



SOCIEDADE BAHIANA DE  
MEDICINA DO TRABALHO

# **APLICAÇÕES DA MEDICINA HIPERBÁRICA EM SAÚDE OCUPACIONAL**

**09/03/2016**

**NEWTON NOVIS**

## Aspectos Gerais:

### MEDICINA HIPERBÁRICA (MH)

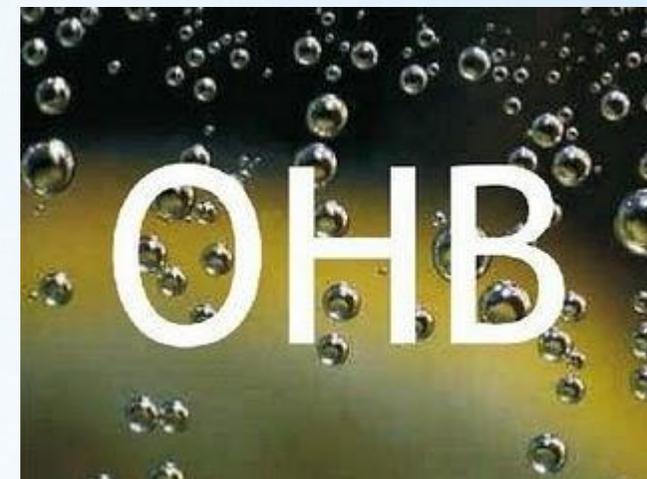
É a área de atuação médica dedicada aos aspectos fisiopatológicos do mergulho, do trabalho em ambientes pressurizados e tratamento das patologias para as quais o oxigênio sob pressão tem a função de potente ferramenta auxiliar de tratamento .

### OXIGENOTERAPIA HIPERBÁRICA (O<sub>2</sub>HB)

- ✓ Oxigênio à 100%,
- ✓ Aumento da quantidade de oxigênio transportado pelo sangue,
- ✓ Oxigênio como medicamento.

### CÂMARA HIPERBÁRICA

- ✓ Equipamento fechado, resistente à pressão, formato cilíndrico e construído de aço ou acrílico,
- ✓ Pressurizado com ar comprimido ou oxigênio puro,
- ✓ Vários pacientes simultaneamente (câmaras multipacientes,
- ✓ Somente um indivíduo (câmaras monopacientes).



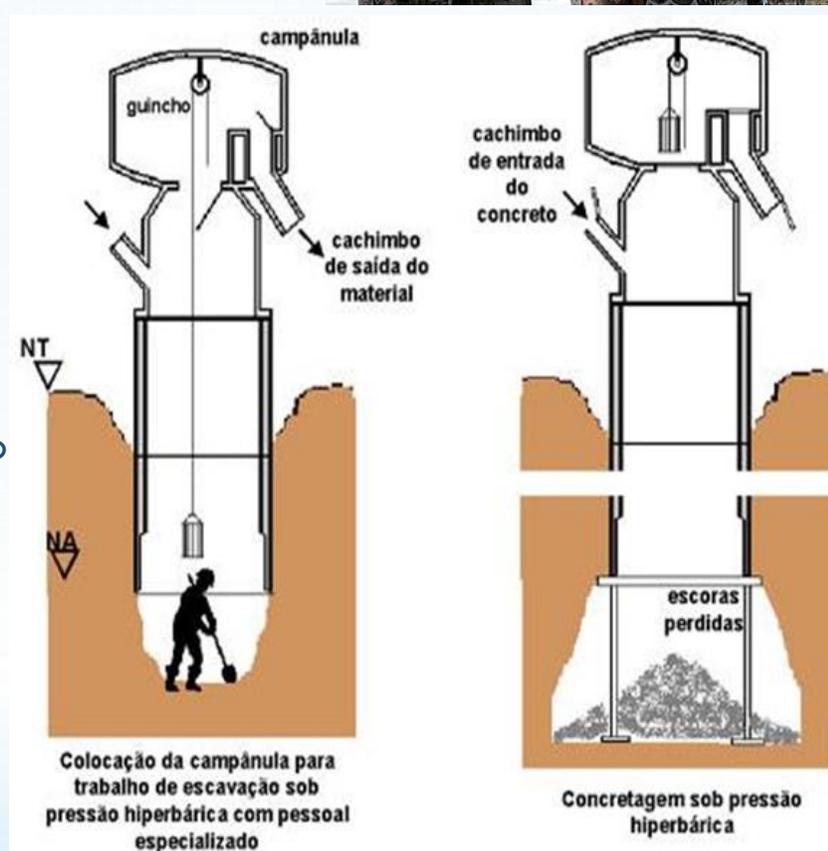
# APLICAÇÕES DA MEDICINA HIPERBÁRICA EM SAÚDE OCUPACIONAL



SOCIEDADE BAHIANA DE  
MEDICINA DO TRABALHO

## Atividades Hiperbáricas:

- ✓ Mergulho Civil e Militar (NR 15 A 06)
  - Livre (apneia até 20 m)
  - Raso (até 50m)
    - Dependente
    - Autônomo
  - Profundo (maior que 50m)
    - Intervenção (duração até 60')
    - Saturação (duração até 6 horas)
  - Operações Militares Táticas
  
- ✓ Construção Civil (NR 15- Anexo 06)
  - Tubulão Pneumático
  - Túnel Pressurizado (Metrô São Paulo)
  
- ✓ Medicina (Resolução 1457/95 do CFM)
  - Recompressão Terapêutica
  - Oxigenoterapia Hiperbárica



# APLICAÇÕES DA MEDICINA HIPERBÁRICA EM SAÚDE OCUPACIONAL



SOCIEDADE BAHIANA DE  
MEDICINA DO TRABALHO

## Bases Físicas:

### Lei de Dalton (comportamento dos gases ideais)

“Em uma mistura gasosa, a pressão exercida por um desses gases é a mesma que exerceria caso ocupasse sozinho o mesmo volume”.

As trocas gasosas são facilitadas pelas diferenças das pressões parciais entre os gases no sangue e nos tecidos - no sentido da região de maior pressão para a de menor pressão parcial.

A narcose por nitrogênio é causada pela elevada pressão parcial de nitrogênio.

A pressão total de uma mistura gasosa é a soma das pressões parciais de todos os gases que compõem a mistura.



PN <sub>2</sub> =	597,4 mm Hg
PO <sub>2</sub> =	158,8 mm Hg
PH <sub>2</sub> O =	3,0 mm Hg
PCO <sub>2</sub> =	0,3 mm Hg
<u>Poutros gases =</u>	<u>0,5 mm Hg</u>
<b>Patm =</b>	<b>760,0 mm Hg</b>



## Bases Físicas:

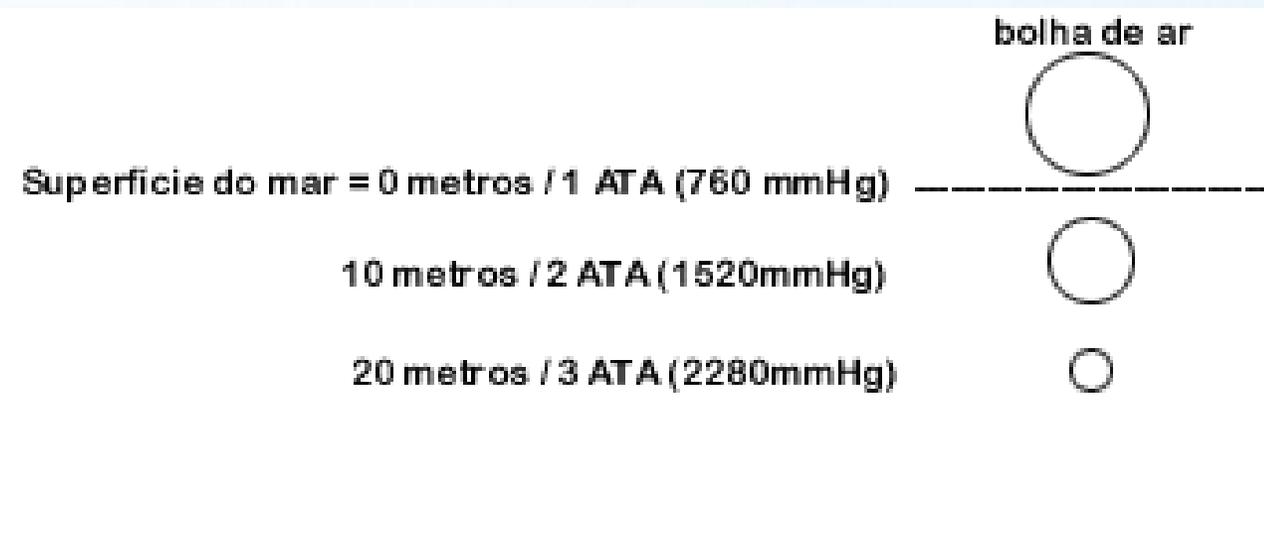
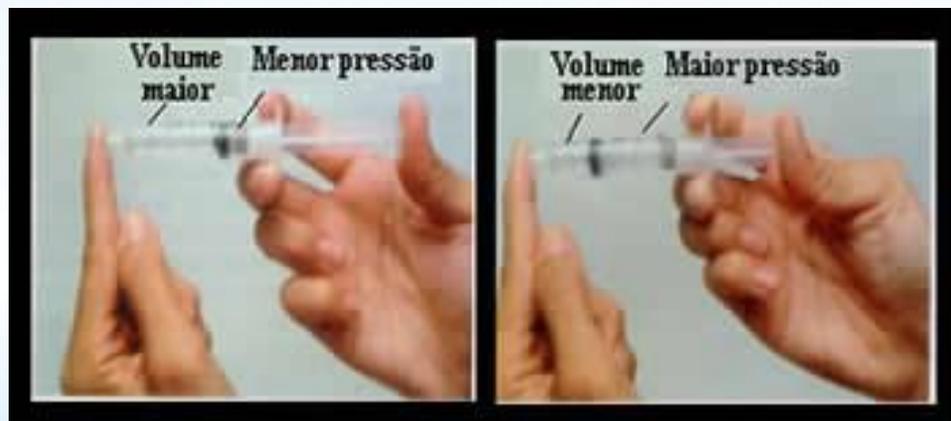
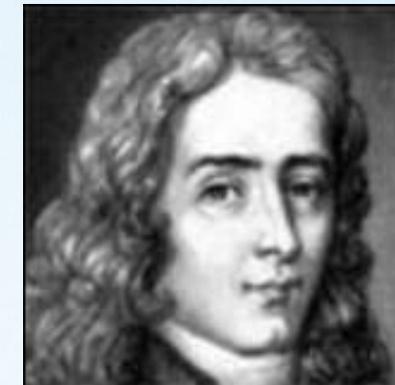
### Lei de Boyle

Um gás ideal a uma temperatura constante, o volume varia inversamente proporcional a pressão

- ✓ Mecanismo do barotrauma,
- ✓ Pressurização iniciar lentamente

#### Sistema fechado:

- ✓ Permite troca de calor com o meio externo
- ✓ Não permite a passagem de matéria.



# APLICAÇÕES DA MEDICINA HIPERBÁRICA EM SAÚDE OCUPACIONAL



SOCIEDADE BAHIANA DE  
MEDICINA DO TRABALHO

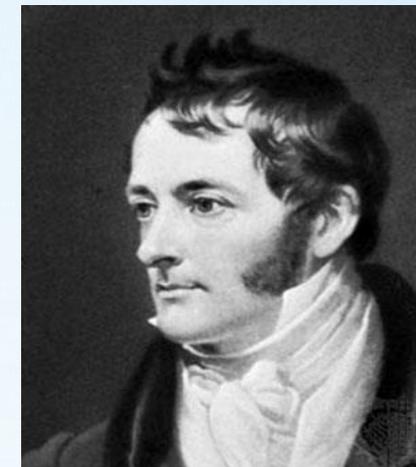
## Bases Físicas:

**Lei de Henry** (solubilidade dos gases em líquidos).

A **pressão parcial (solubilidade)** de um gás dissolvido num líquido é proporcional a pressão parcial que este gás exerce sobre este líquido.

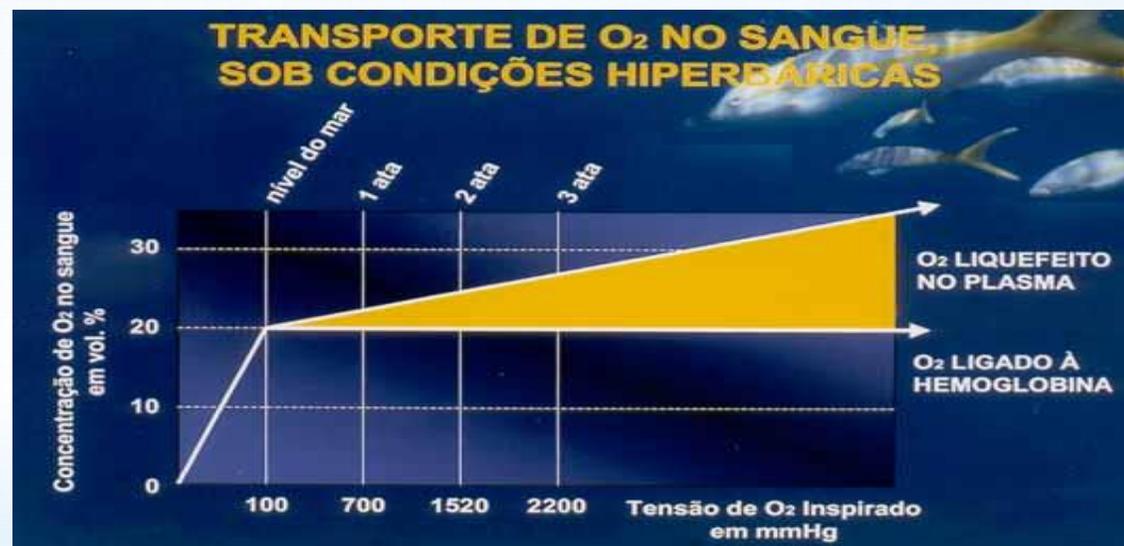
A quantidade de nitrogênio no sangue de um **mergulhador ao nível do mar** é mínima pois ele tem baixo coeficiente de solubilidade.

À medida que o **mergulhador desce**, a solubilidade de  $N_2$  na corrente sanguínea aumenta e, como esse gás não é metabolizado pelo organismo, fica em excesso até que a pressão diminua sendo então eliminado.



↑ Pressão do ambiente => ↑ Oxigênio no plasma

↑ Conteúdo arterial e plasmático de oxigênio em Volume %.



# APLICAÇÕES DA MEDICINA HIPERBÁRICA EM SAÚDE OCUPACIONAL



SOCIEDADE BAHIANA DE  
MEDICINA DO TRABALHO

Relação simples entre as diversas unidades:

1 kgf/cm<sup>2</sup> = 760 mmHg = 1 ATA = 0 m = 0 pé

2 kgf/cm<sup>2</sup> = 1.520 mmHg = 2 ATA = 10m = 33 pés

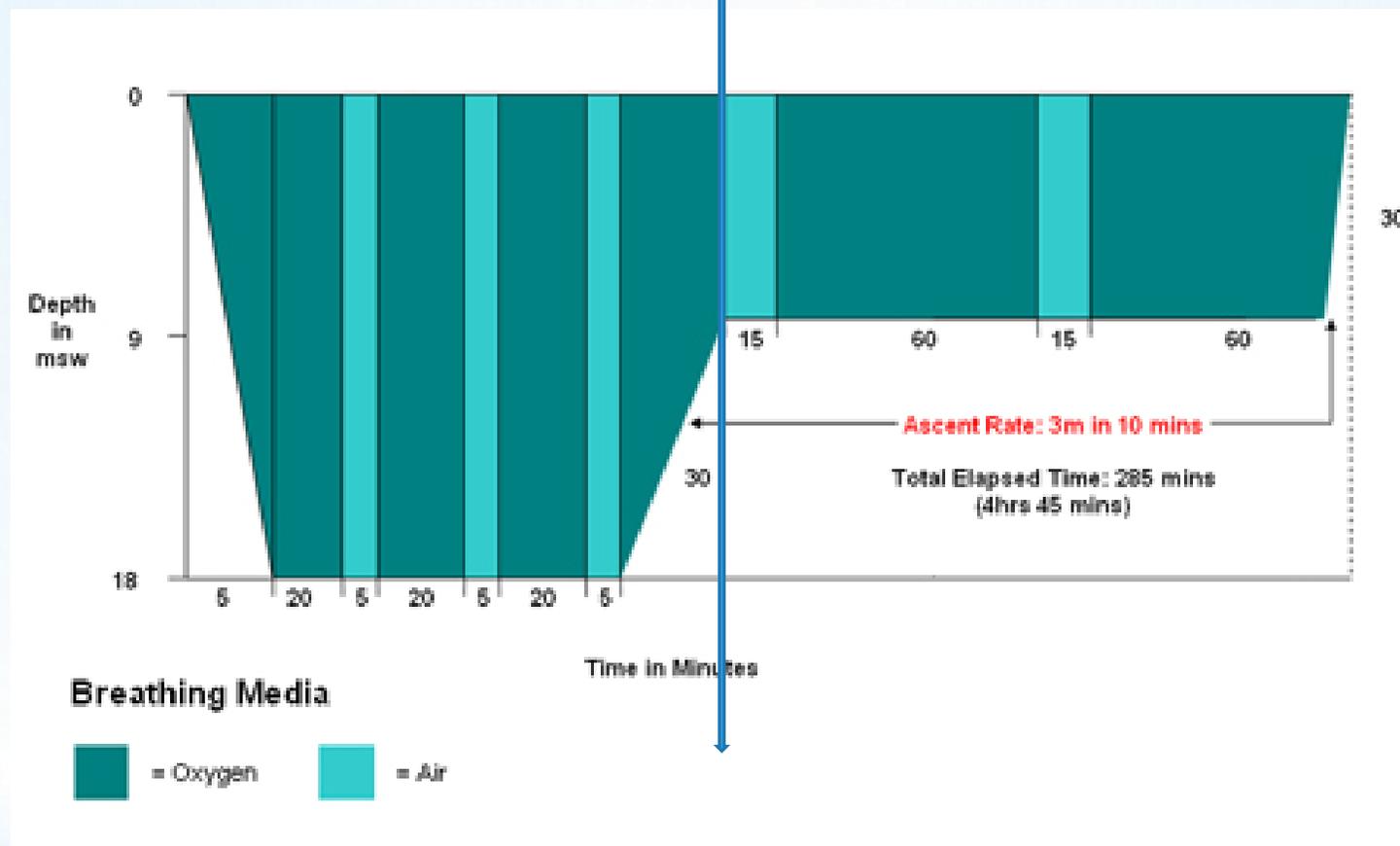
3 kgf/cm<sup>2</sup> = 2.280 mmHg = 3 ATA = 20m = 66 pés

3,0 ATA = 20m = 66 pés

2,8 ATA = 18m = 60 pés

2,4 ATA = 14m = 45 pés

Tabela:

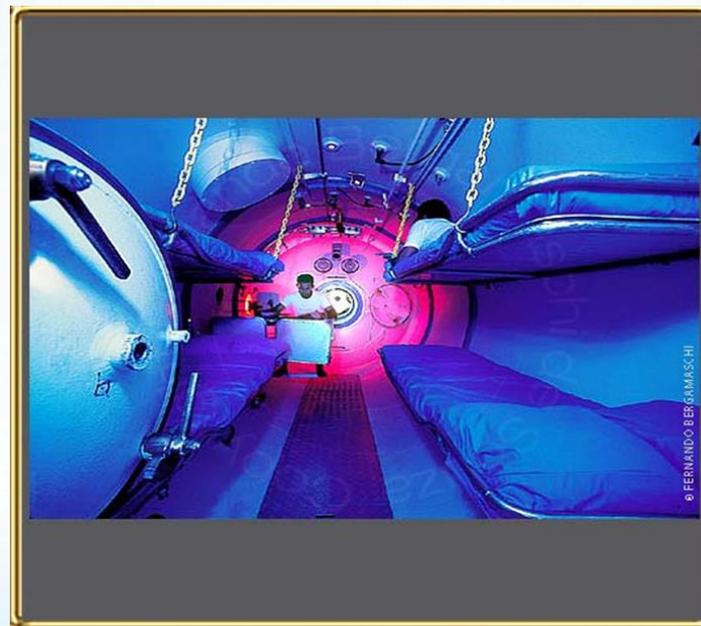


# APLICAÇÕES DA MEDICINA HIPERBÁRICA EM SAÚDE OCUPACIONAL



SOCIEDADE BAHIANA DE  
MEDICINA DO TRABALHO

## Equipamentos





## Aplicações do tratamento com Oxigenoterapia Hiperbárica no Brasil (Resolução 1457/95 do CFM)

- ✓ Embolias gasosas;
- ✓ Doença descompressiva;
- ✓ Embolia traumática pelo ar;
- ✓ Envenenamento por CO ou inalação de fumaça;
- ✓ Envenenamento por cianeto ou derivados cianídricos;
- ✓ Isquemias agudas traumáticas: lesão por esmagamento, síndrome compartimental, reimplantação de extremidades amputadas e outras
- ✓ Queimaduras térmicas e elétricas;
- ✓ Vasculites agudas de etiologia alérgica, medicamentosa ou por toxinas biológicas (aracnídeos, ofídios e insetos);
- ✓ Lesão refrataria: úlceras de pele, pés diabéticos, escaras de decúbito, úlcera por vasculites autoimunes, deiscência de suturas;
- ✓ Lesões por radiação: radio dermite, osteorradionecrose e lesões actínicas de mucosas;
- ✓ Retalhos ou enxertos comprometidos ou de risco;
- ✓ Osteomielites;
- ✓ Gangrena gasosa;
- ✓ Síndrome de Fournier;
- ✓ Outras infecções necrotizantes de tecidos moles: celulites, fasciítes e miosites;
- ✓ Anemia aguda, nos casos de impossibilidade de transfusão sangüínea;



## NR 15 – Anexo nº 6

### TRABALHO SOB CONDIÇÕES HIPERBÁRICAS

**Trabalhos sob ar comprimido em tubulões pneumáticos e túneis pressurizados:**

#### ✓ Requisitos:

- Ter mais de 18 (dezoito) e menos de 45 (quarenta e cinco) anos de idade;
- Ser submetido a exame médico obrigatório, admissional e periódico;
- Ser portador de placa de identificação fornecida no ato da admissão, após a realização do exame médico.

#### ✓ Supervisão médica para o trabalho sob ar comprimido:

- Assistência por médico qualificado e local apropriado para atendimento médico;
- Ter uma ficha médica (registros dos exames realizados);
- Nenhum empregado poderá trabalhar sob ar comprimido, antes de ser examinado por médico qualificado, que atestará, na ficha individual, estar essa pessoa apta para o trabalho;
- Candidato considerado inapto não poderá exercer a função, enquanto permanecer sua inaptidão;
- Atestado de aptidão validado por 6 (seis) meses;
- Ausência ao trabalho por mais de 10 (dez) dias ou afastamento por doença, o empregado, ao retornar, deverá ser submetido a novo exame médico.



# APLICAÇÕES DA MEDICINA HIPERBÁRICA EM SAÚDE OCUPACIONAL

## **NR 15 – Anexo nº 6 TRABALHO SOB CONDIÇÕES HIPERBÁRICAS**

### **Trabalhos Submersos - Exames Médicos:**

É obrigatória a realização de exames médicos para o exercício da atividade de mergulho, em nível profissional.

Os exames médicos serão divididos em duas categorias:

- ✓ Exame pré-admissional: seleção de candidatos à atividade de mergulho.
- ✓ Exame periódico: controle do pessoal em atividade de mergulho.

Validação: médico qualificado.

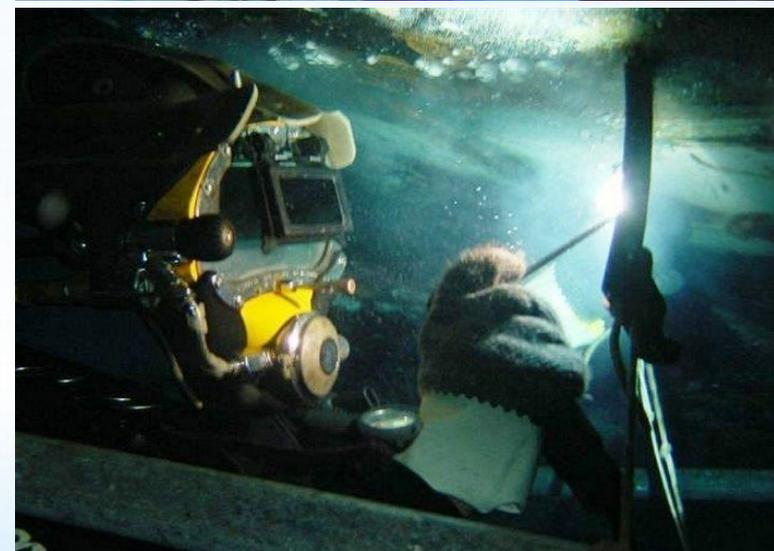
Condução dos testes de pressão e de tolerância de oxigênio: médico qualificado.

### **Conclusões dos exames:**

- ✓ Apto para mergulho (integridade física e psíquica);
- ✓ Incapaz temporariamente para mergulho (patologia transitória);
- ✓ Incapaz definitivamente para mergulho (patologia permanente e/ou progressiva).



SOCIEDADE BAHIANA DE  
MEDICINA DO TRABALHO



## NR 15 – Anexo nº 6 TRABALHO SOB CONDIÇÕES HIPERBÁRICAS

### Trabalhos Submersos - Exames Médicos:

#### Condições para a realização dos exames médicos:

- ✓ Admissão;
- ✓ Semestral para todo o pessoal em efetiva atividade de mergulho;
- ✓ Imediatamente, após acidente ocorrido no desempenho de atividade de mergulho ou moléstia grave;
- ✓ Após o término de incapacidade temporária;
- ✓ Situações especiais, por solicitação do mergulhador ao empregador.

#### Validade:

- ✓ Realizados em território nacional.
- ✓ 12 (doze) meses, ficando a critério do médico qualificado a solicitação, a qualquer tempo, de qualquer exame que julgar necessário.



## NR 15 – Anexo nº 6 TRABALHO SOB CONDIÇÕES HIPERBÁRICAS

### Padrões psicofísicos para exercer a atividade de mergulho:

#### I – IDADE

Mínima de 18 (dezoito) anos.



#### II – ANAMNESE

**Inabilitação:** epilepsia, meningite, tuberculose, asma e qualquer doença pulmonar crônica; sinusites crônicas ou repetidas; otite média e otite externa crônica; doença incapacitante do aparelho locomotor; distúrbios gastrointestinais crônicos ou repetidos; alcoolismo crônico e sífilis (salvo quando convenientemente tratada e sem a persistência de nenhum sintoma consequente); outras a critério médico.

#### III - EXAME MÉDICO

##### 1. BIOMETRIA

Peso: selecionados de acordo com o seu biótipo e tendência a obesidade futura. Poderão ser inabilitados aqueles que apresentarem variação para mais de 10 (dez) por cento em peso, das tabelas-padrão de idade-altura-peso, a critério médico.

##### 2. APARELHO CIRCULATÓRIO

Exame clínico, radiológico e eletrocardiográfico; a pressão arterial sistólica não deverá exceder a 145 mm/Hg e a diastólica a 90mm/Hg (150mm/Hg e 95 mm/Hg), sem nenhuma repercussão hemodinâmica. As perturbações da circulação venosa periférica (varizes e hemorroidas) acarretam a inaptidão.

### Padrões psicofísicos para exercer a atividade de mergulho:

#### 3. APARELHO RESPIRATÓRIO

Integridade clínica e radiológica do aparelho respiratório:

- ✓ Integridade anatômica da caixa torácica;
- ✓ Doença pulmonar ou outra qualquer condição mórbida que dificulte a ventilação pulmonar deve ser causa de inaptidão;
- ✓ Incapacitam as doenças inflamatórias crônicas (tuberculose, histoplasmose, bronquiectasia, asma brônquica, enfisema, pneumotórax e seqüela de processo cirúrgico torácico).

#### 4. APARELHO DIGESTIVO

Integridade anatômica e funcional do aparelho digestivo e de seus anexos:

- ✓ Inabilitados: Manifestação de colite, úlcera péptica, prisão de ventre, diarreia crônica, perfuração do trato gastrointestinal ou hemorragia digestiva;
- ✓ Dentes: Os candidatos devem possuir número suficiente de dentes, naturais ou artificiais e boa oclusão, que assegurem mastigação satisfatória. Doenças da cavidade oral, dentes cariados ou comprometidos por focos de infecção podem também ser causas de inaptidão.
- ✓ Próteses deverão ser fixas, de preferência. Próteses removíveis poderão ser aceitas desde que não interfiram com o uso efetivo dos equipamentos autônomos (válvula reguladora, respirador) e dependentes (tipo narguilé). Devem ser orientados para removê-la quando em atividades de mergulho



## NR 15 – Anexo nº 6 TRABALHO SOB CONDIÇÕES HIPERBÁRICAS

### Padrões psicofísicos para exercer a atividade de mergulho:

#### 5. APARELHO GÊNITO-URINÁRIO

Doenças geniturinárias, crônicas ou recorrentes, bem como as doenças venéreas, ativas ou repetidas, inabilitam o candidato.

#### 6. SISTEMA ENDÓCRINO

As perturbações do metabolismo, da nutrição ou das funções endócrinas são **incapacitantes**.

#### IV - EXAME OFTALMO-OTORRINO-LARINGOLÓGICO

- ✓ Ausência de doenças agudas ou crônicas em ambos os olhos;
- ✓ Acuidade visual: é exigido 20/30 de visão em ambos os olhos corrigível para 20/20 (20/40 de visão em ambos os olhos, corrigível para 20/20);
- ✓ Senso cromático: são **incapacitantes** as discromatopsias de grau acentuado;
- ✓ A audição deve ser normal em ambos os ouvidos. Doenças agudas ou crônicas do conduto auditivo externo, da membrana timpânica, do ouvido médio ou interno, **inabilitam** o candidato;
- ✓ As tubas auditivas deverão estar, obrigatoriamente, permeáveis e livres para equilíbrio da pressão, durante as variações barométricas nos mergulhos;
- ✓ As obstruções à respiração e as sinusites crônicas são causas de **inabilitação**;
- ✓ As amígdalas com inflamações crônicas, bem como todos os obstáculos nasofaríngeanos que dificultam a ventilação; adequada **inabilitam** os candidatos.





## NR 15 – Anexo nº 6 TRABALHO SOB CONDIÇÕES HIPERBÁRICAS

### Padrões psicofísicos para exercer a atividade de mergulho:

#### V - EXAME NEURO-PSIQUIÁTRICO

Será verificada a integridade anatômica e funcional do sistema nervoso:

- ✓ Avaliação cuidadosa dos ajustamentos nos planos emocional, social e intelectual dos candidatos;
- ✓ História pregressa de distúrbios neuropsíquicos ou de moléstia orgânica do sistema nervoso, epilepsia, ou pós-traumática, **inabilitam** os candidatos;
- ✓ Tendências neuróticas, imaturidade ou instabilidade emocional, manifestações antissociais, desajustamentos ou inaptações **inabilitam** os candidatos.

#### VI - EXAMES COMPLEMENTARES

Serão exigidos os seguintes exames complementares:

- ✓ Tele radiografia do tórax (AP);
- ✓ Eletrocardiograma basal;
- ✓ Eletroencefalograma;
- ✓ Urina: elementos anormais e sedimentoscopia;
- ✓ Fezes: protozooscopia e ovohelminoscopia;
- ✓ Sangue: sorologia para lues, dosagem de glicose, hemograma completo, grupo sanguíneo e fator Rh;
- ✓ Radiografia das articulações escapulo umerais, coxo femorais e dos joelhos (AP);
- ✓ Audiometria.
- ✓ **Quaisquer outros exames (ex. eco cardiograma, ciclo ergometria, etc.) poderão ser solicitados a critério do médico responsável pelo exame de saúde do mergulhador**



## NR 15 – Anexo nº 6 TRABALHO SOB CONDIÇÕES HIPERBÁRICAS

### Padrões psicofísicos para exercer a atividade de mergulho:

#### VII - TESTES DE PRESSÃO:

- ✓ Submetidos à pressão de 6 ATA (70 m) na câmara de recompressão, para verificar a capacidade de equilibrar a pressão no ouvido médio e seios da face.
- ✓ Qualquer sinal de claustrofobia, bem como apresentação de suscetibilidade individual à narcose pelo nitrogênio **inabilitam** o candidato.

#### VIII - TESTE DE TOLERÂNCIA AO OXIGÊNIO

- ✓ Respirar oxigênio puro sob pressão 2,8 ATA (18 m) num período de 30 (trinta) minutos, na câmara de recompressão.
- ✓ Qualquer sinal ou sintoma de intoxicação pelo oxigênio, será motivo de **inabilitação**.

#### IX - TESTE DE APTIDÃO FÍSICA (Ruffier)

30 (trinta) agachamentos em 45 (quarenta e cinco) segundos e tomadas de frequência do pulso:

- P1 - Pulso do mergulhador em repouso;
- P2 - Pulso imediatamente após o esforço;
- P3 - Pulso após 1 (um) minuto de repouso.

O "Índice de Ruffier" deverá ser abaixo de 10 (dez)

$$\text{Índice de Ruffier (IR)} = \frac{(P1+P2+P3) - 200}{10}$$

## Doenças do Mergulho e Ambientes Pressurizados

### Efeitos diretos e indiretos da pressão no organismo:

#### DIRETOS:

Barotraumas

Embolia Traumática pelo Ar (ETA)

#### INDIRETOS:

Bioquímicos:

Narcolepsia pelo Nitrogênio

Intoxicação pelo oxigênio

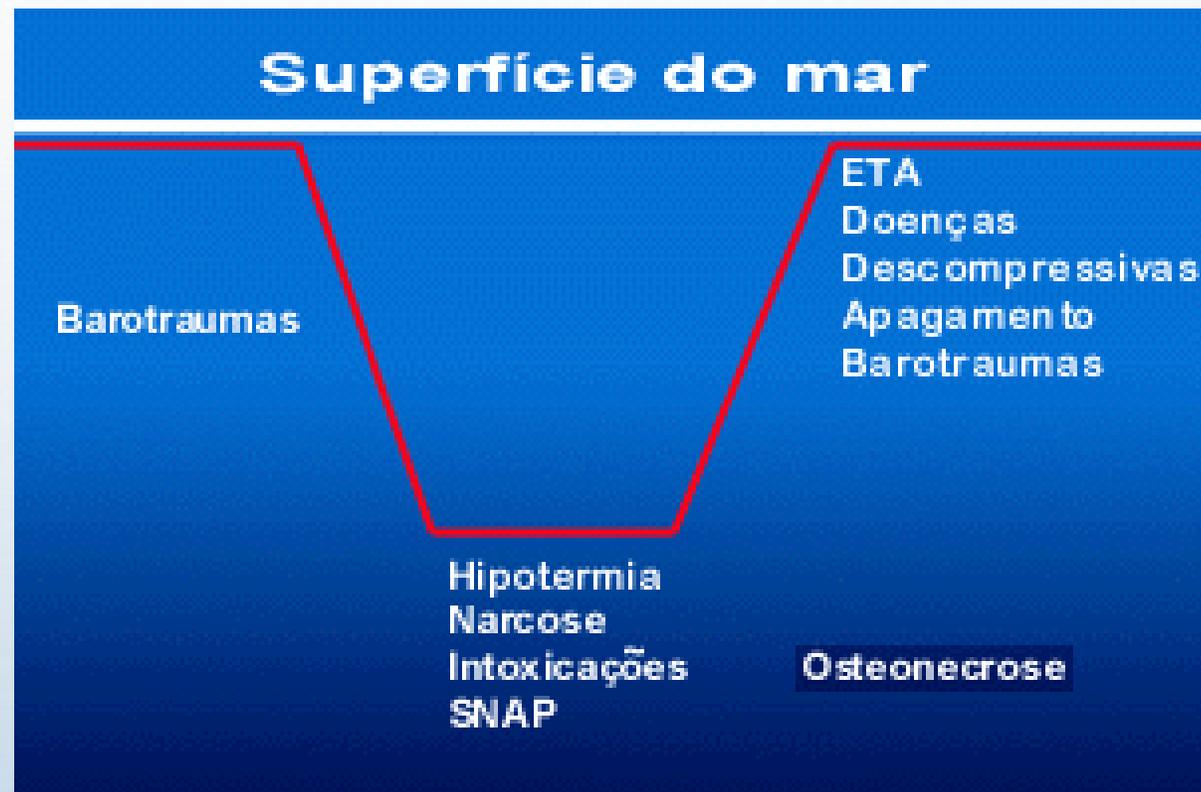
Intoxicação pelo gás carbônico e outros gases

Apagamento

Biofísicos

Doenças descompressivas

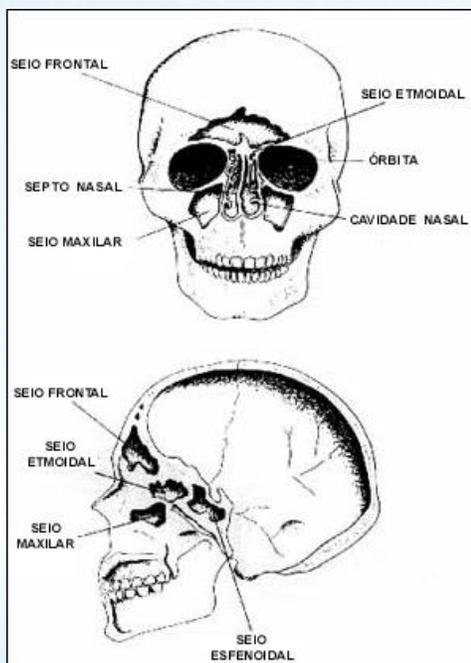
Osteonecrose asséptica



## Doenças do Mergulho e Ambientes Pressurizados

### Barotraumas:

- ✓ Maior causa de lesões e de desqualificação para o mergulho e para o trabalho em ambientes pressurizados.
- ✓ Causas: obstruções à livre movimentação do ar nos espaços aéreos do organismo, particularmente nas cavidades aéreas cranianas.
- ✓ Podem levar à lesões graves, permanentes e incapacitantes.



### Barotrauma de Orelha Média:

**Grau 0:** Sintomas sem sinais.

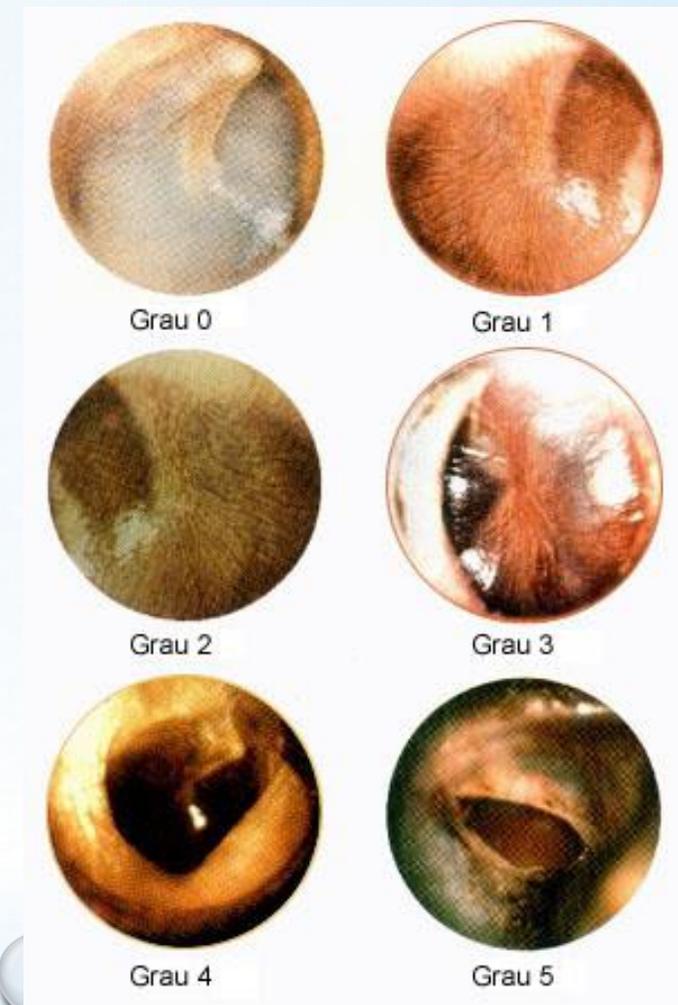
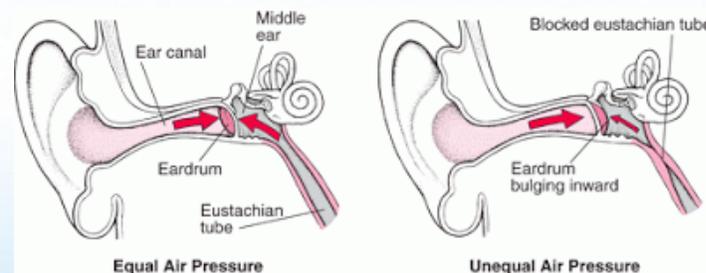
**Grau 1:** Hiperemia da membrana timpânica.

**Grau 2:** Hiperemia com área de hemorragia.

**Grau 3:** Hemorragia intensa.

**Grau 4:** Sangue no ouvido médio com edema da membrana.

**Grau 5:** Perfuração da membrana.



## Doenças do Mergulho e Ambientes Pressurizados

### Narcolese Pelo Nitrogênio:

À partir de 6 ATAs (50 m) de profundidade, o nitrogênio exerce um efeito narcótico, produzindo a "embriaguez das profundidades", tornando o mergulho potencialmente letal devido à desorientação e perda da capacidade de reação lógica e de julgamento que provoca.

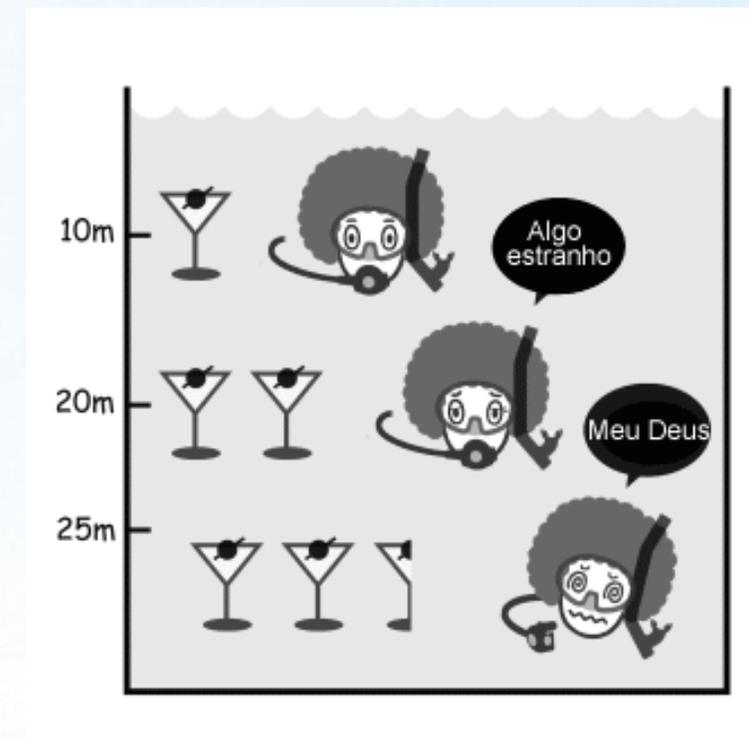
### Hipotermia:

No mar, a temperatura é frequentemente muito mais baixa do que a temperatura corporal, e quanto mais profundo é o mergulho, maior essa diferença.

O uso de vestimentas especiais:

- ✓ Roupas secas;
- ✓ Roupas úmidas.

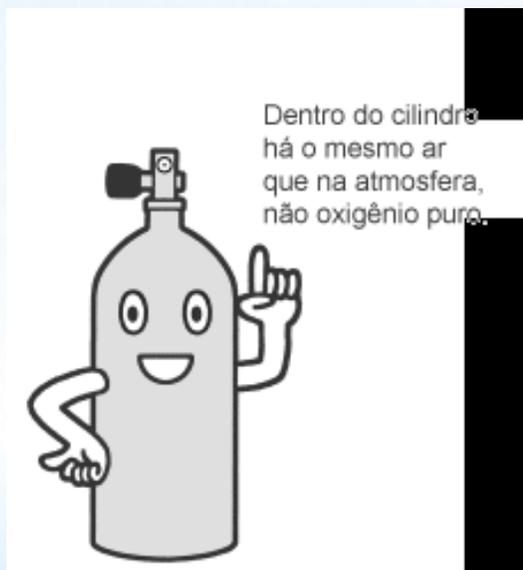
A hipotermia pode provocar arritmias cardíacas severas e parada cardíaca.



## Doenças do Mergulho e Ambientes Pressurizados

### Intoxicação por Gases:

- ✓ O controle da qualidade do ar respirado e de sua composição, é frequentemente feito à partir da superfície e aceita uma margem de erro muito pequena.
- ✓ A hipóxia, a intoxicação ou o envenenamento dos trabalhadores devido à falhas neste controle, têm feito vítimas em todo o mundo.
- ✓ Agentes causais mais comuns: oxigênio, nitrogênio, monóxido, dióxido de carbono e a poluição (contaminação) dos gases “respirados” pelos mergulhadores.



## Doenças do Mergulho e Ambientes Pressurizados

### Síndrome Neurológica das Altas Pressões (SNAP)

Efeito direto das altas pressões hidrostáticas e associada com um efeito neuroexcitatório do gás hélio (como ocorre no mergulho à grandes profundidades).

- ✓ Sonolência,
- ✓ Tontura,
- ✓ Náuseas,
- ✓ Tremores generalizados com descontrole dos movimentos finos
- ✓ Pode evoluir para convulsões.



**Mergulho de saturação:** respirando uma mistura de gases por um longo tempo e sob uma pressão progressivamente elevada até um limite pré-determinado, o mergulhador chegará à uma situação na qual a quantidade de gás dissolvido em seu sangue será igual ou estará em equilíbrio com a quantidade também dissolvida em seus tecidos (células).

### Perfluorocarbono líquido



## Doenças do Mergulho e Ambientes Pressurizados

### Doença Descompressiva / Embolia traumática pelo ar:

#### Manifestações:

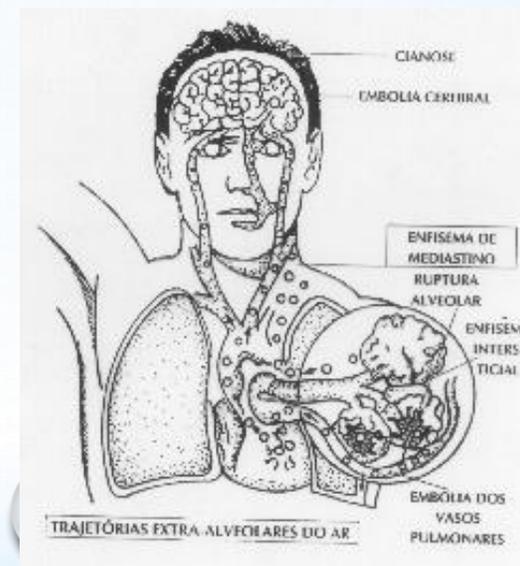
**Tipo I:** manifestações dolorosas articulares associadas à impotência funcional ou manifestações dermatológicas como prurido, eritema, entre outros sintomas periféricos.

**Tipo II:** manifestações cardiopulmonares como tosse intensa, dispneia, arritmias cardíacas, infarto agudo do miocárdio e parada cardiorrespiratória; ou manifestações neurológicas, periféricas ou centrais, que podem ir de distúrbios de comportamento e sonolência à hemiparesia, hemiplegia, paraplegia, incontinência urinária e fecal e ao coma superficial ou profundo.

#### Embolia Traumática pelo Ar (ETA):

- ✓ É mais grave e de evolução mais reservada.
- ✓ Evolução rápida para déficits neurológicos, motores ou intelectuais importantes e permanentes ou para o óbito.
- ✓ Indistinguível da Doença Descompressiva tipo II (forma neurológica central).

Tratamento básico: é a recompressão terapêutica, através de protocolos especiais (tabelas de tratamento).



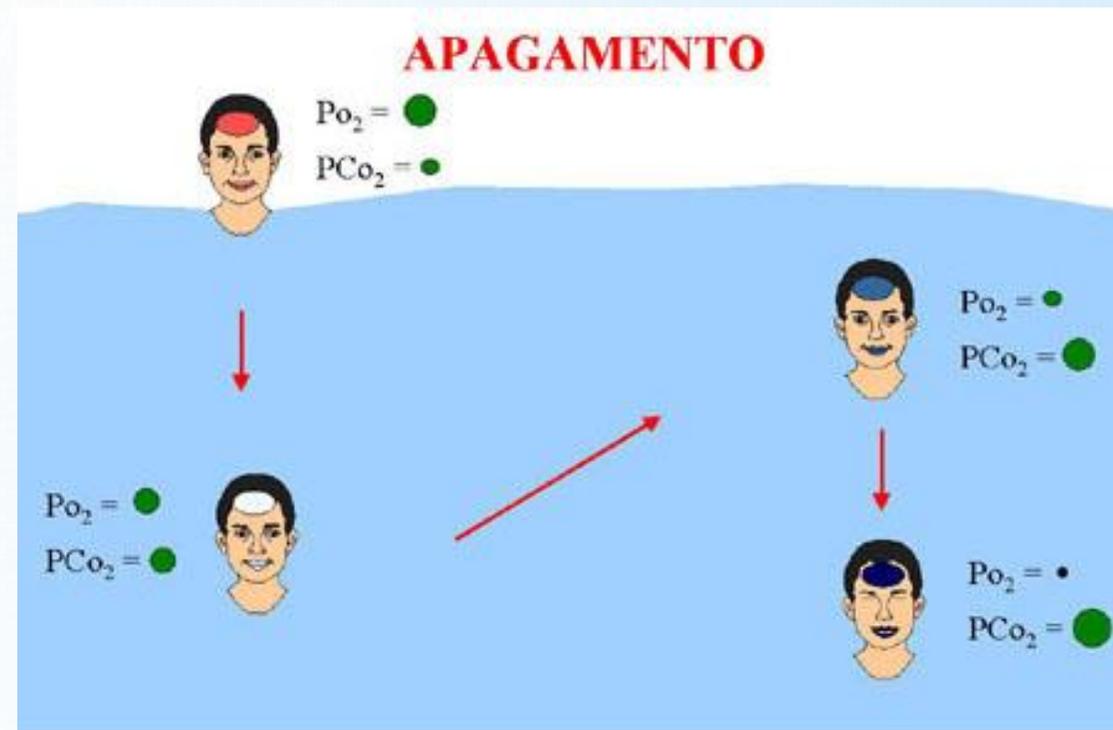
Fonte: Edmonds C, Lowry C, Pennefather J. "Diving and Subaquatic Medicine". Medical Centre. 2ª edição.

## Doenças do Mergulho e Ambientes Pressurizados

### Apagamento

É a causa mais frequente de morte em mergulhadores amadores e profissionais adeptos do mergulho em apneia (desequipado)

- ✓ Hiperventilar repetidamente.
- ✓ Diminui a tensão parcial do gás carbônico no sangue, retardando o sinal de alerta do centro respiratório, que o próprio CO<sub>2</sub> estimula.
- ✓ Inversão brusca nas duas pressões, aumentando a PCO<sub>2</sub> e diminuindo a PO<sub>2</sub>, (**lei de Boyle, quanto menor a pressão maior o volume**) => Volume pulmonar se expande e a PO<sub>2</sub> cai (não saturando a hemoglobina) => o mergulhador pode perder a consciência (SNC desliga literalmente o mergulhador, antes de chegar à superfície).



O oxigênio respirado do ar da superfície é consumido antes do tempo necessário para o retorno.

## Doenças do Mergulho e Ambientes Pressurizados

### Osteonecrose: DD III?

Doença degenerativa, silenciosa e incapacitante.

Destruição e necrose asséptica em áreas específicas de ossos longos dos membros e superfícies articulares (fêmur, quadril, úmero e tibia proximal)

Classificação de lesões radiológicas (British MRC Decompression Sickness Panel)

Mergulhadores de saturação ou que já tenham sofrido episódios de doenças descompressivas.

- ✓ Intoxicação por oxigênio
- ✓ Embolias aéreas, gordurosas
- ✓ Fenômenos osmóticos.

Necessário afastar o mergulhador definitivamente da atividade profissional quando a doença é constatada.



RM coronal T1. Setas brancas evidenciando área geográfica e irregular de alteração de sinal na região súpero-medial da cabeça umeral, representando foco de necrose óssea. Nota-se discreto padrão de edema da medular óssea adjacente (setas pretas), caracterizado por redução do sinal na sequência T1. Podemos notar que a cabeça umeral apresenta morfologia e contornos preservados, achados que estão presentes nas fases iniciais da osteonecrose.



RM coronal T2 com supressão de gordura. Setas brancas evidenciando área geográfica e irregular de alteração de sinal na região súpero-medial da cabeça umeral, representando foco de necrose óssea. Nota-se discreto padrão de edema da medular óssea adjacente (setas pretas), caracterizado por aumento do sinal na sequência T2.



Lesão Tipo A 1: Áreas densas com córtex articular normal. No topo do úmero há duas áreas com borramento do padrão trabecular: infarto ósseo.



Lesão Tipo A 2: Opacificação segmentar esférica. ("Lesão em gorro de neve") Pode ser assintomática.

Lesão Tipo A 3: Opacificação linear. A área densa assinalada revela a lesão. Caracteristicamente os pontos extremos da lesão atingem a margem cortical



Fonte: Edmonds C, Lowry C, Pennefather J. "Diving and Subaquatic Medicine". Medical Centre. 2ª edição.

## Envenenamento por CO ou inalação de fumaça

### Mecanismos envolvidos:

- ✓ Diminuição da capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue arterial,
- ✓ Alteração das características da curva de dissociação de oxihemoglobina, com conseqüente diminuição do aporte de oxigênio para os tecidos,
- ✓ Diminuição da respiração celular pela combinação do monóxido de carbono com o grupo heme do citocromo a3,
- ✓ Ligação com a mioglobina, causando potencial disfunção do músculo miocárdico e esquelético.

Concentração de CO (ppm)	Sintomas em seres humanos
10	Nenhum
15	Diminuição da capacidade visual
60	Dores de cabeça
100	Tonturas, fraqueza muscular
270	Inconsciência
800	Morte
Qualidade do ar	Concentração de CO-ppm* (média de 8h)
Inadequada	15 a 30
Péssima	30 a 40
Crítica	Acima de 40

### Vantagens:

- ✓ Redução da meia-vida da carboxihemoglobina (320 para 22 minutos com oxigênio a 3 ATAs),
- ✓ Alternativa ao tratamento com oxigênio a 100%,
- ✓ Indução de vasoconstrição cerebral, com redução da pressão intracraniana e do edema cerebral,
- ✓ Dissociação mais rápida do monóxido de carbono dos citocromos respiratórios (especialmente o miocárdio e o cérebro),
- ✓ Ação antagônica sobre a lesão oxidativa que ocorre após a intoxicação,
- ✓ Primeiras 6 horas após a intoxicação.

## Envenenamento por Cianeto de Hidrogênio ou Gás Cianídrico :

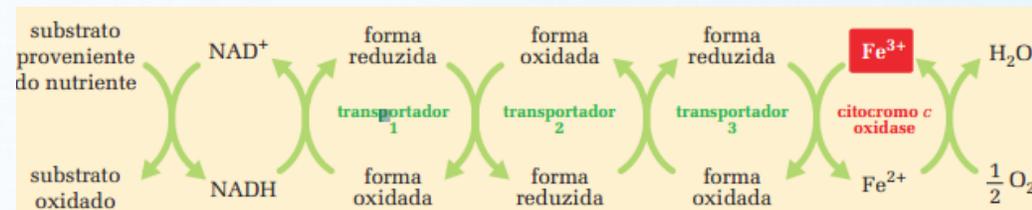
### Propriedades:

- ✓ Muito volátil, chegando a concentrações potencialmente letais, à temperatura ambiente.
- ✓ Vapor é inflamável e potencialmente explosivo.
- ✓ Odor de amêndoas amargas.
- ✓ Solúvel em água e frequentemente usado em solução aquosa a 96%.
- ✓ Limite de exposição máximo permissível (média para 8h de trabalho) OSHA-EUA é de 10 ppm.
- ✓ Odor do cianeto de hidrogênio é detectável de 2 a 10 ppm,



### Causas potenciais de intoxicação:

- ✓ Inalação de fumaça de incêndio,
- ✓ Ingestão acidental de plantas cianogênicas (mandioca brava),
- ✓ Acidentes industriais
- ✓ Produzido durante a queima de materiais contendo carbono e nitrogênio; (em caso de incêndio, o risco de intoxicação é duplo, devido à geração de altas concentrações de cianeto e monóxido de carbono pela combustão de plásticos e outros polímeros, fibras sintéticas, lã e seda),
- ✓ Medicamentos como o anti-hipertensivo nitroprussiato de sódio podem produzir cianeto por conversão metabólica.





**Isquemias agudas traumáticas: lesão por esmagamento, síndrome compartimental, reimplantação de extremidades amputadas e outras.**

## Ação:

- ✓ Aumento da oxigenação tecidual,
- ✓ Modula efeitos locais e sistêmicos encontrados nas lesões isquêmicas e inflamatórias agudas e crônicas mediados por moléculas reativas de oxigênio (radicais livres de oxigênio, peróxido de hidrogênio, ácido hipocloroso) e espécies reativas de nitrogênio (óxido nítrico), que são gerados no tecido.
- ✓ A hiperóxia induz vasoconstrição e reduz o edema vasogênico após trauma agudo.
- ✓ Proteção contra lesão de reperfusão e isquemia secundária
- ✓ Melhora o mecanismo de isquemia-reperfusão induzido por leucócitos, facilita a proliferação de fibroblastos, a angiogênese, a síntese e depósito de colágeno, e epitelização na cicatrização de feridas.
- ✓ Aumenta a atividade dos neutrófilos,
- ✓ Limita a esporulação e produção de exotoxinas de Clostridium, mata anaeróbios tais como Clostridium perfringens e inibe o crescimento de vários outros agentes bacterianos.

## APLICAÇÕES DA MEDICINA HIPERBÁRICA EM SAÚDE OCUPACIONAL



SOCIEDADE BAHIANA DE  
MEDICINA DO TRABALHO

**Isquemias agudas traumáticas: lesão por esmagamento, síndrome compartimental, reimplantação de extremidades amputadas e outras.**



## Contra indicações ao uso da Oxigenoterapia Hiperbárica

### Absolutas:

- ✓ Uso de drogas quimioterápicas – Doxorrubicina, Dissulfiram, Cis-Platinum, Bleiomicina;
- ✓ Pneumotórax não tratado;

### Relativas:

- ✓ Infecções das vias aéreas superiores;
- ✓ DPOC com retenção de CO<sub>2</sub>;
- ✓ Hipertermia;
- ✓ História de pneumotórax espontâneo ou convulsões;
- ✓ Cirurgia prévia em ouvido;
- ✓ Esferocitose congênita;
- ✓ Infecção viral - Fase aguda.
- ✓ Claustrofobia
- ✓ Gravidez



# APLICAÇÕES DA MEDICINA HIPERBÁRICA EM SAÚDE OCUPACIONAL



SOCIEDADE BAHIANA DE  
MEDICINA DO TRABALHO

## Referências e Contatos:

1. Kindwall EP, Whelan HT Hyperbaric Medicine Practice 3rd edition, 2008. Best Publishing Company USA.
2. Mendes R. – Patologia do Trabalho 3ª ed.
3. Resolução no 1.457/95 do Conselho Federal de Medicina, 1995. Brasília.
4. D'Agostino DM, Fontes B, Poggetti RS, Birolini D. - Hyperbaric oxygen therapy: types of injury and number of sessions - a review of 1506 cases. Undersea Hyperb Med. 2008 Jan-Feb;35(1):53-60.
5. Undersea and Hyperbaric Medical Society (UHMS)  
<http://membership.uhms.org/>
6. Sociedade Brasileira de Medicina Hiperbárica <http://www.sbmh.com.br/web/>
7. Hospital Naval Marcílio Dias - <http://www.mar.mil.br/hnmd/>
8. Centro de Instrução e Adestramento Almirante Átila Monteiro Aché (CIAMA)  
<https://www.mar.mil.br/ciama/>



## CENTRO DE MEDICINA HIPERBÁRICA DO NORDESTE

Unidade I

R. Plínio de Lima, 1 - Monte Serrat, Salvador  
Tel. 3310-9225

Unidade II

R. João das Botas, S/N – Canela, Salvador  
Tel. 3339-7114

[WWW.CMHN.COM.BR](http://WWW.CMHN.COM.BR)

**FACEBOOK**

Newton Novis – [newtonnovis1@hotmail.com](mailto:newtonnovis1@hotmail.com)

# OBRIGADO!!!