

Luís Baeta (*Técnico*)

PROMOTOR

CPAS
Centro Português de Actividades Subaquáticas

PARCERIAS

INPP
Institut National de Plongée Professionnelle
et d'Intervention en Milieu Aquatique et Hyperbare

CEVA
Centre d'Etudes et Valorization des Algues

SECRETARIADO

Responsável: Dr. Pedro Ricardo

Colaboradores: Victório Fidalgo
Gabriela Melo
Filipe Feio
Filipa Barata

CONFERENCISTAS

Albuquerque e Sousa (Portugal)
Cavenel, Philippe (França)
Cobos, Félix (França)
Desola, Jordi (Espanha)
Fredenucci, Paul (França)
Gata, Simão (Portugal)
Gavarry, Paul (França)
Laurent, Gilbert (França)
Macchi, Jean-Pierre (França)
Marroni, Alessandro (Itália)
Mathieu, Daniel (França)
Myers, Roy (E.U.A.)
Roque, Filipe (Portugal)
Wattel, Francis (França)

LÍNGUAS OFICIAIS

Português, espanhol, francês e inglês

PROGRAMA

TÉCNICA E SEGURANÇA

09.00 Secretariado

10.00 SESSÃO DE ABERTURA

*Dr.^a Margarida Farrajota
Cte. P. Gavarry*

10.30 **HIPERBÁRIA PROFISSIONAL**
-REGULAMENTAÇÃO E FORMAÇÃO
Cte. P. Gavarry

11.15 **DEBATE**

11.30 Café

12.00 **TRABALHOS DE ENGENHARIA CIVIL EM MEIO HIPERBÁRICO**
-REPARAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
-CONSTRUÇÃO E REFORÇO DE PONTES
-BETÃO SUBMERSO
Eng. F. Cobos

12.45 **DEBATE**

13.00 Almoço livre

15.00 **CÂMARAS HIPERBÁRICAS**
Eng. J. P. Macchi

15.45 **DEBATE**

16.00 **TRABALHOS HIPERBÁRICOS EM MEIO NAVAL**
Eng. G. Laurent

16.45 **DEBATE**

17.00 Café

17.30 **MESA REDONDA - SÍNTESE TÉCNICA E SEGURANÇA**
CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Moderador: *Cte. P. Gavarry*

*Eng. F. Cobos
Eng. G. Laurent
Eng. J. P. Macchi*

MEDICINA HIPERBÁRICA

09.00 Abertura secretariado

10.00 **SESSÃO DE ABERTURA**

10.30 **BASES FISIOLÓGICAS DA OHB.
OSTEOMIELITE REFRACTÁRIA**
Dr. J. Desola

mesa: *Dr. A. Marroni
Dr. R. Represas*

11.15 **DISCUSSÃO**

11.30 café

12.00 **TRAUMATOLOGIA E OHB.
SÍNDROME DE ESMAGAMENTO**
Prof. R. Myers

mesa: *Dr. J. Desola
Dr. E. Vidal*

12.45 **DISCUSSÃO**

13.00 almoço

15.00 **ACIDENTE DE DESCOMPRESSÃO:
CONSENSUS EUROPEU**
Dr. A. Marroni

mesa: *Prof. R. Myers
Dr. E. Pereira*

15.45 **DISCUSSÃO**

16.00 **INTOXICAÇÕES POR MONÓXIDO DE CARBONO**
Dr. D. Mathieu

mesa: *Prof. R. Myers
Dr. E. Pereira*

16.45 **DISCUSSÃO**

17.00 Café

17.30 **INFECÇÕES NECROSANTES**
Prof. R. Myers

mesa: *Dr. D. Mathieu
Dr. J. Leiria*

18.15 **DISCUSSÃO**

MEDICINA HIPERBÁRICA

09.00 Abertura secretariado

09.30 **PATOLOGIA VASCULAR PERIFÉRICA.
PÉ DIABÉTICO. SURDEZ SÚBITA.**
Dr. Fredenucci

mesa: *Dr. J. Desola
Dr. Albuquerque e Sousa*

10.15 **DISCUSSÃO**

10.30 café

11.00 **EMBOLIA GASOSA**
Dr. Gata Simão

mesa: *Dr. Prof. R. Myers
Dr. F. Roque*

11.45 **DISCUSSÃO**

12.00 **OHB E REPARAÇÃO TECIDULAR**
Dr. Albuquerque e Sousa

mesa: *Dr. Prof. R. Myers
Dr. F. Roque*

12.45 **DISCUSSÃO**

13.00 almoço

15.00 **INDICAÇÕES DA OHB:
CONSENSUS EUROPEU**
Prof. F. Wattel

mesa: *Prof. F. Wattel
Dr. Gata Simão*

16.00 **DISCUSSÃO**

16.15 **"ESTADO DA ARTE EM PORTUGAL"**
Dr. F. Roque

mesa: *Prof. F. Wattel
Dr. Gata Simão*

17.00 **DISCUSSÃO**

17.15 café

17.30 **SÍNTESE MÉDICA**

Moderador: *Dr. P. Cavenel*

*Dr. J. Desola
Dr. P. Fredenucci
Dr. D. Mathieu
Prof. R. Myers
Dr. Gata Simão
Dr. Albuquerque e Sousa
Dr. F. Roque
Prof. F. Wattel*

CADERNO TÉCNICO



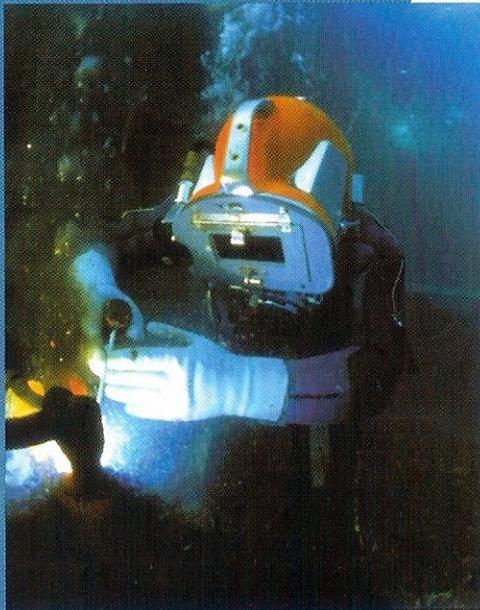
Por definição, o hiperbarismo é o domínio da técnica que surge da necessidade de trabalhar em pressões ambientais superiores à atmosférica, sendo uma das suas áreas de intervenção a Engenharia.

! OS PRIMEIROS TRABALHOS EM IMERSÃO

Sem ir às fontes mais antigas desta longa história que é a exploração do mundo subaquático pelo Homem, relembramos que Leonardo da Vinci concebeu equipamentos que foram utilizados anos mais tarde, tendo o século XVI marcado o início da aventura industrial submarina, com o primeiro equipamento construído pelo italiano Guglielmo de Lorena, utilizado em 1535, consistindo numa cuba cilíndrica invertida sobre a cabeça e o torax, munida de um viseira e de um sistema de manutenção, que prefigurava os sinos de mergulho e os capacetes de escafandro.

Seguiu-se uma fase de forte desenvolvimento entre o século XVI e XVIII potenciada pelos crescentes conhecimentos da física, destacando-se os trabalhos de Torricelli, Pascal e Boyle-Mariotte e de engenharia industrial e naval.

A noção actual do mergulho industrial da civilização ocidental aparece no fim do século XVIII, onde ocorre um esforço conjugado da investigação fundamental e o progresso tecnológico, dando um rápido desenvolvimento à nova geração de escafandros do Sr. Siebe, pai do escafandro com capacete, conhecido vulgarmente como "escafandro pé de chumbo". Seguiram-se uma panóplia de escafandros e submersíveis destinados ao trabalho e à observação, alguns destes capazes de manter no habitáculo uma pressão igual à atmosférica.



A reviravolta tecnológica resulta numa forte evolução económica que eclodiu no princípio do século XIX, altura em que o resgate de cargas valiosas, aliado aos trabalhos de recuperação de navios afundados, deixou de ser a actividade principal dos então designados “operários-mergulhadores”. As novas actividades desenvolveram-se então a todo o vapor perante o crescimento dos portos de comércio, com a construção de cais e rampas, estaleiros de reparação de navios, criação e organização de vias fluviais, ajudas à navegação com a construção de faróis e balizas fixas no mar, etc.

Este conjunto de novas actividades dá lugar ao nascimento de empresas e sociedades de trabalhos submarinos perfeitamente organizadas e rapidamente adaptadas a uma situação de mercado extremamente favorável. Esta conjuntura propiciou o incremento de estaleiros submarinos, acarretando um grande desenvolvimento técnico ao nível de equipamentos e ferramentas, o que contribuiu para o sucesso de operações cada vez mais complexas.

No entanto, importa sublinhar que nessa altura as condições de trabalho não eram de todo satisfatórias devido ao desconhecimento dos problemas de ordem fisiológica originados pela pressão. Só a partir dos trabalhos de Paul Bert (1878) e Haldane (1906) foram dados os primeiros e, talvez, mais importantes passos no entendimento de alguns dos problemas fisiológicos mais básicos.

Até aos anos 50 o escafandro com capacete e mesmo o escafandro rígido articulado foram os sistemas mais utilizados nos trabalhos portuários. Nessa altura, surge então o escafandro autónomo, trazendo uma grande liberdade e melhor desempenho das tarefas. No entanto, rapidamente é atingido o limite de acesso às grandes profundidades dado que as repercussões fisiológicas, devido às agressões imediatas do meio, aos maus desempenhos e fraca fiabilidade do equipamento, e conseqüente baixo rendimento nestas condições, trouxeram obstáculos que restringiram o seu emprego no mergulho industrial.

A partir dos anos 60, com o estímulo criado pela exploração petrolífera *offshore*, surge a necessidade de viabilizar o mergulho industrial a grandes profundidades. O facto de se ter tornado evidente o valor económico potencial do fundo do mar, levou a ter de se intervir de forma eficaz e em total segurança nas extensas zonas da plataforma continental, em primeiro lugar, e posteriormente, nas maiores profundidades. Os estaleiros submarinos passaram a exigir, por um lado, meios de intervenção mais eficazes e performantes, levando à criação de métodos mais precisos e a uma qualificação mais exigente dos escafandristas e do pessoal de assistência.

Tudo evoluiu muito rapidamente ao longo das últimas décadas, com o aparecimento de novas tecnologias indispensáveis à produção, empurrando o homem para uma extensa panóplia de meios de intervenção: sistemas de mergulho de saturação, batiscafos de mergulho, submarinos híbridos (à pressão atmosférica e pressurizáveis), escafandros rígidos motorizados, etc. O escafandrista torna-se assim um operacional cujo melhoramento dos equipamentos se destinou a aumentar a duração do trabalho em imersão, ganhando algumas dezenas a centenas de metros em profundidade perdendo, no entanto, uma boa parte da sua liberdade de acção individual, pois passa a estar fortemente dependente da organização funcional do seu suporte de superfície.

Esta actividade é desenvolvida em numerosas sociedades civis criadas por todo o mundo. Dispondo de um importante potencial de meios de exploração e, nalguns casos, de centros de investigação. Estas sociedades prosseguem os seus esforços, com bons resultados após longos anos de pesquisa, no sentido de viabilizar uma melhor acessibilidade do homem a tais zonas de acção (grande profundidades), com as melhores condições de segurança e rendimento.

Os portos, os rios e barragens exigem actualmente muita atenção por parte das empresas de engenharia civil, vindo a beneficiar da transferência incontestável da tecnologia de offshore, verificada ao

nível dos métodos, dos equipamentos, das ferramentas e respectivo impacto sobre a organização e conduta dos estaleiros. Isto constituiu a conquista de uma nova etapa do mergulho industrial. O escafandrista "clássico", sem renegar as suas origens, qualidades e espírito de equipa, adquiriu uma polivalência que lhe permitiu assegurar as diferentes funções ou postos ligados à especificidade do estaleiro.

IV A FORMAÇÃO DOS TÉCNICOS

Homem livre e temerário, o "operário mergulhador" do século XVIII foi ao longo dos tempos associado aos naufrágios de navios e às belas imagens desta história de trabalho submerso, embora não traduzindo nunca a coragem destes homens que intervinham a profundidades importantes, com uma qualificação limitada, com equipamentos pesados, num ambiente mal conhecido, tendo de desempenhar tarefas que hoje em dia nos são elementares, mas de todo difíceis na sua época.

A formação "pela experiência", assegurada pelos antigos no seio das empresas de trabalhos submarinos que se desenvolveram no decorrer dos séculos XVIII e XIX, da mesma maneira que as outras categorias de trabalhadores terrestres, lançou uma boa escola de mestria, vontade e coragem.

Só as marinhas militares, menos pressionadas pela urgência dos desempenhos cada vez mais exigentes, dispunham de centros de instrução para o seu pessoal e de comissões especializadas. Este sector profissional começa então a entender-se com as administrações, levando a criar serviços de escafandristas ao mesmo tempo que aparece o "artífice escafandrista", trabalhador independente, prestando os seus serviços, ainda presente nos nossos dias.



V O MERGULHO PROFISSIONAL EM 1999

O florescimento económico que se constata hoje em dia, provoca o alargamento de um quadro tradicional criando novas vias profissionais específicas, por enquanto modestas mas promissoras para o futuro, que vão cobrir, com uma nova população, o conjunto das actividades do mundo subaquático e hiperbárico.

Nestes últimos anos, o mergulho profissional manteve-se estritamente na esfera dos "trabalhos submersos". Os escafandristas (ou artífices-mergulhadores) operam no seio de empresas ou administrações cujas actividades de engenharia civil ou offshore são exercidas num quadro perfeitamente definido por textos regulamentares, fixando modalidades de emprego aplicáveis a esta categoria de trabalhadores. Torna-se evidente que o desenvolvimento destas novas actividades, há muito consideradas como marginais e actualmente praticadas a tempo inteiro por uma população mais ou menos especializada, exige a harmonização de diferentes linhas de formação, todas ligadas pelo vector comum "mergulho", mas diferenciadas pelos seus diferentes objectivos - a hiperbárica profissional.

VI A COOPERAÇÃO EUROPEIA

Esta noção de "hiperbárica profissional" estende-se além fronteiras e as comissões europeias que têm tratado desta actividade, especificamente no plano dos programas de formação e dos trabalhos de normalização, estão bem presentes para estimular o interesse das nações a dispor de uma organização plenamente adaptada ao mercado potencial. Esta vontade de harmonização é traduzida, à escala europeia, pela criação, em Março de 1973, do Comité Europeu da Tecnologia do Mergulho (EDTC- European Diving Technology Committe), com vista ao tratamento dos problemas relativos à segurança no mergulho e que agrupa, actualmente, dezoito nações e duas associações com um observador da Comissão das Comunidades Europeias.

Sobre o horizonte do ano 2000 e após trinta anos de bom trabalho, o EDTC deverá poder prosseguir a sua missão que permitiu preparar as

bases de uma cooperação eficaz e necessária para a organização europeia deste domínio de actividade, alargada aos novos sectores profissionais sobre os quais as nações se encontram profundamente empenhadas.

Esta cooperação europeia alargou-se ao domínio da formação hiperbárica, com a criação da International Diving School Association - IDSA, que agrupa um conjunto de centros de formação de mergulho profissional, com o fim de harmonizar os programas de instrução e de treino a partir de regulamentos nacionais e de recomendações do EDTC.

VII

OS TRABALHOS HIPERBÁRICOS EM ENGENHARIA CIVIL

As técnicas de intervenção em meio hiperbárico e as ferramentas específicas adaptadas à natureza da actividade permitem realizar numerosos trabalhos similares aos que se executam à pressão atmosférica.

Convém distinguir os trabalhos em imersão onde o escafandrista opera directamente como um executante com ferramentas apropriadas, daqueles onde ele intervém somente para orientar, vigiar ou medir. No primeiro caso é geralmente necessário um maior desempenho físico, obrigando a tomar precauções adequadas à tecnologia utilizada. No segundo caso, o escafandrista tem de manter uma especial vigilância para se proteger dos materiais, que irá verificar no seu trabalho, sobretudo na ausência de visibilidade.

Neste domínio de actividades, as operações hiperbáricas efectuadas em imersão têm a ver com estaleiros portuários, fluviais, em barragem onde os trabalhos são, em geral, orientados para a construção, reparação e demolição, e, igualmente, para a inspecção e controlo de estruturas.



VIII

A ORGANIZAÇÃO OPERACIONAL DE UM ESTALEIRO HIPERBÁRICO

É certo que a organização operacional implementada num estaleiro hiperbárico, qualquer que seja o seu nível, natureza ou tipo de actividades, desempenha um papel importante no desenrolar das diferentes fases, em particular quando é exigido levar a cabo a direcção e a coordenação do funcionamento de um importante conjunto de meios.

Parece evidente que a segurança depende do modo como o estaleiro é organizado e que o sucesso duma operação está estreitamente ligado, ou mesmo dependente, duma mestria total dos procedimentos normais de urgência, definidos no plano de prevenção e no manual de segurança hiperbárica.

IX

NATUREZA DOS TRABALHOS HIPERBÁRICOS NA ENGENHARIA CIVIL

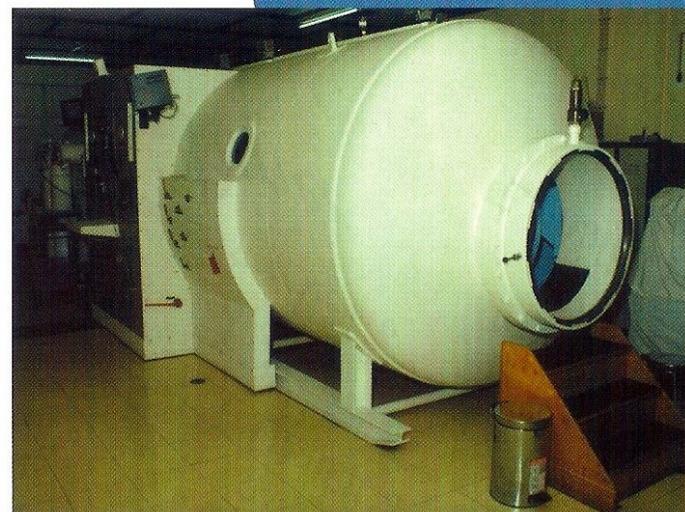
Os trabalhos hiperbáricos efectuados em engenharia civil abaixo discriminados, têm uma natureza que concerne essencialmente duas perspectivas:

- Por um lado, a necessidade de execução de tarefas com o emprego de ferramentas necessárias à realização do objectivo (construção, reparação, demolição), com certas acções intermediárias (manutenção, deslocamento de cargas, etc);
- Por outro lado, existem operações que não comportam trabalho manual, limitando-se somente à vigilância e controlo (visita de obras, controlo de soldadura, levantamentos topográficos, outros)

De entre estes dão-se os seguintes exemplos:

- manutenções na água (à mão, grua, em flutuação);
- terraplanagens e aterros (escavação mecânica, sucção, etc);
- desmantelamento e demolições de estruturas e naufrágios;
- betonagem sumersa e trabalhos associados;
- corte e soldadura (oxicorte, oxiarco e lança térmica);
- controlo de trabalhos portuários e fluviais (fotografia e filmagens)

CADERNO MÉDICO



CÂMARA HIPERBÁRICA DO HOSPITAL DA MARINHA



I

INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade que o ar é considerado um elemento vital (ARISTÓTELES).

PRIESTLEY, no fim do séc. XVIII, isola e identifica um dos seus componentes, o qual virá a receber o nome de **Oxigénio**; é também nessa época que LAVOISIER determina o seu papel na combustão.

No séc. XIX assiste-se ao desenvolvimento do hiperbarismo, inicialmente utilizando o ar comprimido (EUGÈNE BERTIN), e, posteriormente, o oxigénio sob pressão (PAUL BERT, 1874; LORAIN-SMITH, 1899).

No séc. XX desenvolve-se a produção industrial de oxigénio (1920), mas é a partir de 1950 que a oxigenoterapia encontra nos meios médicos um interesse redobrado, vindo a evoluir rapidamente nos últimos anos.

O **objectivo da oxigenoterapia** é o de aumentar a quantidade de oxigénio dissolvido a nível tecidular.

Neste caderno começaremos por fazer uma breve recapitulação dos mecanismos de acção fisiológica do oxigénio, para depois abordarmos, sucessivamente, os meios terapêuticos existentes à nossa disposição, as diferentes indicações, os medicamentos com maior frequência associados à **Oxigenoterapia Hiperbárica (OHB)**, e, de uma forma genérica, como se desenrola uma sessão de OHB, terminando com uma palavra sobre as precauções e as contra-indicações.

A fisiologia da oxigenoterapia tem uma dupla vertente:

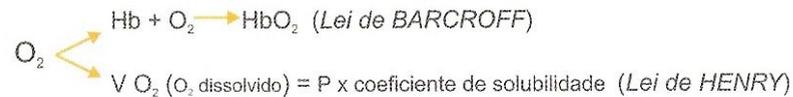
- química
- mecânica

2.1 Vertente química:

A vertente química da OHB apresenta-se sob dois aspectos fundamentais:

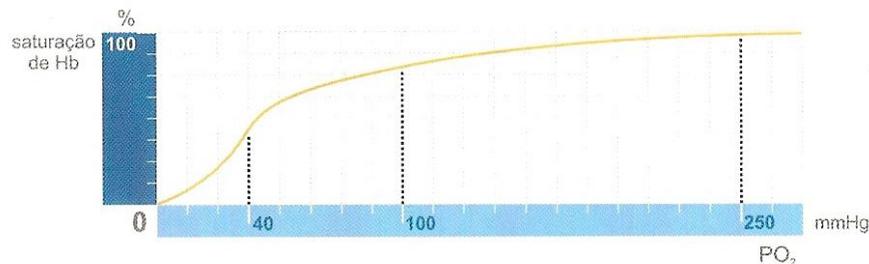
- o primeiro baseia-se nos transportadores de oxigénio e na troca deste a nível celular,
- o segundo faz intervir a noção de radicais livres.

2.1.1 Os transportadores de oxigénio:



a) O oxigénio ligado à hemoglobina:

A saturação da hemoglobina pelo O_2 expressa-se pela *curva de BARCROFF*:



A saturação da hemoglobina é função da PpO_2 . O aumento da pressão desloca a curva para a direita verificando-se que, à pressão atmosférica, a hemoglobina se encontra saturada na sua quase totalidade. A elevação da pressão conduz apenas a um aumento da saturação em 3 a 5%.

b) O oxigénio dissolvido:

À pressão atmosférica (1 Bar ou 1 Atmosfera Absoluta - 1 ATA), o ar respirado contém 21% de O_2 para uma pressão parcial de 100 mmHg. A esta pressão, em cada 100 ml de plasma existem 0,235 ml de O_2 dissolvido.

Se administrarmos O_2 a 100%, igualmente à pressão atmosférica, obtém-se um valor de 1,92 ml de O_2 dissolvido.

Duplicando a pressão de administração de O_2 (2 ATA) obtém-se 4 ml de O_2 dissolvido.

A 3 ATA atinge-se um valor de 6 ml / 100 ml de plasma, ou seja, 20 vezes maior que o valor obtido com a administração de O_2 à pressão atmosférica.

Torna-se evidente a importância do oxigénio dissolvido, demonstrada ao nível da respiração tecidual por duas experiências célebres:

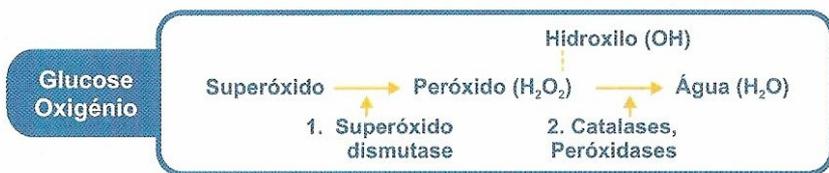
Experiência de OERTMAN (1877):

O sangue de uma rã é substituído na sua totalidade por soro fisiológico; seguidamente, o animal é colocado numa atmosfera de O_2 sob pressão, na qual sobrevive por vários dias.

Experiência de HALDANE (1895):

Diversas cobaias são intoxicadas com CO por forma a que toda a hemoglobina se transforme em carboxi-hemoglobina, sendo incapaz de fixar O_2 ; os animais são então colocados num meio com O_2 a 100% a 3 atmosferas de pressão, sobrevivendo por vários dias graças ao O_2 dissolvido.

2.1.2 A teoria dos radicais livres:



As células que vivem em aerobiose desenvolveram um meio de defesa adaptado, o sistema antioxidante, o qual contém vários sistemas enzimáticos, cuja finalidade é proteger a integridade estrutural das células face à produção de superóxidos e de peróxidos.

Os processos de oxi-redução celulares são por norma reacções de redução completas, significando que o oxigénio capta electrões em número par.

No entanto, é geralmente aceite que, mesmo no decurso do metabolismo normal, a redução do oxigénio pode ser parcial, ficando este com um número ímpar de electrões.

A órbita externa da molécula de oxigénio não comporta mais do que um único electrão não emparelhado, dito "celibatário".

As moléculas onde este existe são denominadas de radicais livres. A presença deste electrão nestas moléculas confere-lhes uma elevada instabilidade e um tempo de vida extremamente curto, e por isso, a grande dificuldade em isolá-las.

Deste aspecto resulta igualmente uma grande reactividade, donde provém a sua toxicidade.

Esta reacção ocorre normalmente ao nível do sistema mitocondrial, o qual explicaria o fenómeno de envelhecimento do indivíduo.

Ao nível das mitocôndrias o oxigénio conduz à formação de radicais livres e de superóxido (O_2^-), os quais vão desestabilizar todas as membranas celulares e produzir um efeito tóxico.

Para contrariar este fenómeno, o organismo reage produzindo moléculas que vão capturar e bloquear os radicais livres sem ser modificadas por estes.

Estas moléculas são desintoxicantes endógenos, situados nas mitocôndrias, nos lisossomas e no citoplasma: o glutatião, as peroxidases, as catalases, as peroxidases lipídicas, as superóxido-dismutases, a vit. C e a vit. E.

Os tratamentos sequenciais de OHB promovem o desenvolvimento dos sistemas anti-oxidantes endógenos, conduzindo a uma progressiva tolerância ao O_2 e conseqüentemente a uma melhor utilização deste: há um estímulo celular para a produção de sistemas anti-oxidantes, com melhor utilização do O_2 pela célula através da estimulação da via das pentoses e da glicólise aeróbia, conduzindo a um aumento da produção de ATP, donde se explica o efeito remanescente da oxigenoterapia hiperbárica.

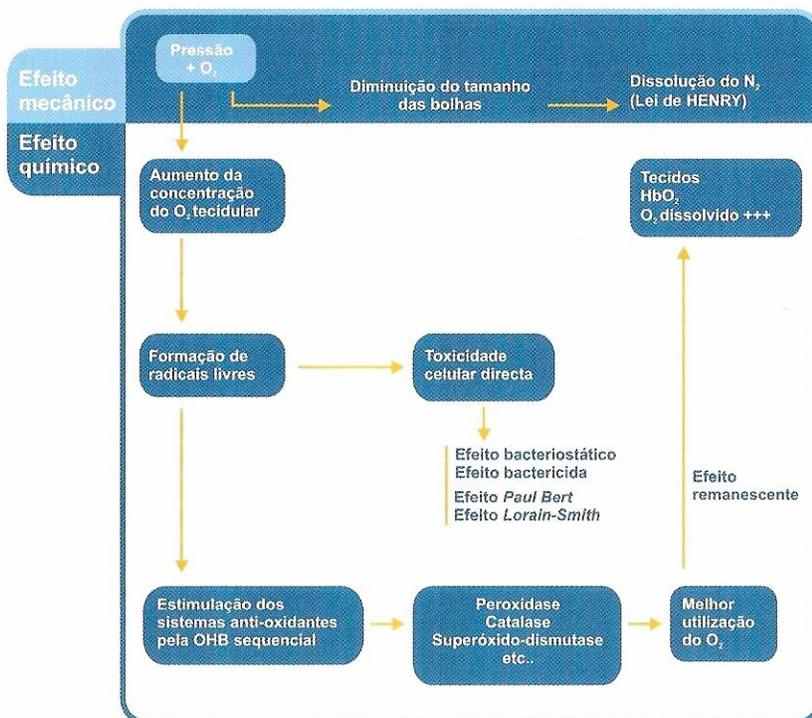
2.2 Vertente mecânica:

A segunda vertente de acção da OHB é puramente mecânica.

Este efeito intervém nos casos em que há bolhas de ar circulantes no fluxo sanguíneo; é consequência da *Lei de BOYLE-MARIOTTE* (a uma temperatura constante, o volume de gás varia na razão inversa da pressão a que está submetido) e da *Lei de HENRY* (a uma temperatura constante, a quantidade de gás dissolvido em saturação num solvente líquido é proporcional à pressão).

O aumento da pressão permite, num primeiro tempo, diminuir a dimensão das bolhas, do qual resulta um melhor fluxo sanguíneo, e, num segundo tempo, o desaparecimento das bolhas por dissolução no sangue.

Isto ocorrerá de forma mais rápida se substituirmos o azoto (não utilizável), pelo oxigénio que é metabolizado na sua totalidade.



Estes dois mecanismos, químico e mecânico, permitem a compreensão dos limites de utilização, assim como, das precauções a ter no decurso da oxigenoterapia.

As precauções dependem, na sua globalidade, da toxicidade directa do oxigénio sendo de dois tipos:

-toxicidade pulmonar: o limiar de irritação da membrana alvéolo-capilar é de 3 a 6 horas com O₂ a 100% a 2 ATA - efeito de LORAIN-SMITH; este efeito não ocorre a uma pressão parcial de oxigénio inferior a 500 mmHg, pressão esta que nunca é ultrapassada nas sessões de OHB.

-toxicidade neurológica (central): manifesta-se por uma crise epiléptica; as crises podem aparecer no desenrolar das sessões, após 2 horas quando a 2 ATA, ou, entre os 35 e os 90 minutos quando a 3 ATA - efeito de PAUL BERT. Estas crises não deixam sequelas e normalmente não ocorrem a uma pressão parcial de O₂ inferior a 500 mmHg; a administração de benzodiazepinas pode prevenir a crise, sendo que antecedentes de epilepsia são uma contra-indicação formal à OHB.

III MEIOS DE ADMINISTRAÇÃO DA OHB

As câmaras hiperbáricas actuais são o resultado de uma grande evolução.

Passaram de dispositivos mono-lugar rudimentares a câmaras multi-lugares, com diversos compartimentos e ante-câmaras, de fácil acesso, tanto para pessoal e doentes, como, para o mais diverso material; a comunicação com o exterior é permanente; a ventilação e a climatização são automáticas; o espaço vital foi aumentado por forma a diminuir a sensação de claustrofobia.

Dispõem de equipamento para monitorização completa, vigilância EEG, pletismografia, e, medição da pressão transcutânea de oxigénio, entre outros.

O tipo de gases administrados é variável qualitativamente. Podem administrar-se diferentes misturas gasosas, com percentagens variáveis desses mesmos gases: O₂, N₂, He, H₂.

As diversas sessões são registadas por um barógrafo sequencial e os gases contidos na câmara são sujeitos a uma monitorização contínua através dos respectivos analisadores, sobretudo a percentagem de O₂ existente no ar da câmara.

A OHB inscreve-se num contínuo terapêutico sem quebra na cadeia de cuidados

A Indicações de Urgência

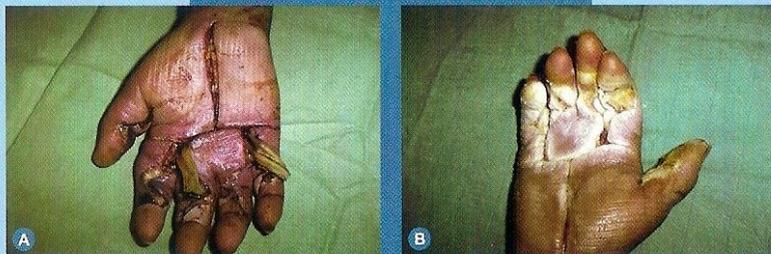
Acidentes de mergulho:

- doença de descompressão (por dissolução das bolhas circulantes ou tecidulares e oxigenação directa dos tecidos isquémicos) - *recomendação do tipo I*
- sobrepresão pulmonar com acidentes neurológicos (embolias gasosas) - *recomendação do tipo I*

Intoxicação por monóxido de carbono - *rec. tipo I*

Embolia gasosa - *rec. tipo I*

Infeções necrosantes de partes moles por anaeróbios ou mistas - *rec. tipo I*



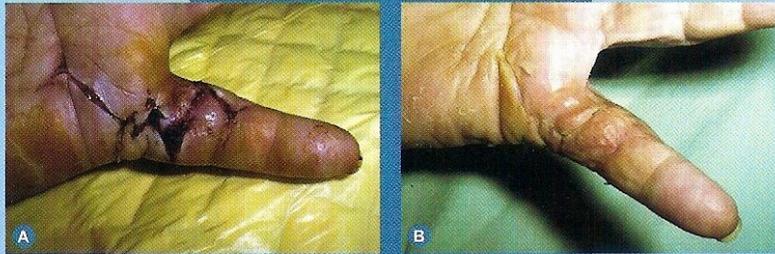
fleimão da mão

Patologia isquémica aguda dos tecidos moles
-enxertos musculocutâneos - *rec. tipo II*



enxerto do ombro

-esmagamento de membros - *rec. tipo II*



esmagamento de dedo

-reimplantação de segmentos de membros - *rec. tipo III*

Encefalopatias pós-anóxicas - *rec. tipo III*

Queimaduras mais de 20% da superfície corporal e segundo ou terceiro grau - *rec. tipo III*

Surdez súbita - *rec. tipo II*

Patologia oftalmológica por isquemia aguda - *rec. tipo III*

A Patologias crônicas com indicação para OHB

1. Lesões (ulceração ou gangrena) de origem isquêmica em caso de ausência de lesões arteriais acessíveis à cirurgia de revascularização ou após esta:

a) Diabéticos - a utilização de OHB é recomendada em caso de isquemia crítica crônica* definida segundo os critérios da Conferência Europeia de Consensus sobre Isquemia Crítica se as pressões transcutâneas de O₂ medidas em hiperbária (2,5 ATA, 100% O₂) são superiores a 100 mmHg - *rec. tipo II*



pé diabético

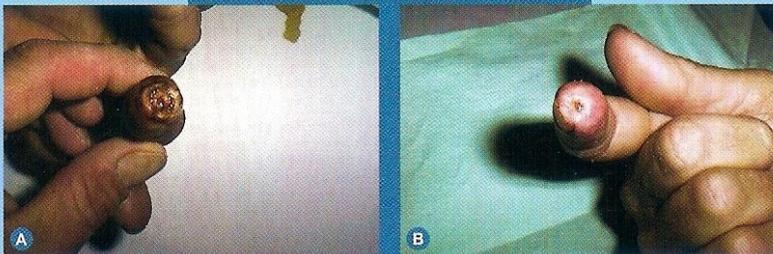
b) Arterioescleróticos - a OHB é recomendada em caso de isquemia crítica crônica* se as pressões transcutâneas de O₂ medidas em hiperbária forem superiores a 50 mmHg - *rec. tipo II*



úlceras arterial



úlceras varicosa



arterite distal

* *Isquemia crítica crónica (segundo Consensus Europeu sobre Isquemia Crítica - 1991):*

-dores periódicas e persistentes no repouso necessitando regularmente da administração de antálgicos durante mais de duas semanas ou ulceração/gangrena do pé ou dos dedos;

-com pressão sistólica no tornozelo inferior a 50 mmHg nos não diabéticos e inferior a 30 mmHg nos diabéticos

2. Lesões radionecróticas

- c) No caso da osteoradionecrose o protocolo seguido compreende 20 sessões antes da intervenção cirúrgica e 10 sessões depois - *rec. tipo I*
- d) Lesões após extracção dentária adopta o mesmo protocolo - *rec. tipo I*
- e) Lesões de radionecrose dos tecidos moles (excepto intestinais) - *rec. tipo I (ex.: cistite rádica hemorrágica)*

3. Osteomielites

- a) Osteomielite crónica refractária: definida como sendo lesões osteomielíticas persistentes após 6 semanas de tratamento com antibiótico e, pelo menos, com uma intervenção cirúrgica - *rec. tipo II*

- b) Osteomielite do crânio e do esterno: a OHB deve ser iniciada em simultâneo com a antibioterapia e a cirurgia - *rec. tipo II*

4. Outras indicações

Contusões medulares, contusões cerebrais e esclerose em placas.

NOTA: A primeira Conferência Europeia de Consensus sobre a medicina hiperbárica, que reuniu mais de 350 especialistas oriundos de vinte e um países diferentes, ocorreu em Lille (França) de 19 a 21 de Setembro de 1994, e permitiu confrontar resultados de mais de trinta anos de utilização de câmaras hiperbáricas na Europa, em cuidados intensivos e outros, chegando-se a um Consensus que definiu as indicações acima reconhecidas para a utilização da OHB, distinguindo três níveis de prioridade:

Recomendação Tipo I: situações onde a transferência do doente para um centro de medicina hiperbárica é fortemente recomendada visto que a OHB modifica o prognóstico vital; assim sendo, o doente deve ser transferido o mais rapidamente possível.

Recomendação Tipo II: situações onde a transferência para um centro de medicina hiperbárica é recomendada pois a OHB constitui uma parte importante do tratamento, podendo ser *saving* da função; isso implica a utilização de um centro ou transferência do doente sempre que a vida deste não corra perigo.

Recomendação Tipo III: situações em que o recurso a um centro de medicina hiperbárica é opcional visto a OHB ser considerada ainda um simples reforço do tratamento de base.

V

MEDICAMENTOS ASSOCIADOS

Diversos medicamentos são frequentemente associados à OHB, tendo todos como finalidade melhorar o fluxo sanguíneo a nível arteriolo-capilar:

- vasodilatadores** (usados frequentemente; limitam o vasoespasmo produzido pela hiperóxia).
- anticoagulantes, antiagregantes plaquetários** (aspirina, heparinas, etc.).
- corticóides** (sobretudo pelo seu efeito anti-inflamatório).
- anticonvulsivantes e ansiolíticos** (benzodiazepinas, Valium).
- vit. C e E** (aumentam o efeito protector e potencializam o efeito da OHB).

VI

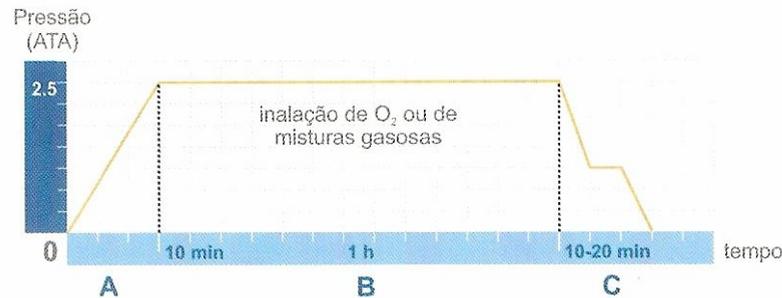
A SESSÃO DE OHB

Antes de colocar o doente na câmara hiperbárica é necessário levar a cabo um exame médico completo.

O interrogatório deve procurar antecedentes ORL, cardíacos, pulmonares e neurológicos (a epilepsia é uma contra-indicação formal).

O exame objectivo incluirá um exame ORL, procurando a existência de permeabilidade tubária e sinusal (manobra de VALSALVA), um exame radiológico pulmonar (para pôr em evidência a existência de um enfisema, de bolhas ou lesões cicatriciais pulmonares) e por fim, um ECG.

A sessão propriamente dita, desenrola-se em 3 fases:



A - fase de compressão:

processa-se à velocidade de 1 a 2 m/min (variável segundo as indicações, podendo ir até 17-20 mts/min); existe um aumento da temperatura dentro da câmara.

B - fase de patamar:

em geral com a duração de uma hora para o tratamento de doenças crónicas, (embora nestes casos também seja variável segundo as situações); o doente inala oxigénio puro ou misturas gasosas com percentagens diferentes, segundo as indicações e a pressão a que será submetido.

C - fase de descompressão:

decorre de uma forma linear, à velocidade de 1 m/min para os doentes crónicos e de acordo com as tabelas para os acidentes de mergulho; verifica-se um arrefecimento devido à descompressão dos gases no interior da câmara.

O número de sessões (frequência diária e número total) e a pressão a que é conduzida, são função da natureza, gravidade e recuperação da doença em tratamento.

VII

PRECAUÇÕES E CONTRA-INDICAÇÕES

Tendo em conta o mecanismo e a fisiologia da OHB, há precauções indispensáveis a tomar antes de iniciar qualquer tratamento. Relembramos o exame ORL, a radiografia pulmonar nas incidências clássicas, o exame cardíaco com ECG e o despiste de uma eventual epilepsia.

Como contra-indicações relativas (a não considerar em situações life-saving) tem-se, nomeadamente: enfisema com hipercapnia; história de pneumotorax espontâneo; história de cirurgia torácica prévia; doenças convulsivantes.

É importante lembrar a necessidade absoluta de banir todos os corpos e materiais gordos dos pensos (substituir os pensos por compressas iodadas ou outras não gordurosas), evitar cosméticos assim como outros materiais potencialmente inflamáveis.