

CIAMA-201

OSTENSIVO

MANUAL DE MERGULHO

A AR



MARINHA DO BRASIL

**CENTRO DE INSTRUÇÃO E ADESTRAMENTO
ALMIRANTE ÁTTILA MONTEIRO ACHÉ**

2007

**MANUAL DE MERGULHO
A AR**

**MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO E ADESTRAMENTO
ALMIRANTE ÁTILA MONTEIRO ACHÉ**

2007

FINALIDADE: TÉCNICA

1ª EDIÇÃO

ATO DE APROVAÇÃO

Aprovo, para emprego na MB, a publicação **CIAMA-201 - MANUAL DE MERGULHO A AR.**

NITERÓI, RJ.

Em 30 de novembro de 2007.

GLAUCO CASTILHO DALL'ANTONIA
Capitão-de-Mar-e-Guerra
Comandante

ASSINADO DIGITALMENTE

AUTENTICADO PELO ORC	RUBRICA
Em ____/____/____	CARIMBO

ÍNDICE

	PÁGINAS
Folha de Rosto	I
Ato de Aprovação	II
Índice	III
 CAPÍTULO 1 – HISTÓRIA DO MERGULHO	
1.1 - Histórico	1-1
1.2 – A evolução do mergulho	1-2
1.3 – O mergulho no Brasil e na MB	1-5
 CAPÍTULO 2 – PRINCÍPIOS BÁSICOS DA FÍSICA DO MERGULHO	
2.1 – Introdução	2-1
2.2 – A matéria e seus estados	2-1
2.3 – Os componentes da atmosfera	2-1
2.4 – Concentração dos componentes da atmosfera	2-5
2.5 – Unidades de medidas	2-5
2.6 – Pressão	2-6
2.7 – Temperatura	2-10
2.8 – Leis dos gases	2-11
2.9 – Princípio de Arquimedes	2-26
 CAPÍTULO 3 – EQUIPAMENTO AUTÔNOMO DE CIRCUITO ABERTO	
3.1 – Denominação	3-1
3.2 – Equipamento/Acessórios.....	3-2
3.3 – Operação	3-20
3.4 – Ar para mergulho	3-20
3.5 – Preparação do equipamento	3-22
3.6 – Preparo do mergulhador	3-24
3.7 – Entrando n'água	3-26
3.8 – Após o mergulho	3-35
3.9 – Mergulho solitário	3-36
3.10 – Treinamento individual para a operação	3-36
3.11 – Manutenção	3-37
3.12 – Teste Hidrostático	3-38

3.13 – Inspeção Visual	3-40
CAPÍTULO 4 – BUSCAS SUBAQUÁTICAS	
4.1 – Introdução	4-1
4.2 – Fatores Condicionantes.....	4-1
4.3 – Métodos de Busca	4-6
CAPÍTULO 5 - DESCOMPRESSÃO	
5.1 – Introdução	5-1
5.2 – Definições.....	5-3
5.3 – Tabelas de Descompressão.....	5-4
5.4 – Critério para seleção das tabelas	5-5
5.5 – Folha de registro de mergulho	5-6
5.6 – Tabela padrão de descompressão a ar	5-8
5.7 – Mergulho com exposição excepcional e extrema	5-9
5.8 – Tabela de limites sem parada para descompressão.....	5-9
5.9 – Tabela de tempo de nitrogênio residual	5-10
5.10 – Casos especiais para cálculo de tempo de nitrogênio residual.....	5-12
5.11 – Descompressão na superfície	5-13
5.12 – Tabela de descompressão na superfície usando oxigênio	5-13
5.13 - Tabela de descompressão na superfície usando ar.....	5-17
5.14 – Procedimentos especiais.....	5-18
5.15 – Descompressão omitida.....	5-21
5.16 – Mergulho em altitude	5-23
5.17 – Vôo após o mergulho.....	5-28
CAPÍTULO 6 – EQUIPAMENTOS DEPENDENTES	
6.1 – Definição	6-1
6.2 – Classificação.....	6-1
6.3 – Utilização	6-1
6.4 – Vantagens	6-1
6.5 – Desvantagens	6-2
6.6 – Considerações Operacionais.....	6-2
6.7 – Limites de Emprego.....	6-2
6.8 – Acessórios Utilizados.....	6-3
6.9 – Apoio Adequado – Equipe Mínima.....	6-4

6.10 – Qualificação Mínima Exigida	6-5
6.11 – Equipamentos Utilizados	6-5
6.12 – Cinto de Pesos	6-16
6.13 – Comunicações	6-16
6.14 – Painel de Controle de Mergulho	6-16
6.15 – Câmara de Recompressão	6-18
6.16 – Sino Aberto	6-20
6.17 – Compressores	6-22
6.18 – Procedimentos de Mergulho	6-30

CAPÍTULO 7 – PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA

7.1 – Equipamento autônomo	7-1
7.2 – Equipamento dependente	7-3
7.3 – Sino aberto	7-4
7.4 – Descompressão na superfície	7-5

CAPÍTULO 8 – SEGURANÇA NO MERGULHO

8.1 – Segurança no mergulho.....	8-1
8.2 – Condições adversas para o mergulho	8-2
8.3 – Regras gerais de segurança	8-6

ANEXO A – Quadro Comparativo de Aqualung

CAPÍTULO 1

A HISTÓRIA DO MERGULHO

1.1 - HISTÓRICO

A origem da atividade de mergulho está fortemente associada à necessidade e à vontade do homem de conduzir operações militares ou de salvamento, em conseguir alimentos e em expandir as fronteiras do conhecimento, através da exploração e da pesquisa subaquática. Ninguém pode preci-

sar quando o homem percebeu, pela primeira vez, que podia prender a respiração e mergulhar. Porém, o início do mergulho como atividade profissional ocorreu há mais de 5.000 anos. Esses esforços primitivos eram limitados a águas relativamente rasas (menos de 30 metros), com os mergulhadores coletando uma variedade de materiais de valor comercial como alimento, esponjas, corais e pérolas.

Um dos primeiros registros desses mergulhos foi encontrado nos escritos do historiador grego *Heródoto*. Ele conta sobre um mergulhador chamado *Scyllis*, que foi empregado pelo rei persa *Xerxes*, para recuperar um tesouro afundado no século V a.C..

Desde os tempos mais remotos, mergulhadores atuavam em operações militares, e suas missões típicas incluíam cortar amarras para deixar navios inimigos à deriva, fazer furos nos cascos dos navios, construir obstáculos submersos para defesa de portos e, ainda, destruir as defesas dos portos inimigos.

A indústria de salvamento também desenvolveu suas atividades desde o início da história



Fig. 1-1

Desenho de 1511 com mergulhador encapuzado com bolsa de couro ligado à superfície.

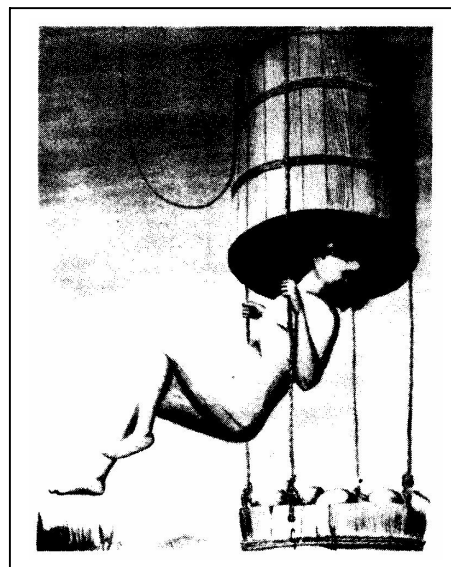


Fig. 1-2

Mergulhadores antigos (a.C.) usavam barris com ar para aumentar o tempo de fundo.

do mergulho, centrada nos portos de maior movimento comercial do Mediterrâneo Oriental. Já no século I a.C., as operações estavam tão organizadas, que foi estabelecida uma escala de pagamentos para trabalhos de salvamento, baseada no reconhecimento de que o esforço e o risco aumentavam com a profundidade. A 7 metros o mergulhador ganharia metade do que fosse recuperado, a 3,5 metros um terço e a 1 metro receberia um décimo.

1.2 - A EVOLUÇÃO DO MERGULHO

O desenvolvimento mais necessário era aumentar a capacidade do mergulhador permanecer submerso, suprindo-o com ar. Nas primeiras tentativas foram usados pedaços ocos de junco para ligar o mergulhador à superfície. O usuário poderia ficar submerso por mais tempo, sem, entretanto, obter um significativo aumento na sua capacidade de trabalho. Esses precursores dos tubos respiradores eram empregados mais como uma tática em operações militares, permitindo a aproximação discreta às posições inimigas.

Gravuras datadas de nove séculos a.C. representam guerreiros assírios respirando em sacos de couro e nadando sob o mar, enquanto gravuras gregas e macedônias mostram mergulhadores em atividade, usando o que hoje chamamos de sino aberto de mergulho. O sino foi o primeiro equipamento prático de mergulho a ser utilizado. Os conquistadores espanhóis o empregaram no Caribe, para recuperação dos destroços de galeões, operações em que se valiam dos índios da região, excelentes mergulhadores.

A próxima evolução foi a redução do sino ao tamanho de um capacete que recebia ar bombeado da superfície. Esse capacete acoplado a uma roupa impermeável deu origem ao escafandro tradicional, hoje em desuso, que dominou a atividade por longos anos.

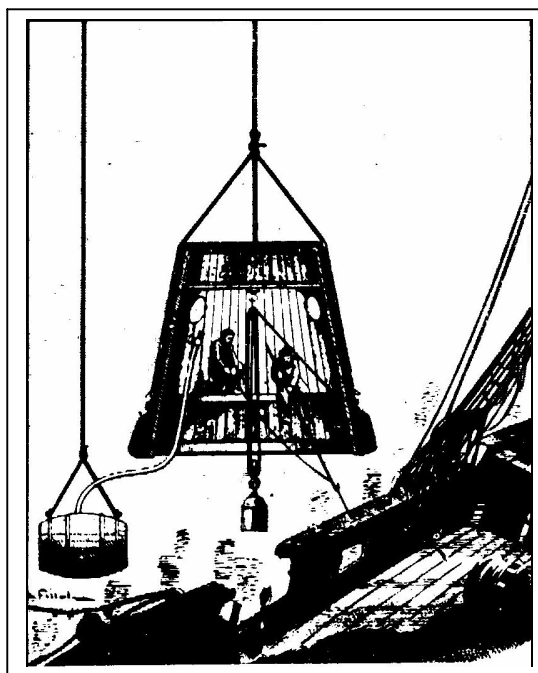


Fig. 1-3

Sino de mergulho desenvolvido por Halley em 1716.

Algumas tentativas, como a do traje rígido, usando pressão atmosférica e de equipamentos autônomos, onde o mergulhador transporta seu suprimento de ar, ocorreram em paralelo, esbarrando nas dificuldades materiais e tecnológicas da época.

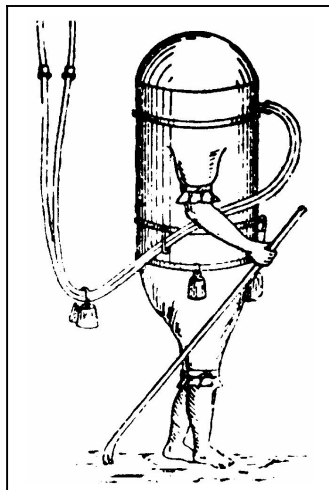


Fig. 1-4



Fig. 1-5

Atribui-se a *Augustus Siebe* o desenvolvimento do primeiro escafandro funcional. *Siebe* projetou um "selo" entre o capacete e a roupa, que permitia exalar o ar por baixo do capacete, ao mesmo tempo em que impedia a entrada da água. Em 1840 *Siebe* desenvolveu uma roupa estanque e adicionou uma válvula de descarga ao sistema. Este equipamento constituiu-se no ancestral direto do traje de mergulho profundo, amplamente usado nos dias de hoje.

Junto com o desenvolvimento do traje de mergulho, outros inventores trabalhavam para aperfeiçoar o sino de mergulho, aumentando seu tamanho e adicionando compressores de ar de maior capacidade, fornecendo pressão suficiente para manter a água completamente fora do sino.

Este aumento de capacidade de comprimir ar permitiu a construção de câmaras, com tamanho suficiente para permitir o trabalho em seco de muitos homens no fundo. Isto era particularmente vantajoso, para serviços do



Fig. 1-6

Primeira roupa "selada" para mergulho.

tipo escavação de fundações de pontes, construção de seções de túneis, etc. Estas câmaras secas eram chamadas de caixões.

Com o prosseguimento do uso dos caixões, uma nova e inexplicável doença passou a afetar os “mergulhadores”. Após o retorno à superfície, muitos sentiam dificuldades em respirar, fortes dores abdominais e nas articulações. Com o tempo, apenas alguns desses sintomas desapareciam. Geralmente, era observado alívio dos sintomas ao retornar à profundidade de trabalho.

Em 1878 *Paul Bert* conseguiu definir clinicamente as causas da atualmente denominada doença descompressiva, recomendando subidas lentas e graduais. Pouco tempo depois se iniciaram as operações com câmara de recompressão, que permitiram tratar as vítimas desse acidente de mergulho.



Fig. 1-7

*Válvula de Demanda de
“Rouquayrol” de 1866.*

O mergulho com oxigênio puro em circuito fechado obteve grande sucesso inicial, tendo seu emprego limitado pelo perigo de intoxicação. Durante a II Guerra Mundial, esses equipamentos foram amplamente utilizados em operações reais de combate.

Ao mesmo tempo em que as operações reais de combate estavam ocorrendo com equipamentos de circuito fechado, dois franceses, o capitão *Jacques Yves Cousteau* e o engenheiro *Emile Gagnan*, combinaram uma válvula de demanda aperfeiçoada com um tanque de ar de alta pressão, criando o primeiro equipamento autônomo de circuito aberto eficaz.

Mesmo com esses desenvolvimentos, três etapas precisavam ser vencidas para que o mergulho pudesse ser economicamente explorado em maiores profundidades. A narcose pelo nitrogênio (também conhecida como embriaguez das profundidades), a intoxicação pelo oxigênio e o elevado período de descompressão. As duas primeiras foram superadas com utilização de misturas gasosas artificiais. A terceira foi contornada com adoção da técnica de mergulho saturado, que consiste na permanência do mergulhador na pressão de trabalho por mais de doze horas, fazendo uma única e longa descompressão, nos complexos hiperbáricos.

1.3 - O MERGULHO NO BRASIL E NA MB

No Brasil, as primeiras atividades de mergulho registradas foram sem dúvida as dos nossos índios. Diversos cronistas como Gabriel Soares, *Hans Staden*, José de Anchieta, *Jean de Leri* e outros, dão conta do fato descrevendo os silvícolas como exímios mergulhadores “que nadam sob o mar com os olhos muito abertos”.

Sua destreza no combate aquático fica evidenciada em diversas narrativas como a do assalto às naus francesas em Cabo Frio, onde o governador Salvador Corrêa de Sá foi salvo por três vezes pelos tupiminós, que “na água são como peixes” ou no episódio em que “combatem a nado como baleias e com tal fúria que pasmam a multidão na praia”, conforme descreve Anchieta. Consta ainda que Araribóia tendo atravessado a nado o braço de mar que separava a Ilha de *Villegagnon* do continente, ateou fogo aos paióis franceses assegurando a vitória, em manobra típica dos atuais mergulhadores de combate (MEC).

No final do século XIX e início do XX, começam a aparecer os mergulhadores de salvamento, geralmente de nacionalidade grega, que exploram com seus escafandros e bombas manuais, inúmeros naufrágios em nossas costas. A visão hoje em dia de alguns desses restos de navios causa forte impressão, tanto mais se considerarmos as limitações dos equipamentos usados, levando a crer que tais mergulhadores chegaram a desenvolver habilidades surpreendentes.

Na Marinha o mergulho desenvolveu-se principalmente ao redor da atividade de Desativação de Artefatos Explosivos (DAE), quando o pessoal especialista em Torpedos e Minas recebia instruções de mergulho específicas. Importantes serviços foram realizados por nossos mergulhadores militares, tendo sido a Marinha do Brasil (MB), durante muito tempo, a única entidade capaz de executar trabalhos de vulto no setor. Hoje, os serviços tendem a se especializar cada vez mais, existindo diversos ramos do mergulho militar, tais como o mergulho autônomo, o mergulho de combate, a desativação de artefatos explosivos, o mergulho de salvamento e o mergulho profundo com misturas especiais desenvolvido e aprimorado nas instalações do Centro Hiperbárico do CIAMA.

No meio civil, a prospecção de petróleo na plataforma continental deu origem a uma verdadeira corrida tecnológica, tendo ocorrido a formação de inúmeras companhias especializadas e resultando na absorção de sofisticada tecnologia. Essa corrida tem levado o homem a progressos extraordinários, tornando cada vez maior a crença na transposição dos obstáculos da natureza.

CAPÍTULO 3

EQUIPAMENTO AUTÔNOMO DE CIRCUITO ABERTO

3.1 - DENOMINAÇÃO

Denomina-se Equipamento Autônomo de Circuito Aberto todo aquele em que o gás necessário é levado pelo mergulhador em ampolas de alta pressão, sendo exalado após cada respiração, diretamente para o meio ambiente.

O mergulhador usando este equipamento, mais do que qualquer outro deverá possuir um alto grau de segurança. Ele atuará independente de sua equipe de apoio, sem comunicação com a superfície, normalmente sem linha de vida e com limitado suprimento de ar. Habilidade, bom senso e capacidade de atuar corretamente em situações de emergência são fatores determinantes do seu sucesso. O mergulhador autônomo deverá ter confiança absoluta no seu equipamento e alto grau de adestramento e experiência, para que possa se concentrar no trabalho que irá realizar. Além disso, o cuidadoso cumprimento dos procedimentos de mergulho, como os que serão apresentados neste capítulo, garantirá que cada mergulho seja realizado com a máxima segurança e eficiência.

3.1.1 - Utilização

- Procuras;
- Inspeções;
- Pequenos reparos; e
- Operações clandestinas.

3.1.2 - Vantagens (comparado ao mergulho dependente)

- Rapidez em equipar;
- Portátil;
- Estrutura mínima de apoio;
- Excelente mobilidade; e
- Pouco afetado pela natureza do fundo.

3.1.3 - Desvantagens (comparado ao mergulho dependente)

- Suprimento limitado de gás;
- Resistência à respiração;
- Proteção física limitada; e
- Normalmente sem comunicação oral ou de qualquer espécie com a superfície.

3.1.4 - Considerações operacionais**a) Limites de emprego**

- profundidade normal de trabalho: 18 metros (por 60 minutos);
- profundidade máxima de trabalho: 39 metros (por 10 minutos); e
- correnteza máxima suportável: 1 nó.

b) Apoio adequado

- equipe mínima: quatro mergulhadores qualificados para a atividade de mergulho, distribuídos da seguinte forma: uma dupla para mergulhar, um mergulhador reserva pronto para ser empregado e um mergulhador como supervisor do mergulho.
- embarcação miúda.

c) Equipamento / acessórios

- máscara facial;
- respirador (snorkel);
- conjunto de respiração (ampola de alta pressão com válvula reguladora);
- roupa de neoprene;
- cinto de pesos;
- colete salva-vidas (próprio para mergulho);
- faca;
- profundímetro;
- relógio; e
- um par de nadadeiras.

d) Qualificação mínima exigida

- ser qualificado em mergulho autônomo em curso reconhecido pela MB.

3.2 - EQUIPAMENTO / ACESSÓRIOS

O equipamento é composto basicamente pelo conjunto de respiração e pelos acessórios. Dentre esses, alguns são obrigatórios e outros opcionais, embora indispensáveis em certas situações.

3.2.1 - Conjunto de respiração

É a parte mais importante do equipamento. Consiste em uma ou mais ampolas de alta pressão, dotadas de válvulas adequadas ao recarregamento e ao acoplamento à válvula reguladora e outros acessórios. É o responsável pelo fornecimento de ar ao mergulhador. O primeiro, armazenando o ar. O segundo, permitindo ao mergulhador respirar

normalmente na pressão ambiente.

a) Reservatório de Ar (ampola)

Conhecido também como cilindro ou “*Aqualung*” que em uma tradução adaptada significa: pulmão aquático. É na realidade uma marca comercial americana. Este equipamento é conhecido também como *SCUBA* (“*Self Contained Underwater Breathing Apparatus*” - Aparelho para respiração autônoma em baixo d’água). As ampolas são fabricadas em aço ou alumínio sem costuras, sendo que a primeira já está em desuso. Suas pressões de carga variam de 150 a 200 bar (2.250 a 3.000 psi).



Fig. 3-1

Ampola de alta pressão

Esta pressão, juntamente com a pressão de teste, número de série do fabricante, data de fabricação, teste inicial, capacidade, volume interno, estão normalmente gravadas nas proximidades da gola da ampola. Nela, também, **devem** ser gravadas as datas de todos os testes hidrostáticos realizados.

Existem ampolas de diversos volumes. Os volumes mais comuns são os de 72 e 80 pés cúbicos. Há também ampolas menores de 50, 63 e 68 pés cúbicos, todas com a mesma pressão de carga. Para maiores informações, consulte o Anexo A.

Para melhor entendermos, tomaremos o exemplo a seguir:

“CTC/DOT - 3AL - 3000 - S 80 - P142213 – LUXFER – 10 84”.

CTC/DOT: *Canadian Transport Commission/Department of Transportation.* Certificado pela Comissão de Transportes do Canadá e pelo Departamento de Transportes dos EUA. Este último deve certificar qualquer reservatório de alta pressão antes de trafegar pelas ruas do país. Outros: ICC, ABNT, DIN.

3 AL: Nível de dureza do metal (“*Rockwell Hardness Number*”) e especificação técnica do material (alumínio). Outros: 3AA (aço cromomolibdênio), E9791 (aço cromo), 3A (aço carbono – impróprio para mergulho).

3000: Pressão nominal (carga máxima de trabalho permitida pelo fabricante - em psi)

S-80: Size 80 ft³ (pés cúbicos). Volume de ar atmosférico que cabe dentro de cada ampola, na pressão nominal de trabalho. Nota: 1 ft³ = 28,3162 litros.

P-142213: Número de série.

LUXFER: Nome do fabricante.

10 84: Data do primeiro teste hidrostático (outubro de 1984).

As ampolas de alumínio e as de aço (incluindo-se as câmaras hiperbárica e ampolas de armazenamento de misturas) deverão ser submetidas a teste hidrostático de acordo com as normas da ABNT e, jamais, deverão ser recarregadas com pressão superior a de carga.

b) Válvula de interceptação ou Piano de Válvulas

A válvula ou piano de válvulas, conforme se trate de equipamento singelo ou múltiplo, também conhecidos como “torneira” ou “registro”, servem para comunicar o ar do “Aqualung”. Possui um alojamento para recarga e instalação do primeiro estágio da válvula reguladora. Este acoplamento é padronizado internacionalmente, de modo que as válvulas, salvo raras exceções, sirvam em qualquer tipo de ampola. Atualmente encontramos dois tipos de conexões: Yoke e DIN (Deutsches Institut für Normung).

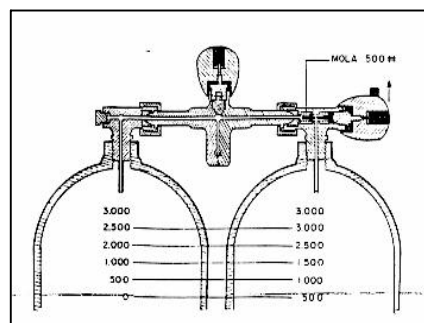


Fig. 3-2

Funcionamento esquemático da válvula de reserva



Fig. 3-3 Conexão Yoke

Fig. 3-4 Conexão DIN

A fim de comunicar o ar do cilindro para a válvula reguladora, o mergulhador deverá abrir a válvula de interceptação totalmente retornando $\frac{1}{4}$ de volta.

Na maioria dos equipamentos utilizados na MB, existe uma válvula de reserva, tipo “J”, que corta o suprimento de ar para o mergulhador quando a pressão na ampola, na qual está instalada a válvula de reserva, chegar ao valor da pressão da mola (500 psi).

Dessa forma, funcionará como um alarme, avisando ao utilizador que o seu ar está acabando. Abaixando-se a manopla da reserva, é acionado um mecanismo composto de uma haste engaxetada a qual retrainrá a mola deslocando a válvula de sua sede, liberando o fluxo de ar bloqueado. Neste instante o mergulho deve ser interrompido, alertando-se o dupla por meio de sinais e retornando à superfície. Recomenda-se a manutenção periódica desta válvula (em decorrência do desgaste de material, é necessário verificar a pressão real). No “*Aqualung*” duplo, após o acionamento da válvula de reserva, as ampolas equalizarão em 250 psi. No recarregamento, na verificação de pressão da ampola e no retorno do mergulho, deve-se ter atenção em manter a válvula de reserva aberta (alavanca para baixo), a fim de se obter uma correta leitura no manômetro. Observe, também, que por ocasião da manutenção, esta válvula acidentalmente poderá ser montada ao contrário, invertendo as funções nas respectivas posições.

O piano com válvula tipo “K” não possui válvula de reserva. O valor da pressão da ampola poderá ser controlado por meio de um manômetro conectado ao primeiro estágio da válvula reguladora. Existem, ainda, outras configurações como a “K modificada”, “H” e “Y”.



Fig. 3-3 Válvulas tipo J, K, K modificada, H (Yoke e DIN), Y e J em piano duplo.

O piano de válvulas também possui uma válvula de segurança para cada ampola, que nada mais é do que um disco de cobre apoiado sobre um orifício interno de um parafuso perfurado. Sua função é proteger a ampola contra o excesso de pressão e deverá

atuar quando a pressão de carga ultrapassar a pressão nominal de trabalho da ampola. O selo se rompe esvaziando o cilindro rapidamente, provocando o resfriamento do cilindro e do registro. Este resfriamento pode causar umidade, contribuindo para o processo de oxidação/corrosão das paredes internas da ampola.

As seguintes precauções de segurança deverão ser tomadas em relação à ampola:

- não altere ou modifique qualquer componente;
- não exceda a pressão de carga;
- não exponha a ampola a temperaturas superiores a 54,4°C (130°F);
- mantenha longe do alcance de crianças;
- ampola reparada ou exposta a temperaturas elevadas deverá, obrigatoriamente, ser testada hidrostaticamente;
- não use tinta cáustica na pintura.
- ampola de alumínio exposta à ação de chamas ou calor superior a 176,6°C (350°F) deverá ser retirada de serviço e condenada;
- as válvulas e dispositivos de segurança deverão ser removidos e recolocados por pessoal habilitado;
- substitua a válvula de segurança somente por outra fornecida pelo próprio fabricante;
- não recarregue com gases diferentes daqueles para o qual se destina, ou seja, ar para mergulho;
- verifique você mesmo a pressão da ampola antes de usá-la.

A ampola possui, normalmente, uma peça de metal ou plástico, denominada “*back-pack*”, que permite o seu transporte nas costas confortavelmente, sendo dotada de tirantes para a conveniente amarração ao redor do corpo. Todos os tirantes deverão ser atados com fivelas ou laçadas do tipo desengate rápido e são, normalmente, em número de três: um para cada ombro e um para cintura. Para proteção, é comum a instalação na parte inferior da ampola de uma peça chamada “bota”, feita de plástico ou borracha e de uma rede de “*nylon*” ou plástico para proteção da pintura no caso de batidas.

c) Válvula Reguladora tipo Traquéia

Este tipo de válvula não é mais usado na Marinha do Brasil, sendo apresentada somente para fins didáticos. Ela foi preterida pela Válvula de Mangueira Única, por ser

mais moderna e eficiente.

Como o próprio nome indica, é dotada de duas traquéias de borracha corrugada por onde flui o ar na pressão ambiente. O ar vai da válvula propriamente dita para o bocal e vice-versa. O conjunto traquéias-bocal é dotado de válvulas de retenção convenientemente colocadas, de modo a orientar o fluxo de ar e impedir o seu alagamento.

d) Válvula de Mangueira Única

Atualmente existe uma infinidade de modelos dessas válvulas e seria exaustiva uma descrição, ainda que sucinta, dos diversos modelos ou mesmo inovações, implantados por cada fabricante. Veremos apenas o seu princípio de funcionamento. Para detalhes específicos de cada modelo, deverão ser consultados os manuais técnicos dos fabricantes.



Fig. 3-4

Válvula de mangueira única

Essas válvulas são mais robustas que as de traquéia, que eram facilmente afetadas por destroços submarinos, rasgando-se. Além disso, não sofrem tanta influência da posição do mergulhador como aquela, com a qual se fazia um esforço para inspirar quando ela estava à profundidade menor que a do bocal e fornecia ar em demasia, quando o contrário ocorria.

Os reguladores modernos reduzem a pressão do cilindro para a pressão ambiente em dois estágios. O primeiro estágio, localizado em uma das extremidades da mangueira, é acoplado ao registro e tem a finalidade de reduzir a alta pressão do cilindro (200 bar) para uma pressão intermediária de 8 a 10 bar acima da pressão ambiente. O segundo estágio, localizado na outra extremidade da mangueira junto ao bocal, reduz a pressão do valor intermediário para a pressão ambiente. Isto resulta em um elevado grau de conforto para o mergulhador.

I) Válvula do Primeiro Estágio

Existem atualmente no mercado basicamente dois tipos de primeiro estágio: diafragma e pistão (ênbolo diferencial), que podem ser balanceados ou não.

O primeiro estágio de pistão possui um princípio de funcionamento bastante semelhante ao de diafragma. No primeiro estágio não-balanceado, a pressão fornecida

ao segundo estágio está sujeita a variação de pressão do cilindro, exigindo maior esforço de inspiração por parte do mergulhador a fim de liberar o fluxo, aumentando a resistência respiratória quando a pressão da ampola diminui. Já nos reguladores de diafragma balanceados, ambos os lados da válvula do primeiro estágio são expostos à mesma pressão, ou seja, estão equalizados. Isto é obtido através de uma abertura para a passagem do ar entre os dois lados da válvula. Nesta condição, o ar entregue ao segundo estágio é mantido a uma pressão relativamente constante, controlado pela mola. Para este tipo de primeiro estágio a mudança de pressão no cilindro não afeta a resistência respiratória e o segundo estágio pode ser mais bem regulado, pois trabalha com uma pressão constante. A pressão na entrada do segundo estágio é de aproximadamente 9 bar acima da pressão ambiente. A válvula utilizada pela MB para instrução é a CONSHSELF do tipo diafragma e não balanceada. A figura 3-5 apresenta uma válvula do mesmo tipo em corte e um desenho esquemático representando o seu funcionamento.

O primeiro estágio de qualquer regulador deve possuir, ao menos, uma saída de alta pressão para o manômetro e três saídas de baixa pressão para dois segundos estágios (fonte principal e fonte alternativa de ar) e a mangueira do colete.

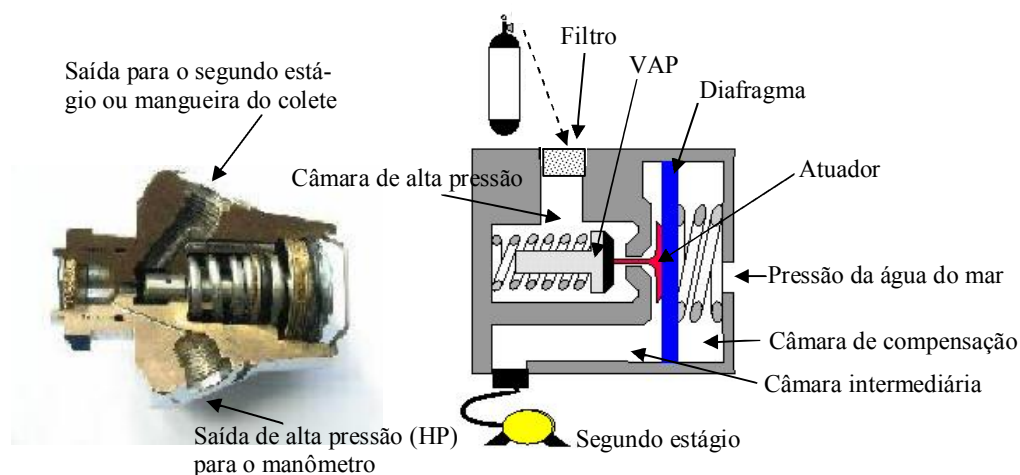


Fig. 3-5 Primeiro estágio não balanceado

Antes de explicarmos seu funcionamento completo, vamos entender o princípio da redução da pressão:

A redução da alta pressão para a intermediária ocorre no momento em que a válvula se abre permitindo a entrada de ar na câmara intermediária. Para compreen-

dermos melhor como se dá essa mudança brusca de pressão, vamos recorrer à lei de Boyle ($P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$). No momento em que uma pequena quantidade de ar comprimido do cilindro entra na câmara intermediária, as moléculas do gás ocupam todo o espaço disponível, tendo assim sua pressão reduzida. A quantidade de ar que entra na câmara é determinada pela pressão da mola que é constante, somada à pressão ambiente que varia durante o mergulho. Se tomarmos como exemplo um primeiro estágio que possui uma mola que exerce uma pressão de 10 atm e um mergulho realizado a 30 m de profundidade ou 4 ata, a pressão intermediária será de 14 ata. Porém o segundo estágio também está a 30 m ou 4 ata (pressão ambiente). O diferencial de pressão será igual a 10 ata. Durante a subida, com a diminuição da pressão ambiente, a intermediária também vai diminuir. Aos 15 m a pressão ambiente será de 2,5 ata, e o diferencial de pressão será $12,5 - 2,5 = 10$ ata.

- Peças: válvula de alta pressão (VAP), mola da VAP, atuador, diafragma, mola calibrada e parafuso de ajustagem.

- Funcionamento: A válvula de alta pressão é mantida aberta por força da mola calibrada sobre o diafragma que se encontram em contato com a pressão hidrostática ambiente na câmara de compensação. Ao abrirmos a válvula de interceptação da ampola, o ar penetra através do filtro que bloqueia as partículas de poeira e enche a câmara de alta pressão, penetrando pelos orifícios existentes na parte superior do êmbolo, atravessando-o internamente, até atingir a sua parte inferior. A pressão crescerá e, por diferença de área, exercerá uma considerável força sobre a proporcionalmente larga área da cabeça do êmbolo, fechando a válvula de alta pressão, impedindo a passagem do ar.

A Câmara intermediária é mantida à pressão de 8 a 10 bar acima da ambiente (por diferença de volume, como vimos anteriormente). O mergulhador ao inspirar pelo segundo estágio reduz a pressão da câmara intermediária. A pressão caindo, faz com que o diafragma, empurrado pela mola, acione o atuador e abra a válvula de alta pressão, admitindo ar na câmara intermediária. O ar penetra, empurra o êmbolo, que por sua vez empurra o atuador/diafragma para fora até que a pressão equaliza. E assim o ciclo se repete a cada inspiração do mergulhador.

II) Válvula do Segundo Estágio (Demanda)

Esta válvula, como o próprio nome indica, é projetada para fornecer ar para o mergu-

lhador toda vez que ele solicitar ou sempre que inspirar.

Atualmente, a grande maioria dos reguladores apresenta abertura a favor do fluxo (*downstream*). Devido a este fato, qualquer problema de mau funcionamento resultará na liberação do fluxo contínuo de ar (*free flow*).

O ar poderá ser fornecido para a válvula de demanda por meio de ampolas de alta pressão, como ocorre com o equipamento autônomo, de um compressor ou de um “*rack*” de ampolas na superfície, conforme acontece com o equipamento dependente.

A válvula de demanda poderá ser usada isoladamente, como no mergulho autônomo, ou poderá estar instalada em uma máscara facial completa ou capacete (equipamento dependente).

O funcionamento da válvula de demanda é mostrado na figura 3-6. O ar será fornecido à válvula de demanda com uma pressão de 8 a 10 bar acima da pressão ambiente.

Quando a pressão na câmara de baixa pressão for igual à pressão ambiente, a válvula de baixa pressão é mantida fechada por sua mola.

Quando o mergulhador inspirar, a pressão cairá no interior da câmara de baixa pressão e o diafragma acionará a alavanca, abrindo a válvula de baixa pressão, permitindo a passagem do fluxo de ar para o mergulhador.

Quando o mergulhador parar de inspirar, a pressão será equalizada através do diafragma, a mola será distendida movimentando a alavanca para sua posição original, fechando a válvula de baixa pressão e, conseqüentemente, o fluxo de ar para o mergulhador.

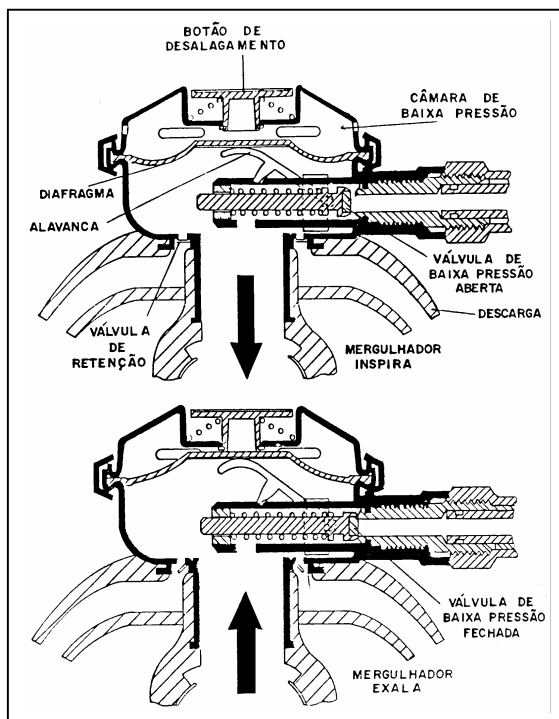


Fig. 3-6

Válvula de demanda (segundo estágio)
não balanceada

O ar será exalado para o meio ambiente através das válvulas de retenção.

Atualmente existem no mercado válvulas de demanda balanceadas. Seu funcionamento é muito semelhante ao das não-balanceadas. Nota-se na figura 3-7 a existência de uma câmara na extremidade oposta da válvula de baixa pressão. O fluxo de ar passa no sentido da válvula (*downstream*) e se aloja nesta câmara oferecendo uma pressão contrária (*upstream*) um pouco menor do que a necessária para a abertura da válvula. Com isso, a mola utilizada para o equilíbrio das pressões pode ser um pouco menor, tendo como consequência a redução do esforço respiratório. Geralmente os modelos balanceados possuem ajuste de regulação fina.

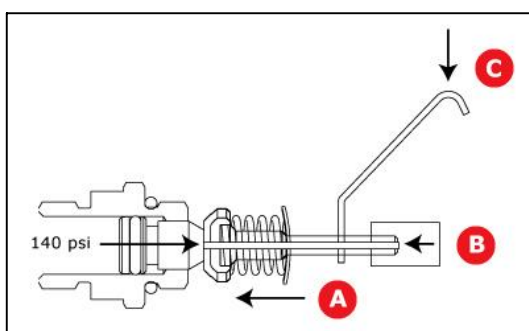


Fig. 3-7 Segundo estágio balanceado

A – Pressão exercida pela mola.
B – Pressão contrária a partir da câmara.
C – Força exercida sobre a alavanca de acionamento da válvula.

Uma válvula de demanda de má qualidade ou com manutenção deficiente aumentará o esforço respiratório, causando fadiga ou até mesmo, um acidente fatal.

III) Manutenção

(i) Antes do mergulho:

- Proceda uma inspeção visual.
- Realize um teste para verificar vazamentos na superfície. Com o suprimento de ar fechado para a válvula, inspire. Se o ar for obtido nesta situação, a válvula está danificada.
- Verifique se a válvula está funcionando normalmente.
- Quando estiver na água, realize um teste para verificar vazamentos. Mergulhe um pouco abaixo da superfície e peça para o dupla ou guia, verificar se há pequenas bolhas de ar saindo da válvula. Caso afirmativo, a válvula possui vazamento.

(ii) Após o Mergulho:

- Proceda uma inspeção visual.
- Lave a válvula com água potável para evitar acúmulo de sal.

(iii) Em bases regulares:

- Remova e verifique o diafragma.
- Limpe a câmara e ajuste a válvula.

IV) Carta de Avarias:

- (i) Se o ar é obtido quando o suprimento de ar está fechado:
 - A válvula de retenção está fora de posição ou danificada.
 - O diafragma está danificado.
 - O bocal está danificado.
 - O corpo da válvula está quebrado.
- (ii) Se a respiração está pesada com o suprimento de ar comunicado:
 - A válvula de demanda necessita ser ajustada.
 - A pressão do suprimento de ar está muito baixa.
 - O filtro do primeiro estágio está bloqueado.
- (iii) Se a válvula está com fluxo direto:
 - A alavanca necessita ser ajustada.
 - O botão de desalagamento está comprimido.
 - A válvula de baixa pressão está avariada.
- (iv) Se há água no interior da válvula:
 - Proceda como se o ar fosse obtido quando o suprimento de ar está fechado.
- (v) Se há vazamentos de ar na válvula:
 - Mergulhe a válvula na água e localize o vazamento.

3.2.2 - Máscara Facial

A máscara facial é uma peça importante da palamenta do mergulhador e a escolha do modelo adequado é uma questão de preferência pessoal. Alguns pontos, entretanto, deverão ser levados em conta na seleção de uma boa máscara. Para começar, ela deverá assegurar uma boa vedação com o rosto, já que sua principal finalidade é manter os olhos e o nariz isolados da água. Para verificar esse requisito, bastará fazer um teste simples que consiste em colocá-la em posição, inspirando cuidadosamente o ar do seu interior. Se ela ficar co-



Fig. 3-8
Máscaras faciais

lada ao rosto, não permitindo a entrada do ar, a vedação estará boa. A conformação da face é de grande influência. O mesmo ocorre com bigode e barba que dificultam, em muito, a vedação.

Outro ponto a observar é o volume interno da máscara. Em mergulho livre, se o volume for muito grande, haverá um correspondente dispêndio de ar para igualar sua pressão interna com a do meio ambiente. Caso isto não ocorra, a máscara se deformará para redu-



Fig. 3-9

Máscara facial completa

zir o volume ou causará um barotrauma facial. A possibilidade de se ter que realizar um mergulho livre no decorrer de uma operação com equipamento autônomo não deverá nunca ser afastada.

Outro aspecto é o da facilidade de compensar os ouvidos e os sinos, o que é mais facilmente conseguido quando se tem acesso ao nariz de modo a tapá-lo. As boas máscaras permitem essa operação, possuindo reentrâncias para a introdução dos dedos ou um alojamento para o nariz.

Deve-se ter especial atenção ao material com que as máscaras são confeccionadas. Borrachas de má qualidade degeneram-se e se rompem. Os vidros deverão ser obrigatoriamente temperados do tipo não-estilhaçante, caso contrário, serão um sério risco para a face e para os olhos.

3.2.3 - Respiradores

Consiste de um bocal de borracha, ao qual está presa uma seção de tubo plástico. Permite a respiração na superfície, estando o mergulhador com a face submersa. Embora no mergulho autônomo possa causar um certo transtorno, seu papel pode ser muito importante, caso o utilizador tenha que nadar na superfície com o equipamento descarregado. Sem o respirador, o esforço será muito grande.

Existem muitos tipos, mas a escolha deverá recair sobre os de



Fig. 3-10

Respirador ("snorkel")

bom diâmetro e sem complicações desnecessárias, como válvulas de descarga.

3.2.4 - Nadadeiras

São peças importantes e deverão ser escolhidas com cuidado. Nadadeiras muito flexíveis ou de palmas pequenas não proporcionarão boa impulsão. Não deverão também estar mal ajustadas aos pés, pois causarão desconforto e até câibras ou feridas. Normalmente, sua palma deverá fazer um ângulo com o pé, de modo a não exigir esforço demasiado para distendê-lo.



Fig. 3-11

Nadadeiras

3.2.5 - Colete salva-vidas (próprio para mergulho)

O colete tem dupla finalidade. A primeira, mais importante, diz respeito à segurança do mergulhador, devendo o salva-vidas ser capaz de trazer o mergulhador à superfície e manter sua cabeça fora d'água, ainda que ele esteja completamente equipado. Para isto deverá dispor de uma ampola carregada com ar ou gás, em pressão e quantidades adequadas, bem como ser dotada de dispositivo de acionamento rápido.

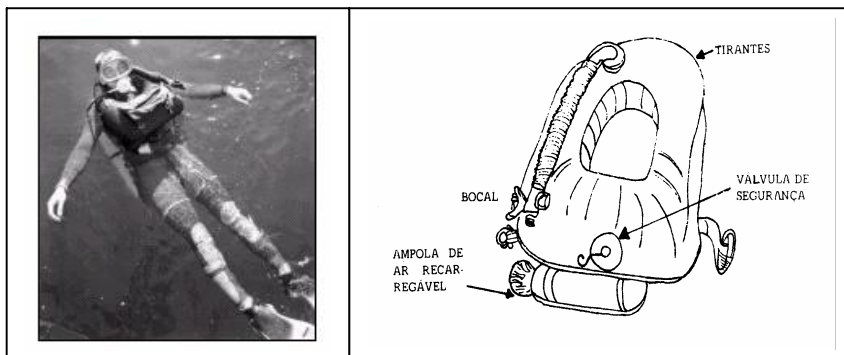


Fig. 3-12

Colete salva-vidas

A segunda finalidade é a de atuar como compensador de flutuabilidade. O mergulhador poderá equipar-se com ligeiro excesso de peso e compensá-lo no fundo, inflando parcialmente o colete. Da mesma forma, com seu suprimento de ar esgotado, ou necessitando permanecer na superfície, poderá fazê-lo sem esforço.

Atualmente existe uma infinidade de compensadores de flutuabilidade que normalmente são alimentados com ar proveniente do primeiro estágio da válvula reguladora. A Marinha não adota este tipo de equipamento, uma vez que o seu emprego reduz a carga

de ar, sem uma boa avaliação dessa redução. Os modelos mais convenientes possuem uma ampola de ar de alta pressão recarregável, com bocal para enchimento oral e descarga comandada. Em caso de subida livre, o mergulhador poderá respirar o ar que se expandirá no interior do colete através do bocal. O excesso de ar escapará pela válvula de segurança. Na Marinha do Brasil, o uso do colete salva-vidas é obrigatório.

3.2.6 - Cinto de Pesos

O mergulhador equipado possuirá normalmente flutuabilidade positiva e terá que fazer esforço para descer. Uma conveniente quantidade de pesos de chumbo, adicionada por meio de um cinto, lhe proporcionará a condição adequada ao trabalho que pretende fazer. Assim, um serviço que requeira boa estabilidade no fundo exigirá mais peso do que, por exemplo, uma inspeção à meia água. Deverá ser levado em conta o fato de que as ampolas, ao se descarregarem, ficarão mais leves e uma boa condição de equilíbrio no início do mergulho, poderá se tornar instável no final. Como regra, o mergulhador, com os pulmões em meia inspiração, deverá flutuar na posição vertical com água na altura dos olhos.

Outra consideração, diz respeito à facilidade em se alijar o cinto em caso de emergência. Para isso, deverão sempre ser usadas fivelas do tipo desengate rápido. Estas não devem abrir acidentalmente com facilidade, razão pela qual o tipo mais recomendado é o de dupla argola.

Na prática de mergulho livre, não se deve usar o cinto para facilitar a descida. O peso deverá ser limitado ao mínimo indispensável para anular a flutuabilidade da roupa, sem a qual não deverá ser usado, pois, ao se atingir o fundo, o aumento de pressão causará redução dos espaços aéreos, com a conseqüente redução da flutuabilidade, o que exigirá grande esforço para voltar à superfície.

3.2.7 - Profundímetro

O profundímetro mede a pressão da coluna d'água acima do mergulhador e é calibrado para permitir a leitura direta da profundidade em pés ou metros. A leitura poderá ser realizada mesmo em condições de limitada visibilidade.

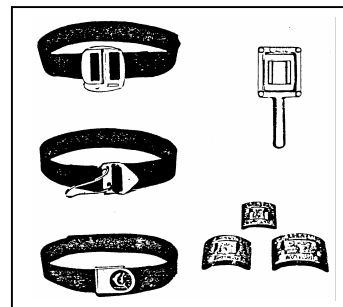


Fig. 3-13

Cintos de pesos

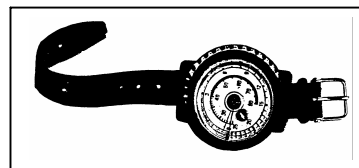


Fig. 3-14 Profundímetro

O profundímetro possui um mecanismo delicado e, tal como o relógio, poderá ser danificado pelo manuseio incorreto.

A segurança do mergulhador dependerá da sua precisão. Ele deverá ser verificado sempre que houver suspeita de mau funcionamento. Isto poderá ser feito mergulhando em local de profundidade conhecida e comparando a profundidade local com a sua leitura ou colocando-o em uma câmara de recompressão e comparando a sua leitura com a do manômetro da câmara.

O seu uso é obrigatório.

Alguns tipos, como os de bolha, não oferecem segurança.

3.2.8 - Relógio/Cronômetro

O relógio/cronômetro, necessariamente à prova de pressão, possui, normalmente, coroa roscada e aro luminescente e é de fácil leitura. Pode estar associado a um computador de pulso ou a um console. Seu uso é obrigatório a fim de controlar o tempo de fundo.

3.2.9 - Faca

Existem muitos tipos de facas para mergulho. A faca de mergulho deverá ser resistente à corrosão, como as de aço inox, e possuir punho de plástico, borracha ou madeira. O punho de madeira deverá ser pintado com tinta à prova d'água. Punhos de cortiça ou de osso deverão ser evitados.

A faca poderá possuir fio em um ou em ambos os lados da lâmina. Ela deverá ser robusta, afiada e ter uma parte da lâmina serrilhada.

A faca é uma ferramenta para o mergulhador e deverá estar presa em local de fácil acesso e que não interfira com seus movimentos. Ela nunca deverá estar presa ao cinto de pesos. Se o cinto for alijado em uma emergência, ela não estará disponível para uso em uma emergência subsequente. Este é um item obrigatório.

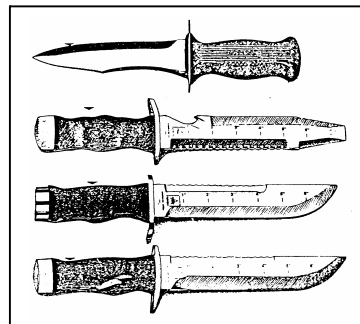


Fig. 3-15

Facas para mergulho

3.2.10 -Roupas

O tipo de roupa dependerá do serviço a ser realizado e das condições ambientais. Proporcionam proteção térmica e física ao mergulhador, sendo necessário o seu uso em águas com temperaturas abaixo de 26°C, águas infestadas por seres marinhos urticantes, ou quando no serviço existir risco de arranhões e de contato com agentes químicos

poluentes.

Elas existem em vários tipos, podendo ser divididas em dois grupos: as roupas secas e as molhadas. O primeiro mantém o corpo completamente isolado da água e é ideal para condições ambientais rigorosas.

As do segundo grupo, mais comuns, permitem que a água penetre, mas devem represá-la junto ao corpo, que a aquecerá, reduzindo a perda de calor pelo mergulhador. Para isto, deverão ajustar-se bem, sem apertar demais, situação em que bloquearão a circulação.

Existem roupas molhadas de várias espessuras: 3 mm, 5 mm, 10 mm, etc.

São complementos da roupa as botas, as luvas e o capuz. As luvas são bastante úteis e deverão ser escolhidas conforme o trabalho, de modo que a proteção fornecida não seja superada pela redução do tato.

O capuz deverá se ajustar de modo a não bloquear o conduto auditivo, causando um barotrauma. É um acessório muito importante, pois protege a região da nuca muito sensível a baixas temperaturas.

O uso das roupas e seus complementos será obrigatório desde que o mergulho exija a proteção física e/ou térmica do mergulhador.

As roupas secas serão vistas com mais detalhes no capítulo referente a equipamentos dependentes, quando o seu uso é mais comum.

3.2.11 -Lanternas

São normalmente alimentadas por pilhas secas ou por pequenas baterias recarregáveis, podendo ter fecho concentrado ou disperso. De grande utilidade quando a visibilidade é prejudicada por falta de luz, são de pouco valor em caso de suspensão acentuada, situação em que refletem as partículas prejudicando a visão.

3.2.12 -Bússola

É comumente usada como auxílio nas procuras ou nas operações de combate, onde orienta a navegação. Ela não possui grande precisão, mas pode ser de grande utilidade, principalmente em condições de baixa visibilidade. Quando for usada no pulso, deverá ser presa ao braço em que não estiver preso o relógio ou profundímetro, para evitar interferência magnética. Destroços magnéticos no fundo, proximidades de

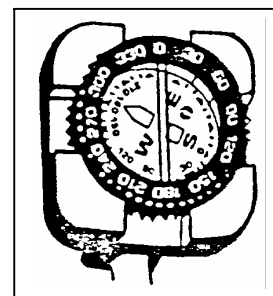


Fig. 3-16

Bússola

navios ou de massas metálicas, também provocarão este tipo de interferência.

Um erro comum no seu emprego ocorre quando o mergulhador muda a “linha de fé” por movimento da mão, ao invés de manter o rumo por movimento da natação.

3.2.13 -Outros Acessórios

a) Linha de vida

A linha de vida deverá ser utilizada em qualquer situação onde for importante conhecer, com precisão, a localização do mergulhador, manter comunicação.

Uma das extremidades da linha de vida deverá estar presa ao mergulhador e a outra na superfície, de onde é controlada pelo Guia.

A linha de vida é de uso obrigatório em mergulho solitário ou quando as condições ambientais se mostrarem perigosas, como em locais com forte correntada ou com acesso restrito à superfície.

A comunicação entre o mergulhador e a superfície será realizada através dos Sinais-Padrão de Mergulho. A linha de vida também auxiliará o recolhimento do mergulhador em caso de emergência.

b) Cabo de ligação

Cabo com comprimento máximo de 3 metros, é utilizado para manter dois mergulhadores ligados em condições de baixa visibilidade ou à noite.

c) Bóia de acompanhamento

Utilizada para permitir o acompanhamento visual do mergulhador pelo pessoal na superfície ou como aviso de que há mergulhadores em um determinado local. Poderá também, ser empregada como ponto de encontro ou para manter flutuando determinado equipamento ou ferramenta. Quando empregada à noite, possui iluminação própria ou é pintada com tinta fosforescente.

Obs.:

- Nunca prenda o cabo em qualquer peça do equipamento que possa ser alijada em emergência.

- Os cabos deverão ser fortes e possuir flutuabilidade neutra ou levemente positiva.

Cabos de “Nylon”, Dacrom ou Manilha apresentam estas características.

d) Suspensório (“*Harness*”)

Confeccionado em nylon com olhais de aço inoxidável. Auxiliam o resgate de um mergulhador acidentado e servem também como suporte para pesos adicionais, fer-

ramentas, para prender a linha de vida ou acessórios de mergulho. O seu uso é obrigatório em mergulhos com equipamento dependente.

e) **Prancheta e lápis**

Para anotações, esboços e comunicação visual. Poderá ser feita de acrílico transparente ou fórmica fosca que permita inscrições com lápis comum. O lápis mais indicado é o de cera, que deverá ser protegido contra a desagregação.

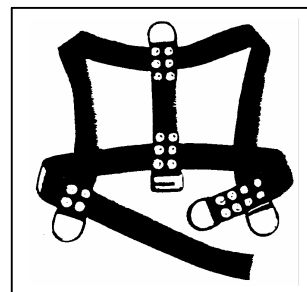


Fig. 3-17

Suspensório

f) **Pirotécnico (“Signal flare”)**

São empregados para atrair a atenção na superfície, particularmente quando o mergulhador vier à superfície distante de sua plataforma de apoio. Qualquer pirotécnico que possa ser carregado e disparado com segurança pelo mergulhador poderá ser utilizado. O sinal luminoso dura aproximadamente 90 segundos. O pirotécnico não deverá ser utilizado se apresentar sinais de ferrugem ou dano. Cada mergulhador deverá portar dois pirotécnicos no máximo.

g) **Sinalizador luminoso (“Strobe-light”)**

Aparelho elétrico que emite uma forte luz pulsante. O seu emprego é idêntico ao do pirotécnico. A luz emitida poderá ser avistada a uma distância de 15 milhas e a 16 metros de profundidade.

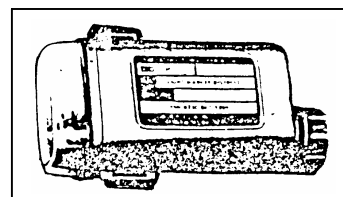


Fig. 3-18

Sinalizador luminoso

3.2.14 -Acessórios contra-indicados

a) **Tampões de ouvido**

Nunca deverão ser utilizados. Eles impedem a entrada de água no ouvido tornando impossível a equalização das pressões. Este fato poderá resultar em barotrauma do ouvido externo, dano na membrana timpânica, se o tampão for pressionado contra ela e até a completa perda da audição, em situações mais graves.

b) **Óculos de natação**

Impede a equalização das pressões no interior dos óculos, afetando os olhos, por não envolver o nariz, impedindo que o mergulhador exale no seu interior.

Não deverão ainda ser usados equipamentos dispensáveis que venham a aumentar os riscos de enrasque ou erro de operação. É comum entre mergulhadores civis o uso de

uma verdadeira parafernália, que pouco contribui para o seu desempenho, com as desvantagens citadas. A Marinha também não aprova o uso de descompressímetros automáticos ou computadores comerciais na obtenção de limites não descompressivos. Estes equipamentos utilizam algoritmos distintos das tabelas de descompressão empregadas pela MB.

3.3 - OPERAÇÃO

Ao iniciar uma operação com equipamento autônomo, três etapas deverão ter sido completadas: adequado abastecimento de ar, verificação de todo equipamento e a preparação do mergulhador, inclusive sua instrução específica sobre o serviço a realizar.

3.4 - AR PARA O MERGULHO

3.4.13 -Padrões de pureza

O ar fornecido aos mergulhadores deverá atender a algumas normas de pureza. Os valores máximos de contaminantes são:

Gás Carbônico	- 1.000 ppm (0,1 %)
Monóxido de Carbono	- 20 ppm
Partículas e vapores de óleo	- 5 mg/m ³

O ar deverá está livre de qualquer odor ou contaminação por poeira ou partículas metálicas. Também não deverá conter qualquer substância tóxica ou irritante. A concentração de Oxigênio deve estar entre 20 e 22%.

A qualidade do ar deverá ser rotineiramente testada a cada três meses ou a qualquer momento, em caso de dúvida quanto à pureza do ar e sempre que houver algum acidente/incidente.

3.4.14 -Métodos de carga

O equipamento autônomo pode ser carregado de duas maneiras: por cascata ou diretamente de um compressor. Em qualquer situação, deverão ser tomadas providências para evitar o superaquecimento e, em hipótese alguma, deverá ser ultrapassada a pressão de carga da ampola. Uma boa bancada de carga deverá possuir um tanque de resfriamento, que tem a função adicional de atuar como proteção em caso de explosão.

A aspiração do compressor não deverá estar exposta a gases de combustão ou a qualquer outro contaminante. Deverá ser observada a direção do vento (quando aplicável) e sua influência na aspiração do compressor. Na saída do compressor deverá estar instalado um detector ou analisador de CO (monóxido de carbono).

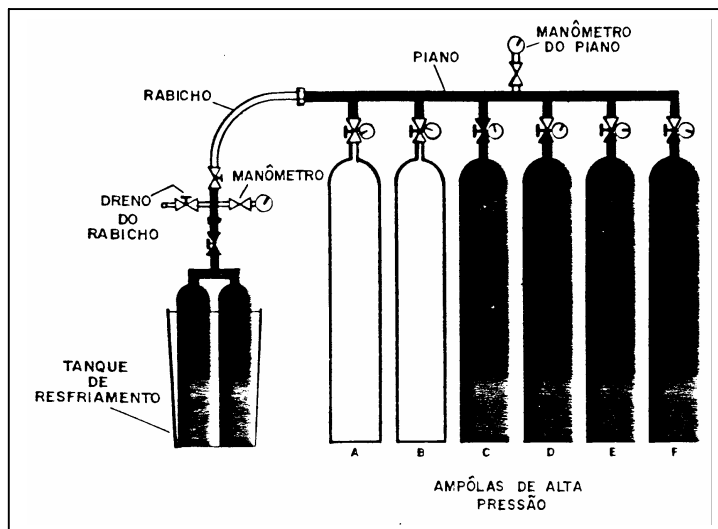


Fig. 3-19

Carga de ampolas pelo sistema de cascata

Os seguintes pontos deverão ser observados durante a faina de carga da ampola:

- nunca abra uma válvula até você ter verificado que as demais válvulas encontram-se em suas posições corretas;
- sempre abra as válvulas vagarosamente;
- nunca deixe uma válvula totalmente aberta. Após abri-la totalmente, gire no sentido oposto um quarto de volta;
- nunca dê partida em um compressor sob carga. Verifique se a válvula de descarga está aberta antes de dar partida;
- verifique se o ar a ser fornecido pelo compressor está com pressão maior que a da ampola, antes de abrir a válvula de interceptação. Não permita que ocorra o contrário;
- a ampola que é carregada rapidamente se aquece em demasia. Quando a temperatura voltar ao normal, provavelmente necessitará ser recarregada. Para carregar a ampola pelo sistema de cascata, deverá ser obedecida a seguinte seqüência:
 - ligue o rabicho à ampola.
 - feche o dreno do rabicho.
 - abaixe a válvula de reserva.
 - abra a válvula de interceptação da ampola completamente e retorne um quarto de volta.
 - abra lentamente a válvula do piano, iniciando a carga. A pressão da ampola não deverá exceder a pressão de carga.

- se as pressões se igualarem, repita a operação com a segunda ampola.
- atingida a pressão desejada, feche o piano, feche a válvula de interceptação da ampola, abra o dreno do rabicho e levante a haste da válvula de reserva.

Obs.: A velocidade de carga da ampola não deverá ultrapassar a 27 bar por minuto, 400 psi por minuto ou 27 kgf/cm² por minuto.

3.5 - PREPARAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Antes de qualquer mergulho, todo o equipamento deverá ser cuidadosamente inspecionado, verificando-se sinais de deterioração, dano, corrosão e perfeito funcionamento. Os procedimentos a seguir são o resultado de muitos anos de experiência em mergulho e devem ser cuidadosamente obedecidos. Os procedimentos são padronizados e nunca deverão ser alterados por conveniência e deverão ser realizados por cada mergulhador. Todo mergulhador deverá inspecionar o seu próprio equipamento e nunca assumirá que qualquer peça do equipamento está pronta para uso, a menos que ele próprio o tenha feito, mesmo que outra pessoa tenha sido designada para fazê-lo.

O equipamento deverá ser inspecionado, como descrito a seguir:

3.5.13 -Ampolas

- Inspeção visual com atenção a ferrugem, rachaduras, válvulas empenadas e tirantes partidos ou deteriorados.
- Verifique se o teste hidrostático está dentro da validade.
- Verifique o “*o-ring*” do piano.
- Verifique se a válvula de reserva está fechada.
- Meça a pressão da ampola. Não confie em informações de terceiros; faça você mesmo.

3.5.14 -Suspensório e “back-pack”

- Verifique sinais de corrosão e apodrecimento.
- Ajuste os tirantes.
- Teste o mecanismo de soltura rápida dos tirantes do “*back-pack*”.
- Verifique as condições do “*back-pack*”.

3.5.15 -Válvula reguladora

- Adapte a válvula ao piano da ampola.
- Verifique se o “*o-ring*” está corretamente posicionado.
- Abra a válvula de interceptação e retorne ¼ de volta.

- Verifique se há vazamentos na válvula ouvindo o escapamento do fluxo de ar. Se houver suspeita de vazamentos, determine a sua exata localização mergulhando a válvula em um tanque com água, observando o surgimento de bolhas. Se o vazamento for no “*o-ring*”, retire a válvula do piano e reinstale-a ou troque o “*o-ring*”. Inspire e exale várias vezes através da válvula, verificando o bom funcionamento da demanda. Pressione o botão de desalagamento e verifique o seu funcionamento.
- Feche a válvula de interceptação.

3.5.16 -Colete salva-vidas

- Infe-o oralmente e verifique a existência de vazamentos.
- Aperte o colete com as mãos para esvaziá-lo.
- A quantidade remanescente de ar deverá ser retirada quando o mergulhador estiver na água, mergulhando um pouco abaixo da superfície, mantendo a traquéia do colete acima da superfície e apertando o botão existente para este fim.
- Nunca sugue o ar existente no colete em virtude do mesmo conter CO₂.
- Verifique se a ampola do colete está carregada.
- Verifique o estado dos tirantes, ajustando-os em seguida.
- Após encerrar a inspeção, o colete deverá ser separado dos demais equipamentos e guardado em local onde não possa ser danificado ou misturado com outros coletes não testados.

3.5.17 -Máscara

- Verifique o selo e o tirante.
- Verifique se a lente está arranhada ou quebrada.

3.5.18 -Faca

- Verifique se está afiada e segura na bainha.
- Verifique se ela pode ser desembainhada com facilidade.

3.5.19 -Respirador

- Verifique se há alguma obstrução e as condições do bocal.

3.5.20 -Cinto de pesos

- Verifique se o cinto está em boas condições e com um número adequado de pesos corretamente posicionados.
- Verifique se a fivela de soltura rápida está funcionando corretamente.

3.5.21 -Relógio/Cronômetro

- Verifique o seu funcionamento e acerte as horas ou “zere” o cronômetro.
- Inspeção a pulseira e pinos.

3.5.22 -Profundímetro e bússola

- Inspeção a pulseira e/ou tirante.
- Se possível, faça uma comparação de suas indicações com as de outros equipamentos.

3.5.23 -Lanterna

- Verifique as pilhas/baterias.
- Inspeção o “*o-ring*” e faça um teste de funcionamento.
- Inspeção todos os demais equipamentos que serão usados no mergulho, assim como os sobressalentes, ferramentas, cabos, poitas, etc.

3.6 - PREPARAÇÃO DO MERGULHADO

Após os mergulhadores inspecionarem e testarem os seus equipamentos, eles deverão dar o “pronto” ao Supervisor que, então, dará as instruções para a operação de mergulho. Estas instruções, disseminadas em um “*briefing*”, são fundamentais para o sucesso e a segurança da operação e abordarão somente o mergulho que está por iniciar. Todo o pessoal diretamente envolvido deverá participar e entender cada detalhe do planejamento traçado para a operação.

Deverá ser dada especial atenção aos seguintes pontos:

- trabalho a realizar;
- limites de tempo do mergulho;
- dificuldades esperadas;
- participação de outros mergulhadores;
- fases do mergulho;
- sinais combinados;
- procedimentos de emergência, ação em caso de separação;
- condições ambientais;
- perigos existentes no local; e
- rumos de acesso ao local do trabalho.

Após o entendimento de cada detalhe da operação por parte da equipe e pronto da inspeção por parte dos mergulhadores, eles se equiparão na sequência sugerida abaixo:

- roupa de mergulho;

- botas e capuz;
- faca;
- colete salva-vidas (próprio para mergulho);
- cinto de pesos, por cima do suspensório e tirantes;
- relógio, bússola, profundímetro;
- ampola às costas com auxílio do dupla, ajustando os tirantes e abrindo a válvula de interceptação;
- nadadeiras, apoiando-se no dupla caso necessário;
- cuspir na máscara, limpar o vidro e colocá-la em posição.

Após a equipagem, os mergulhadores darão um novo “pronto” ao Supervisor. Este os inspecionará visualmente e verificará se o conjunto de respiração está funcionando adequadamente. O supervisor também deverá:

- assegurar-se de que os mergulhadores estão em boas condições físicas e mentais para o mergulho;
- verificar se os mergulhadores estão portando o equipamento mínimo para o mergulho;
- verificar se cada dupla possui, pelo menos, um relógio e um profundímetro (ideal é que cada um possua os dois itens);
- verificar se a pressão da ampola foi medida e se ela possui um volume de ar suficiente para duração planejada do mergulho;
- assegurar-se de que a fivela do cinto de pesos pode ser alcançada por ambas as mãos do mergulhador e que o cinto está corretamente afivelado;
- verificar se o cinto de pesos está por fora de todos os tirantes, suspensório e “back-pack”;
- verificar se o colete salva-vidas está livre para expandir-se e que todo ar do seu interior foi retirado;
- verificar a posição da faca e assegurar-se de que ela será mantida com o mergulhador, a despeito do alijamento de qualquer equipamento e que ela pode ser alcançada por ambas as mãos;
- conduzir o acerto de relógios e sincronizá-los;
- assegurar-se de que a válvula de interceptação da ampola tenha sido totalmente aberta e retornada $\frac{1}{4}$ de volta;
- fazer com que os mergulhadores respirem pelo menos três vezes através do equipamento, alertando-os sobre as impurezas do ar e reações fisiológicas incomuns; e

- verificar se as mangueiras do equipamento estão safas.

Os mergulhadores estarão, então, prontos para entrar na água, onde os equipamentos serão novamente testados e inspecionados, com ajuda do dupla ou Guia, antes do mergulho. A partir da preparação do equipamento deverá ser empregada a Fraseologia Padrão para Mergulho Autônomo e os Sinais Manuais na condução do mergulho.

3.7 - ENTRANDO NA ÁGUA

A maneira de entrar na água dependerá naturalmente do local. De qualquer modo, deve-se ter atenção para os seguintes pontos: a máscara deverá ser mantida em posição, a válvula reguladora deverá estar na boca e a ampola segura para que não bata à cabeça no caso de saltar para a água. As nadadeiras atrapalham o andar e, por isso, ao caminhar pelo convés da embarcação, deve-se fazê-lo de costas. A entrada a partir da praia é semelhante, devendo o mergulhador deitar-se tão logo a profundidade o permita. A partir de embarcação miúda, o melhor método é o do rolamento de costas a partir da posição de sentado na borda. Note que um convés com mais de 50 cm já é considerado uma borda alta, devendo-se então, preferir o primeiro método. O supervisor observa a entrada do mergulhador e este deve retornar à superfície rapidamente e sinalizando OK para o primeiro, participando que a situação está normal (um tempo excessivo em baixo d'água, em condições de pouca visibilidade, pode dar a entender que o mergulhador está com problemas). O primeiro mergulhador libera a área e o supervisor lança o segundo mergulhador. Os mesmos procedimentos devem ser observados.



Fig. 3-20
Métodos de entrada na água

3.7.13 -Procedimento na água

a) Na superfície

Uma vez na água, os mergulhadores deverão fazer um novo teste em seu equipamento. Durante o salto, peças poderão ter saído de posição ou mesmo ter caído. Vazamentos se tornarão evidentes, válvulas poderão disparar e máscaras alagar. Por ocasião do teste, os mergulhadores deverão:

- testar o conjunto de respiração, respirando lentamente através da válvula de demanda. Eles deverão respirar com facilidade e sem resistência. Não deverá haver

vazamento;

- verificar se há vazamentos no equipamento do dupla, principalmente junto as conexões (primeiro estágio com o piano, mangueira com as válvulas, bocal e válvula de demanda);
- verificar o posicionamento do equipamento e tirantes do dupla;
- verificar se a máscara facial está convenientemente selada ao rosto. Se estiver alagada, deverá ser esgotada;
- se estiver usando roupa seca, verificar se há vazamento e inflar ou esfogar a roupa para obter a flutuabilidade adequada;
- esgotar totalmente o colete salva-vidas.

Após a realização do teste, os mergulhadores deverão orientar-se com a ajuda da bússola ou através de pontos naturais como o sol, lua, pedras, correntada ou pontos de terra. Em seguida, darão o “pronto” para o Supervisor através de sinal manual. O Supervisor então ordenará que “zerem” os relógios e, em seguida, deixem à superfície. Os mergulhadores ajustarão o minuto zero com o aro do relógio (por precaução, também procurarão memorizar a hora), ou dispararão seus cronômetros e iniciarão o mergulho. Sempre que possível, descenderão seguindo por um cabo de fundo.

b) Natação na superfície

Os mergulhadores deverão evitar nadar longas distâncias na superfície. A energia que será consumida na natação deverá ser poupada para o mergulho ou para uma situação de emergência. Por esta razão, uma embarcação miúda, normalmente um bote inflável, deverá estar atracada ou pairando o mais próximo possível do local do mergulho.

Durante a natação, o mergulhador deverá manter contato visual com o dupla e orientar-se constantemente, a fim de não perder o rumo para o local do mergulho. O fator mais importante durante a natação é manter-se o mais relaxado possível e conservar energia.

Caso se tenha que nadar para um local relativamente distante, não deverá hesitar em inflar o colete salva-vidas e seguir respirando pelo *snorkel*. Procedimento diverso poderá levar a exaustão e evoluir rapidamente para o pânico ou a perda de material. Deve-se ter especial atenção com hélices, lemes e com o próprio casco da embarcação.

c) Descendo

Antes de descer, os mergulhadores sinalizarão para o supervisor e o tempo de fundo terá início. O Supervisor determinará que os mergulhadores “zerem” os seus relógios e deixem a superfície. O aro do relógio poderá ser inadvertidamente movido durante o mergulho. Por este motivo os mergulhadores deverão memorizar a hora exata do seu início. Se durante o mergulho houver dúvida quanto ao tempo decorrido, a dúvida deverá ser tirada com o dupla.

Com o tempo de fundo iniciado, os mergulhadores sinalizarão um para o outro e juntos, iniciarão a descida.

Os mergulhadores deverão descer nadando ou através do cabo de fundo. É comum ocorrer dificuldade em compensar os ouvidos ou sinus e o mergulhador não deverá esperar a dor para tentar a compensação; deverá se antecipar a ela. Caso a dificuldade ocorra, subir um pouco e tentar novamente. Nessa situação, a necessidade do cabo de fundo se torna evidente, pois o mergulhador, seguro a ele, poderá com facilidade manter-se na profundidade desejada. Se a dificuldade persistir, o mergulho deverá ser abortado, não só pelo tempo que se terá perdido, como também pela possibilidade de vir a ocorrer o mesmo problema no fundo ou mesmo na subida, o que será especialmente perigoso. De qualquer modo, a velocidade de descida não deve exceder 22,5 m/min (75 ft/min).

Em locais de baixa visibilidade, os mergulhadores deverão manter um braço estendido a sua frente para evitar qualquer choque com a cabeça.

Ao alcançarem o local do trabalho, os mergulhadores deverão se orientar e verificar as condições reinantes no local.

Se as condições forem radicalmente diferentes das previstas ou parecerem perigosas, o mergulho deverá ser abortado e o Supervisor informado do que está ocorrendo. O mesmo procedimento deverá ser cumprido se houver necessidade de um novo planejamento para a realização do trabalho. Os mergulhadores deverão retornar à superfície e discutir a situação com o Supervisor, obtendo autorização para modificar o planejamento.

Em mergulhos além de 30 metros, os mergulhadores deverão estar alerta para o aparecimento da narcose pelo nitrogênio, ainda que discreta. O fenômeno, que em situações extremas se assemelha a uma verdadeira embriaguez, acarretará, nas formas

brandas, uma redução nas capacidades psicomotoras do mergulhador, levando-o a erros de avaliação ou atitudes muitas vezes perigosas. Um companheiro excessivamente eufórico e gesticulante poderá ser um alarme de que algo não vai bem. Devem lembrar, ainda, que a existência de gases indesejáveis na carga do equipamento pode agravar o processo.

d) No fundo

Ao iniciar o trabalho no fundo, os mergulhadores deverão ter em mente suas próprias limitações, bem como as do equipamento. Assim, deverão lembrar o tempo máximo que dispõe pela duração do seu suprimento de ar, a inconveniência de fazer parada de descompressão, etc. Deverão limitar o esforço físico, de modo a não superar a capacidade de fornecimento de ar do seu equipamento e manter um ritmo respiratório calmo, não pensando jamais em reduzir propositadamente este ritmo para prolongar o mergulho, situação que poderá conduzir à intoxicação por CO₂ com todas as suas conseqüências. As partes mais pesadas do trabalho deverão ser realizadas no início do mergulho, quando o suprimento de ar é grande e o mergulhador está descansado. Por exemplo, uma inspeção ao longo de um costão deverá iniciar-se contra a corrente até, no máximo, um tempo ligeiramente menor do que a metade do previsto para o mergulho. A partir desse ponto, os mergulhadores deverão iniciar o percurso de volta, não deixando de levar em conta as possíveis e, às vezes, bruscas alterações ambientais.

O contato visual ou mesmo físico com o dupla é indispensável e, se perdido, ambos deverão voltar à superfície. As figuras a seguir enumeram os procedimentos a serem seguidos durante uma operação. Estão ali representadas as situações de emergência mais comuns, entretanto, uma infinidade de casos, impossíveis de serem previstos, poderá conduzir o mergulhador a um quadro de real perigo. Por esta razão, ele deve estar preparado para **manter a calma em qualquer circunstância**, o que certamente será uma conseqüência direta de sua formação e do seu grau de adestramento na ocasião. A seleção rigorosa dos candidatos para um curso de mergulho, quer física, quer psicológica, bem como um estreito acompanhamento dos alunos durante o treinamento, poderão evitar muitos acidentes. Nas aulas práticas, deverão ser criadas situações de tensão que permitam avaliar o perfil psicológico do aluno, mantidas, naturalmente, condições rígidas de segurança.

O mergulhador deverá ter atenção às variações das cores com a profundidade. Por exemplo, a partir de 6 metros de profundidade a cor vermelha não existirá e em maiores profundidades predominarão o verde e o azul. Assim, as marcas pintadas em um objeto ou cabo de ligação que o prende, poderão não possibilitar a interpretações correta.

e) Técnica de respiração

Como devemos respirar mergulhando? Quando submerso respira-se normalmente num ritmo semelhante ao usado na superfície. Para isto, deve-se estar tão relaxado quanto possível. A respiração deverá levar os pulmões à meia capacidade. Nunca inspire de forma a encher os pulmões completamente. Este procedimento solicitará um esforço extraordinário e dará ao mergulhador uma tendência de flutuabilidade positiva.

Por outro lado, nunca inspire levemente. Devem-se ventilar os pulmões de forma a haver uma troca adequada entre oxigênio e gás carbônico. A inspiração traz um ar rico em oxigênio e a expiração libera um ar saturado em gás carbônico.

O ritmo respiratório é tão importante quanto a quantidade de ar que se inspira. Nunca respire rapidamente. Isto levará o mergulhador à hiperventilação, à sensação de tonteira, ao desconforto dentro d'água e, possivelmente, ao pânico. Por outro lado, nunca “poupe” a respiração (inspirar e efetuar uma apnéia de 30 a 60 s), o que levará a um aumento da taxa de gás carbônico, perda de consciência e, provavelmente, a uma doença descompressiva. O ritmo respiratório deverá ser suave e compassado, principalmente na descida ou durante o deslocamento pelo fundo.

Havendo necessidade de aumentar o esforço físico (nadando contra a corrente), será necessário aumentar o esforço e o ritmo respiratório para atender a nova situação. É importante antecipar-se à mudança, ajustando a respiração antes de sentir a necessidade compulsória de mais ar. Desta forma, antecipando-se às necessidades de oxigênio do organismo, evita-se uma respiração pesada ou uma hipoventilação, face à diferença entre a “sede de ar” e o fluxo fornecido pela válvula reguladora. Sobretudo, **nunca prenda a respiração ao deslocar-se diminuindo a profundidade**. Deve-se fazer um esforço consciente para exalar antes de iniciar qualquer subida (Lei de Boyle).

f) Mergulho em dupla

É o responsável pelo grande fator de segurança existente na Marinha do Brasil, em operações de mergulho com equipamento autônomo. Mergulhadores operando em dupla são responsáveis pelo cumprimento da tarefa designada e pela segurança do companheiro. As regras básicas do mergulho em dupla são:

- jamais perder o contato visual ou físico com o dupla. Com boa visibilidade, mantê-lo sob contato visual. Em baixa visibilidade, utilizar o cabo de ligação;
- conhecer o significado de todos os Sinais Manuais e Sinais Padrão de Mergulho;
- se algum sinal for dado, ele deverá ser imediatamente entendido e devolvido. Deverá ser considerada uma emergência, o fato do dupla não responder o sinal;
- monitorar as ações e as condições físicas do dupla. Conhecer os sintomas de doença descompressiva, narcose e intoxicações. Se o dupla estiver em perigo ou apresentar um comportamento anormal, a causa deverá ser imediatamente determinada e o apropriado procedimento de emergência cumprido;
- nunca deixe o dupla sozinho, a menos que ele esteja enrascado e não possa ser socorrido sem uma ajuda adicional. Se o mergulhador reserva ou outro mergulhador não puder ser alcançado imediatamente, marque a localização do acidentado com um cabo ou bóia;
- estabelecer um plano de busca para encontrar um mergulhador perdido. Se o contato com o dupla for quebrado, o plano de busca deverá ser cumprido imediatamente;
- se um dos mergulhadores abortar o mergulho por qualquer motivo, o dupla também deverá fazê-lo, retornando ambos à superfície; e
- conhecer e estar pronto para realizar troca de bocal.

g) Comunicação

As principais formas de comunicação entre dois mergulhadores são os Sinais Manuais e entre o mergulhador e a superfície são os Sinais Padrão de Mergulho. Um outro método de comunicação entre mergulhadores consiste no uso de prancheta e lápis. Mergulhadores operando em condições de baixa visibilidade deverão se comunicar através do cabo de ligação.

As figuras 3-21A e 3-21B apresentam os Sinais Manuais. Os Sinais Padrão de Mergulho são apresentados no capítulo 8. Em determinadas situações, Sinais Manuais Especiais poderão ser necessário para a execução de um trabalho. Eles deverão ser aprovados pelo Supervisor.

Os Sinais Manuais e os Sinais Padrão de Mergulho deverão ser realizados de maneira vigorosa e clara, para não causar dúvidas. Todos os sinais deverão ser perfeitamente conhecidos.

h) Troca de bocal

Se houver perda do suprimento de ar ou mau funcionamento do conjunto de respiração, o mergulhador, cujo suprimento de ar está deficiente, deverá proceder como listado abaixo:

- manter a calma e sinalizar o problema para o dupla apontando para o bocal;
- não tomar o bocal da válvula reguladora do dupla. O mergulhador deverá colocar uma das mãos sobre a mão com a qual o dupla está segurando a sua válvula;
- os mergulhadores se apoiarão mutuamente, segurando um dos braços ou tirantes,

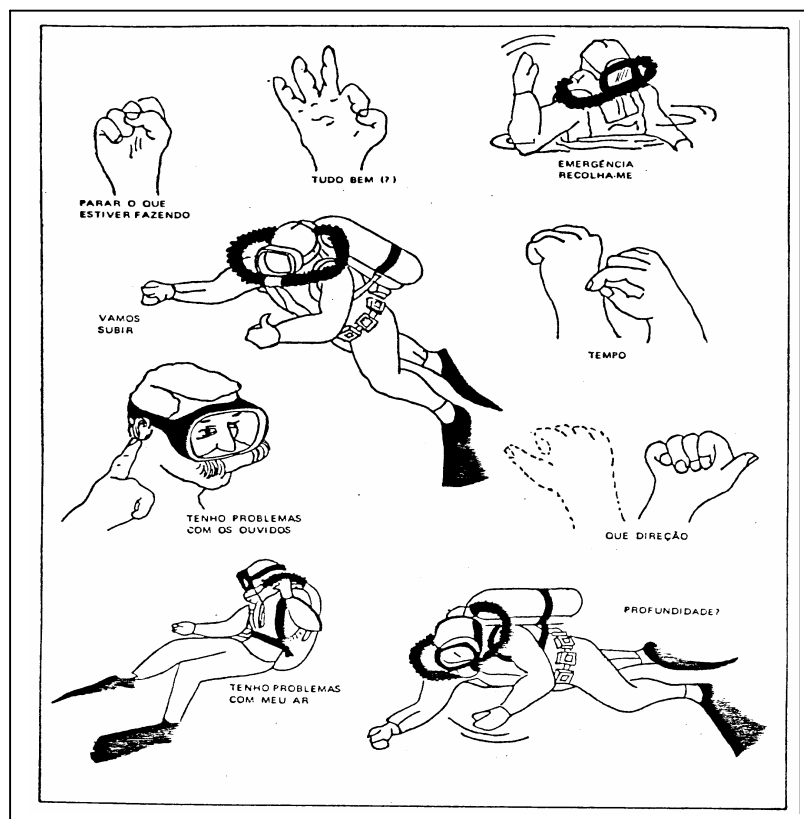


Fig. 3-21A

Sinais Manuais

com a outra mão;

- o dupla após duas inspirações, oferecerá o seu bocal ao companheiro, que pegando a mão (não o bocal), expirará a fim de expelir a água do equipamento ou desalagará a válvula comprimindo o respectivo botão de desalagamento, após o que inspirará normalmente; e
- cada mergulhador deverá respirar duas vezes e passar o bocal ao companheiro. Após estabelecer um calmo regime de trocas, deverá ser iniciada a subida. Nesta ocasião, obviamente, tem-se que exalar de maneira adequada. Se ocorrer enrasque ou situações que exijam o abandono do equipamento, soltar o cinto de pesos e os tirantes, acionar o colete salva-vidas e subir.

A troca de bocal é um procedimento de emergência que deverá ser praticado e todo mergulhador deverá estar familiarizado com o mesmo.

Os demais procedimentos de emergência são descritos no capítulo 9.

i) Voltando à superfície

Quando chegar o momento de retornar a superfície, ambos os mergulhadores sinalizarão o fim do mergulho. Quando o sinal tiver sido compreendido, eles iniciarão juntos a subida.

O fim do mergulho poderá ser caracterizado por duas situações: um retorno normal à superfície ou uma subida de emergência. O primeiro caso deverá ser conduzido numa razão de subida de 9 metros (30 pés) por minuto. Para melhor controle, deverá ser realizada a subida ao longo de um cabo de fundo e os mergulhadores deverão estar cientes de suas eventuais paradas, embora, como já foi dito, mergulho com descompressão utilizando esta técnica deverá ser evitado. O instante de deixar o fundo será determinado pelo limite do tempo de fundo permitido para a máxima profundidade do mergulho ou será obrigatoriamente marcado pelo acionamento da reserva por qualquer um dos mergulhadores da dupla; o que ocorrer primeiro.

Quando estiverem subindo, os mergulhadores deverão observar os objetos nas re-

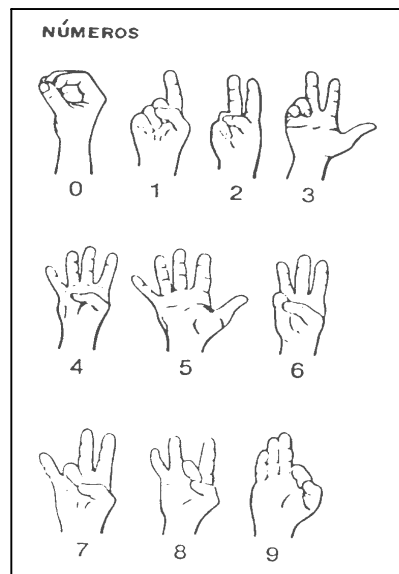


Fig. 3-21B

Sinais Manuais (Continuação)

dondezas, particularmente os flutuantes na superfície e manter um braço esticado verticalmente para evitar colisão com qualquer objeto.

Uma infinidade de situações poderá determinar uma subida em emergência. Uma falha inesperada do equipamento, um mergulhador com problemas de saúde, uma intoxicação, um ferimento e variações severas nas condições ambientais são exemplos desses determinantes. No caso do suprimento de ar continuar normal, o problema é minorado, devendo a dupla iniciar a subida na razão citada. Dependendo da gravidade da situação, poderá ser inflado o colete salva-vidas oralmente (preferível) ou pela ampola de emergência, caso em que, o controle da subida será prejudicado. Diante de um companheiro com distúrbios respiratórios ou inconsciente, uma cuidadosa avaliação deverá preceder a decisão do mergulhador em inflar o colete do dupla. O perigo da SHP estará presente e é necessário fazer exalar antes da subida e manter afastada a hipótese de afogamento, o que implicará em manter estreita observação da vítima e suas bolhas, com compressão do tórax se necessário, assim como evitar o alagamento das vias respiratórias durante a subida e na superfície. O pronto apoio da superfície será decisivo. Se ocorrer tonteira ou desorientação espacial, os mergulhadores deverão seguir as bolhas.

j) Chegando à superfície

Chegando à superfície, os mergulhadores deverão estar certos de que não estão sob o casco da embarcação de apoio ou sob outros objetos. Deverão prestar atenção ao som de propulsores (hélices em movimento, motores) de embarcações e navios e atrasar a chegada até estarem certos de que não correm perigo.

Na superfície deverão procurar em todas as direções e localizar a sua plataforma de apoio, outros mergulhadores e qualquer embarcação que estiver aproximando-se. Se os mergulhadores não estiverem sendo avistados por sua equipe, deverão alertá-los usando apito, pirotécnicos ou sinalizadores luminosos. Eles também deverão inflar oralmente o colete salva-vidas, respirar pelo *snorkel* (caso necessário) e descansar enquanto aguardam o recolhimento.

3.8 - APÓS O MERGULHO

Problemas fisiológicos poderão ser mascarados por algumas horas após o mergulho. O supervisor e os demais membros da equipe deverão estar permanentemente alerta quanto a esta possibilidade. Por esta razão, os mergulhadores deverão ser mantidos em observação o

maior tempo possível pelo supervisor.

Se as suas condições físicas forem satisfatórias, a primeira tarefa dos mergulhadores após o mergulho será inspecionar o seu equipamento e retirá-lo da área onde está sendo realizada a faina de mergulho.

O supervisor deverá, o mais breve possível, interrogar os mergulhadores quanto ao trabalho que foi realizado, enquanto todos os detalhes do mergulho estão frescos em suas mentes. O supervisor deverá decidir, mediante as informações recebidas, se o trabalho foi completamente realizado, se o planejamento da operação necessita ser alterado, tomará conhecimento dos problemas encontrados e ouvirá as sugestões para o próximo mergulho.

3.9 - MERGULHO SOLITÁRIO

A única situação em que será permitido o mergulho solitário é aquela em que se usa uma linha de vida.

Quando o mergulhador estiver utilizando linha de vida ou cabo de ligação com o dupla, alguns pontos básicos deverão ser obedecidos:

- o cabo não deverá ficar folgado;
- deverão ser utilizados os Sinais Padrão de Mergulho para comunicação;
- todo sinal deverá ser imediatamente entendido e devolvido;
- a cada três minutos, o Guia deverá dar um puxão na linha de vida para saber se o mergulhador está “Ok!”. Este devolverá o sinal;
- o mergulhador deverá estar ciente da possibilidade de enrasque ou degola da linha de vida ou cabo de ligação.
- o supervisor deverá acompanhar o posicionamento dos mergulhadores observando as bolhas de ar soltas pelo seu equipamento ou a bóia de acompanhamento.

3.10 - TREINAMENTO INDIVIDUAL PARA A OPERAÇÃO

A formação e o adestramento dos mergulhadores militares seguem uma programação que envolve além da parte teórica indispensável, a seguinte seqüência de exercícios a qual deverá ser, também, praticada pelas Organizações Militares Específicas de Mergulho (OMEM):

- alagar e desalagar a máscara. Inflar colete oralmente na superfície;
- natação equipada com máscara, respirador, colete e nadadeiras;
- prática de mergulho livre;
- adaptação ao equipamento em tanque ou piscina. Troca de bocal, equipar e desequipar

- no fundo;
- realizar trabalhos práticos, montagem e desmontagem de flanges, conexões e tubulações em ambiente controlado;
 - passar por teste de piscina no qual se avalia o comportamento da dupla diante de condições adversas, muito próximas das que ocorrem numa arrebentação. Esse teste, com a severidade com que se aplica na Marinha, só deverá ser conduzido por instrutores do CIAMA, pois caso mal aplicado poderá gerar uma SHP ou levar o mergulhador ao afogamento; e
 - mergulhos em mar aberto.

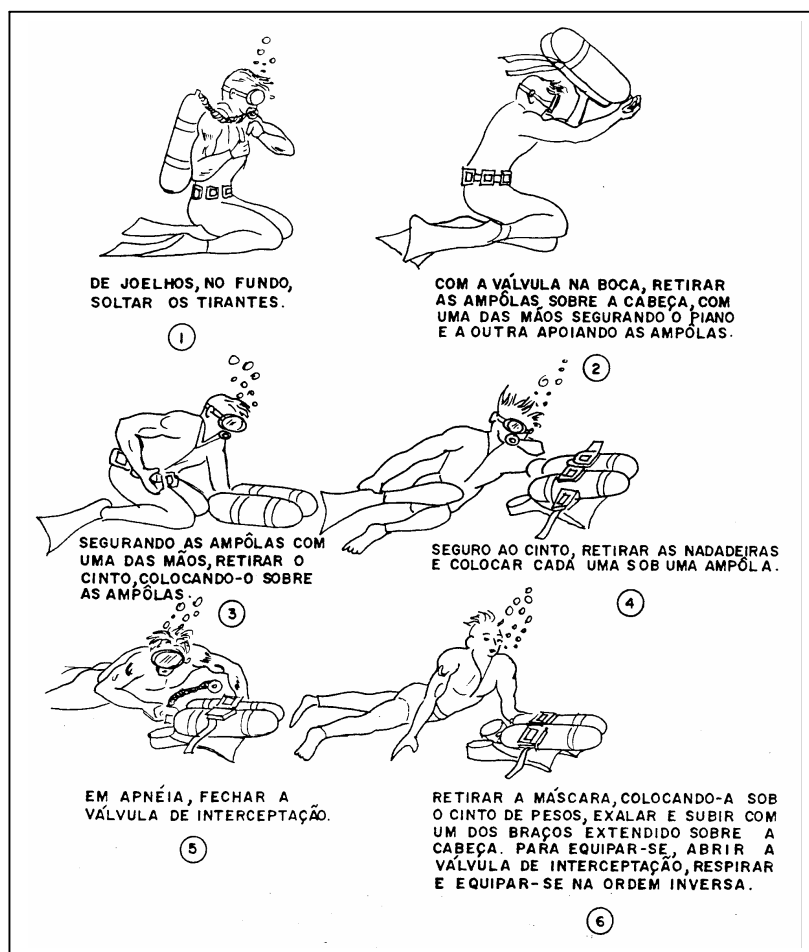


Fig. 3-22

Desequipar e equipar no fundo

3.11 - MANUTENÇÃO

Cada mergulhador é responsável pela imediata manutenção do seu equipamento após o mergulho. Os equipamentos de mergulho deverão ser tratados com cuidado, cum-

prindo-se os procedimentos preconizados pelo fabricante. Algumas regras gerais, entretanto, deverão ser seguidas, principalmente após cada mergulho.

3.11.13 - Válvula Reguladora de Mangueira Única

Após sair da água, o mergulhador deverá fechar a válvula de interceptação do cilindro (registro) e purgar o segundo estágio, de modo a aliviar a pressão e permitir a retirada do primeiro estágio. Colocar imediatamente a peça de proteção da admissão (capuchana), a fim de impedir que se molhe o seu interior. Lave o primeiro estágio com água doce. Em seguida lave o segundo estágio por fora e por dentro com jatos de água doce. Simultaneamente acione o botão de purga a fim de evitar que neste local permaneça qualquer resíduo de sal. Após a lavagem e posta para secar à sombra, a válvula deverá ser guardada em local fresco e arejado. É conveniente que se coloque talco virgem nas peças de borracha.

3.11.14 - Cilindro

Nunca deixe o cilindro completamente vazio. Assim evitará que o cilindro seja contaminado por outros gases e não permitirá o ingresso de água. O ideal é que o cilindro permaneça com uma pressão de 10 a 20 psi. Seu armazenamento deve ser na posição vertical.

3.11.15 - Coletes

Após o mergulho o colete deve ser lavado por fora e por dentro. Abra a válvula de segurança com cuidado para não perder as peças móveis, encha com um pouco de água doce, feche, infle-o oralmente e faça movimentos aleatórios de modo a “lavar” o colete internamente. Escoe a água pela mangueira corrugada. Infle novamente o colete a 30% de sua capacidade a fim de não deixar que suas bolsas internas (pulmões) fiquem coladas. Seque à sombra.

3.11.16 - Roupas, máscara, nadadeira, faca e acessórios em geral

Lave com água doce em abundância, lubrifique as peças de metal (lâmina das facas) e deixe secar à sombra.

3.12 - TESTE HIDROSTÁTICO

Antes da realização do teste hidrostático, que devem ocorrer a cada cinco (5) anos, as ampolas devem ser limpas da seguinte forma:

- remova o plano de válvulas da ampola;
- pela sua abertura (gargalo) introduza uma mistura de 5 litros de areia grossa e 2 a 3 li-

tros de água doce;

- com esta mistura dentro role a ampola durante uma hora, ou até que fique limpa de incrustações e borra;
- enxague com uma solução de água morna e detergente neutro; e
- lave repetidamente com água doce.

3.12.13 - O teste

Consiste em submeter a ampola cheia d'água a uma pressão de (1,5) uma vez e meia a pressão nominal da mesma e a sua dilatação não deve exceder a 10% (dez por cento) da leitura sob carga.

3.12.14 - Leitura

Sabendo-se que a água é incompressível e estando o aparelho de teste cheio d'água e a ampola também, ao ser dada pressão no sistema, a dilatação da ampola será lida na escala (é feita então a leitura sob carga) ao ser desligada a bomba o material tende a voltar ao repouso inicial mais isso não acontece totalmente, (é feita então a leitura em repouso) essa leitura não deve ultrapassar a 10%, caso isso ocorra a ampola esta condenada.

As ampolas de aço e alumínio devem ser submetidas a teste hidrostático de acordo com as normas da ABNT.

3.12.15 - Pressões de Carga

As ampolas de aço 150 kgf/cm² ou 2.250 psi.

Ampolas de alumínio 200 kgf/cm² ou 3.000 psi.

3.12.16 - Pressões de teste

Ampolas de aço 225 kgf/cm² ou 3.375 psi

Ampolas de alumínio 300 kgf/cm² ou 4.500 psi

3.12.17 - Válvula de reserva

É recomendada a manutenção periódica dessa válvula, pois com o seu constante uso torna-se fraca e muitas vezes inoperante. No carregamento deve-se ter atenção em mantê-la aberta (alavanca para baixo).

A pressão em que a reserva atua é 500 psi ou 34 Kg/cm² (este valor pode variar dependendo do seu tempo de uso, conforme descrito acima).

3.13 - INSPEÇÃO VISUAL

A inspeção deve ocorrer anualmente para cilindros que são recarregados até 5 vezes por semana, que é um bem razoável para as operações de mergulho na MB. Caso o cilindro seja recarregado até 10 vezes em uma mesma semana, a inspeção deverá ser realizada a cada 4 meses. Para recargas mais freqüente que esta última, recomenda-se uma inspeção mensal.

Independente das inspeções rotineiras os cilindros devem ser inspecionadas sempre que:

- houver suspeita de contaminação.
- forem expostos a temperaturas elevadas.
- forem detectados sinais de mau funcionamento da válvula de interceptação.
- ficar sem ser utilizado por períodos maiores que seis meses.
- houver dano ao exterior
- o selo de segurança for rompido.
- houver barulho dentro do cilindro.
- o ar apresentar cheiro e/ou gosto ruins.
- não houver um histórico sobre o cilindro.

Serão necessários uma lâmpada fria do tipo cilíndrica, espelho com haste (dentista), lente de aumento, lixa d'água e escova de aço.

Ao retirar o registro, examine os fios de rosca do gargalo procurando por fissuras, resíduos e danos aos fios. Um número aceitável de fios de roscas intactas para cilindros que operam a uma pressão de 3000 psi é 8 fios contínuos.

Em se tratando de cilindros de alumínio pode ser necessária a remoção do óxido na região do gargalo causada pelo alto nível de eletrólise devido à diferença de material (latão cromado do registro e liga de alumínio do cilindro). Remova as incrustações da rosca utilizando uma lixa d'água e internamente na rosca com o auxílio de uma escova de aço. Observe o interior da ampola procurando por umidade, óleo, pontos de oxidação (*pitin*), oxidação acentuada e odores.

Caso sejam detectados grande quantidade de pontos de oxidação ou uma oxidação acentuada, é aconselhável que o cilindro seja encaminhado para uma inspeção por ultra-som a fim de mapear a área comprometida e seja obtida uma medida precisa da espessura da parede do cilindro.

Qualquer sinal de comprometimento da ampola, a mesma deverá ser submetida a um tes-

te hidrostático.

Antes recolocar o registro ao final da inspeção, aplique no gargalo do cilindro uma pasta antieletrólise (Dow Corning 111 ou equivalente para ar respirável ou misturas hiperoxigenadas).

Anote na ficha da ampola as inspeções realizadas e sua avaliação.

CAPÍTULO 4

BUSCAS SUBAQUÁTICAS

4.1 - INTRODUÇÃO

A localização de objetos sob a superfície das águas representa muitas vezes a parte mais difícil de uma faina de mergulho. Entretanto, a compreensão desse fato não é muito difundida, principalmente entre o pessoal não mergulhador. As falsas imagens adquiridas dos filmes e revistas de ficção, o desconhecimento das dificuldades da orientação subaquática, a redução do campo visual, entre outros fatores, levam o leigo a formar uma idéia distorcida do problema, fazendo com que, freqüentemente, proponham ou determinem tarefas inexecutáveis.

Uma operação que envolva a localização de objetos deve, pois, ser cuidadosamente planejada e seu encarregado deve apresentar à autoridade interessada um quadro realista da situação e de sua problemática.

4.2 - FATORES CONDICIONANTES

Uma série de fatores influi no grau de dificuldade de uma busca subaquática. Vejamos alguns deles:

4.2.1 - Dimensões do Alvo

Quanto maior o alvo, mais fácil será sua localização. Objetos de grandes dimensões permitem o emprego de diversos meios para localizá-lo como sonares, detectores magnéticos aerotransportados ou portáteis, garatéias, etc.

Pequenos objetos implicam normalmente em indicações muito precisas e, eventualmente, trabalhos do tipo garimpo.

4.2.2 - Mobilidade do Alvo

Ser o alvo estático ou derivante influi muito no planejamento da busca.

Um alvo estático terá sua busca centrada em um ponto em torno do qual irá sendo expandida.

Para alvos derivantes é preciso estabelecer um “datum”. O datum é a última posição conhecida do alvo. Para se determinar o ponto de início da busca, deverão ser considerados fatores como corrente, vento, efeitos do movimento da água sobre um objeto semelhante ao alvo e natureza do fundo. Por exemplo: suponhamos que o alvo é o corpo de um afogado, desaparecido em um dado local em uma dada hora. Se a

correnteza no local é na direção Leste e um mergulhador colocado à deriva no fundo é arrastado com uma velocidade de um nó, podemos esperar que a posição do alvo quatro horas depois, seja a quatro milhas a leste do ponto do acidente.

Para objetos derivantes, é muitas vezes preferível estabelecer uma barreira a jusante, inclusive usando redes de pesca ou similar.

4.2.3 - Correntada

Além de influir no comportamento de objetos derivantes, influi também sobre o mergulhador. Poderá facilitar uma busca, reduzindo o esforço ou dificultá-lo criando suspensão ou enterrando o alvo.

A visão é o sentido mais eficiente em uma busca subaquática, já que permite classificar qualquer contato, isto é, permite uma identificação positiva do alvo (desde que a água seja suficientemente transparente).

Em águas de boa transparência, a procura pode ser realizada da superfície ou até por aeronaves, varrendo-se grandes áreas em pouco tempo.

Os fatores que afetam a visibilidade subaquática são as partículas em suspensão e a intensidade da luz. Eventualmente pode-se corrigir a falta de luz com o auxílio de iluminação artificial, mas a suspensão é difícil de ser eliminada.

Em uma busca visual, deve-se estabelecer a visibilidade em termos de distância e, assim, determinar a largura de varredura, que nada mais é do que a distância que a vista alcança para os dois lados do observador. Por exemplo, se a visibilidade da água é de 5m, um mergulhador verá objetos distantes até 5m para cada lado, isto é, sua largura de varredura será igual a 10m. Utilizando mais de um mergulhador, as larguras de varredura devem se sobrepor a fim de se evitar que esta área não seja varrida motivada pelo afastamento de um dos mergulhadores.

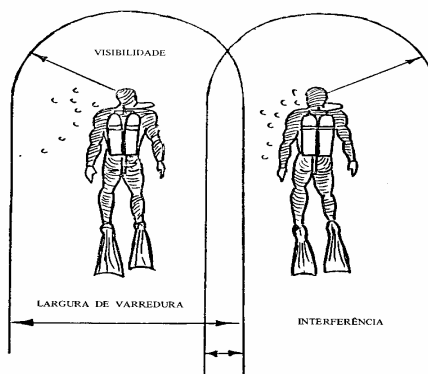


Fig. 4-1

Largura de
varredura

4.2.4 - Extensão da área de busca

Quanto maior a área de busca, maior quantidade de recursos terá que ser empregada e/ou maior velocidade de procura deverá ser imprimida. Normalmente uma área muito extensa implicará no uso de sensores acústicos, magnéticos ou de veículos submarinos, rebocados ou não.

4.2.5 - Profundidade do local

A profundidade influi no tempo disponível para a busca com mergulhadores, na visibilidade e na precisão do centro de busca.

Equipamentos com controle remoto devem ser considerados para profundidades em que o mergulho se torne por demais oneroso ou inviável.

4.2.6 - Natureza do fundo

A ténia pode afetar a visibilidade por oferecer pouco contraste com o alvo, cobri-lo com facilidade (lama), ou por favorecer a suspensão de partículas.

4.2.7 - Demarcação de Alvos

Conhecedor das dificuldades que uma busca subaquática representa, o mergulhador deve tentar eliminá-las, demarcando os alvos sempre que possível. Essa situação ocorre, em geral, quando o mergulhador percebe a iminência da perda de um objeto ou o localiza fortuitamente.

A seguir são listados alguns procedimentos mais comuns.

a) Bóias de Arinque

Se o mergulhador localiza um alvo ou presencia o seu afundamento em um dado ponto, poderá marcar o local com uma bóia de arinque. Naturalmente, a bóia marcadora poderá ser improvisada com os recursos disponíveis usando-se, de preferência, objetos com cores bem visíveis ou até iluminados.

Se as bóias devem permanecer por longo tempo no local, a demarcação por outros métodos é também recomendável, pois é comum seu desaparecimento.

No reboque ou transporte de objetos com probabilidade elevada de afundar, deve-se sempre ter prontas poitas e arinques com cabos adequados às profundidades de trânsito.

b) Alinhamentos

Um dos métodos mais precisos para demarcar objetos no fundo é o alinhamento visual. Dependendo dos pontos escolhidos para alinhar, sua precisão pode ser da ordem de fração de metro.

Procede-se da seguinte maneira:

- Toma-se posição na superfície exatamente sobre o alvo. Caso haja correntada, deve-se prender um cabo ao alvo para garantir a posição;
- Observam-se dois pontos notáveis alinhados com o mergulhador, isto é, o mergulhador deverá vê-los superpostos. Quanto mais afastados entre si forem os pontos, maior será a precisão.
- Observa-se outro alinhamento a cerca de 90^0 do primeiro.
- Anotam-se os alinhamentos.

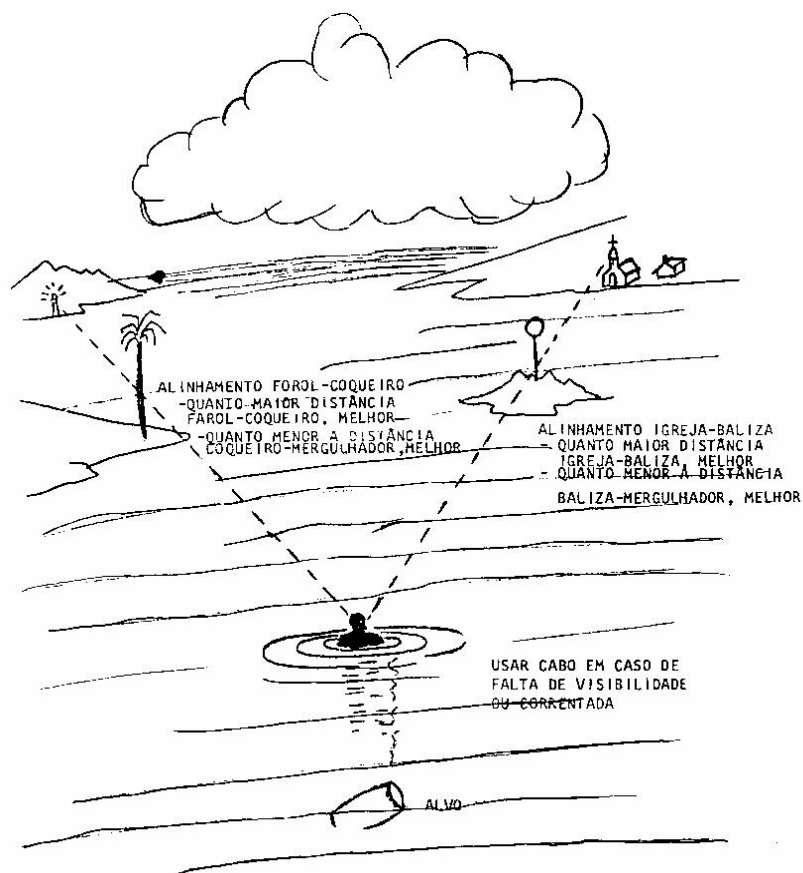


Fig. 4-2 - Alinhamentos

c) Uso de emissores, respondedores ou refletores acústicos

Objeto cujo valor justifique o emprego desses equipamentos poderá ser demarcado acusticamente. Este método é muito utilizado na demarcação de “cabeças de poços” petrolíferos, de armas submarinas para exercício ou na localização precisa de alvos em grandes profundidades.

Os emissores consistem basicamente em um gerador sônico ou ultra-sônico de ruídos que permitem a localização de objetos aos quais estejam fixados. Isso é feito determinando-se a direção da emissão pela audição ou por receptores especiais.

Os refletores e os respondedores refletem o sinal de um transmissor ou emitem uma resposta ao recebê-lo.

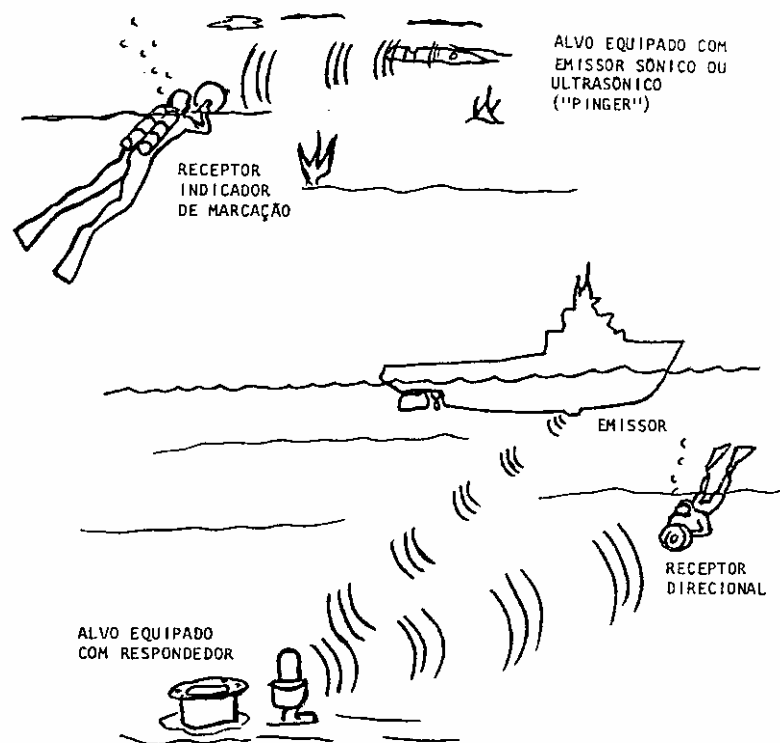


Fig. 4-3 - Uso de emissores acústicos

4.3 - MÉTODOS DE BUSCA

As buscas de alvos submersos cobrindo áreas extensas a grandes profundidades são executadas através de grandes operações, em geral coordenadas por autoridades a nível de Comando de Distrito Naval. São complexas e envolvem uma grande quantidade de recursos, sendo tratadas em outras publicações Navais.

Assim, podemos classificar os métodos mais usados em dois grupos:

- buscas realizadas sem emprego direto de mergulhadores.
- buscas com mergulhadores.

4.3.1 - Buscas sem emprego direto de mergulhadores

A vantagem de empregar ou não mergulhadores dependerá da situação, como será discutido posteriormente. Entretanto, o tempo de mergulho deve sempre ser observado como uma parte valorizada da operação e sua redução considerada como uma boa norma. Assim, dentre os métodos utilizáveis para conseguir essa redução, podemos relacionar os seguintes:

a) Métodos Visuais

I) Busca de indícios na superfície

A localização de indícios na superfície poderá facilitar bastante a busca. Assim, por exemplo, o óleo liberado por uma embarcação afundada pode levar à sua localização com relativa facilidade (Figura 4-4).

II) Varredura visual do fundo

Em águas de boa transparência e profundidade limitada, pode-se executar a busca varrendo-se visualmente o fundo. Para isso, podem ser usados aeronaves, embarcações, embarcações com fundo de vidro, caixas transparentes, nadadores equipados com máscara, etc. O uso de embarcações é normalmente prejudicado pela ondulação provocada ou natural (o que recomenda postos de observação elevados). Nadadores na superfície tornam a busca muito lenta dependendo a área a ser coberta.. Busca com aeronaves pode ser prejudicada pelo reflexo da luz na superfície do mar, porém abrange grandes áreas em pequenos períodos de tempo (Fig. 4-5).

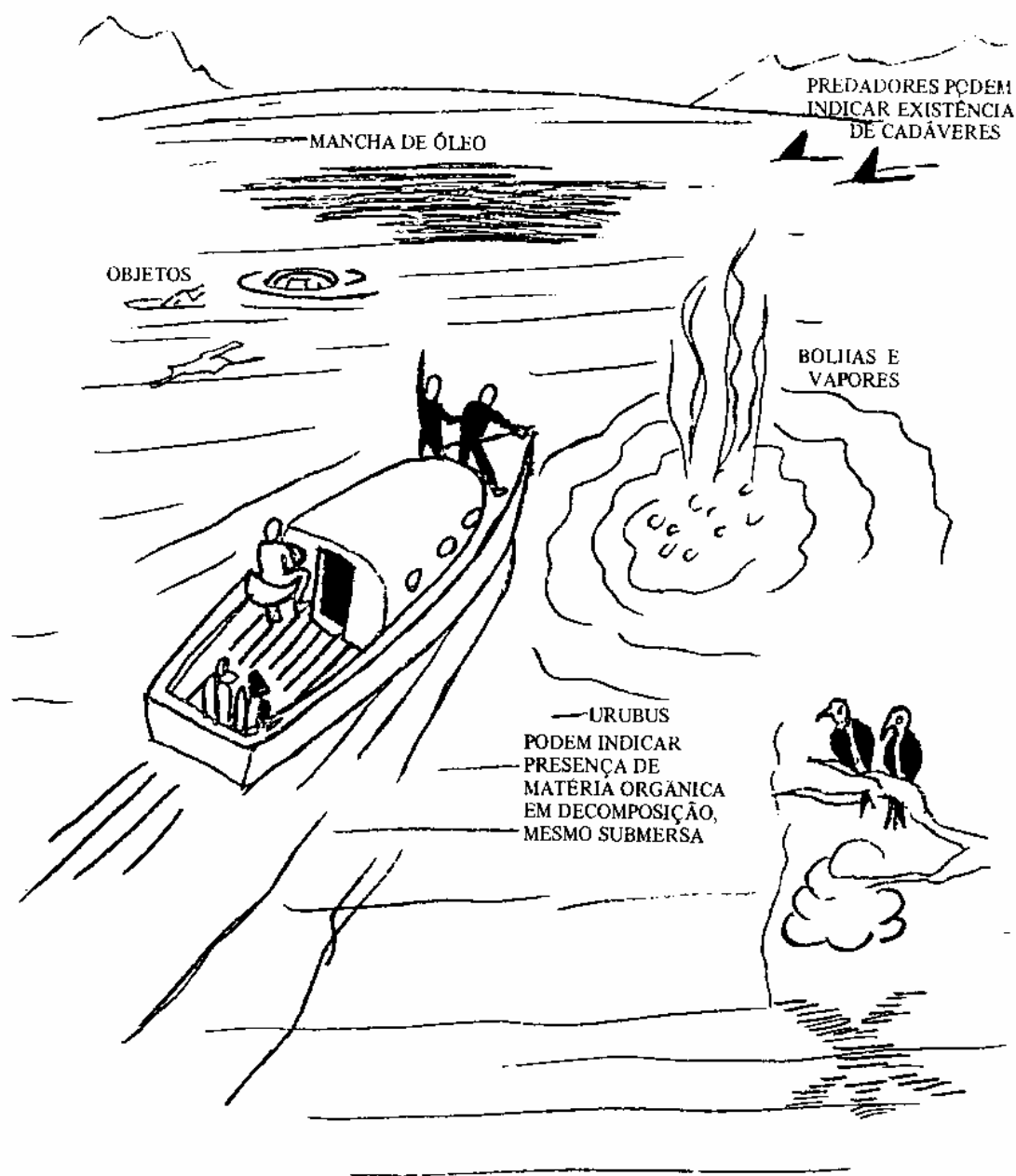


Fig. 4-4 Busca de indícios na superfície

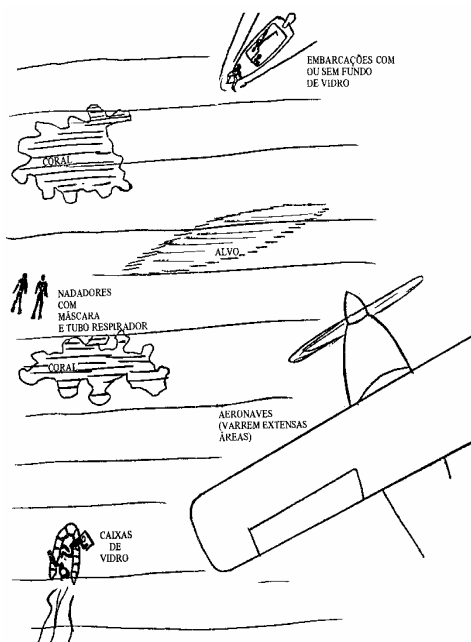


Fig. 4-5 - Métodos de busca visual do fundo

III) Varredura visual com TV submarina

Atualmente existem inúmeros veículos não tripulados equipados com TV submarina e outros sensores. Podem ser simplesmente rebocados ou podem ser controlados remotamente (ROV - *Remotely Operated Vehicle*) que lhes permitem movimentos precisos.

Esses equipamentos são utilizados em tarefas complexas permitindo recuperar objetos pesados ou em grandes profundidades.

Normalmente devem operar em águas com boa transparência, ainda que pouco iluminadas.

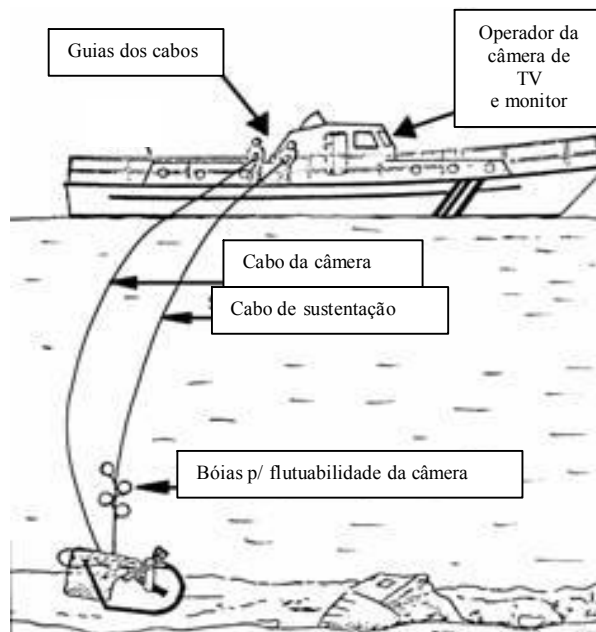


Fig. 4-6 TV submarina



*Fig. 4-7 ROV realizando busca de casco
sofocado*

b) Métodos Acústicos

I) Emprego de sonares de casco e ecobatímetro

O princípio de funcionamento desses equipamentos baseia-se na propagação e reflexão do som na água. Os sonares são capazes de localizar objetos relativamente grandes, tais como, cascos sofocados ou pedras, fornecendo sua

marcação e distância. As condições de temperatura, salinidade, profundidade, tipo de fundo, afetam seu desempenho, fazendo variar seu alcance e precisão.

Os ecobatímetros que só indicam a profundidade, podem ser usados nas buscas desde que a passagem sobre o alvo registre uma variação significativa de profundidade e a área seja de fundo regular. Existem modelos portáteis que podem ser usados em embarcações miúdas.

Sendo comum a existência de ambos os equipamentos nos navios de guerra, sempre se poderá cogitar o seu uso com o propósito de reduzir o emprego de mergulhadores, principalmente em buscas extensas de grandes alvos.

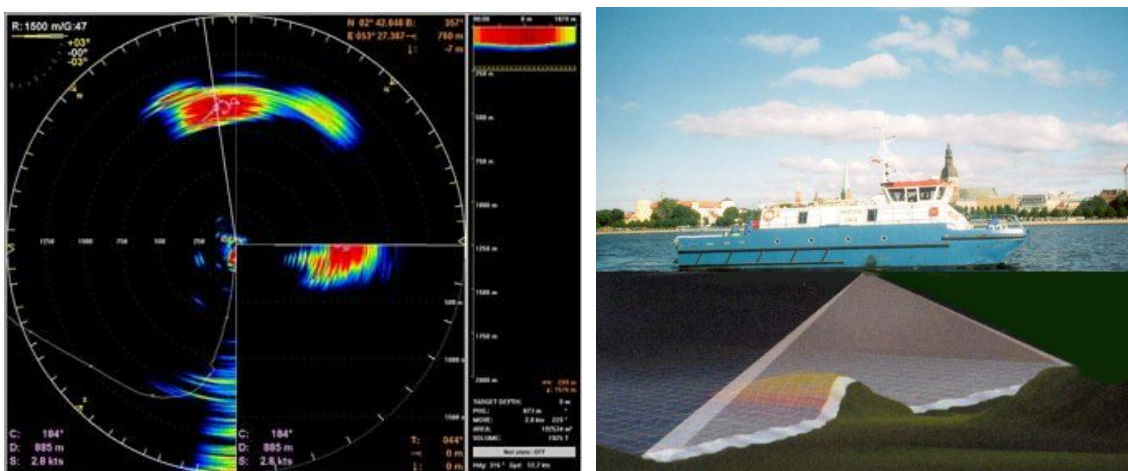


Fig. 4-8 - Display de um sonar e exemplificação de um sonar 3D

II) Emprego de sonares de varredura lateral

Esses equipamentos são sonares de alta resolução cujos transdutores são rebocáveis. Geralmente imprimem em papel a representação gráfica dos alvos com grande precisão, o que permite classificá-los mediante interpretação das figuras registradas. Normalmente possuem um elevado poder discriminador, isto é, são capazes de distinguir dois objetos muito próximos, mesmo que de pequenas dimensões. E geral seus alcances são da ordem de 500 m para cada lado e sua operação deve ser complementada por navegação de precisão.

A busca de objetos em áreas extensas com profundidades que permitam o seu uso e onde os fundos não sejam por demais sujos, indicam sua utilização.

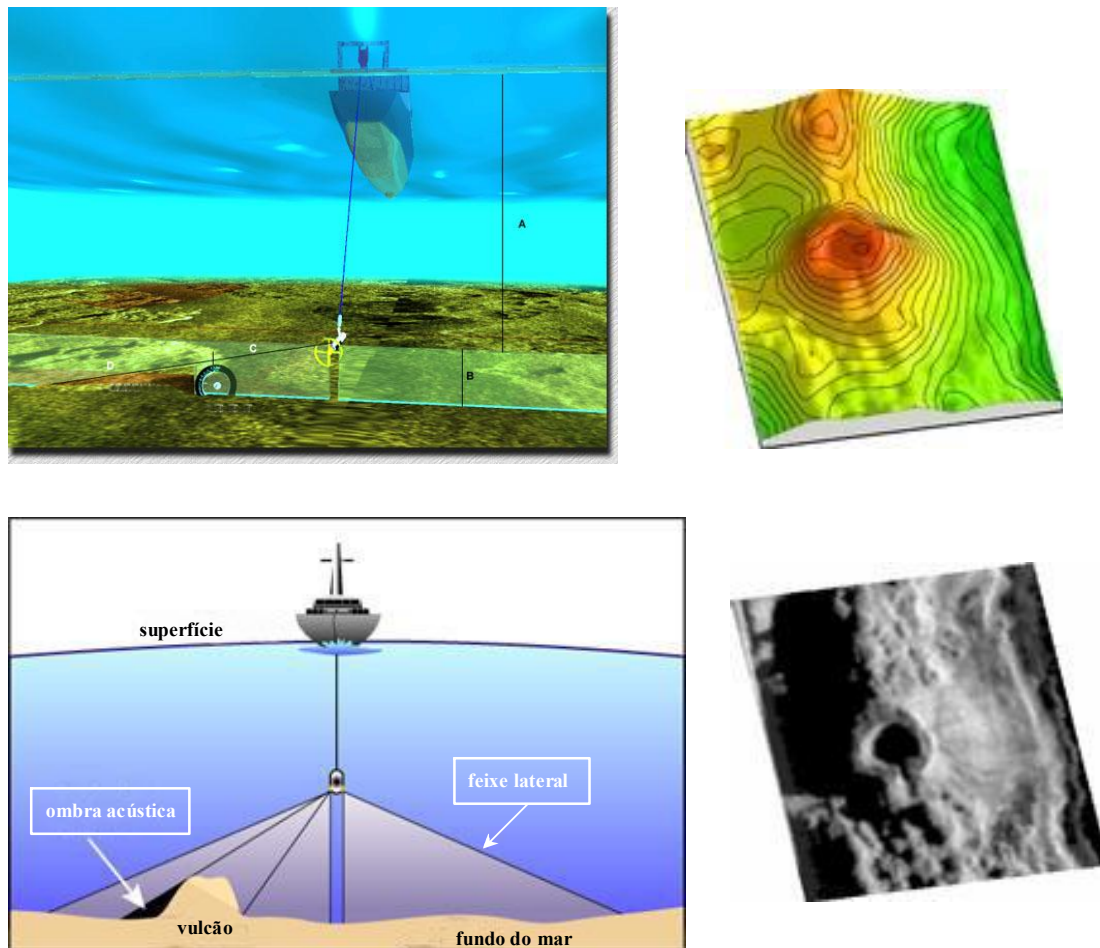


Fig. 4-9 - Utilização do sonar de varredura lateral e suas apresentações gráficas

c) Métodos Mecânicos

São as varreduras com garatéis, fateixas, cabos ou amarras, redes, etc. seu emprego dispensa maiores explicações e é ilustrado na Figura 4-10.

d) Métodos Magnéticos

A localização de objetos por meio de suas propriedades magnéticas baseia-se na detecção das perturbações magnéticas que essas propriedades causam no magnetismo terrestre local. Aparelhos especiais, os magnetômetros, registram essas perturbações, permitindo assim, a localização dos objetos.

Algumas aeronaves militares possuem esses sensores (MAD - *Magnetic Anomaly Detector*) para detecção de submarinos e para busca de grandes estruturas magnéticas (Fig. 4-11A, C e D).

Existem ainda detetores magnéticos comerciais rebocáveis para procura de objetos menores (Fig. 4-11B).

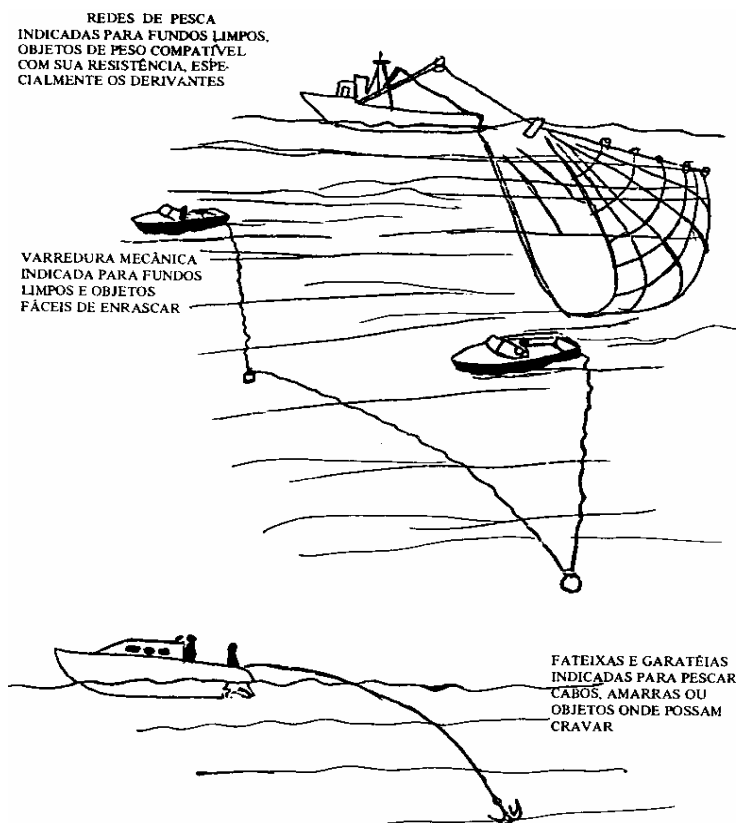


Fig. 4-10 Buscas mecânicas de superfície

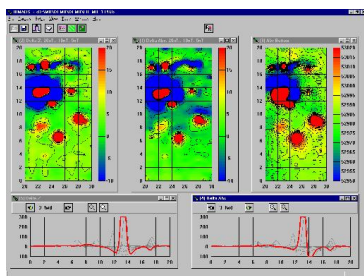


Fig. 4-11A, B, C e D - MAD rebocável por aeronave e embarcação, apresentação digital de anomalias magnéticas e MAD fixo de aeronave

4.3.2 - Buscas com Mergulhadores

As buscas com mergulhadores podem ser realizadas segundo os mesmos princípios daquelas em que os mesmos não são empregados. Não obstante ser, em geral, menor a extensão das buscas, podemos seguir a mesma seqüência adotada anteriormente a fim de estabelecer os tipos de busca adotados. Assim, teremos:

a) Métodos Visuais

É importante observar que os olhos são os principais sensores, entretanto, se a visibilidade é reduzida, a busca passa de visual a tátil, sem grandes alterações de procedimento.

Vejamos alguns métodos:

I) Busca circular com linha de distância

Aplicável a áreas pouco extensas, objetos praticamente imóveis e com poucos mergulhadores. O centro da busca consiste em marcar com uma poita e fixar a ela uma linha de distância (cabo) ao longo da qual serão distribuídos os mergulhadores. A distância entre eles será igual à largura de varredura (dobro da visibilidade).

A linha é girada em um sentido qualquer, cabendo ao mergulhador que está no extremo oposto à poita mantê-la esticada. Se o objeto não é localizado, muda-se o centro de busca, mantendo-se alguma interferência entre as áreas varridas. (Fig. 4-12)

II) Buscas orientadas

O mergulhador precisa de uma boa orientação no fundo para garantir uma varredura eficaz da área de procura. Para isso, poderá lançar mão de bússolas, linhas marcadoras ou outros artifícios. (Fig. 4-13)

III) Uso de veículos subaquáticos

Existe uma grande variedade de veículos rebocáveis ou auto-propulsados capazes de auxiliar uma busca visual. Sua grande vantagem consiste em ampliar bastante a área de busca, permitindo maior velocidade e menor cansaço ao mergulhador. Em geral, há necessidades de uma boa visibilidade para seu emprego. (Fig. 4-14)

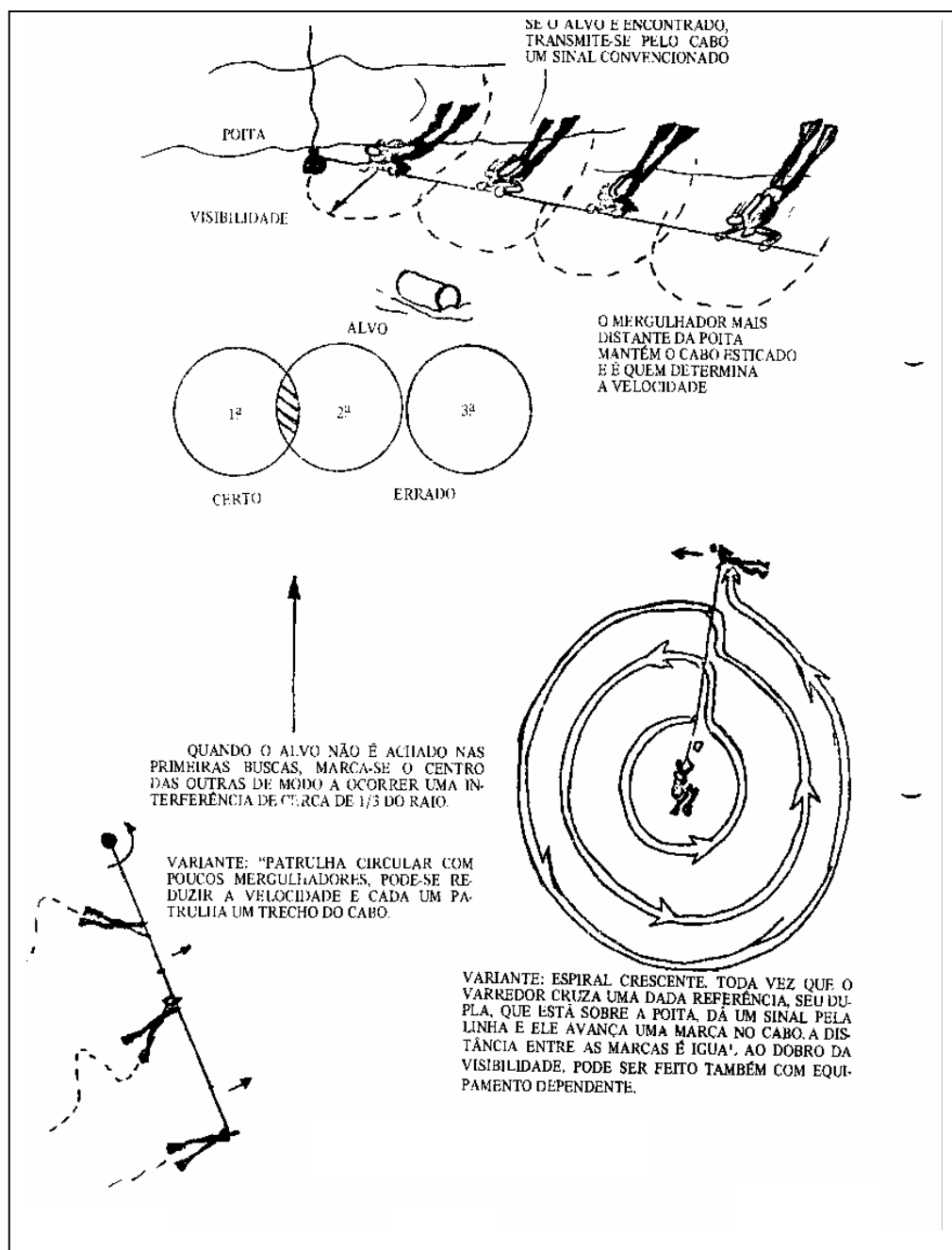


Fig. 4-12 – Busca circular com linha de distância

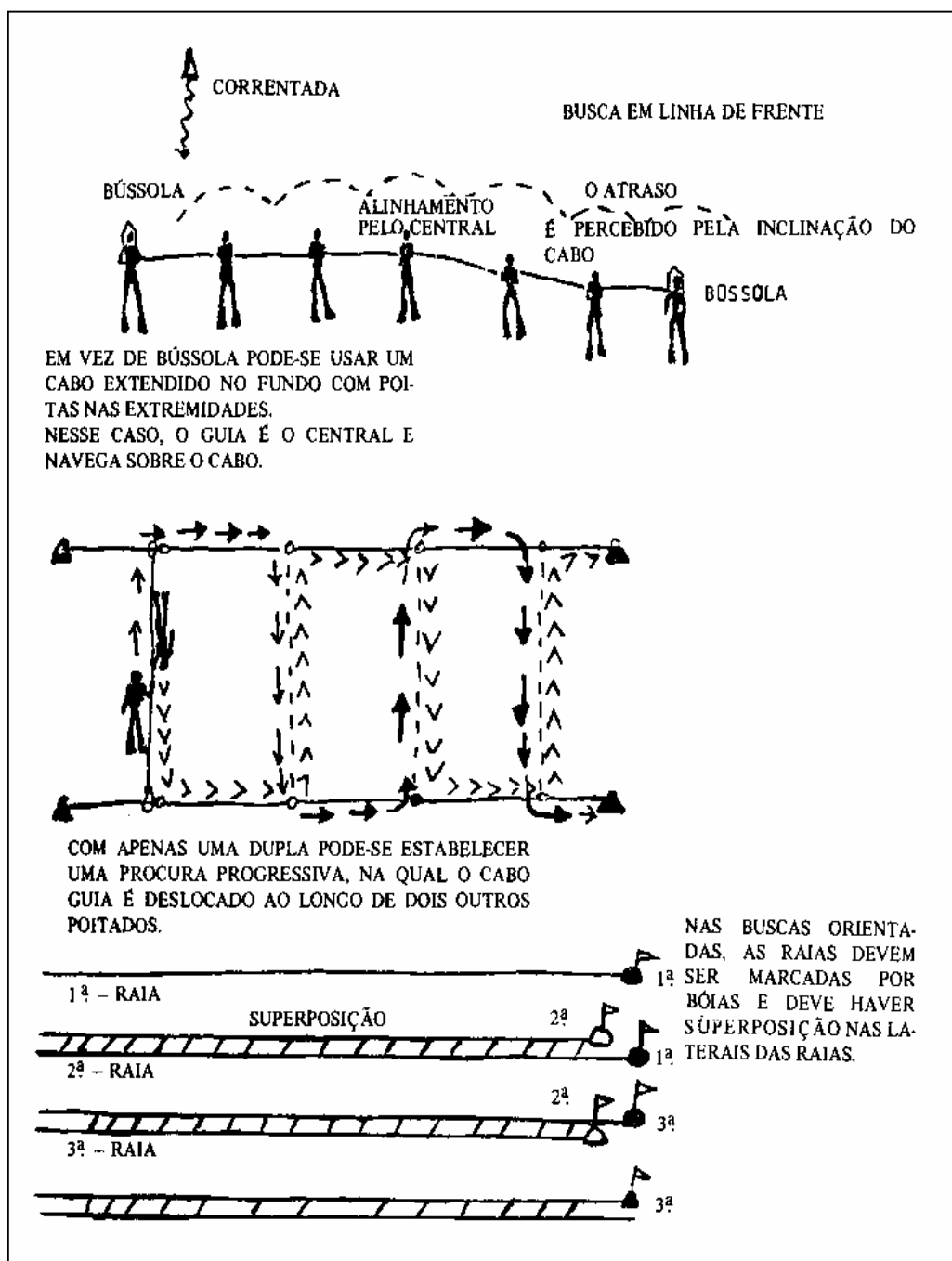


Fig. 4-13 – Buscas orientadas

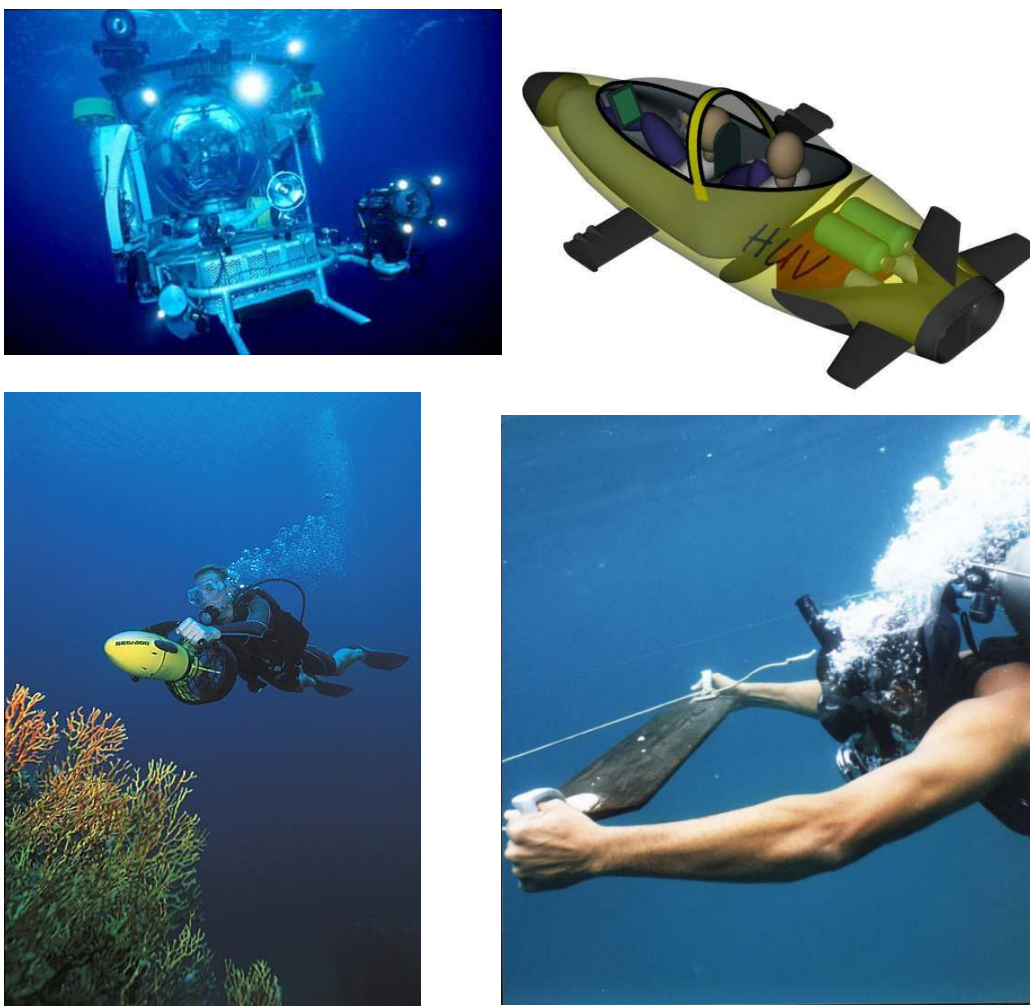


Fig. 4-14 – Veículos subaquáticos auto-propulsados e rebocado

Quando da utilização de aquaplano há um limite de velocidade de reboque a ser respeitado de acordo com a visibilidade do local:

VISIBILIDADE (metros)	VELOCIDADE (nós)
6	1,5
9	2
12	3
15	3,5
18	4

IV) Procuras em obras vivas de navios

Um caso particular de procuras visuais.

Muitas vezes é necessário buscar avarias ou, no caso militar, artefatos colocados pelo inimigo ao longo da carena dos navios. O procedimento a adotar varia com o número de mergulhadores disponíveis, a visibilidade, etc.

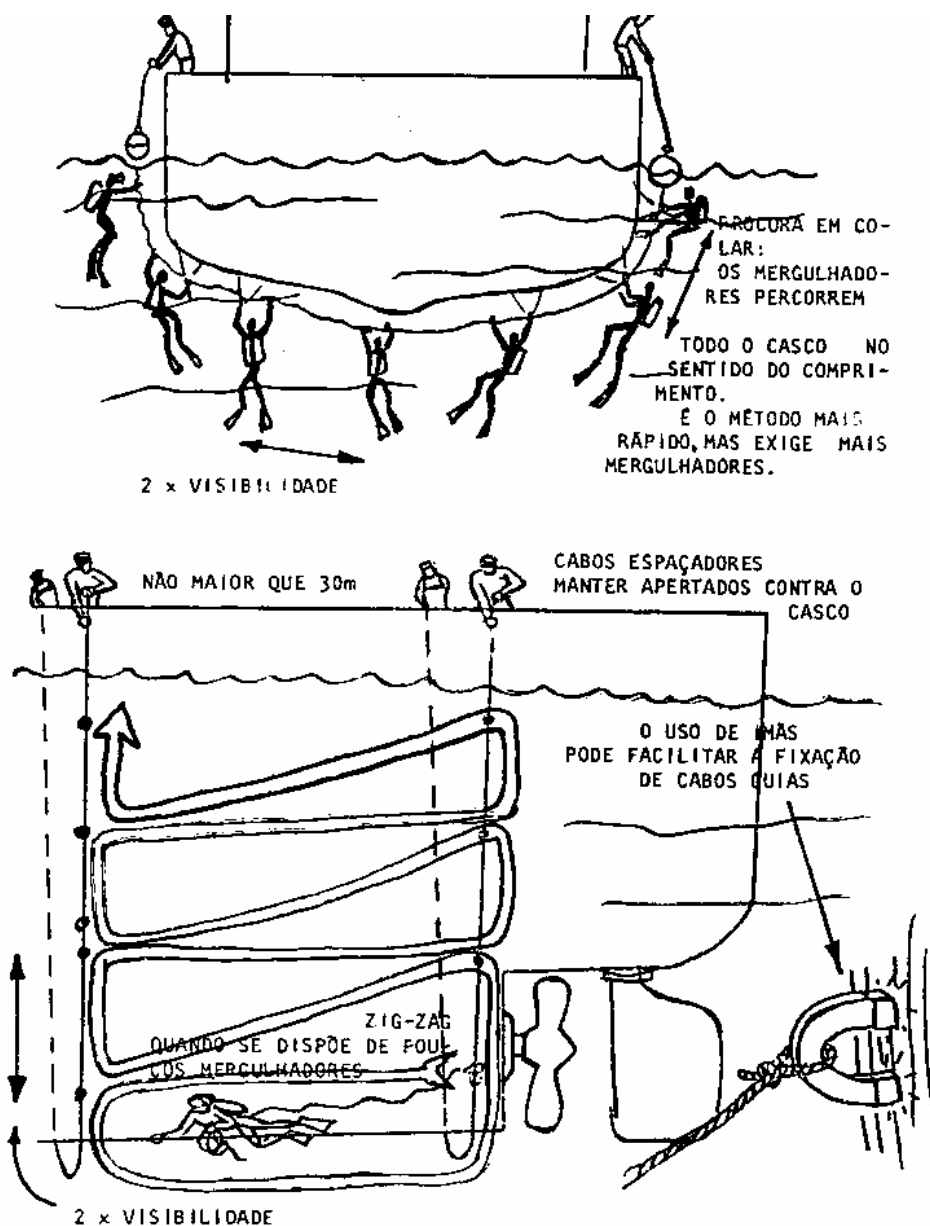


Fig. 4-15 – Procura em obras vivas

b) Métodos Acústicos

Também aqui poderão ser usados os sonares portáteis ou então receptores especiais para uso com emissores de sinal ou respondedores. Em geral, sua eficiência será reduzida nos fundos sujos, isto é, aqueles com grande número de obstáculos, naturais ou não.

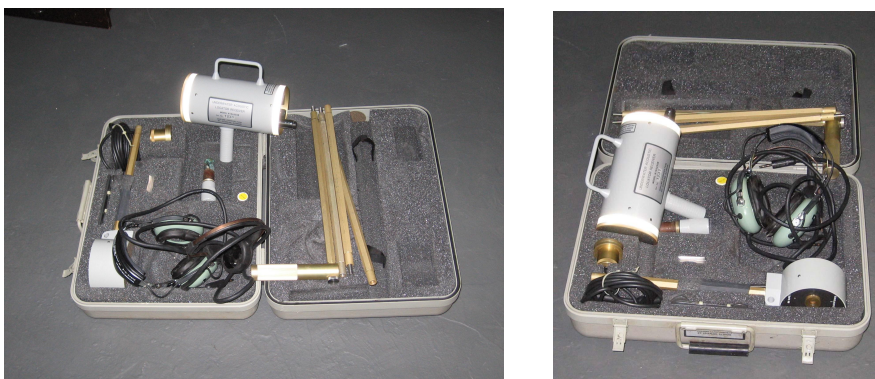


Fig. 4-16 – Receptor portátil com emissor de sinal

c) Métodos Magnéticos

Existem sensores portáteis comerciais baseados nas propriedades magnéticas dos alvos. Podemos também aí incluir sensores que, baseados em outras propriedades físicas da matéria, são capazes de detectar objetos metálicos para-magnéticos ou não magnéticos. Sua aplicação mais comum é a busca de metais a curta distância, em geral enterrados em lama ou areia.



Fig. 4-17 – Exemplos de detectores magnéticos

d) Métodos Mecânicos

São as varreduras. Para isso, são usados normalmente cabos e pesos e se aplicam, em geral, à busca de objetos nos quais tais cabos possam ficar presos.

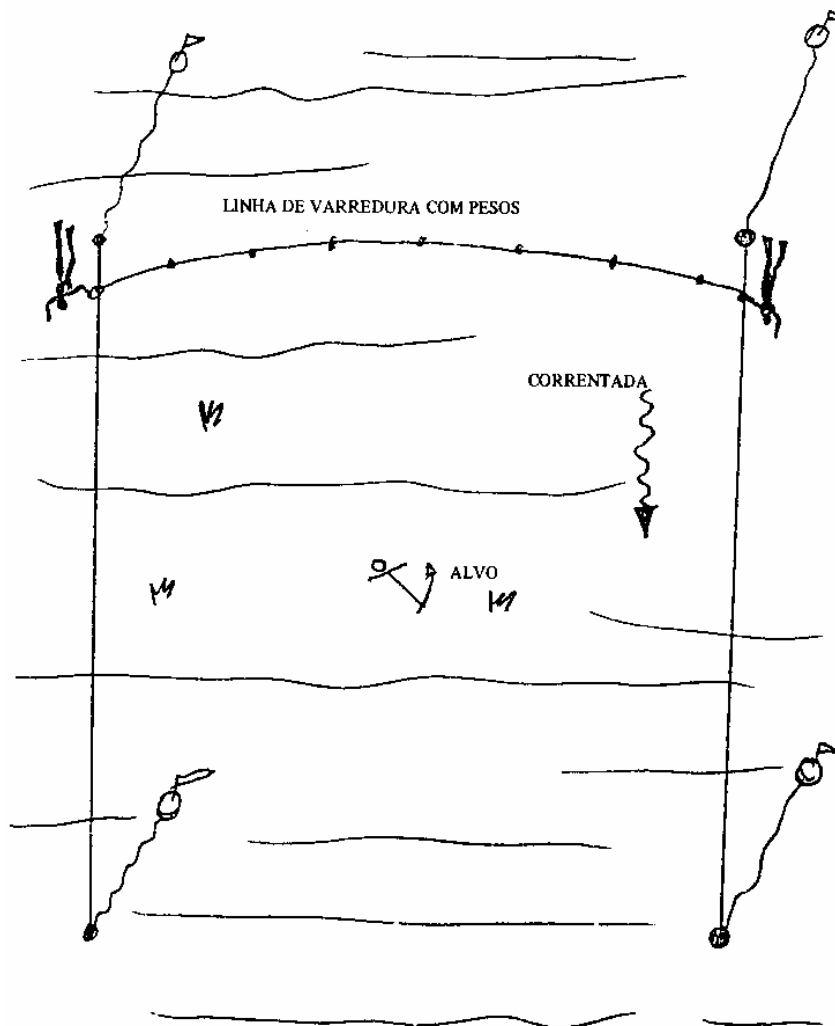


Fig. 4-18 – Varredura Mecânica

4.4 - SELEÇÃO DO MÉTODO DE BUSCA

Para selecionar o método de busca a ser empregado, é recomendável adotar o processo de exclusão, isto é, eliminar os métodos que não são aplicáveis.

Assim, suponhamos que se pretende localizar uma baleeira de fibra de vidro, em local onde a profundidade é de 15 m, com fundo de areia e cabeços de coral, visibilidade 5 m, pouca correnteza e área de busca com 50 m de raio.

Por eliminação, excluiremos a busca visual de superfície, já que a profundidade é maior que a visibilidade. Da mesma forma, seriam eliminadas as buscas acústicas e mecânicas, devido ao fato do fundo ser sujo (cabeços de coral). Como a área é relativamente pequena, não comportando bem a procura com veículos rebocáveis, fica-se restrito as buscas com mergulhadores. O critério para a seleção final ficará, então, em função do número de mergulhadores disponíveis usando-se a busca orientada em linha de frente com muitos homens, a circular (“patrulha” ou espiral crescente) e busca orientada progressiva ou em raias, no caso de poucos mergulhadores.

Pelo que vimos, uma operação de busca desenvolver-se-á na seguinte seqüência:

- Estabelecimento do “datum”, isto é, a última posição conhecida do alvo. A partir dela teremos que inserir as interferências de corrente, maré, vento e etc, a fim de corrigir esta posição para o início da busca;
- Seleção do método de busca em função das características do alvo e da área de busca; e
- Busca propriamente dita.

CAPÍTULO 5

DESCOMPRESSÃO

5.1 - INTRODUÇÃO

Quando se respira ar sob pressão, ao mesmo tempo em que o oxigênio é consumido no metabolismo, o nitrogênio, sendo inerte, difunde-se pelo sangue e pelos diversos tecidos do corpo. A quantidade de nitrogênio absorvido continuará a crescer, com diferentes velocidades para os diferentes tecidos, enquanto a pressão parcial do nitrogênio inspirado for maior que a pressão parcial do gás já absorvido. Conclui-se que a quantidade de nitrogênio absorvida aumenta com a pressão parcial do gás inspirado (**profundidade**) e com a duração do mergulho (**tempo**). Para melhor exemplificação analisemos a analogia feita na fig. 5.1.

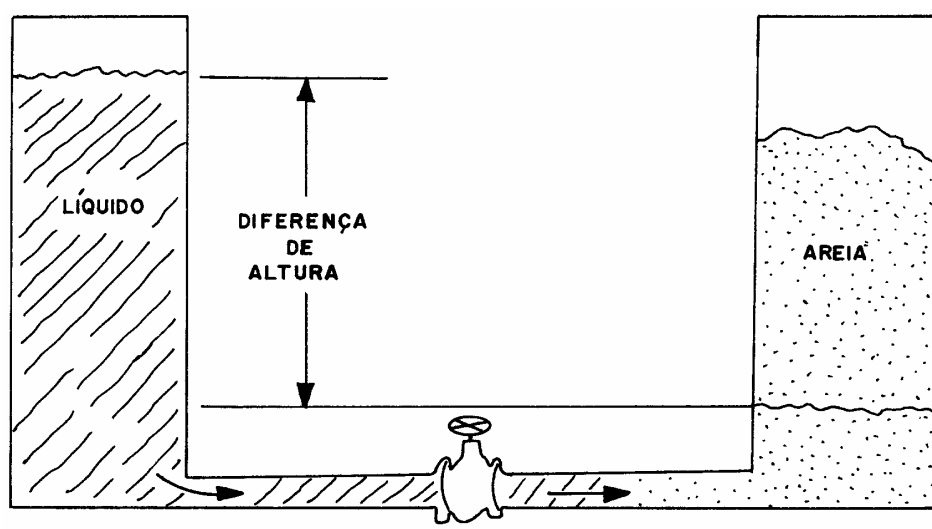


Fig. 5.1

Absorção de um líquido pela areia em um sistema de vasos comunicantes

Comparação entre a absorção de líquidos nos vasos comunicantes da figura 5.1 com o fenômeno da absorção de gás inerte pelo organismo humano:

Altura da coluna líquida. (FIGURA)	Pressão parcial do gás. (ORGANISMO)
Características do líquido (densidade, viscosidade, etc.).	Característica do gás (peso molecular, afinidade com os tecidos, etc.).
Tipo de areia (fina, grossa, etc.).	Tipo de tecido (músculo, gordura, etc.).
Velocidade com que o líquido passa.	Velocidade de absorção do gás.

Feitas as analogias, podemos tirar algumas importantes conclusões, a saber:

Um aumento na altura da coluna líquida aumentará a velocidade com que o líquido passará. Naturalmente, à medida que as colunas vão se igualando, a velocidade diminui.	Um aumento na pressão parcial do gás aumentará a velocidade de absorção. Naturalmente à medida que a quantidade de gás já dissolvida aumenta, a velocidade diminui.
Um líquido menos viscoso penetrará mais rapidamente na areia. A velocidade será maior.	Um gás mais afim com o tecido se difundirá mais rápido.
Areia mais fina ou mais grossa permitirá uma passagem mais lenta ou mais rápida.	A natureza do tecido permitirá uma maior ou menor absorção.
Após um certo tempo, todo o líquido terá passado.	Após um certo tempo, o tecido estará saturado pelo gás, não mais o absorvendo. Na prática, esse tempo é de 12 horas. (Na realidade, 24 horas para alguns tecidos).

A velocidade de absorção de um gás é aproximadamente a mesma da sua liberação, isto é, ele deixará os tecidos em um tempo igual ao que levou para ser absorvido, se mantidas as mesmas variações de pressão parcial.

Quando o mergulhador inicia o retorno à superfície o processo é invertido, à medida que a pressão parcial do nitrogênio nos tecidos ultrapassa a pressão parcial desse gás nos sistemas circulatório e respiratório. Esta variação da diferença de pressão (**gradiente**) entre os tecidos e o sangue/pulmões tem que ser cuidadosamente controlada, para evitar uma difusão demasiadamente rápida do nitrogênio. Se o gradiente de pressão for descontrolado, bolhas de gás podem se formar nos tecidos e no sangue, causando assim a Doença Descompressiva.

Para evitar o aparecimento da Doença Descompressiva, cinco tabelas especiais para descompressão foram desenvolvidas. Estas tabelas levam em consideração a quantidade de nitrogênio absorvida em um dado período de tempo, os gradientes de pressão aceitáveis, que não levem a uma excessiva formação de bolhas e as diferentes velocidades de liberação referentes aos diferentes tecidos.

As tabelas são apresentadas na forma de esquemas de **tempo/profundidade**, determinando paradas durante a subida por um tempo especificado em profundidades selecionadas.

As tabelas são o resultado de anos de pesquisa, experimentação e prática. Porém, para as grandes profundidades e longos períodos de mergulho, elas tendem a ser menos

precisas, exigindo extremo cuidado em sua aplicação. Estas situações são aqui denominadas de **exposições excepcional e extrema**.

5.2 - DEFINIÇÕES

a) Profundidade

- Profundidade do Mergulho: é a profundidade máxima alcançada durante o mergulho, medida em metros ou pés de água salgada. Quando utilizando pneumômetro, deve-se somar a profundidade lida o fator de correção para pneumômetro (Tabela 5-1). Caso o mergulhador esteja utilizando profundímetro, esta correção não precisa ser aplicada.
- Profundidade Atual: é a profundidade lida no momento anterior ao mergulhador deixar o fundo. É utilizada para se calcular o tempo até a primeira parada ou até a superfície caso o mergulho seja sem parada para descompressão.

PNEUMÔMETRO (profundidade)	FATOR DE CORREÇÃO
0 – 100 pés	+ 1 pé
101 – 200 pés	+ 2 pés
201 – 300 pés	+ 4 pés
301 – 400 pés	+ 7 pés

*Tabela 5-1
Fator de Correção para Pneumômetro (FCP)*

b) Tempo de fundo

É o tempo total decorrido desde que o mergulhador deixa a superfície (DS) até o instante em que ele deixa o fundo (DF), iniciando a subida. É medido em minutos (**minuto cheio imediatamente superior**).

c) Parada de Descompressão

Profundidade específica na qual o mergulhador deverá permanecer por determinado período de tempo, para eliminar os gases inertes dissolvidos em seu organismo.

d) Esquema de Descompressão

Procedimento específico de descompressão para uma dada combinação de profundidade e tempo de fundo. É normalmente indicado em metros ou pés por minutos (18m/40 min, por exemplo).

e) Tabela de Descompressão

Conjunto de esquemas de descompressão, organizado em ordem crescente de profundidades e tempos de fundo.

f) Intervalo de Superfície (IS)

Tempo que um mergulhador passa na superfície entre dois mergulhos. Começa a ser contado quando ele chega à superfície (CS) e termina quando ele a deixa para um segundo mergulho (DS).

g) Mergulho Simples

Qualquer mergulho realizado após um período contínuo na superfície (IS) maior que 12 horas ou menor que 10 minutos.

h) Mergulho de Repetição ou Sucessivo

Qualquer mergulho realizado após um intervalo de superfície (IS) menor do que 12 horas e maior que 10 minutos.

i) Nitrogênio Residual

Nitrogênio ainda dissolvido nos tecidos do mergulhador após sua chegada à superfície.

j) Grupo de Repetição (GR)

Indicado por uma letra, relaciona-se com a quantidade de nitrogênio residual no organismo de um mergulhador em um período de 12 horas após um dado mergulho.

k) Tempo de Nitrogênio Residual (TNR)

É o tempo, medido em minutos, que deve ser adicionado ao tempo real de fundo de um mergulho sucessivo, de modo a compensar o nitrogênio residual proveniente de um mergulho anterior. É encontrado a partir da combinação do Grupo de Repetição (GR) e do intervalo de superfície (IS).

l) Esquema de Descompressão Equivalente

É o esquema de descompressão de um mergulho sucessivo, no qual o tempo total de fundo é igual à soma do tempo real de fundo do mergulho sucessivo com o TNR.

m) Mergulho sem Parada para Descompressão

Mergulho no qual o **tempo de fundo** para uma dada **profundidade** permite uma subida segura sem paradas até a superfície, usando uma velocidade pré-estabelecida de 30pés/min ($\frac{1}{2}$ pé/s).

5.3 - TABELAS DE DESCOMPRESSÃO

As tabelas apresentam uma série de esquemas de descompressão que devem ser seguidos rigidamente durante a subida, após um mergulho a ar. Cada tabela deve ser selecionada segundo condições específicas. Basicamente, estas condições compreendem: A profundidade e tempo de mergulho em questão, a altitude, a disponibilidade de câmara de

recompressão e de oxigênio para o sistema de respiração da câmara e as condições ambientais (estado do mar, temperatura da água, etc.).

As tabelas para mergulhos a ar são as seguintes:

- Tabela Padrão de Descompressão a Ar (TPD)
- Tabela de Limites sem Parada para Descompressão (TLSD)
- Tabela de Tempo de Nitrogênio Residual (TTNR)
- Tabela de Descompressão na Superfície usando Oxigênio (TDSO)
- Tabela de Descompressão na Superfície usando Ar (TDSA)

5.4 - CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DAS TABELAS

Os esquemas de descompressão de todas as tabelas são dados em pés ou metros e minutos. As combinações de máxima profundidade do mergulho e tempo total de fundo raramente coincidem com os esquemas apresentados nas tabelas. Para assegurar a adoção de um esquema de descompressão seguro, devemos sempre adotar a profundidade e o tempo iguais ou próximos superiores que coincidam com um esquema existente.

Por exemplo. Utilizando-se a TPD em um mergulho a 97 pés por 31 minutos, o esquema a ser utilizado será: 100 pés por 40 minutos (100 pés/40 min).

A velocidade de descida na água para todas as tabelas é de 75 pés/min.

5.4.1 - Tabela Padrão de Descompressão a Ar (TPD)

A situação permite a descompressão na água. Apresenta esquemas para tempos normais e excepcionais de exposição (tempos de fundo), sendo também usada para calcular a descompressão dos mergulhos sucessivos.

5.4.2 - Tabela de Limites sem Parada para Descompressão (TLSD)

Mergulhos sem parada para descompressão. Fornece ainda a letra designativa do grupo de repetição.

5.4.3 - Tabela de Tempo de Nitrogênio Residual (TTNR)

Para determinação do TNR em mergulhos sucessivos. Fornece o novo grupo de repetição (GNR) para intervalos de superfície maiores que 10 minutos e menores que 12 horas, com o qual, se determina o TNR.

5.4.4 - Tabela de Descompressão na Superfície usando Oxigênio (TDSO)

Usada quando se dispõe de câmara de recompressão com sistema para respiração de oxigênio. Seu emprego ocorre, em geral, quando se necessita abreviar a permanência na água, seja por problemas do mergulhador, seja por alteração das condições ambientais.

5.4.5 - Tabela de Descompressão na Superfície usando Ar (TDSA)

Usada nas mesmas circunstâncias da anterior, quando não houver oxigênio disponível ou se o mergulhador apresentar intolerância a este gás. Sua aplicação acarreta considerável aumento no tempo total de descompressão, embora reduza a descompressão na água.

5.5 - FOLHA DE REGISTRO DE MERGULHO

Todo mergulho deve ser registrado em modelo apropriado, conhecido como Carta de Mergulho.

5.5.1 - Abreviaturas usadas no registro

- a) DS - Deixou a superfície
- b) DF - Deixou o fundo
- c) CS - Chegou à superfície
- d) D - Deixou uma parada
- e) C - Chegou a uma parada
- f) TTF - Tempo total de fundo
- g) TTD - Tempo total de descompressão
- h) TTM - Tempo total do mergulho
- i) GR - Grupo de repetição
- j) PAE - Pressão da ampola de emergência

FOLHA REGISTRO DE MERGULHO A AR

DATA

MG VERMELHO.		EQUIP.		ROUPA		PAE	
MG AMARELO.		EQUIP.		ROUPA		PAE	
GUIAS VERMELHO.				GUIAS AMARELO.			
CARTA		PROF		TABELA		ESQ.DESC.	
TPP							
DESC.	SUBIDA	PROF. DAS PARADAS		TEMPO NAS PARADAS		HORA	
						ÁGUA	CÂMARA
		PÉS	MTS	ÁGUA	CÂMARA	CS	
		10	03			D C	
		20	06			D C	
		30	09			D C	
		40	12			D C	
		50	15			D C	
		60	18			D C	
		70	21			D C	
		80	24			D C	
		90	27			D C	
		100	30			D C	
		110	33			D C	
		120	36			D C	
		130	39			D C	
						D C	
DF=		CS=		CS=			
DS=		DF=		DS=			
TTF=		TTD=		TTM=			
OBSERVAÇÕES:						GR.REPET.	
FINALIDADE						SUPERVISOR	

5.6 - TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR

Esta tabela é na verdade uma combinação dos esquemas padrão de descompressão a ar e dos esquemas de descompressão a ar para mergulhos de exposição excepcional.

Se o tempo de fundo de um mergulho for menor do que o tempo de fundo tabelado para a profundidade deste mergulho, não é necessário efetuar paradas para descompressão, podendo o mergulhador subir diretamente até a superfície, respeitando a velocidade de 30 pés/min. Neste caso o grupo de repetição será indicado pela TLS D.

Deve-se notar que não há grupos de repetição para mergulho de exposição excepcional, pois nestes casos não são permitidos mergulhos sucessivos.

5.6.1- Argumentos de Entrada**a) Profundidade**

A próxima maior existente na tabela.

b) Tempo de Fundo

O próximo maior existente na tabela.

Obs: Nunca tente interpolar os esquemas de descompressão previstos.

5.6.2- Dados Obtidos

- Profundidade das paradas de descompressão;
- Tempo para chegar à primeira parada;
- Tempo em cada parada e o tempo total de descompressão; e
- Grupo de repetição.

5.6.3 - Velocidade de Subida

30 pés/min (9m/min)

Exemplo: Estabelecer os procedimentos de descompressão para o seguinte mergulho.

Profundidade (Pneufatômetro): 140 pés (42m)

DS (deixou a superfície): 12:00h

DF (deixou o fundo): 12:37h

Solução:

Argumentos de entrada:

Profundidade: 140 pés + 2 pés (FCP) = 142 pés. Usar a próxima maior, isto é, 150 pés.

Tempo de Fundo: (12:37 - 12:00) = 00:37, entra-se com 40 minutos.

Esquema: 150 pés/40min (45m/40min).

Procedimentos:

Deixar o fundo na velocidade de subida de 30 pés/min (9m/min).

Parar aos 30 pés (9m) por 5 min e subir para 20 pés (6m).

Parar aos 20 pés (6m) por 19 min e subir para 10 pés (3m).

Parar aos 10 pés (3m) por 33 min e subir à superfície.

O grupo de repetição será “N”.

$$TTD = :3::40 + :5 + :20 + :19 + :20 + :33 + :20 = :61::40$$

5.7 - MERGULHO COM EXPOSIÇÃO EXCEPCIONAL E EXTREMA

Os esquemas de descompressão para exposição excepcional e extrema apresentados na TPD destinam-se aos mergulhos que submetem o mergulhador a grandes pressões parciais de oxigênio e a condições ambientais consideradas extremas. Existe ainda o inconveniente de que as longas descompressões na água impõem severas exigências à resistência do mergulhador. Além disso, as descompressões previstas nestes esquemas não asseguram, ao final, a ausência de sintomas de Doença Descompressiva. Por esta razão, o mergulho com exposição excepcional só poderá ser autorizado segundo normas explícitas contidas no COMFORS-263.

5.8 - TABELA DE LIMITES SEM PARADA PARA DESCOMPRESSÃO

Mesmo que um mergulho não requeira paradas para descompressão, uma certa quantidade de nitrogênio permanece nos tecidos do mergulhador após cada mergulho. Se ele mergulhar novamente dentro de um período de 12 horas, este nitrogênio residual deverá ser considerado nos cálculos da descompressão do mergulho sucessivo.

Na TLSD podemos observar que mergulhos em profundidades menores que 20 pés/6m não possuem tempos limite sem descompressão. Observamos ainda todas as combinações de profundidade e tempo de fundo a partir dos quais a descompressão é necessária. Por fim, obtemos nesta tabela os grupos de repetição para mergulhos sem descompressão.

Todos os mergulhos com profundidade igual ou superior a 25 pés/7,5m cujos tempos de fundo sejam maiores que os listados na TLSD são mergulhos com descompressão e devem ser conduzidos utilizando-se a TPD.

5.8.1 - Argumentos de entrada

a) Profundidade

O próxima maior existente na tabela.

b) Tempo de Fundo

O próximo maior existente na tabela.

5.8.2 - Dados Obtidos

- Tempo de fundo máximo sem parada para descompressão para a profundidade de mergulho;
- Combinações de profundidade e tempo de fundo a partir dos quais a descompressão é necessária; e
- Letra designativa do grupo de repetição para os mergulhos sem descompressão.

5.8.3 - Velocidade de Subida

- 30 pés/min (9m/min)

Exemplo:

Qual o tempo de fundo máximo para que um mergulho a 17 metros seja sem descompressão? Qual o grupo de repetição caso se faça o mergulho com um tempo de fundo de 21 min?

Solução:

Argumentos de entrada

Profundidade (Profundímetro): 17m (56,6 pés) → dado de entrada: 18m (60 pés)

Tempo de Fundo: 21 min → dado de entrada: 25 min.

- Tempo de fundo máximo sem descompressão para a profundidade de 60 pés (18m) igual a 60 min; e
- Grupo de repetição para 25 minutos igual a “E”.

Procedimento de Descompressão: subir do fundo até a superfície na velocidade constante de 30 pés/min (9m/min).

5.9 - TABELA DE TEMPO DE NITROGÊNIO RESIDUAL

Durante um período de 12 horas após um mergulho, a quantidade de nitrogênio residual no organismo de um mergulhador vai reduzindo-se até seu nível normal. Se dentro deste período for realizado um segundo mergulho, chamado mergulho sucessivo, a quantidade de nitrogênio residual deverá ser contabilizada no planejamento deste segundo mergulho. Quanto maior for o intervalo de superfície entre mergulhos, menor será a quantidade de nitrogênio residual.

Após obter-se o TNR, deverá ser estabelecido o **Esquema de Descompressão Equivalente**.

Primeira etapa**5.9.1 - Argumentos de Entrada**

- Grupo de repetição do mergulho anterior
- Intervalo de superfície

5.9.2 - Dado Obtido

- Novo grupo de repetição

Segunda etapa**5.9.3 - Argumentos de Entrada**

- Novo grupo de repetição
- Profundidade do mergulho sucessivo

5.9.4 - Dado Obtido

- Tempo de nitrogênio residual a ser somado ao tempo real de fundo do novo mergulho.

Exemplo:

Um mergulho sucessivo foi planejado para uma profundidade de 98 pés por um tempo estimado de 15 minutos. O mergulho anterior foi a uma profundidade de 100 pés ($100 + 1 = 101$ pés) com um tempo de fundo de 48 minutos. O intervalo de superfície foi de 6 horas e 26 minutos (6:26). Determine o esquema de descompressão equivalente. As profundidades foram medidas com pneumômetro.

Solução:

Primeira etapa: Argumentos de Entrada

- Grupo de repetição do mergulho anterior: TPD 110/50 → **M**
- Intervalo de superfície (IS) → 6:26

Dados Obtidos

- Novo grupo de repetição: entrando na tabela com “M”, segue-se na horizontal até o intervalo que contenha o IS, no caso 6:19/9:28. Na coluna deste intervalo, deve-se descer e encontrar o NGR → **B**

Segunda etapa: Argumentos de Entrada

- Novo grupo de repetição Grupo → **B**
- Profundidade do novo mergulho: $98 + 1$ pés, próximo maior → 100 pés

Dados Obtidos

- TNR → 7 minutos

Se o tempo real de fundo (TRF) desse novo mergulho for de 15 minutos, o tempo a ser considerado para se estabelecer a descompressão, será igual à soma do TRF com o TNR encontrado.

$$15 + 7 = 22 \text{ minutos.}$$

O esquema de descompressão equivalente será então 100 pés/22 minutos (30m/22min). A tabela utilizada é a TLS D.

5.10 - CASOS ESPECIAIS PARA CÁLCULO DE TEMPO DE NITROGÊNIO RESIDUAL

5.10.1 - Intervalos de Superfície Inferiores a dez Minutos

Nesse caso, não se calcula o TNR, bastando somar os tempos de fundo dos dois mergulhos e adotar a profundidade maior.

Exemplo:

Primeiro mergulho: 17m/21min

Segundo mergulho: 14m/80min

O intervalo de superfície é de sete minutos apenas. Qual o esquema de descompressão?

Solução:

Pela regra citada, devemos somar os tempos de fundo dos dois mergulhos: 21 min + 80 min = 101 min.

A profundidade considerada será a maior, isto é, 17m (56,6 pés).

O esquema será, portanto, 18m/120min (60 pés/120min).

5.10.2 - Profundidade do Mergulho Sucessivo Igual ou Maior que o Anterior

Se observarmos, por exemplo, um mergulho cujo esquema seja 40 pés/150min, e se realizarmos um mergulho sucessivo a mesma profundidade e com um IS de 20 minutos, o TNR será de 161 minutos, tempo maior do que o tempo de fundo do primeiro mergulho. Como o corpo não pode conter mais nitrogênio residual do que ao qual ele foi originalmente exposto, nos casos em que esta particularidade ocorrer (geralmente em mergulhos onde a profundidade do sucessivo é igual ou maior que o anterior e o intervalo de superfície é pequeno), para se obter o esquema de mergulho equivalente deve-se somar o tempo de fundo dos dois mergulhos e adotar a profundidade maior, da mesma forma como ocorre no subitem anterior.

5.11 - DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE

A descompressão na superfície oferece várias vantagens que aumentam a segurança do mergulhador. Menores tempos na água evitam desconforto e frio em níveis perigosos. Caso a câmara de recompressão possua sistema de O₂, o tempo total de descompressão pode ser reduzido significativamente. No interior da câmara, a pressão pode ser mantida constante, não sendo afetada pelas condições do mar. O mergulhador pode ser observado constantemente pelo operador de câmara e monitorado periodicamente por médicos. Qualquer sinal de Doença Descompressiva pode ser detectado e tratado imediatamente. Não foram desenvolvidas Tabelas de Tempo de Nitrogênio Residual para mergulhos sucessivos após uma descompressão na superfície. Todavia, pode-se realizá-los desde que o **somatório dos tempos reais de fundo** dos mergulhos efetuados num intervalo de 12 horas (mergulhos anteriores mais mergulho sucessivo) e a **maior das profundidades atingidas** (inclusive a do mergulho sucessivo) não excedam os limites de descompressão na superfície previstos nas tabelas. Este novo esquema calculado será utilizado para obter a descompressão do mergulho sucessivo.

Exemplo:

Primeiro mergulho: 169 pés por 30 minutos. Mergulho sucessivo: 138 pés por 20 minutos. As profundidades foram medidas com pneufatômetro.

Solução:

Esquema do primeiro mergulho: $169 + 2$ (correção do pneufatômetro) = 171 pés

Esquema → 180 pés/30 min.

Esquema do segundo mergulho: Maior profundidade dos dois mergulhos = 171 pés. O tempo é soma dos tempos dos dois mergulhos.

Novo Esquema para o mergulho sucessivo → 180 pés/50 min.

5.12 - TABELA DE DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE USANDO OXIGÊNIO

5.12.1 - Argumentos de Entrada

a) Profundidade

A próxima maior existente na tabela.

b) Tempo de Fundo

O próximo maior existente na tabela.

Obs: No máximo 170 pés (51m)/40 minutos.

5.12.2 - Dados Obtidos

- Tempo para chegar à primeira parada;
- Paradas para descompressão na água (profundidade e tempo); e
- Paradas para descompressão na câmara.

5.12.3 - Velocidade**a) Subida na água**

- 30 pés/min (9 m/min) até a 1ª parada ou até a superfície se não houver paradas na água. A mesma velocidade é usada entre paradas e da última parada até a superfície. Pequenas variações desta velocidade (entre 20 pés/min e 40 pés/min) são aceitáveis.
- O intervalo máximo na superfície é de 3 min e 30 s. O tempo decorrido entre deixar a parada dos 30 pés na água (ou dos 30 pés de profundidade, caso não haja parada) e atingir a parada de 12m (40 pés) na câmara não deve exceder a 5 minutos.

b) Descida na câmara

- A velocidade de descida na câmara é de 80 pés/min (30s da superfície até os 40 pés na câmara). Como o tempo de subida dos 30 pés até a superfície é de 1 minuto, sobram três minutos e meio para os guias retirarem os equipamentos dos mergulhadores e colocá-los dentro da câmara.

c) Subida na câmara

- 30 pés/min (1min e 20s dos 40 pés na câmara até a superfície).

5.12.4 - Considerações Especiais**a) Atraso na colocação do mergulhador na câmara**

Se durante a descida na câmara não se conseguir colocar o mergulhador na profundidade de 40 pés no tempo estipulado (5 minutos), mas se a câmara estiver a uma profundidade igual ou superior a 20 pés, deverá ser feita uma parada aos 20 pés (e não mais aos 40 pés) e o mergulhador deverá respirar oxigênio pelo dobro de tempo previsto na parada aos 40 pés. A seguir deverá subir para 10 pés e novamente respirar oxigênio pelo dobro do tempo previsto na parada aos 40 pés, subindo, por fim, até a superfície.

Este procedimento deve ser usado apenas em situações de emergência e nunca como uma alternativa para a descompressão prevista na TDSO.

b) Descompressão omitida

Caso o tempo previsto para recompressão seja excedido a tal ponto que o mergulhador ainda não esteja na câmara ou essa esteja a uma profundidade inferior a 20 pés, deverá ser considerada “descompressão omitida” e o mergulhador, mesmo assintomático, deverá ser tratado com se apresentasse Doença Descompressiva Tipo I (Tabela de Tratamento 5). Caso existam sintomas de Doença Descompressiva, mesmo que do Tipo I, o mergulhador deverá ser tratado como se apresentasse Doença Descompressiva Tipo II (Tabela de Tratamento 6);

c) Paradas em ar

Uma vez estando aos 40 pés na câmara, os mergulhadores deverão colocar os BIBS (*Built-in Breathing System*) e respirar oxigênio puro. As máscaras deverão estar bem ajustadas de modo a assegurar uma boa vedação. O tempo na parada começa a ser contado a partir do momento em que o mergulhador efetivamente estiver respirando O₂. A cada 30 minutos, o O₂ deverá ser interrompido e os mergulhadores deverão respirar o ar comprimido do interior da câmara por 5 minutos. Estes intervalos são chamados de “paradas em ar”. As paradas em ar são consideradas “tempo morto” e não deverão ser computadas como parte da descompressão.

Sempre que a câmara for descomprimida ou for trazida à superfície, o mergulhador deverá retirar o BIBS.

Exemplo:

Em um mergulho cuja descompressão pela tabela TDSO deva cumprir o esquema 160 pés/45min, os mergulhadores deverão realizar na câmara, aos 40 pés, uma parada para descompressão de 38 min. Nesta parada o mergulhador deverá ficar 30 min em O₂, 5 min em ar e mais 8 min em O₂.

d) Perda do Suprimento de O₂

- Perda Temporária: A descompressão em O₂ deverá ser reassumida quando o fornecimento for restabelecido e o tempo respirado em ar deverá ser desconsiderado (tempo morto); e
- Perda Permanente: Multiplicar o tempo remanescente por três para obter o tempo equivalente de descompressão na superfície usando ar. Deste tempo,

10% deverá ser cumprido a 40 pés, 20 % aos 30 pés e 70% aos 20 pés. Os tempos deverão ser sempre aproximados para o próximo minuto inteiro maior.

Exemplo:

O suprimento de O₂ foi definitivamente perdido após 10 min de descompressão na câmara. O esquema exigia 20 min de O₂ a 40 pés.

Solução:

O tempo remanescente é de 10 min ($20 - 10 = 10$). O tempo equivalente de descompressão na superfície usando ar é de 30 min ($3 \times 10 = 30$). Deverão ser cumpridos 3 minutos aos 40 pés ($30 \times 0,1 = 3$), 6 min aos 30 pés ($30 \times 0,2 = 6$) e 21 min aos 20 pés ($30 \times 0,7 = 21$).

e) Intoxicação pelo O₂

Ao primeiro sinal de intoxicação, o O₂ deve ser removido do mergulhador, permitindo que este respire o ar da atmosfera da câmara. Quinze minutos depois do alívio de todos os sintomas, deve-se reiniciar a administração de O₂, dando continuidade à descompressão a partir do ponto em que esta havia sido interrompida. Caso os sintomas de intoxicação pelo O₂ voltem a aparecer ou se o primeiro sinal tiver sido de convulsão, os seguintes procedimentos deverão ser tomados:

- Remover a máscara (BIBS);
- Após alívio de todos os sintomas, descomprimir a câmara até os 30 pés, a uma velocidade de 1 pé/min. Caso o sintoma tenha sido de convulsão, continuar descomprimindo até que o mergulhador esteja completamente relaxado e respirando normalmente;
- Reassumir a administração de O₂ a partir do minuto em que esta foi interrompida;
- Caso voltem a aparecer sintomas de intoxicação, o O₂ deverá ser interrompido definitivamente e a descompressão deverá ser completada utilizando-se ar. Para se obter o tempo equivalente de descompressão na superfície usando ar deve-se multiplicar o tempo remanescente por 3 e adotar o seguinte procedimento: Parada aos 30 pés por 30% deste tempo e outra parada aos 20 pés pelos 70% restante, subindo, em seguida, até a superfície utilizando a velocidade padrão.

Exemplo:

Um mergulhador teve seu terceiro sintoma de intoxicação por oxigênio quando se encontrava aos 28 min da descompressão exigida. Neste instante, o mergulhador encontrava-se a 30 pés de profundidade (já havia subido dos 40 para os 30 pés). Pelo esquema original do mergulho deveriam ser cumpridos 38 minutos de O₂ na câmara.

Solução:

O tempo remanescente de O₂ é de 10 min ($38 - 28 = 10$). O tempo equivalente de descompressão na superfície usando ar é de 30 min ($3 \times 10 = 30$). Deverão ser cumpridos 9 min aos 30 pés ($30 \times 0,3 = 9$) e 21 min aos 20 pés ($30 \times 0,7 = 21$).

5.13 - TABELA DE DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE USANDO AR

O tempo total de descompressão usando a TDSA é superior ao da TPD. A única vantagem do uso desta tabela é a retirada mais rápida do mergulhador da água.

5.13.5 - Argumentos de Entrada**a) Profundidade**

A próxima maior existente na tabela.

b) Tempo de Fundo

O próximo maior existente na tabela.

Obs.: Máxima 190 pés (57m)/60 min.

5.13.6 - Dados Obtidos

- Tempo para chegar à primeira parada;
- Paradas para descompressão na água (profundidade e tempo); e
- Paradas para descompressão na câmara.

5.13.7 - Velocidade**a) Subida na água**

- Todas as subidas são executadas a velocidade de 30 pés/min (9 m/min); e
- O intervalo na superfície não pode ser maior que 3 min e 30 s e o tempo total decorrido entre deixar a parada na água e chegar à primeira parada na câmara não pode exceder 5 minutos.

b) Descida na câmara

- A velocidade máxima de descida na câmara é de 60 pés/min.

5.13.8 - Consideração Especial

Atraso na colocação do mergulhador na câmara

Se o intervalo na superfície for maior que o prescrito (:3::30) e o mergulhador estiver assintomático, este deverá ser tratado com se tivesse Doença Descompressiva Tipo I (Tabela de Tratamento 1A ou 5). Caso existam sintomas de Doença Descompressiva, mesmo que do tipo I, o mergulhador deverá ser tratado como se tivesse Doença Descompressiva Tipo II (Tabela de Tratamento 2A ou 6);

5.14 - PROCEDIMENTOS ESPECIAIS

5.14.1 Atrasos na Subida

A velocidade de subida é de 30 pés/min (9m/min). Uma pequena variação neste valor, entre 20 pés/min e 40 pés/min, é aceitável. Um atraso de até um minuto na chegada à primeira parada para descompressão pode ser ignorado. Atrasos maiores devem ser compensados de acordo com os seguintes procedimentos:

a) Atraso superior a um minuto a uma profundidade maior que 50 pés (15m)

Soma-se o **tempo do atraso** ao **tempo de fundo** e calcula-se a descompressão para esse valor de tempo. O atraso deve ser sempre aproximado para o próximo minuto inteiro superior.

Exemplo:

- Profundidade (profundímetro): 36m (120 pés).
- Tempo de Fundo: 60 minutos.
- Atraso na subida aos 30m (100 pés), tendo por isso gasto 6 min 16 s para chegar à 1ª parada.

Solução:

Tempo correto para vir de 36m (120 pés) até a 1ª parada que é aos 9m (30 pés): 36m (120 pés) - 9m (30 pés) = 27m (90 pés).

A 9m/min (30 pés/min) o tempo seria de 3 min.

Atraso: 7 min – 3 min = 4 min

Tempo para entrada na tabela padrão: 60 min + 4 min = 64 minutos.

Novo esquema: 36m/70 min (120 pés/70 min).

b) Atraso superior a um minuto a uma profundidade menor que 50 pés (15m)

O tempo de atraso é somado ao tempo da primeira parada. Se o atraso ocorrer entre as paradas para descompressão, este deve ser ignorado. O atraso deve ser sempre aproximado para o próximo minuto inteiro superior.

5.14.2 - Velocidade de subida maior que 30 pés/min (9m/min)

Duas situações podem ocorrer:

a) Subida de uma Profundidade Menor que 20 pés

Não é necessária a recompressão de um mergulhador que tenha subido mais rápido que o previsto de uma profundidade igual ou menor que 20 pés, desde que o mergulho seja sem descompressão. O mergulhador deverá ficar em observação na superfície por 1 hora.

b) Subida de uma Profundidade Maior que 20 pés (Subida Descontrolada)

Em um mergulho cuja profundidade seja maior que 20 pés, a chegada do mergulhador à superfície antes do esperado deve ser tratada como uma subida descontrolada. Caso o mergulho tenha sido sem paradas para descompressão e o mergulhador esteja assintomático, ele deverá ficar em observação na superfície por pelo menos 1 hora, não sendo necessária uma recompressão. Caso contrário deverá ser tratado como descompressão omitida sintomática ou assintomática, conforme o caso (Tabelas de Tratamento – Capítulo 6).

5.14.3 - Excesso de Esforço ou Frio Exagerado Durante o Mergulho

No caso de execução de um trabalho que exija um excessivo esforço do mergulhador ou em caso de exposição do mergulhador a um frio exagerado, deve-se sempre considerar a possibilidade de utilização de uma tabela de descompressão na superfície. Nesta situação o esquema de descompressão na **água** deve ser cumprido **normalmente** e, na **câmara**, deverá ser cumprido o esquema de descompressão previsto para o **tempo imediatamente maior**.

Se o mergulho for conduzido usando-se a TPD, um esquema de descompressão com tempo imediatamente maior do que o previsto deve ser utilizado.

Exemplo:

Em um mergulho no esquema 70 pés (21m)/60 min, onde o frio foi rigoroso, devemos usar o esquema 70 pés (21m)/70 min.

5.14.4 - Procedimentos Especiais para Descompressão na Superfície em Mergulhos de Exposição Excepcional

Além de reduzir o desconforto causado por grandes descompressões na água, a descompressão na superfície em mergulhos de exposição excepcional reduz os riscos de uma possível Doença Descompressiva. As tabelas de descompressão na superfície não contemplam este tipo de mergulho, contudo, os seguintes procedimentos podem ser adotados:

a) Caso exista a possibilidade de descompressão em oxigênio a partir da parada de 30 pés na água:

- I. Realizar em ar todas as paradas anteriores aos 30 pés na água;
- II. Realizar em oxigênio a parada para descompressão aos 30 pés na água. A cada 30 minutos em oxigênio, deverá ser feita uma janela de 5 minutos em ar. O tempo respirado em ar conta como parte da descompressão;
- III. Subir até a superfície a uma velocidade de 30 pés/min. Uma pequena variação na velocidade, entre 20 e 40 pés/min, é aceitável;
- IV. Uma vez na superfície, os guias têm três minutos e meio para removerem os equipamentos do mergulhador e colocá-lo na câmara;
- V. Pressurizar a câmara a 30 pés a uma velocidade de descida de 60 pés/min;
- VI. Ao chegar aos 30 pés o mergulhador deverá ser colocado em BIBS, respirando O₂ a 100%;
- VII. Repetir, na câmara, o tempo da parada aos 30 pés na água. A cada 30 minutos em oxigênio, deverá ser feita uma janela de 5 minutos em ar. O tempo respirado em ar conta como parte da descompressão. O tempo na parada só começa a ser contado quando o mergulhador estiver respirando O₂;
- VIII. Subir para 20 pés a uma velocidade de 30 pés/min. Realizar a parada utilizando-se o tempo da parada os 20 pés na água. A cada 30 minutos em oxigênio, deverá ser feita uma janela de 5 minutos em ar. O tempo respirado em ar conta como parte da descompressão;
- IX. Subir para 10 pés a uma velocidade de 30 pés/min. Realizar a parada utilizando-se o tempo da parada os 10 pés na água. A cada 30 minutos em oxigênio, deverá ser feita uma janela de 5 minutos em ar. O tempo respirado em ar conta como parte da descompressão; e
- X. Subir para superfície a uma velocidade de 30 pés/min.

b) Caso NÃO exista a possibilidade de descompressão em oxigênio a partir da parada de 30 pés na água:

- I. Realizar em ar a parada dos 20 pés, e todas as anteriores na água;
- II. Subir até a superfície a uma velocidade de 30 pés/min. Uma pequena variação na velocidade, entre 20 e 40 pés/min, é aceitável;
- III. Uma vez na superfície, os guias têm três minutos e meio para removerem os equipamentos do mergulhador e colocá-lo na câmara;

- IV. Pressurizar a câmara a 20 pés a uma velocidade de descida de 60 pés/min;
- V. Ao chegar aos 20 pés, o mergulhador deverá ser colocado em BIBS (O₂ a 100%);
- VI. Repetir, na câmara, o tempo da parada aos 20 pés na água. A cada 30 minutos em oxigênio, deverá ser feita uma janela de 5 minutos em ar. O tempo respirado em ar conta como parte da descompressão. O tempo na parada só começa a ser contado quando o mergulhador estiver respirando O₂
- VII. Subir para 10 pés a uma velocidade de 30 pés/min. Realizar a parada utilizando-se o tempo da parada os 10 pés na água. A cada 30 minutos em oxigênio, deverá ser feita uma janela de 5 minutos em ar. O tempo respirado em ar conta como parte da descompressão; e
- VIII. Subir para superfície a uma velocidade de 30 pés/min.

5.14.5 - Falha no Sistema de O₂ Durante Descompressão na Câmara

Se houver falha no sistema de fornecimento de oxigênio durante o período em que o mergulhador estiver na câmara, o tempo restante da descompressão deverá ser cumprido em ar.

5.15 - DESCOMPRESSÃO OMITIDA

A ocorrência de uma descompressão omitida pode ser planejada ou não. Uma descompressão omitida planejada ocorre quando as condições reinantes se desenvolvem de maneira tal que seja imprescindível trazer o mergulhador à superfície antes que este complete sua descompressão, como por exemplo: mau funcionamento de equipamentos vitais, acidente com o mergulhador e mudança repentina nas condições climáticas. Neste caso todas as opções disponíveis devem ser consideradas, principalmente a existência de uma câmara de recompressão na área pronta para ser utilizada. Todo o pessoal envolvido deve ser alertado sobre a evolução do planejamento e deve estar pronto para agir de forma rápida e precisa. Em uma descompressão omitida não planejada, o mergulhador aparece repentinamente na superfície ou uma parada para descompressão não é cumprida pela ocorrência de algum imprevisto.

Em ambos os casos, as Tabelas de Descompressão na Superfície podem ser empregadas de modo a retirar o mergulhador da água, desde que o tempo máximo na superfície seja respeitado (intervalo na superfície) e, consultando a nova tabela a ser utilizada, não hajam paradas para descompressão na água ou, caso hajam, estas tenham sido cumpridas. Caso os pré-requisitos acima não sejam cumpridos, uma tabela de

descompressão na superfície **não** poderá ser utilizada e a descompressão do mergulhador estará comprometida com risco de apresentar Doença Descompressiva (DD). Nesta eventualidade o mergulhador deverá ser recomprimido o mais rápido possível. Cuidados especiais deverão ser tomados a fim de detectar sinais de DD. Havendo disponibilidade de câmara e na ausência de sinais ou sintomas de DD ou ETA, deverão ser empregadas as Tabelas de Tratamento 5, 6, 1A ou 2A (Capítulo 6).

Exemplo:

Em um mergulho cujo esquema de descompressão era 120 pés/40 min, estava previsto o uso da TPD. Duas paradas para descompressão eram exigidas, uma aos 20 pés por 5 min e outra aos 10 pés por 25 min. Houve um problema no guincho e o sino aberto com os mergulhadores foi trazido diretamente para a superfície.

Solução:

Se observarmos a TDSO, não é prevista nenhuma parada na água para este esquema de descompressão, logo, se tivermos câmara de recompressão disponível e o intervalo na superfície for inferior a 3 min e 30 s, esta tabela deverá ser utilizada.

Caso o mergulhador desenvolva sintomas de Doença Descompressiva durante o intervalo na superfície este deverá ser tratado de acordo com os procedimentos previstos nas Tabelas de Tratamento (Capítulo 6).

5.15.1 - Profundidade de descompressão omitida igual ou menor que 20 pés

Não existindo uma câmara de recompressão na área, devem ser cumpridos os seguintes procedimentos:

Caso o MG sinta-se bem e possa retornar à profundidade da parada omitida dentro de 1 minuto, ele poderá realizar as paradas para descompressão normalmente, aumentando em 1 minuto o tempo de permanência na parada omitida. Se o intervalo de superfície exceder 1 minuto e o MG permanecer assintomático, este deverá retornar para a profundidade a qual omitiu a parada e nela permanecer pelo tempo previsto na TPD, multiplicado por 1,5. Se a parada omitida for aos 20 pés e também houver parada aos 10 pés, este procedimento será repetido (multiplicar o tempo de permanência aos 10 pés por 1,5). Após a chegada à superfície, o mergulhador deverá ficar em observação por 1 hora.

5.15.2 - Profundidade de descompressão omitida maior que 20 pés

Um mergulhador que realizou uma subida descontrolada e perdeu uma parada para descompressão a profundidade maior que 20 pés, deve ser tratado com recompressão

em câmara, de acordo com as tabelas e procedimentos previstos nas Tabelas de Tratamento (Capítulo 6).

5.16 - MERGULHO EM ALTITUDE

Devido à redução na pressão atmosférica, mergulhos conduzidos em altitude requerem mais descompressão que um mergulho similar realizado ao nível do mar. Desta forma, as tabelas de descompressão não podem ser utilizadas diretamente. Existem tabelas de descompressão especialmente desenvolvidas para cada altitude. Uma outra solução para o problema é utilizar um fator de correção para os mergulhos em altitude de modo a encontrarmos a descompressão requerida utilizando as tabelas padrão descritas neste capítulo. Este procedimento, comumente conhecido como “*Cross Correction*” (Correção Cruzada) sempre fornece uma profundidade corrigida maior que a profundidade real do mergulho. Esta profundidade corrigida provê uma descompressão extra, necessária para eliminar os efeitos da altitude no mergulho.

Para utilização da “Correção Cruzada”, temos que observar dois fatores: primeiro, a profundidade real do mergulho deve ser corrigida para que possamos determinar a “Profundidade Equivalente” do mergulho; segundo, as profundidades das paradas para descompressão também devem ser corrigidas para uso em altitude. A velocidade de subida também deveria ser corrigida, contudo, se a “Correção Cruzada” for aplicada corretamente, esta terceira correção poder ser ignorada com segurança.

Prof.	Altitude									
(pés)	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
10	10	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	20	20	20	20	20	20	25	25	25
20	20	25	25	25	25	25	30	30	30	30
25	25	30	30	30	35	35	35	35	35	40
30	30	35	35	35	40	40	40	50	50	50
35	35	40	40	50	50	50	50	50	50	60
40	40	50	50	50	50	50	60	60	60	60
45	45	50	60	60	60	60	60	70	70	70
50	50	60	60	60	70	70	70	70	70	80
55	55	60	70	70	70	70	80	80	80	80
60	60	70	70	70	80	80	80	90	90	90
65	65	70	80	80	80	90	90	90	100	100
70	70	80	80	90	90	90	100	100	100	110
75	75	90	90	90	100	100	100	110	110	110
80	80	90	90	100	100	100	110	110	120	120
85	85	100	100	100	110	110	120	120	120	130
90	90	100	110	110	110	120	120	130	130	140
95	95	110	110	110	120	120	130	130	140	140
100	100	110	120	120	130	130	130	140	140	150
105	105	120	120	130	130	140	140	150	150	160
110	110	120	130	130	140	140	150	150	160	160
115	115	130	130	140	140	150	150	160	170	170
120	120	130	140	140	150	150	160	170	170	180
125	125	140	140	150	160	160	170	170	180	190
130	130	140	150	160	160	170	170	180	190	190
135	135	150	160	160	170	170	180	190	190	200
140	140	160	160	170	170	180	190	190	200	210
145	145	160	170	170	180	190	190	200	210	
150	160	170	170	180	190	190	200	210		
155	170	170	180	180	190	200	210			
160	170	180	180	190	200	200				
165	180	180	190	200	200					
170	180	190	190	200						
175	190	190	200							
180	190	200	210							
185	200	200								
190	200									
Prof. da Parada p/ Descomp.	Profundidades Equivalentes									
10	10	9	9	9	8	8	8	7	7	7
20	19	19	18	17	17	16	15	15	14	14
30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21
40	39	37	36	35	33	32	31	30	29	28
50	48	47	45	43	42	40	39	37	36	34
60	58	56	54	52	50	48	46	45	43	41

Tabela 5.2

5.16.1 - Procedimentos para Obtenção da Profundidade Equivalente

A profundidade equivalente do mergulho é obtida através da multiplicação da profundidade real pela proporção entre pressão atmosférica ao nível do mar e a pressão atmosférica na altitude (na área do mergulho). Neste caso, devemos sempre usar milibares (mb) para expressar as pressões atmosféricas.

$$\text{Prof. Equivalente} = \text{Prof. Real} \times \frac{\text{Pressão ao Nível do Mar (mb)}}{\text{Pressão na Altitude (mb)}}$$

Exemplo:

A profundidade real de um mergulho é de 60 pés. O mergulho ocorreu a 5.000 pés de altitude. A pressão lida no local do mergulho foi de 843 milibares (0,832 ATA). Qual a profundidade equivalente deste mergulho?

Solução:

Pressão ao nível do mar = 1013 mb (1 ATA)

$$\text{Prof. Equivalente} = 60 \text{ pés} \times \frac{1013 \text{ mb}}{843 \text{ mb}} = 72,1 \text{ pés}$$

5.16.2 - Correção para as Paradas para Descompressão na água

As correções para as paradas para descompressão em mergulhos em altitude são encontradas através da multiplicação da profundidade da parada tabelada pela proporção entre pressão na altitude e a pressão atmosférica ao nível do mar (note que esta proporção é a inversa da utilizada para se obter a profundidade equivalente).

$$\text{Prof. Descomp. em Altitude} = \text{Prof. Tabelada} \times \frac{\text{Pressão na Altitude (mb)}}{\text{Pressão ao Nível do Mar (mb)}}$$

Exemplo:

No mergulho anterior, usando a profundidade equivalente, verificou-se a necessidade de uma parada para descompressão aos 20 pés (profundidade tabelada). Qual a profundidade corrigida na qual esta parada deve ocorrer?

Solução:

Pressão ao nível do mar = 1013 mb (1 ATA)

$$\text{Prof. Descomp. em Altitude} = 20 \text{ pés} \times \frac{843 \text{ mb}}{1013 \text{ mb}} = 16,6 \text{ pés}$$

Para simplificar os cálculos, a Tabela 5-2 fornece as profundidades equivalentes e as paradas para descompressão em altitude corrigidas para mergulhos entre 10 e 190 pés (3 e 57 m) e altitudes que variam de 1.000 a 10.000 pés, com incrementos de 1.000 pés.

Nenhuma correção é necessária em mergulhos realizados entre as altitudes do nível do mar e 300 pés. Em altitudes entre 300 e 1.000 pés só será necessário realizar as correções caso a profundidade real do mergulho seja igual ou superior a 145 pés (43,5 m). Como estas altitudes não estão tabeladas, as correções deverão ser feitas através do uso das fórmulas descritas. Acima dos 1.000 pés de altitude, todos os mergulhos deverão sofrer correção.

5.16.3 - Medida da Profundidade em Altitude

Para se medir a profundidade em mergulhos em altitude devem ser utilizados preferencialmente equipamentos que possam ser “zerados” no início do mergulho. Uma vez “zerados”, nenhuma correção precisa ser inserida nas leituras efetuadas.

Quando for utilizada uma câmara de recompressão, seus manômetros deverão ser “zerados” antes de se realizar uma descompressão na superfície.

Muitos manômetros utilizados por mergulhadores são selados e têm como referência a pressão de uma atmosfera, não podendo ser reajustados com a altitude. Para estes manômetros deve-se somar 1 pé ao valor lido para cada 1.000 pés de altitude da área do mergulho. Esta correção deverá ser feita antes de entrar na Tabela 5.2 ou realizar cálculos matemáticos.

Os fatores de correções para pneufatômetros não mudam com a altitude; logo, estes equipamentos podem ser utilizados em altitude somando-se à leitura apenas as correções listadas na Tabela 5-1.

Altitude (pés)	Grupo de Repetição
1.000	A
2.000	B
3.000	B
4.000	C
5.000	D
6.000	E
7.000	E
8.000	G
9.000	G
10.000	H

Tabela 5-3
Grupos de Repetição
associados a mergulhos em
altitude

5.16.4 - Equalização do N₂ em Altitude

Uma vez aumentando a altitude duas coisas acontecem ao organismo devido à menor da pressão atmosférica local: o excesso de nitrogênio começa a ser eliminado até entrar em equilíbrio com o existente no ambiente e uma série de complicados ajustamentos se inicia de modo a compensar a baixa pressão parcial do oxigênio. O primeiro processo, chamado **equilibração**, necessita de 12 horas na altitude para se completar. O segundo, chamado **aclimatização** (ou aclimatação), necessita de um período bem mais longo.

Caso o mergulho seja realizado dentro de um período inferior a 12 horas da chegada do mergulhador à altitude, o nitrogênio residual trazido do nível do mar e ainda existente no organismo deverá ser levado em conta. De fato, o mergulho inicial em altitude ocorrido num período inferior a 12 horas da chegada à altitude deve ser considerado como um mergulho de repetição (ou sucessivo), sendo o primeiro mergulho iniciado com a ascensão do mergulhador ao nível do mar até a altitude em que realizará o trabalho. A Tabela 5-3 fornece os grupos de repetição associados a esta ascensão inicial. Com este GR e usando o tempo em que o mergulhador encontra-se na altitude como intervalo de superfície (IS), poderemos entrar na TTNR e encontrar o novo grupo de repetição (NGR), que combinado com a profundidade equivalente planejada do mergulho (Tabela 5-2) nos fornecerá o tempo de nitrogênio residual (TNR) associado ao mergulho.

Exemplo:

Um mergulhador foi rapidamente transferido por um helicóptero para a área de mergulho situada a 6.000 pés. O mergulho foi planejado para 100 pés de profundidade e teve início 90 minutos após a chegada do mergulhador. Quanto tempo de nitrogênio residual deverá ser somando ao tempo de fundo do mergulho?

Solução:

Na Tabela 5-3 verificamos que o GR para 6.000 pés é “E”. A partir deste GR, entramos na TTNR e com um intervalo de superfície de 90 minutos obtemos o NGR: “D”. O mergulho tem uma profundidade planejada de 100 pés. Na Tabela 5-2 achamos a profundidade equivalente planejada de 130 pés. Com esta profundidade equivalente e o NGR, conseguimos o TNR a ser somado que é de 11 minutos.

A Tabela 5-3 também pode ser utilizada quando o mergulhador ascende de uma área elevada para outra de maior altitude. Neste caso, o argumento de entrada é a diferença entre as altitudes dos dois locais.

Exemplo:

Mergulhadores já equilibrados em uma área de 6.000 pés de altitude são transferidos para realizarem um mergulho a 10.000 pés. A diferença entre as altitudes é de 4.000 pés, logo o GR a ser utilizado por estes mergulhadores a 10.000 pés é “C”.

Grupo de Repetição	Diferença de Altitude (pés)									
	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
A	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
B	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	2:11
C	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	8:26
D	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:09	3:28	7:33	12:52
E	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:51	3:35	6:54	10:59	16:18
F	0:00	0:00	0:00	0:00	1:12	3:40	6:23	9:43	13:47	19:07
G	0:00	0:00	0:00	1:23	3:34	6:02	8:46	12:05	16:10	21:29
H	0:00	0:00	1:31	3:26	5:37	8:05	10:49	14:09	18:13	23:33
I	0:00	1:32	3:20	5:15	7:26	9:54	12:38	15:58	20:02	24:00
J	1:32	3:09	4:57	6:52	9:04	11:32	14:16	17:35	21:39	24:00
K	3:00	4:37	6:25	8:20	10:32	13:00	15:44	19:03	23:07	24:00
L	4:21	5:57	7:46	9:41	11:52	14:20	17:04	20:23	24:00	24:00
M	5:35	7:11	9:00	10:55	13:06	15:34	18:18	21:37	24:00	24:00
N	6:43	8:20	10:08	12:03	14:14	16:42	19:26	22:46	24:00	24:00
O	7:47	9:24	11:12	13:07	15:18	17:46	20:30	23:49	24:00	24:00
Z	8:17									24:00

Tabela 5-4

Tabela de intervalos de superfície para vôos pós-mergulho

5.17 - VÔO APÓS O MERGULHO

Um aumento de altitude após um mergulho acarreta um aumento no risco de ocorrência de Doença Descompressiva devido à redução da pressão atmosférica. Quanto maior a variação de altitude maior será este risco.

A Tabela 5-4 fornece o intervalo de superfície (horas:minutos) que precisa ser aguardado antes de se realizar uma ascensão em altitude. Este intervalo depende do valor da altitude final que será alcançada após o mergulho e do maior grupo de repetição entre os mergulhos realizados nas últimas 24 horas.

Em vôos comerciais, as cabines pressurizadas são mantidas a uma pressão constante não importando a real altitude do vôo. Embora esta pressão varie de acordo com o tipo

de aeronave, o valor padrão desta pressão equivale a 8.000 pés de altitude. Desta forma, para vôos comerciais devemos utilizar este valor como altitude final para verificar o intervalo de superfície necessário a ser aguardado antes de se realizar um vôo.

Em companhias aéreas que utilizam aeronaves de pequeno porte ou com cabines não pressurizadas, deve-se realizar um contato prévio a fim de verificar a altitude final do vôo ou a altitude equivalente à pressão na cabine.

Caso o mergulho se realize em uma altitude igual ou superior a 8.000 pés não será necessário aguardar nenhum período para realizar vôos em aviões comerciais, pois, neste caso, a cabine pressurizada levará a manutenção ou mesmo um aumento de pressão em relação à área do mergulho.

Como não existem GR associados a mergulhos com descompressão na superfície, para estes mergulhos deve-se entrar na TPD com a profundidade equivalente e o tempo total do mergulho para se obter o GR a ser usado como argumento de entrada na tabela 5.4.

Após um mergulho hélio-oxigênio sem saturação, deve-se aguardar 12 horas antes de realizar uma viagem com aumento de altitude. Caso o mergulho seja com saturação, deve-se aguardar 24 horas.

Exemplo:

Um mergulhador realizou um mergulho 60 pés/60 min. A área do mergulho era ao nível do mar e o GR obtido foi “J”. Após um intervalo de superfície de 6h e 12min, ele realizou um segundo mergulho (30 pés/20 min) recebendo o GR “C”. O mergulhador pretende retornar para casa em um vôo comercial. Qual o intervalo de superfície que deve ser aguardado antes do vôo?

Solução:

A ascensão pretendida pelo mergulhador é de 8.000 pés. Foram realizados dois mergulhos nas 24 horas que antecedem o vôo. O maior GR dos dois mergulhos foi “J”. Entrando na Tabela 5-4 com estes dados (GR “J” e 8.000 pés), obtemos o tempo que deverá ser aguardado que é de 17h e 35 min.

Exemplo:

Após completar um mergulho em uma região de 4.000 pés de altitude, um mergulhador planeja realizar uma viagem que passará por uma serra de altitude máxima de 7.500 pés. O GR do mergulho realizado foi “G”. Qual o intervalo de superfície que deve ser aguardado antes da viagem?

Solução:

O aumento de altitude previsto será de 3.500 pés (7.500 pés – 4.000 pés). Os dados de entrada na tabela serão: 4.000 pés (altitude próxima maior) e GR “G”. O intervalo de superfície que deve ser aguardado é de 1h e 23 min.

Exemplo:

Após completar um mergulho em uma região de 2.000 pés de altitude, um mergulhador retorna para casa em uma aeronave não pressurizada. O teto do vôo é de 5.000 pés. O GR do mergulho realizado foi “K”. Qual o intervalo de superfície que deve ser aguardado antes da viagem?

Solução:

O aumento de altitude previsto será de 3.000 pés (5.000 pés – 2.000 pés). Os dados de entrada na tabela serão: 3.000 pés e GR “K”. O intervalo de superfície que deve ser aguardado antes do vôo é de 6h e 25 min.

TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR

PROF Metros pés	TTF min	TPP min:s	Paradas para descompressão					TTD min:s	GR
			15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
12	200						0	1:20	*
	210	1:00					2	3:20	N
	230	1:00					7	8:20	N
40	250	1:00					11	12:20	O
	270	1:00					15	16:20	O
	300	1:00					19	20:20	Z
	360	1:00					23	24:20	**
	480	1:00					41	42:20	**
	720	1:00					69	70:20	**
15	100						0	1:40	*
	110	1:20					3	4:40	L
	120	1:20					5	6:40	M
50	140	1:20					10	11:40	M
	160	1:20					21	22:40	N
	180	1:20					29	30:40	O
	200	1:20					35	36:40	O
	220	1:20					40	41:40	Z
	240	1:20					47	48:40	Z
18	60						0	2:00	*
	70	1:40					2	4:00	K
	80	1:40					7	9:00	L
60	100	1:40					14	16:00	M
	120	1:40					26	28:00	N
	140	1:40					39	41:00	O
	160	1:40					48	50:00	Z
	180	1:40					56	58:00	Z
	200	1:20				1	69	72:00	Z
	240	1:20				2	79	83:00	**
	360	1:20				20	119	141:00	**
	480	1:20				44	148	194:00	**
	720	1:20				78	187	267:00	**
21	50						0	2:20	*
	60	2:00					8	10:20	K
	70	2:00					14	16:20	L
70	80	2:00					18	20:20	M
	90	2:00					23	25:20	N
	100	2:00					33	35:20	N
	110	1:40				2	41	45:20	O
	120	1:40				4	47	53:20	O
	130	1:40				6	52	60:20	O
	140	1:40				8	56	66:20	Z
	150	1:40				9	61	72:20	Z
	160	1:40				13	72	87:20	Z
	170	1:40				19	79	100:20	Z

* Veja a TLSD.

** Mergulhos sucessivos não podem ser realizados após um mergulho de exposição excepcional.

TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR									
PROF metros pés	TTF min	TPP min:s	Paradas para descompressão					TTD min:s	GR
			15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
24	40						0	2:40	*
	50	2:20					10	12:40	K
	60	2:20					17	19:40	L
	70	2:20					23	25:40	M
	80	2:00				2	31	35:40	N
	90	2:00				7	39	48:40	N
	100	2:00				11	46	59:40	O
	110	2:00				13	53	68:40	O
	120	2:00				17	56	75:40	Z
	130	2:00				19	63	83:40	Z
	140	2:00				26	69	97:40	Z
	150	2:00				32	77	111:40	Z
	180	2:00				35	85	122:40	**
	240	1:40			6	52	120	180:40	**
	360	1:40			29	90	160	281:40	**
27	480	1:40			59	107	187	355:40	**
	720	1:20		17	108	142	187	456:40	**
	30						0	3:00	*
	40	2:40					7	10:00	J
	50	2:40					18	21:00	L
	60	2:40					25	28:00	M
	70	2:20				7	30	40:00	N
	80	2:20				13	40	56:00	N
	90	2:20				18	48	69:00	O
	100	2:20				21	54	78:00	Z
	110	2:20				24	61	88:00	Z
	120	2:20				32	68	103:00	Z
	130	2:00			5	36	74	118:00	Z
	25						0	3:20	*
	30	3:00					3	6:20	I
30	40	3:00					15	18:20	K
	50	2:40				2	24	29:20	L
	60	2:40				9	28	40:20	N
	70	2:40				17	39	59:20	O
	80	2:40				23	48	74:20	O
	90	2:20			3	23	57	86:20	Z
	100	2:20			7	23	66	99:20	Z
	110	2:20			10	34	72	119:20	Z
	120	2:20			12	41	78	134:20	Z
	180	2:00		1	29	53	118	204:20	**
	240	2:00		14	42	84	142	285:20	**
	360	1:40	2	42	73	111	187	418:20	**
	480	1:40	21	61	91	142	187	505:20	**
	720	1:40	55	106	122	142	187	615:20	**
33	20						0	3:40	*
	25	3:20					3	6:40	H
	30	3:20					7	10:40	J
	40	3:00				2	21	26:40	L
	50	3:00				8	26	37:40	M
	60	3:00				18	36	57:40	N
	70	2:40			1	23	48	75:40	O
	80	2:40			7	23	57	90:40	Z
	90	2:40			12	30	64	109:40	Z
	100	2:40			15	37	72	127:40	Z
	20						0	3:40	*
	25	3:20					3	6:40	H
	30	3:20					7	10:40	J
	40	3:00				2	21	26:40	L
	50	3:00				8	26	37:40	M
	60	3:00				18	36	57:40	N
	70	2:40			1	23	48	75:40	O
	80	2:40			7	23	57	90:40	Z
	90	2:40			12	30	64	109:40	Z
	100	2:40			15	37	72	127:40	Z

* Veja a TLSD.

** Mergulhos sucessivos não podem ser realizados após um mergulho de exposição excepcional.

TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR

PROF metros pés	TTF min	TPP min:s	Paradas para descompressão								TTD min:s	GR
			21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10			
36	15								0	4:00	*	
	20	3:40							2	6:00	H	
	25	3:40							6	10:00	I	
120	30	3:40							14	18:00	J	
	40	3:20						5	25	34:00	L	
	50	3:20						15	31	50:00	N	
	60	3:00					2	22	45	73:00	O	
	70	3:00					9	23	55	91:00	O	
	80	3:00					15	27	63	109:00	Z	
	90	3:00					19	37	74	134:00	Z	
	100	3:00					23	45	80	152:00	Z	
	120	2:40				10	19	47	98	178:00	**	
	180	2:20			5	27	37	76	137	286:00	**	
	240	2:20			23	35	60	97	179	398:00	**	
	360	2:00		18	45	64	93	142	187	553:00	**	
480	1:40	3	41	64	93	122	142	187	656:00	**		
720	1:40	32	74	100	114	122	142	187	775:00	**		
39	10								0	4:20	*	
	15	4:00							1	5:20	F	
	20	4:00							4	8:20	H	
130	25	4:00							10	14:20	J	
	30	3:40						3	18	25:20	M	
	40	3:40						10	25	39:20	N	
	50	3:20					3	21	37	65:20	O	
	60	3:20					9	23	52	88:20	Z	
	70	3:20					16	24	61	105:20	Z	
	80	3:00				3	19	35	72	133:20	Z	
	90	3:00				8	19	45	80	156:20	Z	

PROF metros pés	TTF min	TPP min:s	Paradas para descompressão									TTD min:s	GR
			27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
42	10										0	4:40	*
	15	4:20									2	6:40	G
	20	4:20									6	10:40	I
140	25	4:00									14	20:40	J
	30	4:00								5	21	30:40	K
	40	3:40							2	16	26	48:40	N
	50	3:40							6	24	44	78:40	O
	60	3:40							16	23	56	99:40	Z
	70	3:20						4	19	32	68	127:40	Z
	80	3:20						10	23	41	79	157:40	Z
	90	3:00					2	14	18	42	88	168:40	**
	120	3:00					12	14	36	56	120	242:40	**
	180	2:40				10	26	32	54	94	168	388:40	**
	240	2:20			8	28	34	50	78	124	187	513:40	**
	360	2:00		9	32	42	64	84	122	142	187	686:40	**
480	2:00		31	44	59	100	114	122	142	187	803:40	**	
720	1:40	16	56	88	97	100	114	122	142	187	926:40	**	

* Veja a TLSD.

** Mergulhos sucessivos não podem ser realizados após um mergulho de exposição excepcional.

TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR

PROF metros pés	TTF min	TPP min:s	Paradas para descompressão									TTD min:s	GR
			27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
45	5										0	5:00	C
	10	4:40									1	6:00	E
	15	4:40									3	8:00	G
150	20	4:20								2	7	14:00	H
	25	4:20								4	17	26:00	K
	30	4:20								8	24	37:00	L
	40	4:00							5	19	33	62:00	N
	50	4:00							12	23	51	91:00	O
	60	3:40						3	19	26	62	115:00	Z
	70	3:40						11	19	39	75	149:00	Z
	80	3:20					1	17	19	50	84	176:00	Z
160	5										0	5:20	D
	10	5:00									1	6:20	F
	15	4:40								1	4	10:20	H
	20	4:40								3	11	19:20	J
	25	4:40								7	20	32:20	K
	30	4:20							2	11	25	43:20	M
	40	4:20							7	23	39	74:20	N
	50	4:00						2	16	23	55	101:20	Z
	60	4:00						9	19	33	69	135:20	Z
	70	3:40					1	17	22	44	80	169:20	**

PROF metros pés	TTF min	TPP min:s	Paradas para descompressão											TTD min:s	GR	
			33 110	30 100	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10			
51	5												0	5:40	D	
	10	5:20											2	7:40	F	
170	15	5:00										2	5	12:40	H	
	20	5:00										4	15	24:40	J	
	25	4:40								2	7	23	37:40	L		
	30	4:40								4	13	26	48:40	M		
	40	4:20							1	10	23	45	84:40	O		
	50	4:20							5	18	23	61	112:40	Z		
	60	4:00						2	15	22	37	74	155:40	Z		
	70	4:00						8	17	19	51	86	186:40	**		
	90	3:40					12	12	14	34	52	120	249:40	**		
	120	3:00			2	10	12	18	32	42	82	156	359:40	**		
	180	2:40		4	10	22	28	34	50	78	120	187	538:40	**		
	240	2:40			18	24	30	42	50	70	116	142	187	684:40	**	
	360	2:20		22	34	40	52	60	98	114	122	142	187	876:40	**	
	480	2:00	14	40	42	56	91	97	100	114	122	142	187	1010:40	**	
	54	5												0	6:00	D
		10	5:40											3	9:00	F
15		5:20										3	6	15:00	I	
180	20	5:00									1	5	17	29:00	J	
	25	5:00									3	10	24	43:00	L	
	30	5:00									6	17	27	56:00	N	
	40	4:40							3	14	23	50	96:00	O		
	50	4:20						2	9	19	30	65	131:00	Z		
	60	4:20						5	16	19	44	81	171:00	Z		

* Veja a TLSD.

** Mergulhos sucessivos não podem ser realizados após um mergulho de exposição excepcional.

TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR

PROF metros	TTF pés	TPP min:s	Paradas para descompressão											TTD min:s	GR
			33 110	30 100	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
57	5	5:40											0	6:20	D
	10	5:40										1	3	10:20	G
	15	5:40										6	7	17:20	I
190	20	5:20									2	6	20	34:20	K
	25	5:20									5	11	25	47:20	M
	30	5:00								1	8	19	32	66:20	N
	40	5:00								8	14	23	55	106:20	O
	50	4:40							4	13	22	33	72	150:20	**
	60	4:40							10	17	19	50	84	186:20	**

PROF	TTF	TPP	Paradas para descompressão													TTD		
			metros	pés	min	min:s	39	36	33	30	27	24	21	18	15		12	9
				130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
60	5	6:20															1	7:40 **
	10	6:00														1	4	11:40 **
	15	5:40												1	4	10	21:40 **	
200	20	5:40												3	7	27	43:40 **	
	25	5:40												7	14	25	52:40 **	
	30	5:20											2	9	22	37	76:40 **	
	40	5:00									2	8	17	23	59	115:40**		
	50	5:00									6	16	22	39	75	164:40**		
	60	4:40								2	13	17	24	51	89	202:40**		
	90	3:40					1	10	10	12	12	30	38	74	134	327:40**		
	120	3:20					6	10	10	10	24	28	40	64	98	180	476:40**	
	180	2:40		1	10	10	18	24	24	42	48	70	106	142	187	688:40**		
	240	2:40		6	20	24	24	36	42	54	68	114	122	142	187	845:40**		
360	2:20	12	22	36	40	44	56	82	98	100	114	122	142	187	1061:40**			
63	5	6:40														1	8:00**	
	10	6:20													2	4	13:00**	
	15	6:00												1	5	13	26:00**	
210	20	6:00												4	10	23	44:00**	
	25	5:40											2	7	17	27	60:00**	
	30	5:40											4	9	24	41	85:00**	
	40	5:20										4	9	19	26	63	128:00**	
	50	5:20								1	9	17	19	45	80	178:00**		
66	5	7:00														1	8:20**	
	10	6:40													2	5	14:20**	
	15	6:20												2	5	16	30:20**	
220	20	6:00											1	3	11	24	46:20**	
	25	6:00											3	8	19	33	70:20**	
	30	5:40										1	7	10	23	47	95:20**	
	40	5:40										6	12	22	29	68	144:20**	
	50	5:20									3	12	17	18	51	86	194:20**	

* Veja a TLSD.

** Mergulhos sucessivos não podem ser realizados após um mergulho de exposição excepcional.

TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR

PROF metros	TTF min	TPP min:s	Paradas para descompressão													TTD min:s
			39 130	36 120	33 110	30 100	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10	
69	5	7:20													2	9:40**
	10	6:20											1	2	6	16:40**
	15	6:20											3	6	18	34:40**
230	20	6:20										2	5	12	26	52:40**
	25	6:20										4	8	22	37	78:40**
	30	6:00									2	8	12	23	51	103:40**
	40	5:40								1	7	15	22	34	74	160:40**
	50	5:40								5	14	16	24	51	89	206:40**
72	5	7:40													2	10:00**
	10	7:00											1	3	6	18:00**
	15	7:00											4	6	21	39:00**
240	20	6:40										3	6	15	25	57:00**
	25	6:20									1	4	9	24	40	86:00**
	30	6:20									4	8	15	22	56	113:00**
	40	6:00								3	7	17	22	39	75	171:00**
	50	5:40							1	8	15	16	29	51	94	222:00**
75	5	7:40												1	2	11:20**
	10	7:20											1	4	7	20:20**
	15	7:00										1	4	7	22	42:20**
250	20	7:00										4	7	17	27	63:20**
	25	6:40									2	7	10	24	45	96:20**
	30	6:40									6	7	17	23	59	120:20**
	40	6:20								5	9	17	19	45	79	182:20**
	60	5:20					4	10	10	10	12	22	36	64	164	302:20**
	90	4:20	8	10	10	10	10	10	10	28	28	44	68	98	186	518:20**
78	5	8:00												1	2	11:40**
	10	7:40											2	4	9	23:40**
	15	7:20										2	4	10	22	46:40**
260	20	7:00									1	4	7	20	31	71:40**
	25	7:00									3	8	11	23	50	103:40**
	30	6:40								2	6	8	19	26	61	130:40**
	40	6:20							1	6	11	16	19	49	84	194:40**
81	5	8:20												1	3	13:00**
	10	8:00											2	5	11	27:00**
	15	7:40										3	4	11	24	51:00**
270	20	7:20									2	3	9	21	35	79:00**
	25	7:00								2	3	8	13	23	53	111:00**
	30	7:00								3	6	12	22	27	64	143:00**
	40	6:40							5	6	11	17	22	51	88	209:00**

* Veja a TLSD.

** Mergulhos sucessivos não podem ser realizados após um mergulhos de exposição excepcional.

TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR

PROF metros pés	TTF min	TPP min:s	Paradas para descompressão														TTD min:s
			39 130	36 120	33 110	30 100	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
84	5	8:40												2	2	13:20**	
	10	8:00									1	2	5	13		30:20**	
	15	7:40								1	3	4	11	26		54:20**	
280	20	7:40								3	4	8	23	39		86:20**	
	25	7:20							2	5	7	16	23	56		118:20**	
	30	7:00						1	3	7	13	22	30	70		155:20**	
	40	6:40					1	6	6	13	17	27	51	93		223:20**	
87	5	9:00												2	3	14:40**	
	10	8:20									1	3	5	16		34:40**	
	15	8:00								1	3	6	12	26		57:40**	
290	20	8:00								3	7	9	23	43		94:40**	
	25	7:40							3	5	8	17	23	60		125:40**	
	30	7:20						1	5	6	16	22	36	72		167:40**	
	40	7:00					3	5	7	15	16	32	51	95		233:40**	
90	5	9:20												3	3	16:00**	
	10	8:40									1	3	6	17		37:00**	
	15	8:20								2	3	6	15	26		62:00**	
300	20	8:00							2	3	7	10	23	47		102:00**	
	25	7:40						1	3	6	8	19	26	61		134:00**	
	30	7:40						2	5	7	17	22	39	75		177:00**	
	40	7:20					4	6	9	15	17	34	51	90		236:00**	
	60	6:00		4	10	10	10	10	10	14	28	32	50	90	187	465:00**	

* Veja a TLSD.

** Mergulhos sucessivos não podem ser realizados após um mergulhos de exposição excepcional.

EXPOSIÇÕES EXTREMAS - 75m (250 pés) e 90m (300 pés)

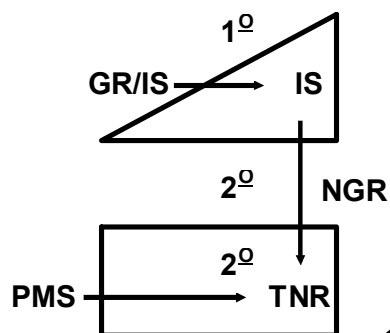
PROF		TTF		TPP		Paradas para descompressão																		TTD
metros	pés	min	min:s	60	57	54	51	48	45	42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	min:s
				200	190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	
75		120	3:40							5	10	10	10	10	16	24	24	36	48	64	94	142	187	688:20
250		180	3:00					4	8	8	10	22	24	24	32	42	44	60	84	114	122	142	187	935:20
		240	3:00					9	14	21	22	22	40	40	42	56	76	98	100	114	122	142	187	1113:20
90		90	4:40					3	8	8	10	10	10	10	16	24	24	34	48	64	90	142	187	698:00
300		120	4:00			4	8	8	8	8	10	14	24	24	24	34	42	58	66	102	122	142	187	895:00
		180	3:30	6	8	8	8	14	20	21	21	28	40	40	48	56	82	98	100	114	122	142	187	1173:00

**TABELA DE LIMITES E DESIGNAÇÃO DE GRUPOS DE REPETIÇÃO PARA
MERGULHOS A AR SEM PARADA DE DESCOMPRESSÃO**

PROF		Limites s/desc. min.	GRUPOS DE REPETIÇÃO														
m	pés		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
3	10		60	120	210	300	797	*									
4,5	15		35	70	110	160	225	350	452	*							
6	20		25	50	75	100	135	180	240	325	390	917	*				
7,5	25	595	20	35	55	75	100	125	160	195	245	315	361	540	595		
10	30	405	15	30	45	60	75	95	120	145	170	205	250	310	344	405	
10,5	35	310	5	15	25	40	50	60	80	100	120	140	160	190	220	270	310
12	40	200	5	15	25	30	40	50	70	80	100	110	130	150	170	200	
15	50	100		10	15	25	30	40	50	60	70	80	90	100			
18	60	60		10	15	20	25	30	40	50	55	60					
21	70	50		5	10	15	20	30	35	40	45	50					
24	80	40		5	10	15	20	25	30	35	40						
27	90	30		5	10	12	15	20	25	30							
30	100	25		5	7	10	15	20	22	25							
33	110	20			5	10	13	15	20								
36	120	15			5	10	12	15									
39	130	10			5	8	10										
42	140	10			5	7	10										
45	150	5			5												
48	160	5				5											
51	170	5				5											
54	180	5				5											
57	190	5				5											

* Maior Grupo de Repetição para esta profundidade independente do tempo de fundo.

* Mergulhos após intervalos de superfície maiores que 12 horas não são sucessivos. Considere os tempos reais de fundo para entrada na TPD e a obtenção dos esquemas de descompressão de tais mergulhos.



* Mergulhos após intervalos de superfície maiores que 12 horas não são sucessivos. Considere os tempos reais de fundo para entrada na TPD e a obtenção dos esquemas de decompressão de tais mergulhos.

															A	
															0:10	12:00 *
															B	
															0:10	3:20
															C	
															0:10	1:40
															D	
															0:10	1:10
															E	
															0:10	0:55
															F	
															0:10	0:45
															G	
															0:10	0:41
															H	
															0:10	0:36
															I	
															0:10	0:33
															J	
															0:10	0:31
															K	
															0:10	0:28
															L	
															0:10	0:26
															M	
															0:10	0:25
															N	
															0:10	0:24
															O	
															0:10	0:23
															Z	
															0:10	0:22

GRUPO DE REPETIÇÃO AO INÍCIO DO INTERVALO DE SUPERFÍCIE

	0:10	0:32	0:55	1:20	1:48	2:21	3:05	4:03	5:41	8:51
J	0:10	0:32	0:55	1:20	1:48	2:21	3:05	4:03	5:41	8:51
K	0:10	0:29	0:50	1:12	1:36	2:04	2:39	3:22	4:20	5:49
L	0:28	0:49	1:11	1:35	2:03	2:38	3:21	4:19	5:48	8:58
M	0:10	0:27	0:46	1:05	1:26	1:50	2:20	2:54	3:37	4:36
N	0:26	0:45	1:04	1:25	1:49	2:19	2:53	3:36	4:35	6:02
O	0:10	0:26	0:43	1:00	1:19	1:36	2:06	2:35	3:09	3:53
Z	0:25	0:42	0:59	1:18	1:35	2:05	2:34	3:08	3:52	4:49
	0:10	0:25	0:40	0:55	1:12	1:31	1:54	2:19	2:48	3:23
	0:24	0:39	0:54	1:11	1:30	1:53	2:18	2:47	3:22	4:04
	0:10	0:24	0:37	0:52	1:08	1:25	1:44	2:05	2:30	3:00
	0:23	0:36	0:51	1:07	1:24	1:43	2:04	2:29	2:59	3:33
	0:10	0:23	0:35	0:49	1:03	1:19	1:37	1:56	2:18	2:43
	0:22	0:34	0:48	1:02	1:18	1:36	1:55	2:17	2:42	3:10

NGR →
Z
O
N
M
L
K
J
I
H
G
F
E
D
C
B
A

**PROF. DO
MERGULHO
SUCESSIVO**

m / pés	Z	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
3	10	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	797	279	159	88	39
6	20	**	**	**	**	**	**	917	399	279	208	159	120	88	62	39
9	30	=	=	=	349	279	229	190	159	132	109	88	70	54	39	25
12	40	257	241	213	187	161	138	116	101	87	73	61	49	37	25	17
15	50	169	160	142	124	111	99	87	76	66	56	47	38	29	21	13
18	60	122	117	107	97	88	79	70	61	52	44	36	30	24	17	11
21	70	100	96	87	80	72	64	57	50	43	37	31	26	20	15	9
24	80	84	80	73	68	61	54	48	43	38	32	28	23	18	13	8
27	90	73	70	64	58	53	47	43	38	33	29	24	20	16	11	7
30	100	64	62	57	52	48	43	38	34	30	26	22	18	14	10	7
33	110	57	55	51	47	42	38	34	31	27	24	20	16	13	10	6
36	120	52	50	46	43	39	35	32	28	25	21	18	15	12	9	6
39	130	46	44	40	38	35	31	28	25	22	19	16	13	11	8	6
42	140	42	40	38	35	32	29	26	23	20	18	15	12	10	7	5
45	150	40	38	35	32	30	27	24	22	19	17	14	12	9	7	5
48	160	37	36	33	31	28	26	23	20	18	16	13	11	9	6	4
51	170	35	34	31	29	26	24	22	19	17	15	12	10	8	6	4
54	180	32	31	29	27	25	22	20	18	16	14	11	10	8	6	4
57	190	31	30	28	26	24	21	19	17	15	13	10	10	8	6	4

= Utilizar os tempos de nitrogênio residual listados na profundidade de 12m /40 pés. A descompressão do mergulho deverá ser feita pela TPD também utilizando a profundidade de 12m/40 pés ao invés de 9m/30 pés.

**** Nos casos em que o Tempo de Nitrogênio Residual não é fornecido, o Grupo de Repetição do primeiro mergulho deverá ser mantido como GR do mergulho sucessivo.**

TABELA DE DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE USANDO OXIGÊNIO											
PROF TTf		TPP	Paradas em ar na água (min)					Parada em O ₂		TTD	
Metros	Pés	min	min:s	m	18	15	12	9	IS	12	Superfície
				pés	60	50	40	30		40	min:s
21	50	2:20			0	0	0	0		0	2:20
	90	2:20			0	0	0	0		15	22:40
	120	2:20			0	0	0	0		23	30:40
70	150	2:20			0	0	0	0		31	43:40
	180	2:20			0	0	0	0		39	51:40
24	40	2:40			0	0	0	0		0	2:40
	70	2:40			0	0	0	0		14	22:00
	85	2:40			0	0	0	0		20	28:00
80	100	2:40			0	0	0	0		26	34:00
	115	2:40			0	0	0	0		31	44:00
	130	2:40			0	0	0	0		37	50:00
	150	2:40			0	0	0	0		44	57:00
27	30	3:00			0	0	0	0		0	3:00
	60	3:00			0	0	0	0		14	22:20
	70	3:00			0	0	0	0		20	28:20
90	80	3:00			0	0	0	0		25	33:20
	90	3:00			0	0	0	0		30	38:20
	100	3:00			0	0	0	0		34	47:20
	110	3:00			0	0	0	0		39	52:20
	120	3:00			0	0	0	0		43	56:20
	130	3:00			0	0	0	0		48	61:20
30	25	3:20			0	0	0	0		0	3:20
	50	3:20			0	0	0	0		14	22:40
	60	3:20			0	0	0	0		20	28:40
100	70	3:20			0	0	0	0		26	34:40
	80	3:20			0	0	0	0		32	45:40
	90	3:20			0	0	0	0		38	51:40
	100	3:20			0	0	0	0		44	57:40
	110	3:20			0	0	0	0		49	62:40
	120	2:20			0	0	0	3		53	69:20
33	20	3:40			0	0	0	0		0	3:40
	40	3:40			0	0	0	0		12	21:00
	50	3:40			0	0	0	0		19	28:00
110	60	3:40			0	0	0	0		26	35:00
	70	3:40			0	0	0	0		33	47:00
	80	2:40			0	0	0	1		40	55:00
	90	2:40			0	0	0	2		46	62:00
	100	2:40			0	0	0	5		51	70:00
	110	2:40			0	0	0	12		54	80:00
36	15	4:00			0	0	0	0		0	4:00
	30	4:00			0	0	0	0		9	18:20
	40	4:00			0	0	0	0		16	25:20
120	50	4:00			0	0	0	0		24	33:20
	60	3:00			0	0	0	2		32	48:20
	70	3:00			0	0	0	4		39	57:20
	80	3:00			0	0	0	5		46	65:20
	90	3:00			0	0	3	7		51	75:20
	100	3:00			0	0	6	15		54	89:20

O TEMPO DECORRIDO ENTRE OS 30 PÉS NA ÁGUA E OS 40 PÉS NA CÂMARA NÃO DEVE ULTRAPASSAR 5 (CINCO) MINUTOS

1 MIN e 20 SEG PARA VIR DOS 40 PÉS NA CÂMARA ATÉ A SUPERFÍCIE

TABELA DE DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE USANDO OXIGÊNIO											
PROF	TTF	TPP	Paradas em ar na água (min)					Parada em O ₂		TTD	
Metros			m	18	15	12	9				
Pés	min	min:s	pés	60	50	40	30	IS	12	Superfície	min:s
									40		
39	10	4:20		0	0	0	0		0		4:20
	30	4:20		0	0	0	0		12		21:40
	40	4:20		0	0	0	0		21		30:40
	50	3:20		0	0	0	3		29		41:40
130	60	3:20		0	0	0	5		37		56:40
	70	3:20		0	0	0	7		45		66:40
	80	3:00		0	0	6	7		51		78:40
	90	3:00		0	0	10	12		56		92:40
42	10	4:40		0	0	0	0		0		4:40
	25	4:40		0	0	0	0		11		21:00
	30	4:40		0	0	0	0		15		25:00
	35	4:40		0	0	0	0		20		30:00
140	40	3:40		0	0	0	2		24		36:00
	45	3:40		0	0	0	4		29		43:00
	50	3:40		0	0	0	6		33		54:00
	55	3:40		0	0	0	7		38		60:00
	60	3:40		0	0	0	8		43		66:00
	65	3:20		0	0	3	7		48		73:00
	70	3:00		0	2	7	7		51		82:00
45	5	5:00		0	0	0	0		0		5:00
	25	5:00		0	0	0	0		13		23:20
	30	5:00		0	0	0	0		18		28:20
	35	4:00		0	0	0	4		23		37:20
150	40	3:40		0	0	3	6		27		46:20
	45	3:40		0	0	5	7		33		60:20
	50	3:20		0	2	5	8		38		68:20
	55	3:00		2	5	9	4		44		79:20
48	5	5:20		0	0	0	0		0		5:20
	20	5:20		0	0	0	0		11		21:40
	25	5:20		0	0	0	0		16		26:40
	30	4:20		0	0	0	2		21		33:40
160	35	4:00		0	0	4	6		26		46:40
	40	3:40		0	3	5	8		32		63:40
	45	3:20		3	4	8	6		38		74:40
51	5	5:40		0	0	0	0		0		5:40
	20	5:40		0	0	0	0		13		24:00
	25	5:40		0	0	0	0		19		30:00
	30	4:20		0	0	3	5		23		42:00
170	35	4:00		0	4	4	7		29		55:00
	40	3:40		4	4	8	6		36		74:00

O TEMPO DECORRIDO ENTRE OS 30 PÉS NA ÁGUA E OS 40 PÉS NA CÂMARA NÃO DEVE ULTRAPASSAR 5 (CINCO) MINUTOS

1 MIN e 20 SEG PARA VIR DOS 40 PÉS NA CÂMARA ATÉ A SUPERFÍCIE

TABELA DE DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE USANDO AR

PROF	TTF	TPP	Paradas em ar na água (min)					IS	Paradas na Câmara		TTD
			m	9	6	3			6	3	
Metros	Pés	min	min:s	pés	30	20	10		20	10	min:s
12	230	1:00					3			7	15:20
	250	1:00					3			11	19:20
	270	1:00					3			15	23:20
	300	1:00					3			19	27:20
15	120	1:20					3			5	13:40
	140	1:20					3			10	18:40
	160	1:20					3			21	29:40
	180	1:20					3			29	37:40
50	200	1:20					3			35	43:40
	220	1:20					3			40	48:40
	240	1:20					3			47	55:40
18	80	1:40					3			7	16:00
	100	1:40					3			14	23:00
	120	1:40					3			26	35:00
	140	1:40					3			39	48:00
60	160	1:40					3			48	57:00
	180	1:40					3			56	65:00
	200	1:20			3				3	69	81:30
21	60	2:00					3			8	17:20
	70	2:00					3			14	23:20
	80	2:00					3			18	27:20
	90	2:00					3			23	32:20
70	100	2:00					3			33	42:20
	110	1:40			3				3	41	53:50
	120	1:40			3				4	47	60:50
	130	1:40			3				6	52	67:50
	140	1:40			3				8	56	73:50
	150	1:40			3				9	61	79:50
	160	1:40			3				13	72	94:50
	170	1:40			3				19	79	107:50
24	50	2:20					3			10	19:40
	60	2:20					3			17	26:40
	70	2:20					3			23	32:40
	80	2:00			3				3	31	44:10
80	90	2:00			3				7	39	56:10
	100	2:00			3				11	46	67:10
	110	2:00			3				13	53	76:10
	120	2:00			3				17	56	83:10
	130	2:00			3				19	63	92:10
	140	2:00			26				26	69	128:10
	150	2:00			32				32	77	148:10
27	40	2:40					3			7	17:00
	50	2:40					3			18	28:00
	60	2:40					3			25	35:00
	70	2:20			3				7	30	47:30
90	80	2:20			13				13	40	73:30
	90	2:20			18				18	48	91:30
	100	2:20			21				21	54	103:30
	110	2:20			24				24	61	116:30
	120	2:20			32				32	68	139:30
	130	2:00		5	36				36	74	158:30

O TEMPO DECORRIDO ENTRE A ÚLTIMA PARADA NA ÁGUA E A PRIMEIRA PARADA NA CÂMARA NÃO DEVE EXCEDER A 5 (CINCO) MINUTOS

TABELA DE DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE USANDO AR

Metros pés	min	min:s	m pés	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		6 20	3 10	min:s
30	40	3:00						3			15	25:20
	50	2:40					3			3	24	37:50
	60	2:40					3			9	28	47:50
100	70	2:40					3			17	39	66:50
	80	2:40					23			23	48	101:50
	90	2:20				3	23			23	57	113:50
	100	2:20				7	23			23	66	126:50
	110	2:20				10	34			34	72	157:50
	120	2:20				12	41			41	78	179:50
33	30	3:20						3			7	17:40
	40	3:00					3			3	21	35:10
	50	3:00					3			8	26	45:10
110	60	3:00					18			18	36	80:10
	70	2:40				1	23			23	48	103:10
	80	2:40				7	23			23	57	118:10
	90	2:40				12	30			30	64	144:10
	100	2:40				15	37			37	72	169:10
36	25	3:40						3			6	17:00
	30	3:40						3			14	25:00
	40	3:20					3			5	25	41:30
120	50	3:20					15			15	31	69:30
	60	3:00				2	22			22	45	99:30
	70	3:00				9	23			23	55	118:30
	80	3:00				15	27			27	63	140:30
	90	3:00				19	37			37	74	175:30
	100	3:00				23	45			45	80	201:30
39	25	4:00						3			10	21:20
	30	3:40					3			3	18	32:50
	40	3:40					10			10	25	53:50
130	50	3:20				3	21			21	37	90:50
	60	3:20				9	23			23	52	115:50
	70	3:20				16	24			24	61	133:50
	80	3:00			3	19	35			35	72	172:50
	90	3:00			8	19	45			45	80	205:50
42	20	4:20						3			6	17:40
	25	4:00					3			3	14	29:10
	30	4:00					5			5	21	40:10
140	40	3:40				2	16			16	26	69:10
	50	3:40				6	24			24	44	107:10
	60	3:40				16	23			23	56	127:10
	70	3:20			4	19	32			32	68	164:10
	80	3:20			10	23	41			41	79	203:10
45	20	4:20					3			3	7	22:30
	25	4:20					4			4	17	34:30
	30	4:20					8			8	24	49:30
150	40	4:00				5	19			19	33	85:30
	50	4:00				12	23			23	51	118:30
	60	3:40			3	19	26			26	62	145:30
	70	3:40			11	19	39			39	75	192:30
	80	3:20		1	17	19	50			50	84	230:30

O TEMPO DECORRIDO ENTRE A ÚLTIMA PARADA NA ÁGUA E A PRIMEIRA PARADA NA CÂMARA NÃO DEVE EXCEDER A 5 (CINCO) MINUTOS

TABELA DE DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE USANDO AR

PROFTTF	TPP		Paradas em ar na água (min)						IS	Paradas na Câmara		TTD
	metros	min	min:s	m	15	12	9	6		6	3	
	pés			pés	50	40	30	20	10	20	10	min:s
48	20	4:40						3		3	11	26:50
	25	4:40						7		7	20	43:50
	30	4:20					2	11		11	25	58:50
160	40	4:20					7	23		23	39	101:50
	50	4:00				2	16	23		23	55	128:50
	60	4:00				9	19	33		33	69	172:50
	70	3:40			1	17	22	44		44	80	217:50
51	15	5:00						3		3	5	21:10
	20	5:00						4		4	15	33:10
	25	4:40					2	7		7	23	49:10
170	30	4:40					4	13		13	26	66:10
	40	4:20				1	10	23		23	45	112:10
	50	4:20				5	18	23		23	61	140:10
	60	4:00			2	15	22	37		37	74	197:10
54	70	4:00			8	17	19	51		51	86	242:10
	15	5:20						3		3	6	22:30
	20	5:00					1	5		5	17	38:30
180	25	5:00					3	10		10	24	57:30
	30	5:00					6	17		17	27	77:30
	40	4:40				3	14	23		23	50	123:30
	50	4:20			2	9	19	30		30	65	165:30
57	60	4:20			5	16	19	44		44	81	219:30
	15	5:40						4		4	7	25:50
	20	5:20					2	6		6	20	44:50
190	25	5:20					5	11		11	25	62:50
	30	5:00				1	8	19		19	32	89:50
	40	5:00				8	14	23		23	55	133:50
	50	4:40			4	13	22	33		33	72	187:50
57	60	4:40			10	17	19	50		50	84	240:50

O TEMPO DECORRIDO ENTRE A ÚLTIMA PARADA NA ÁGUA E A PRIMEIRA PARADA NA CÂMARA NÃO DEVE EXCEDER A 5 (CINCO) MINUTOS

CAPÍTULO 7

PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA

7.1 - EQUIPAMENTO AUTÔNOMO

7.1.1 - Perda de fornecimento de ar

Se o mergulhador perder o seu fornecimento de ar, ele deverá acionar a válvula de reserva e retornar imediatamente à superfície seguido pelo seu dupla.

Se o ar da ampola terminar após o acionamento da válvula de reserva, ele deverá compartilhar o ar trocando bocal com o dupla.

O mergulhador familiarizado com a troca de bocal irá superar com facilidade a tendência ao pânico nestas ocasiões. Existirá sempre o risco que a troca de bocal entre os mergulhadores termine em luta pela válvula reguladora.

É vital que o mergulhador exale o ar respirado se tiver que realizar uma subida livre. A tentativa de reter o ar nos pulmões durante a subida irá causar uma Síndrome de Hiperdistensão Pulmonar (SHP).

7.1.2 - Perda da máscara facial

Um mergulhador experiente não terá dificuldade em respirar sem a máscara.

Em águas frias, ele poderá ter a frequência respiratória aumentada, associada a um choque térmico e sofrer fortes dores de cabeça.

Se ele puder recuperar a máscara, poderá continuar o mergulho normalmente, mas se não puder fazê-lo ou sentir qualquer dificuldade, deverá retornar à superfície.

7.1.3 - Resgate de um mergulhador inconsciente

Um mergulhador poderá ficar inconsciente na água por causa da impureza do ar respirado da ampola, falta de ar na ampola, crescimento da taxa de CO₂, ou afogamento.

Ele poderá também ser vítima de ferimentos tais como cortes ou fraturas de ossos.

As situações poderão variar enormemente e somente poderão ser corretamente contornadas se seguirmos os procedimentos abaixo:

- um mergulhador inconsciente estará incapaz de exalar quando for trazido para a superfície e se ele for puxado pela linha de vida, quando usando equipamento dependente, há um risco considerável de Síndrome de Hiperdistensão Pulmonar (SHP);
- a menos que haja um atraso imprevisto, o mergulhador reserva deverá ser capaz de

alcançar o mergulhador acidentado em poucos segundos. Ele deverá segurá-lo pelas costas, tomando o cuidado para apertar o seu peito durante a subida, para que exale o ar respirado;

- o resgate usando somente a linha de vida, sem a ajuda do mergulhador reserva, deverá ser a última medida a ser tomada;
- na superfície da água será muito difícil determinar se o mergulhador inconsciente está respirando ou não. A respiração boca-a-boca poderá ser iniciada na água (superfície) se o mergulhador estiver usando equipamento autônomo, desde que esta medida não provoque atraso no resgate;
- a manobra de ressuscitação cárdio-respiratória (massagem cardíaca e respiração boca-a-boca) deverá ser iniciada imediatamente, quando o mergulhador estiver no convés.
- a inconsciência é um sintoma de asfixia ou SHP. O mergulhador deverá ser transportado para a câmara de recompressão e se não apresentar sinais de recuperação durante esta fase, deverá ser comprimido a 50 metros (165 pés), de acordo com a tabela de tratamento apropriada;
- a manobra de ressuscitação cárdio-respiratória deverá prosseguir durante o transporte do mergulhador, assim como na câmara. Caso não seja possível, pelo menos realizar a respiração boca-a-boca enquanto ele estiver sendo transportado e reiniciar a massagem cardíaca quando estiver deitado na câmara;
- se o mergulhador estiver consciente e respirando, um pequeno atraso é admitido para trazê-lo à superfície a fim de imobilizar um membro quebrado ou estancar um sangramento e removê-lo da água sem agravar o seu estado. Em todos os casos, um médico deverá ser chamado assim que possível.

7.1.4 - Mergulhador preso no fundo

Haverá sempre o risco de que a natural apreensão do mergulhador cause um aumento de sua frequência respiratória e o correspondente risco de crescimento da taxa de CO₂.

Ele deverá concentrar-se no controle de sua respiração, avisar a superfície de sua situação e tentar se livrar sozinho. Deverá também evitar movimentos bruscos e excesso de esforço.

A menos que ele possa se soltar rapidamente, o Supervisor deverá providenciar e assegurar o fornecimento de ar para o mergulhador, para depois tentar soltá-lo.

Um mergulhador preso no fundo poderá ficar um tempo excessivo mergulhado, sendo necessário o uso de tabelas de exposições extremas para descompressão.

7.2 - EQUIPAMENTO DEPENDENTE

7.2.1 - Perda do fornecimento de ar

O mergulhador receberá o ar da superfície por intermédio de um compressor de baixa pressão ou de um grupo de ampolas de alta pressão com válvula redutora. O mergulhador deverá carregar uma ampola de emergência, quando estiver usando a máscara *KMB* ou capacete *Superlite*.

O mergulhador fará contato com a superfície através do intercomunicador e deverá estar familiarizado com os Sinais Padrão de Mergulho que serão utilizados em caso de avaria do equipamento.

Em condições normais existe ar suficiente na ampola de emergência para que o mergulhador volte à superfície com segurança (máscara *KMB* ou capacete *Superlite*).

Qualquer que seja o equipamento que estiver usando, o mergulhador não deverá perder tempo para retornar à superfície.

Se estiver usando equipamento com válvula de demanda, ele deverá garantir que a válvula de fluxo direto esteja fechada para ter ar suficiente para uma subida segura.

Se o mergulhador não estiver recebendo ar da ampola de emergência, ele deverá abrir a válvula de fluxo direto, pois a avaria poderá estar ocorrendo na válvula de demanda do seu equipamento.

Neste caso, ou se este estiver usando um capacete de fluxo livre, o mergulhador terá pouco tempo de fornecimento de ar. Ele deverá retornar o mais rapidamente possível à superfície e exalar o ar durante a subida.

Se as válvulas de admissão e descarga de ar do capacete de fluxo livre estiverem fechadas, ele reterá no interior de seu capacete ar suficiente para permitir uma subida segura.

Um fornecimento extra de ar poderá ser providenciado introduzindo a mangueira do pneumômetro no interior da máscara ou do capacete e pedindo a superfície para que mantenha a válvula de ar do pneumômetro aberta.

Se o mergulhador for obrigado a omitir alguma parada para descompressão, ele deverá ser tratado como vítima de Doença Descompressiva, mesmo que não apresente sintomas (tratamento preventivo).

7.2.2 - Quebra da lente ou do capacete

Se o mergulhador bateu com força suficiente para quebrar a lente ou capacete, ele provavelmente estará inconsciente e não poderá se “safar” sozinho. O mergulhador reserva deverá resgatá-lo conforme descrito anteriormente. A experiência mostra que qualquer tentativa do mergulhador reserva em fornecer ar para o interior do capacete avariado, consumirá tempo e será ineficiente.

Se o mergulhador estiver consciente, ele poderá ainda estar apto para respirar através de sua válvula de demanda. Se isto for impossível, ele deverá abrir a válvula de fluxo direto. Se estiver usando um capacete de fluxo livre, ele deverá abrir a válvula de admissão e a válvula de descarga totalmente e tentar respirar.

Em ambos os casos ele deverá retornar a superfície imediatamente.

7.2.3 - Resgate de mergulhador ferido

Os procedimentos são, de uma forma geral, os mesmos descritos anteriormente.

O intercomunicador permitirá ao Supervisor saber se o mergulhador está respirando ou, se a situação permitir, se ele poderá ser puxado para a superfície pelo umbilical. Em caso de dúvida, o Supervisor deverá assumir que o mergulhador não está respirando e não deverá puxá-lo pelo umbilical, enviando, assim, o mergulhador reserva para socorrê-lo.

O capacete e a máscara facial completa tornam a respiração boca-a-boca na água inexecutável, mas ela deverá ser iniciada tão logo seja possível. Isto poderá ocorrer no estrado ou no sino.

7.2.4 - Mergulhadores presos no fundo

Os procedimentos são os mesmos descritos anteriormente. Fontes extras de ar serão providas por sua ampola de emergência e mangueira do pneumômetro, enquanto não chegar auxílio da superfície.

7.3 - SINO ABERTO

Como norma geral o mergulhador cumprirá os mesmos procedimentos previstos para o mergulho dependente, retornando para o sino ao invés da superfície. Mesmo em uma situação de emergência, o mergulhador deverá se preocupar em aduchar o seu umbilical, antes do içamento do sino.

Um umbilical desaduchado poderá transformar um incidente em sério acidente.

7.3.1 - Perda de suprimento de ar

Ao retornar ao sino, o mergulhador deverá informar à superfície e, em seguida, trocar o suprimento da ampola de emergência para o suprimento das ampolas do sino.

O sino, então, será içado pelo procedimento normal.

7.3.2 - Perda de comunicações

O mergulhador deverá retornar ao sino, que por sua vez, será preparado para o içamento.

Como o umbilical do mergulhador não segue para superfície por estar conectado diretamente ao sino, não será possível a comunicação usando os Sinais Padrão de Mergulho.

Poderá ser tentada a comunicação através da válvula de descarga do sino. Quando prontos, os mergulhadores efetuarão um número pré-determinado de descargas.

Após um tempo estipulado, normalmente alguns minutos, o sino será içado, cumprindo as paradas de descompressão necessárias.

É essencial que os mergulhadores e a equipe de superfície combinem e conheçam perfeitamente os procedimentos a serem cumpridos no sino.

Se houver alguma dúvida ou confusão, o Supervisor enviará o mergulhador reserva.

7.4 - DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE

Para efetuar a descompressão com segurança, os mergulhadores e a equipe de superfície deverão estar bem adestrados e familiarizados com a operação da câmara de recompressão.

7.4.1 - Atraso em colocar o mergulhador na câmara

Se o intervalo de superfície for excedido, os mergulhadores deverão ser tratados como se tivessem doença descompressiva, mesmo que assintomáticos.

7.4.2 - Falta de suprimento de oxigênio

A descompressão deverá continuar pela tabela de descompressão na superfície usando ar (TDSA), considerando o tempo decorrido na tabela de descompressão na superfície usando oxigênio (TDSO) até a interrupção do fornecimento.

CAPÍTULO 8

SEGURANÇA NO MERGULHO

8.1 - SEGURANÇA NO MERGULHO

Todos os mergulhos são potencialmente perigosos e o mergulhador deverá estar atento, todo o tempo, para minimizar os riscos.

De uma forma geral, isto poderá ser alcançado por um cuidadoso planejamento, preparação para o mergulho, fiel obediência aos procedimentos e correta utilização das comunicações.

8.1.1 - Planejamento

Todas as operações de mergulho deverão ser precedidas de um planejamento cuidadoso e detalhado, elaborado pelo mergulhador mais antigo, a ser consubstanciado em documento que deverá ser do conhecimento de todos os integrantes da equipe de mergulho, em especial de seu supervisor. Também deverão tomar conhecimento deste documento as pessoas envolvidas, diretamente ou indiretamente, na operação de mergulho.

As seguintes etapas servirão de subsídios para o planejamento:

- definição dos objetivos;
- coleta e análise dos dados;
- estabelecimento das tarefas operacionais;
- seleção da técnica de mergulho;
- seleção dos equipamentos e suprimentos;
- seleção da equipe de mergulho;
- estabelecimento de procedimentos e precauções de segurança;
- estabelecimento de procedimentos de emergência;
- estabelecimento de evacuação médica;
- preparação final do mergulho; e
- realização da operação.

É obrigatória a realização de “*briefing*” para a equipe de mergulho e estações diretamente envolvidas.

8.1.2 - Preparação para o mergulho

Antes de ir para a água, o mergulhador deverá assegurar-se de que:

- está fisicamente preparado para o mergulho. Uma dor muscular, cansaço, sono ou má alimentação poderá comprometer a execução da tarefa;
- seu equipamento individual está em boas condições e funcionando perfeitamente;
- está qualificado para o uso dos equipamentos a serem empregados no mergulho;
- tem conhecimento das condições do meio (profundidade, visibilidade, corrente e temperatura);
- tem pleno conhecimento do trabalho a ser realizado, dos perigos específicos e das normas de segurança;
- foi alertado quanto aos problemas e perigos que poderão surgir; e
- conhece os procedimentos de segurança.

8.1.3 - Procedimentos de mergulho

Cada membro da equipe de mergulho deverá conhecer e obedecer fielmente os procedimentos de mergulho.

Após um grande número de mergulhos, haverá uma tendência em relaxar estes procedimentos. Nestas ocasiões é que os acidentes costumam ocorrer. Por isso é determinante uma total seriedade no cumprimento das normas de segurança, até o encerramento do último mergulho.

8.1.4 - Comunicações

Os mergulhadores manterão o Supervisor informado de suas ações durante todo o tempo em que estiverem na água.

Se eles possuírem qualquer dúvida sobre as condições em que estarão trabalhando, deverão informar ao Supervisor imediatamente.

Em uma emergência, como a perda do suprimento de ar, o mergulhador poderá ter dificuldade para falar ou ser ouvido. Se necessário, ele deverá gritar e sinalizar para obter auxílio. A vaidade e o orgulho deverão ser esquecidos nestas ocasiões.

Durante uma operação de mergulho, todos os membros da equipe deverão saber o que os mergulhadores estão fazendo e em que estágio da operação eles se encontram.

Nas trocas de funções ou rendições de serviço, o elemento que está sendo rendido passará todas as informações para quem o está rendendo.

8.2 - CONDIÇÕES ADVERSAS PARA O MERGULHO

8.2.1 - Correntes

Os mergulhadores poderão encontrar fortes correntadas em rios ou fortes correntes de

maré no mar. Nesta situação, um elevado esforço poderá ser necessário para se manter numa posição conveniente ao trabalho, acelerando a sua respiração e elevando rapidamente a taxa de gás carbônico no organismo.

Especial atenção deverá ser dada aos umbilicais que poderão ser arrastados pela corrente, enroscando-se em alguma obstrução, aumentando o risco ao mergulhador.

Somente nos casos extremos, os mergulhadores poderão ser puxados para superfície, sino ou estrado, pelo umbilical.

Há três tipos de correntada:

- Rios ou correntes oceânicas principais.
- Correntes de maré, causadas pelo fluxo e refluxo das marés.
- Correntes de fundo, normalmente com sentido diverso das de superfície.

Os dois primeiros casos são razoavelmente previsíveis permitindo algum planejamento.

O último não está nas cartas e ocorrem a qualquer tempo.

Nestas condições, quando planeja-se um mergulho, a primeira consideração é o momento mais adequado. Procure planejar para o período em que a corrente estiver mais fraca. Em seguida, vem o equipamento. Um mergulhador autônomo será muito mais afetado por correntes do que um outro mergulhador utilizando equipamento dependente. Por último, a escolha do método de acesso ao local de trabalho. Se a corrente for mais forte na superfície, pode-se atingir o local de trabalho lançando-se o mergulhador à montante e fazendo com que mergulhe lentamente por um cabo de fundo. Seu recolhimento será efetuado pelo pessoal da superfície. Quando houver correntes muito fortes, poderá ser utilizado um sino aberto com cabos guia.

Quando houver uma correntada forte no local de trabalho, o mergulhador necessitará de ajuda para movimentar-se, requerendo “cabos de fundo” onde for possível instalá-los. O mergulhador deverá procurar posicionar-se a jusante do objeto de trabalho, recebendo desta forma alguma proteção contra corrente, diminuindo o esforço. Ao se mergulhar em locais com forte correntada, deve-se prestar especial atenção para a fadiga do mergulhador, procurando reduzir o esforço ao estritamente necessário à realização do trabalho.

8.2.2 - Mar agitado

Mergulhadores na superfície serão afetados pelas vagas. Neste caso, o problema será passar à superfície com segurança. Isto poderá ser feito de três maneiras:

- um estrado de mergulho poderá ser usado para levar e trazer os mergulhadores das águas mais profundas, normalmente mais calmas;
- o sino aberto poderá ser empregado com o mesmo objetivo; e
- utilizar uma área de acesso ao mar denominada “*Moon-Pool*”, que constitui-se em uma passagem no centro do navio, através do qual um sino com mergulhadores poderá ser lançado.

Existirá também o risco dos mergulhadores serem lançados contra uma estrutura e ficarem sujeitos a uma considerável variação de pressão devido ao movimento entre a crista e o cavado da onda sobre suas cabeças. Isto poderá afetar a descompressão se eles estiverem realizando a parada dos 3 metros (10 pés) na água e, em casos extremos, causar manifestação de síndrome de hiperdistensão pulmonar (SHP).

8.2.3 - Mergulho em canais, diques, portos e represas

Há uma série de problemas que poderão ocorrer, em separado ou simultaneamente, ao efetuar-se este tipo de mergulho.

Em hipótese alguma os mergulhadores devem retirar a máscara ou bocal quando mergulhados sob cascos de navio ou instalações que apresentem bolsões de ar (gases). A concentração de gases tóxicos pode ser tal que provoque a inconsciência imediata dos mergulhadores com conseqüente afogamento e morte.

a) Diferença de pressão

Ocorrerá quando o nível de água de um lado de uma porta-batel ou represa for maior do que o outro.

Se houver um vazamento, a água passará do lado mais alto para o mais baixo, o que poderá sugar os mergulhadores contra a parede. Portas-batel quando abertas, poderão arrastar os mergulhadores causando ferimentos graves, quando não fatais. As seguintes regras deverão ser seguidas:

- sempre mergulhe no lado em que a água estiver mais baixa;
- esvazie um lado se necessário;
- certifique-se que as portas-batel estejam fechadas e trancadas; e
- informe o pessoal da manobra, supervisores de cais ou diques, que você está mergulhando e saia da água, imediatamente, se houver quaisquer movimentos das portas.

b) Baixa visibilidade

Na maioria dos portos, canais, etc., a visibilidade no fundo é bem reduzida. Deve-se marcar o ponto de trabalho com um cabo de fundo de forma a encontrá-lo facilmente. Contudo, todo o cuidado é necessário.

c) Material abandonado no fundo

Na maioria dos portos existe no fundo do mar uma grande quantidade de material abandonado, que poderá prender o mergulhador. Novamente a regra é ser cuidadoso. Tente retornar pelo mesmo caminho que entrou e se, de qualquer jeito, ocorrer o enrasque, deve-se usar movimentos lentos e suaves na tentativa de se libertar. Mantenha sempre a calma e pense antes de executar qualquer movimento. Nestas áreas nunca pule para entrar na água. Uma haste ou estaca próximo a superfície poderá causar sérios ferimentos.

d) Mergulho junto a navios

Existem três riscos principais ao se mergulhar junto à navios:

- o hélice ao movimentar-se poderá sugar o mergulhador, causando ferimentos fatais. Sempre informe ao Comandante, Chefe de Máquinas e Oficial de Serviço quando for mergulhar. Se possível coloque o leme na posição desacoplado, deixando uma mensagem escrita, junto aos controles, do tipo: “Não opere, mergulhadores na área”;
- os planos de distribuição ao longo do casco deverão ser consultados. As aspirações por apresentarem risco de sucção, deverão estar desligadas, colocando-se avisos junto às respectivas máquinas; e
- alguns navios possuem sistemas de proteção catódica instalados. Em certas circunstâncias eles poderão eletrocutar os mergulhadores. Deverão, portanto, ser desligados.

Nas fainas de mergulho poderá existir uma série de armadilhas para mergulhadores desavisados ou displicentes. A maioria delas pode ser evitada pelo uso do bom senso.

e) Mergulho junto a oleodutos em teste

Os mergulhadores não deverão aproximar-se a menos de 100 metros de oleodutos submetidos a testes pneumáticos.

Durante testes hidrostáticos, os mergulhadores poderão trabalhar nas proximidades

do oleoduto, mas não deverão executar nenhuma faina nos mesmos.

Recomenda-se que ao se detectar um oleoduto defeituoso, ou sob suspeita de apresentar alguma avaria, os mergulhadores não se aproximem a menos de 100 metros, até que a pressão tenha sido reduzida para 80% da maior pressão a que ele vem sendo submetido, desde que o defeito foi detectado.

Cuidados especiais deverão ser tomados quando a pressão do oleoduto for reduzida para uma pressão menor que a ambiente, já que a diferença de pressão poderá ser perigosa para os mergulhadores.

f) Navio com Sistema de Posicionamento Dinâmico (SPD)

A maioria dos modernos navios de mergulho mantem-se posicionado por meio de um Sistema de Posicionamento Dinâmico.

A posição do navio é continuamente monitorada por um computador instalado a bordo, que corrige qualquer movimento acionando de maneira apropriada o "*thruster*" (hélice especial direcional).

Um navio dotado com este sistema poderá manter a posição com a precisão de 1 metro, mesmo em severas condições de mar.

O Sistema de Posicionamento Dinâmico poderá ser perigoso para os mergulhadores.

O "*thruster*" poderá ser acionado a qualquer momento, havendo risco de que os mergulhadores ou seus umbilicais sejam sugados por ele.

Para minimizar este problema, deve-se ter atenção ao comprimento dos umbilicais, de maneira a dificultar que os mergulhadores se aproximem do "*thruster*". Deverá ser utilizado o "*moon pool*", estrado de mergulho ou sino, assim como alarmes no compartimento de controle de mergulho quando o Sistema de Posicionamento Dinâmico entrar em funcionamento.

8.3 - REGRAS GERAIS DE SEGURANÇA

Além de todos os cuidados específicos para prevenir os acidentes de mergulho, a grande diversidade de equipamentos e sistemas, as características físicas das instalações de mergulho, bem como os diferentes tipos de tarefas executadas pelos mergulhadores, requerem que a atenção e cuidado sejam sempre pontos importantes.

É preciso, portanto, que todos estejam cientes de que deverão ser observadas normas mínimas de segurança para garantir a boa condução de uma faina, mesmo por aqueles não envolvidos diretamente na equipe.

As regras gerais de segurança apresentadas a seguir, não abrangem todas as situações possíveis, contudo, representam uma síntese obrigatória a qual toda a equipe de mergulho deverá estar atenta:

- segurança é uma atitude. Todos deverão saber e constantemente pensar a respeito da segurança para proteger a si próprio e aos outros. Todos deverão estar todo tempo alertas e prestar atenção ao que fazem. Não há substituto para a vigilância;
- os procedimentos de segurança requerem a eliminação de brincadeiras, correrias e outras atividades não produtivas nas proximidades de máquinas, equipamentos, painéis e estações de mergulho. Tais procedimentos poderão ser extremamente perigosos e causar sérios acidentes;
- qualquer componente de uma equipe que veja um outro componente deixando de cumprir uma norma de segurança deverá alertá-lo, chamando sua atenção para os riscos e, caso necessário, adotar providências disciplinares cabíveis;
- quaisquer acidentes, ainda que menores e que não tenham causado ferimentos, deverão ser imediatamente comunicados ao Supervisor de Mergulho;
- infecções poderão ocorrer a partir de pequenos ferimentos na pele se não cuidados apropriadamente. Não os negligencie;
- tenha todos os procedimentos para casos de incêndio bem conhecidos. Esteja bem familiarizado com suas atribuições para essas ocorrências. Conheça também todos os outros procedimentos de emergência e sua atribuição particular nesses casos;
- cuidado ao descer ou subir escadas, andaimes e plataformas;
- ao levantar objetos, faça-o com cuidado para evitar problemas de coluna. Ao levantar objetos pesados flexione as pernas e procure manter as costas eretas próximo da vertical. Não tente levantar objetos mais pesados que sua capacidade. Se precisar de ajuda não hesite em pedir;
- óculos, capacetes, máscaras e luvas deverão ser sempre utilizados em atividades que produzam ameaça aos olhos, mãos e rosto, tais como operar esmeril, manobras de cabos de aço, solda elétrica e etc.. Não deixe de usá-las por falta de hábito ou orgulho;
- cuidado com chão escorregadio. Caso tenha derramado óleo ou outra qualquer substância que possa causar escorregões, limpe imediatamente. Caso não possa pessoalmente limpar a área, comunique imediatamente ao Supervisor de Mergulho;
- não deixe objetos em escadas, plataformas ou lugares altos dos quais possam cair e

- causar acidentes;
- não jogue lixo, cigarro ou quaisquer outros objetos em locais que não sejam apropriados para esse fim. Apague sempre o cigarro antes de jogá-lo fora;
- mantenha o seu local de trabalho limpo e arrumado. Evite acúmulo de material desnecessário;
- não mantenha guardados ou estocados materiais de fácil combustão, como óleo, gasolina, solvente, etc., em locais quentes, expostos diretamente ao sol ou sujeitos à fagulhas;
- não opere nenhum equipamento, máquina, painel, etc., sem autorização. Conheça as normas de operação e segurança para cada um deles. Em caso de dúvida, pergunte;
- em todas as operações, siga sempre os procedimentos adotados e do conhecimento dos demais. Em caso de dúvida, recorra ao Supervisor de Mergulho. Apresente a ele suas sugestões;
- qualquer equipamento encontrado avariado ou com mal funcionamento deverá ser reportado ao Supervisor de Mergulho. Esses cuidados também deverão ser observados com relação à segurança das operações;
- evite atitudes ou ações que possam constituir perigo para si mesmo e para os outros;
- tenha sempre sua atenção voltada para o trabalho que estiver executando;
- utilize sempre a ferramenta própria ao trabalho a realizar;
- cuidado ao transportar ferramentas com pontas afiadas e cortantes. Ao passá-las para outros, faça-o com cuidado para evitar acidentes. Não carregue material demais em suas mãos. Use caixas de ferramentas apropriadas. Evite sujar o punho de ferragens com graxa ou óleo para evitar que elas escorreguem e causem acidentes;
- cuidado ao operar sistemas hidráulicos ou pneumáticos das câmaras para evitar esmagar os dedos ou mãos;
- mantenha suas ferramentas afiadas quando for o caso. Não teste o fio da ferramenta com seus dedos;
- O uso de chaves de boca comuns são sempre preferíveis ao uso de chaves de boca ajustável. Essa última, tende a abrir podendo escorregar causando danos ao material ou mesmo acidentes;
- quando usando facas ou outro objeto cortante, faça o corte no sentido de afastamento de seu corpo. Esteja certo de estar afastado suficientemente dos outros;

- cuidado com choque elétrico. Um choque com 115 V poderá ser fatal. É importante saber também que a amperagem é fator mais importante que a voltagem;
- inspecione sempre antes de usar cabos e extensões elétricos. Verifique o isolamento e, se necessário, substitua as partes avariadas;
- tenha atenção e não negligencie o aterramento de máquinas e equipamentos;
- cuidado com luvas, panos ou roupas que possam ser enroladas em motores em funcionamento. Cuidado com o uso de anéis e cordões;
- inspecione sempre as proteções de correias e polias. Não tente reparar ou ajustar sem estar perfeitamente certo e seguro de que a máquina não seja alimentada;
- após utilizar um equipamento, não se afaste até que o motor esteja completamente parado. Isso irá prevenir acidentes com outras pessoas;
- nunca tente lubrificar, limpar ou ajustar equipamento ou máquinas em funcionamento;
- se um equipamento estiver com defeito, não tente utilizá-lo até que o reparo apropriado seja realizado;
- tenha sempre atenção à ventilação e/ou resfriamento de motores, compressores, etc. para evitar superaquecimento que poderá produzir gases oriundos da vaporização de óleos, lubrificantes, etc.;
- verifique sempre se os locais onde estão instalados compressores estão bem ventilados. Garanta que o compressor não aspire gases da descarga de motores;
- não substitua o óleo usado nos compressores por outros tipos. A substituição de lubrificantes poderá atender ao equipamento, contudo, poderá trazer sérios problemas ao ar ou gás de mergulho;
- siga sempre as instruções do fabricante do equipamento antes de operá-lo. Verifique o óleo, tensão e outros requisitos adequados à cada um deles antes do início da operação;
- fique atento ao funcionamento dos equipamentos. Ruídos estranhos, vazamentos de óleo, etc. indicam avaria e requerem ser imediatamente avaliados;
- atenção para efetuar o dreno dos gases comprimidos nos compressores;
- use cinto de segurança sempre que for trabalhar em locais altos e sem proteção;
- mantenha sempre sua saúde em boa forma. Pratique exercícios. Tenha uma vida saudável;
- estudos estatísticos provam que a maioria dos acidentes de mergulho são resultados da falta de conhecimento, adestramento ou instruções a respeito da operação. Apenas uma

pequena minoria de acidentes pode ser debitada a falhas mecânicas, portanto, é imperativo que todos estejam cientes e bem familiarizados com as instruções do mergulho, da instalação e dos procedimentos a serem adotados;

- nenhum mergulhador com infecção ou inflamação das vias respiratórias e com dificuldades para compensar ouvidos ou seios da face deverá insistir no mergulho. Qualquer medicação anteriormente tomada deve ser comunicada ao Supervisor;
- todos equipamentos de mergulho, tais como capacetes, máscaras, etc., deverão ter sua manutenção em dia. Todo reparo deverá ser realizado imediatamente;
- todos os mergulhadores deverão estar com seu exame de saúde (psicofísico) em dia e com prazo de validade que cubra o período da operação a ser iniciada;
- um mergulhador deverá estar atento para sintomas de acidentes de mergulho por cerca de 12 horas após um mergulho sem descompressão e pelo menos 24 horas após um mergulho com descompressão;
- nenhum mergulhador deverá efetuar viagens aéreas por um período mínimo de 24 horas após um mergulho com descompressão;
- esteja sempre seguro de usar as ampolas de armazenamento corretamente. Não utilize as mesmas ampolas para gases diferentes a cada vez que for realizar um armazenamento. Certifique que sejam tomados os cuidados necessários a eliminação de gases residuais;
- fique sempre atento à vazamentos de gás, ainda que aparentemente pequenos. Comunique a sua localização imediatamente ao Supervisor;
- verifique a pressão de trabalho das ampolas, tanques, etc., antes de pressurizar de modo a não exceder nunca essa pressão;
- nunca permita que vasos sob pressão sejam submetidos à grandes variações de temperatura. Evite, principalmente, o superaquecimento que acarretará o aumento da pressão interna, podendo exceder os limites do material;
- esteja sempre seguro de que as válvulas de segurança estejam sempre instaladas, reguladas e funcionando adequadamente; e
- nunca negligencie as regras de segurança, não superestime a sua capacidade de lidar com os problemas e esteja sempre “*VIGILANTE*”.

ANEXO A
QUADRO COMPARATIVO DE AQUALUNGS

CILINDRO	VOLUME INTERNO	MATERIAL	PRESSÃO DE TRABALHO	PESO VAZIO	CAPACIDADE TOTAL	FLUTUABILIDADE CHEIO	FLUTUABILIDADE VAZIO
Faber 10	10 litros	3 AA	200 bar	10 kg	2.000 litros / 71 pés ³	- 2 kg	neutro
Faber 12	12 litros	3 AA	200 bar	13,5 kg	2.400 litros / 85 pés ³	- 3 kg	- 0,75 g
Faber 15	15 litros	3 AA	200 bar	16,5 kg	3.000 litros / 106 pés ³	- 3,5 kg	neutro
Faber 18	18 litros	3 AA	200 bar	21,5 kg	3.960 litros / 140 pés ³	- 4 kg	neutro
Gênesis 80'	9,2 litros	E9791	3.500 psi	12,5 kg	2.265 litros / 80 pés ³	- 2,5 kg	- 0,45 g
Gênesis 100'	11,5 litros	E9791	3.500 psi	14,8 kg	2.832 litros / 100 pés ³	- 3,0 kg	neutro
Gênesis 120'	14 litros	E9791	3.500 psi	17,1 kg	2.000 litros / 71 pés ³	- 3,5 kg	+ 0,45 g
OMS 85'	13 litros	3 AA	2.400 (+) psi	14 kg	3.398 litros / 120 pés ³	- 3,0 kg	neutro
OMS 98'	15 litros	3 AA	2.400 (+) psi	17,1 kg	2.407 litros / 85 pés ³	- 3,5 kg	neutro
OMS 125'	19,2 litros	3 AA	2.400 (+) psi	20 kg	2.775 litros / 98 pés ³	- 4,2 kg	neutro
PST 95'	14,6 litros	E9791	2.400 (+) psi	18,5 kg	2.690 litros / 95 pés ³	- 2,2 kg	- 0,8 kg
PST 104'	16 litros	E9791	2.400 (+) psi	21 kg	2.945 litros / 104 pés ³	- 1,9 kg	- 0,5 kg
PST 120'	18,5 litros	E9791	2.400 (+) psi	23,6 kg	3.398 litros / 120 pés ³	- 1,7 kg	neutro
Luxfer 80'	11 litros	3 AL	3.000 psi	15 kg	2.265 litros / 80 pés ³	- 0,9 kg	+ 1,9 kg
Luxfer 100'	112,6 litros	3 AL	3.000 psi	18,5 kg	2.831 litros / 100 pés ³	- 1,5 kg	+ 1,6 kg
Catalina 80'	11 litros	3 AL	3.000 psi	15 kg	2.265 litros / 80 pés ³	- 1,3 kg	+ 1,5 kg

CAPÍTULO 1

A HISTÓRIA DO MERGULHO

1.1 - HISTÓRICO

A origem da atividade de mergulho está fortemente associada à necessidade e à vontade do homem de conduzir operações militares ou de salvamento, em conseguir alimentos e em expandir as fronteiras do conhecimento, através da exploração e da pesquisa subaquática. Ninguém pode precisar quando o homem percebeu, pela primeira vez, que podia prender a respiração e mergulhar. Porém, o início do mergulho como atividade profissional ocorreu há mais de 5.000 anos. Esses esforços primitivos eram limitados a águas relativamente rasas (menos de 30 metros), com os mergulhadores coletando uma variedade de materiais de valor comercial como alimento, esponjas, corais e pérolas.

Um dos primeiros registros desses mergulhos foi encontrado nos escritos do historiador grego *Heródoto*. Ele conta sobre um mergulhador chamado *Scyllis*, que foi empregado pelo rei persa *Xerxes*, para recuperar um tesouro afundado no século V a.C..

Desde os tempos mais remotos, mergulhadores atuavam em operações militares, e suas missões típicas incluíam cortar amarras para deixar navios inimigos à deriva, fazer furos nos cascos dos navios, construir obstáculos submersos para defesa de portos e, ainda, destruir as defesas dos portos inimigos.

A indústria de salvamento também desenvolveu suas atividades desde o início da história



Fig. 1-1

Desenho de 1511 com mergulhador encapuzado com bolsa de couro ligado à superfície.

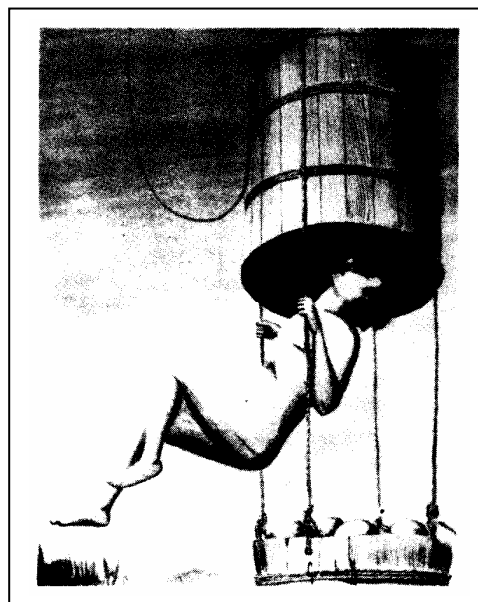


Fig. 1-2

Mergulhadores antigos (a.C.) usavam barris com ar para aumentar o tempo de fundo.

do mergulho, centrada nos portos de maior movimento comercial do Mediterrâneo Oriental. Já no século I a.C., as operações estavam tão organizadas, que foi estabelecida uma escala de pagamentos para trabalhos de salvamento, baseada no reconhecimento de que o esforço e o risco aumentavam com a profundidade. A 7 metros o mergulhador ganharia metade do que fosse recuperado, a 3,5 metros um terço e a 1 metro receberia um décimo.

1.2 - A EVOLUÇÃO DO MERGULHO

O desenvolvimento mais necessário era aumentar a capacidade do mergulhador permanecer submerso, suprindo-o com ar. Nas primeiras tentativas foram usados pedaços ocos de junco para ligar o mergulhador à superfície. O usuário poderia ficar submerso por mais tempo, sem, entretanto, obter um significativo aumento na sua capacidade de trabalho. Esses precursores dos tubos respiradores eram empregados mais como uma tática em operações militares, permitindo a aproximação discreta às posições inimigas.

Gravuras datadas de nove séculos a.C. representam guerreiros assírios respirando em sacos de couro e nadando sob o mar, enquanto gravuras gregas e macedônias mostram mergulhadores em atividade, usando o que hoje chamamos de sino aberto de mergulho. O sino foi o primeiro equipamento prático de mergulho a ser utilizado. Os conquistadores espanhóis o empregaram no Caribe, para recuperação dos destroços de galeões, operações em que se valiam dos índios da região, excelentes mergulhadores.

A próxima evolução foi a redução do sino ao tamanho de um capacete que recebia ar bombeado da superfície. Esse capacete acoplado a uma roupa impermeável deu origem ao escafandro tradicional, hoje em desuso, que dominou a atividade por longos anos.

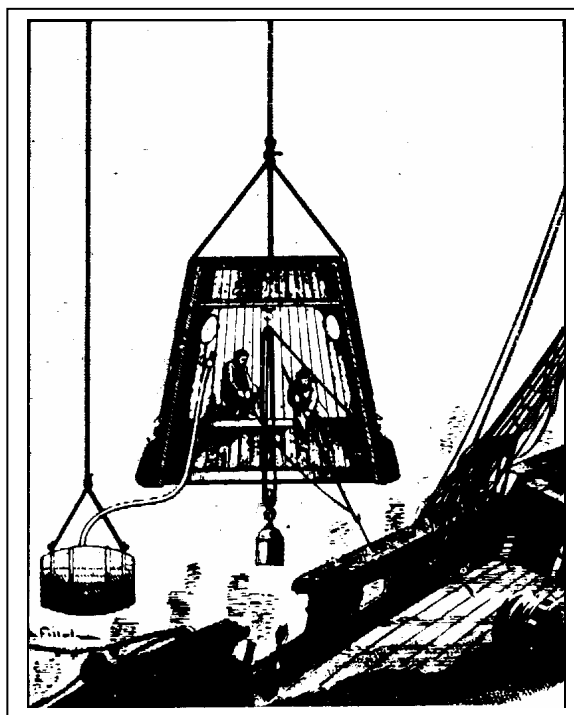


Fig. 1-3

Sino de mergulho desenvolvido por Halley em 1716.

Algumas tentativas, como a do traje rígido, usando pressão atmosférica e de equipamentos autônomos, onde o mergulhador transporta seu suprimento de ar, ocorreram em paralelo, esbarrando nas dificuldades materiais e tecnológicas da época.

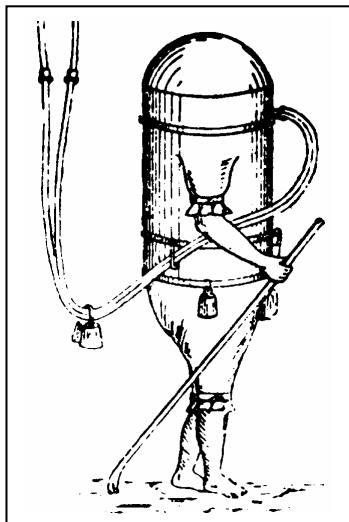


Fig. 1-4



Fig. 1-5

Atribui-se a *Augustus Siebe* o desenvolvimento do primeiro escafandro funcional. *Siebe* projetou um "selo" entre o capacete e a roupa, que permitia exalar o ar por baixo do capacete, ao mesmo tempo em que impedia a entrada da água. Em 1840 *Siebe* desenvolveu uma roupa estanque e adicionou uma válvula de descarga ao sistema. Este equipamento constituiu-se no ancestral direto do traje de mergulho profundo, amplamente usado nos dias de hoje.

Junto com o desenvolvimento do traje de mergulho, outros inventores trabalhavam para aperfeiçoar o sino de mergulho, aumentando seu tamanho e adicionando compressores de ar de maior capacidade, fornecendo pressão suficiente para manter a água completamente fora do sino.

Este aumento de capacidade de comprimir ar permitiu a construção de câmaras, com tamanho suficiente para permitir o trabalho em seco de muitos homens no fundo. Isto era particularmente vantajoso, para serviços do



Fig. 1-6

Primeira roupa "selada" para mergulho.

tipo escavação de fundações de pontes, construção de seções de túneis, etc. Estas câmaras secas eram chamadas de caixões.

Com o prosseguimento do uso dos caixões, uma nova e inexplicável doença passou a afetar os “mergulhadores”. Após o retorno à superfície, muitos sentiam dificuldades em respirar, fortes dores abdominais e nas articulações. Com o tempo, apenas alguns desses sintomas desapareciam. Geralmente, era observado alívio dos sintomas ao retornar à profundidade de trabalho.

Em 1878 *Paul Bert* conseguiu definir clinicamente as causas da atualmente denominada doença descompressiva, recomendando subidas lentas e graduais. Pouco tempo depois se iniciaram as operações com câmara de recompressão, que permitiram tratar as vítimas desse acidente de mergulho.

O mergulho com oxigênio puro em circuito fechado obteve grande sucesso inicial, tendo seu emprego limitado pelo perigo de intoxicação. Durante a II Guerra Mundial, esses equipamentos foram amplamente utilizados em operações reais de combate.

Ao mesmo tempo em que as operações reais de combate estavam ocorrendo com equipamentos de circuito fechado, dois franceses, o capitão *Jacques Yves Cousteau* e o engenheiro *Emile Gagnan*, combinaram uma válvula de demanda aperfeiçoada com um tanque de ar de alta pressão, criando o primeiro equipamento autônomo de circuito aberto eficaz.

Mesmo com esses desenvolvimentos, três etapas precisavam ser vencidas para que o mergulho pudesse ser economicamente explorado em maiores profundidades. A narcose pelo nitrogênio (também conhecida como embriaguez das profundidades), a intoxicação pelo oxigênio e o elevado período de descompressão. As duas primeiras foram superadas com utilização de misturas gasosas artificiais. A terceira foi contornada com adoção da técnica de mergulho saturado, que consiste na permanência do mergulhador na pressão de trabalho por mais de doze horas, fazendo uma única e longa descompressão, nos complexos hiperbáricos.



Fig. 1-7

Válvula de Demanda de “Rouquayrol” de 1866.

1.3 - O MERGULHO NO BRASIL E NA MB

No Brasil, as primeiras atividades de mergulho registradas foram sem dúvida as dos nossos índios. Diversos cronistas como Gabriel Soares, *Hans Staden*, José de Anchieta, *Jean de Leri* e outros, dão conta do fato descrevendo os silvícolas como exímios mergulhadores “que nadam sob o mar com os olhos muito abertos”.

Sua destreza no combate aquático fica evidenciada em diversas narrativas como a do assalto às naus francesas em Cabo Frio, onde o governador Salvador Corrêa de Sá foi salvo por três vezes pelos tupiminós, que “na água são como peixes” ou no episódio em que “combatem a nado como baleias e com tal fúria que pasmam a multidão na praia”, conforme descreve Anchieta. Consta ainda que Araribóia tendo atravessado a nado o braço de mar que separava a Ilha de *Villegagnon* do continente, ateou fogo aos paióis franceses assegurando a vitória, em manobra típica dos atuais mergulhadores de combate (MEC).

No final do século XIX e início do XX, começam a aparecer os mergulhadores de salvamento, geralmente de nacionalidade grega, que exploram com seus escafandros e bombas manuais, inúmeros naufrágios em nossas costas. A visão hoje em dia de alguns desses restos de navios causa forte impressão, tanto mais se considerarmos as limitações dos equipamentos usados, levando a crer que tais mergulhadores chegaram a desenvolver habilidades surpreendentes.

Na Marinha o mergulho desenvolveu-se principalmente ao redor da atividade de Desativação de Artefatos Explosivos (DAE), quando o pessoal especialista em Torpedos e Minas recebia instruções de mergulho específicas. Importantes serviços foram realizados por nossos mergulhadores militares, tendo sido a Marinha do Brasil (MB), durante muito tempo, a única entidade capaz de executar trabalhos de vulto no setor. Hoje, os serviços tendem a se especializar cada vez mais, existindo diversos ramos do mergulho militar, tais como o mergulho autônomo, o mergulho de combate, a desativação de artefatos explosivos, o mergulho de salvamento e o mergulho profundo com misturas especiais desenvolvido e aprimorado nas instalações do Centro Hiperbárico do CIAMA.

No meio civil, a prospecção de petróleo na plataforma continental deu origem a uma verdadeira corrida tecnológica, tendo ocorrido a formação de inúmeras companhias especializadas e resultando na absorção de sofisticada tecnologia. Essa corrida tem levado o homem a progressos extraordinários, tornando cada vez maior a crença na transposição dos obstáculos da natureza.

CAPÍTULO 2

PRINCÍPIOS BÁSICOS DA FÍSICA DO MERGULHO

2.1 - INTRODUÇÃO

Raramente prestamos atenção ao meio ambiente no que diz respeito aos princípios físico-químicos que regem os seus fenômenos. Somente com certo esforço, tomamos consciência do peso do ar, da sua composição, da pressão que ele exerce, etc. Entretanto, quando tentamos nos aventurar além dos limites das condições ditas normais, passamos a sentir com toda a intensidade a sua importância. É o que ocorre quando subimos para as grandes altitudes ou quando mergulhamos no meio líquido. Para o perfeito conhecimento de sua atividade, o mergulhador deve entender corretamente esses princípios e suas aplicações nas técnicas e equipamentos empregados.

2.2 - A MATÉRIA E SEUS ESTADOS

Matéria é tudo aquilo que ocupa lugar no espaço, e tem massa. Ela ocorre na natureza em três estados: sólido, líquido e gasoso. O estado sólido se caracteriza pela forma e volume definidos. Já os líquidos têm apenas volume definido e os gases nem forma nem volume, tendendo a ocupar todo espaço do recipiente em que estiverem contidos.



FIG. 2-1

Concluimos, desta forma, que o volume dos gases e suas pressões dependem das condições as quais estiverem submetidos, fato que será estudado com mais detalhes adiante, ainda neste capítulo.

2.3 - OS COMPONENTES DA ATMOSFERA

O ar atmosférico é o gás mais comum usado no mergulho. Na Tabela 2.1 podemos observar os gases que compõem o ar atmosférico e suas concentrações. Se for encontrado qualquer outro gás ou concentração diferente da listada, o ar atmosférico é considerado

contaminado. O contaminante mais comum é o Monóxido de Carbono (CO). Este gás é com frequência encontrado nas proximidades da exaustão dos motores de combustão, normalmente utilizados nos compressores de ar. Devem-se sempre instalar filtros nas aspirações dos compressores e posicioná-las distante da exaustão do motor, mantendo, desta forma, a mistura respiratória livre deste contaminante.

Como podemos observar, um grande número de gases toma parte na composição da atmosfera. No mergulho a ar nos preocuparemos principalmente com o Oxigênio e o Nitrogênio, principais componentes, e com alguns gases mais raros, mas de grande influência quando ocorrem no meio respiratório. Além disso, misturas gasosas compostas por um ou mais destes gases e o Oxigênio, têm aplicação em certos tipos de mergulhos especiais como o gás hélio, por exemplo.

O Vapor d'água, em quantidades variáveis, está sempre presente no ar comprimido e sua existência é importante em determinadas situações, conforme veremos a seguir.

2.3.1 - Oxigênio (O₂)

O Oxigênio existe em estado livre na atmosfera, fazendo parte desta com aproximadamente 21% de volume. É o único elemento presente no ar atmosférico metabolizado pelo corpo humano, restando aos demais componentes a função de diluí-lo. É incolor, inodoro e insípido. É capaz de manter a vida humana em concentrações iguais ou superiores a 16% **ao nível do mar**. Em certas situações é usado em substituição ao ar como meio respiratório. Se respirado em pressões elevadas por tempo prolongado torna-se tóxico, efeito que será estudado no próximo capítulo. Nada pode queimar sem o Oxigênio, mas ele sozinho não entra em combustão.

2.3.2 - Nitrogênio (N₂)

No seu estado livre corresponde a aproximadamente 78% do volume da atmosfera. Inodoro, incolor, insípido e inerte, isto é, não reage quimicamente, sendo incapaz de manter a combustão ou a vida. No mergulho, é utilizado para diluir o Oxigênio na mistura respiratória, contudo este não é o único gás que pode ser usado para este propósito. Em alguns aspectos o Nitrogênio apresenta sérias desvantagens quando comparado a outros gases. Sob altas pressões parciais, torna-se narcótico devido as suas propriedades anestésicas, o que pode causar desorientação e perda da capacidade de raciocínio, além de aumentar consideravelmente a densidade da mistura

respiratória, tornando pesada a respiração.

2.3.3 - Hélio (He)

É também um gás incolor, inodoro, insípido e inerte. É encontrado na natureza, em seu estado livre, como moléculas monoatômicas. O hélio é um elemento raro e encontrado no ar numa concentração de cerca de 5 partes por milhão (ppm). Ele só existe como gás natural em certos poços no sudoeste dos Estados Unidos, Canadá e Rússia. Estes poços provêm suprimento a todo o mundo. Quando usado em mergulho na mistura respiratória, o hélio substitui o Nitrogênio com a vantagem de não causar os problemas associados à narcose. Entre as desvantagens de sua utilização estão a distorção da fala, que prejudica profundamente as comunicações, e sua alta condutividade térmica, que pode causar a rápida perda de calor do corpo.

2.3.4 - Hidrogênio (H₂)

É o elemento mais abundante do universo e o nono mais abundante na Terra. É o gás mais leve que se conhece, é incolor, inodoro e insípido. É tão ativo que raramente é encontrado no seu estado livre, combinando-se na proporção de 2 para 1 com o Oxigênio para formar a água. Foi tentada sua utilização como diluente do Oxigênio nas misturas respiratórias em substituição ao Nitrogênio, porém o Hidrogênio puro explode violentamente quando adicionado em misturas com mais de 5,3% de Oxigênio. Devido às dificuldades de se obter misturas adequadas ao mergulho com segurança, sua utilização tem se limitado a experiências.

2.3.5 - Neônio (Ne)

O neônio é um gás inerte, incolor, inodoro, e insípido. É encontrado em quantidades muito pequenas na atmosfera. É um gás pesado, não apresenta as propriedades narcóticas do Nitrogênio e não causa problemas de distorção de fala. O neônio possui, ainda, a propriedade de ser isolante térmico o que reduz a perda de calor do corpo durante o mergulho. Este gás tem sido objeto de pesquisas em mergulhos experimentais.

2.3.6 - Gás Carbônico (CO₂)

Nas concentrações comumente encontradas no ar (0,04%) é, como os anteriores, desprovido de odor, cor ou sabor. Entretanto, em concentrações mais altas, apresenta cheiro e sabor ácidos. Formado pela combinação de duas partes de Oxigênio para uma de Carbono, é produto da respiração humana e animal, resultado

da queima de matéria orgânica e da oxidação dos alimentos nos organismos vivos durante a produção de energia. Sua presença na mistura respiratória do mergulhador é totalmente indesejável, pois em grandes concentrações é extremamente tóxico.

Componente	Fórmula	Conteúdo (% por volume)	Partes por Milhão (ppm)
Nitrogênio	N ₂	78,084	-
Oxigênio	O ₂	20,948	-
Argônio	Ar	0,934	-
Dióxido de Carbono	CO ₂	0,033	-
Neônio	Ne	-	18,18
Hélio	He	-	5,24
Kriptônio	Kr	-	1,14
Xenônio	Xe	-	0,08
Hidrogênio	H ₂	-	0,5
Metano	CH ₄	-	2,0
Óxido Nitroso	NO ₂	-	0,5

Tabela 2.1 - Composição aproximada do ar seco

2.3.7 - Monóxido de Carbono (CO)

É extremamente tóxico e por ser incolor, inodoro e insípido é de difícil detecção na mistura respiratória. Resultante da combustão incompleta é comumente encontrado na descarga de motores de combustão interna. O suprimento de ar do mergulhador pode ser contaminado quando a aspiração do compressor encontra-se próxima à exaustão do motor. O Monóxido de Carbono interfere seriamente na capacidade do sangue em transportar Oxigênio, pois impede a combinação deste com a hemoglobina. A afinidade deste gás com a hemoglobina é cerca de 210 vezes maior que a do Oxigênio.

2.3.8 - Gás Sulfídrico (H₂S)

É um gás incolor e com odor desagradável de ovos podres em baixas concentrações, mas em concentrações maiores é inodoro. É o resultado da decomposição de matéria orgânica. Assim como o CO é um gás altamente tóxico e também reage com a hemoglobina do sangue, impedindo a combinação desta com o Oxigênio. É encontrado em compartimentos fechados de naufrágios, ou qualquer bolsão com ar represado e não renovado como cavernas subaquáticas; nunca se deve respirar sem o regulador no interior de naufrágios ou cavernas, a não ser que se tenha a certeza da boa qualidade do ar.

2.3.9 - Vapor d'água

O ar contém vapor d'água que é responsável pela umidade no ar para mergulho. Em quantidade excessiva, pode provocar o embaçamento da lente, o congelamento de redes e o aumento da sensação de frio para o mergulhador.

2.4 - CONCENTRAÇÃO DOS COMPONENTES DA ATMOSFERA

Para efeitos práticos na Física do Mergulho, consideraremos a atmosfera composta de 20% de O₂ e 80% de N₂ em volume, embora se saiba que cerca de 1% corresponde a traços de outros gases.

2.5 - UNIDADES DE MEDIDA

Dois sistemas de medida são comumente usados no mergulho:

- Sistema métrico decimal (metro, quilograma, segundo); e
- Sistema inglês (pé, libra, segundo).

2.5.1 - Sistema Métrico Decimal

Comprimento	- metro (m)
Área	- metro quadrado (m ²)
Volume	- litro (l) ou metro cúbico (m ³)
	1000 litros = 1m ³
Peso	- quilograma (Kg) ou tonelada (T)
	1000 Kg = 1T
Densidade	- Kg/l, Kg/m ³ ou T/m ³
Pressão	- bar ou atmosfera (ATM)

Cada 10 metros de água salgada exercem uma pressão igual a 1 bar (ou 1 ATM).

2.5.2 - Sistema Inglês

Comprimento	-	pé (ft)
Área	-	pé quadrado (ft ²)
Volume	-	pé cúbico (ft ³) ou galão (gal)
		1 ft ³ = 28,32 l
		1 gal (USA) = 3,8 l
Peso	-	libra (lb)
		1 T = 2240 lb
		1 Kg = 2,24 lb
Densidade	-	lb/ft ³ ou lb/gal
Pressão	-	libra por polegada quadrada (lb/pol ² , LPQ ou do inglês: <i>pound square inch</i> - psi)

Cada 33 ft de água salgada exerce uma pressão igual a 1 bar (ou 1 ATM).

2.5.3 - Dados práticos

Densidade da água do mar - 1,03 Kg/l, 1,03 T/m³, 64,38 lb/ft³, 10,3 lb/gal.

Densidade da água doce - 1,0 Kg/l, 1,0 T/m³, 62,50 lb/ft³, 10,0 lb/gal

1 pé = 30,48 cm

1 polegada = 2,54 cm

1 bar = 1 ATM

1 galão inglês = 1,2 galões americanos

1 galão (USA) = 3,8 litros

1 galão (inglês) = 4,55 litros

Consumo de ar do mergulhador: Para efeito de cálculos deverá ser considerado como valor mínimo necessário para mergulho com equipamento com válvula de demanda:

35 l/min (1,25 ft³/min).

Este valor pode variar devido às condições de trabalho, ou de mergulhador para mergulhador.

Em emergência, frio exagerado ou sob duras condições de trabalho, o seguinte valor deverá ser utilizado: 40 l/min (1,5 ft³/min).

2.6 - PRESSÃO

A pressão é definida como uma força ou peso agindo sobre uma determinada área. A pressão exercida pela atmosfera terrestre em qualquer parte da mesma é denominada

PRESSÃO ATMOSFÉRICA (ATM). Ela dependerá da altitude e, ao nível do mar, tem o valor de 1.013 mbar (14,7 LPQ). Na superfície estamos sujeitos exclusivamente a esta pressão.

A maioria dos manômetros mede a diferença entre a pressão interna e externa do aparelho. Desta forma o manômetro registra “zero” quando submetido apenas à pressão atmosférica, sem ter sido conectado a nenhum equipamento ou cilindro. O mesmo acontece quando usado para medir a pressão de um cilindro “vazio”, mas que na verdade possui ar com uma atmosfera de pressão; como o manômetro também esta imerso num meio com uma atmosfera de pressão, a leitura será “zero”. A leitura do manômetro aumentará na medida em que a diferença entre a pressão interna do cilindro e a pressão externa ao manômetro (uma atmosfera) aumentar (Fig. 2-2). Para a maioria das situações do nosso dia-a-dia, a utilização da pressão manométrica é suficiente para nosso propósito. Para o mergulho, entretanto, é importante levar em conta a pressão atmosférica.

Quando mergulhamos, a pressão será resultante de dois fatores:

- O peso da coluna d’água sobre o mergulhador; e
- O peso da atmosfera sobre a água.

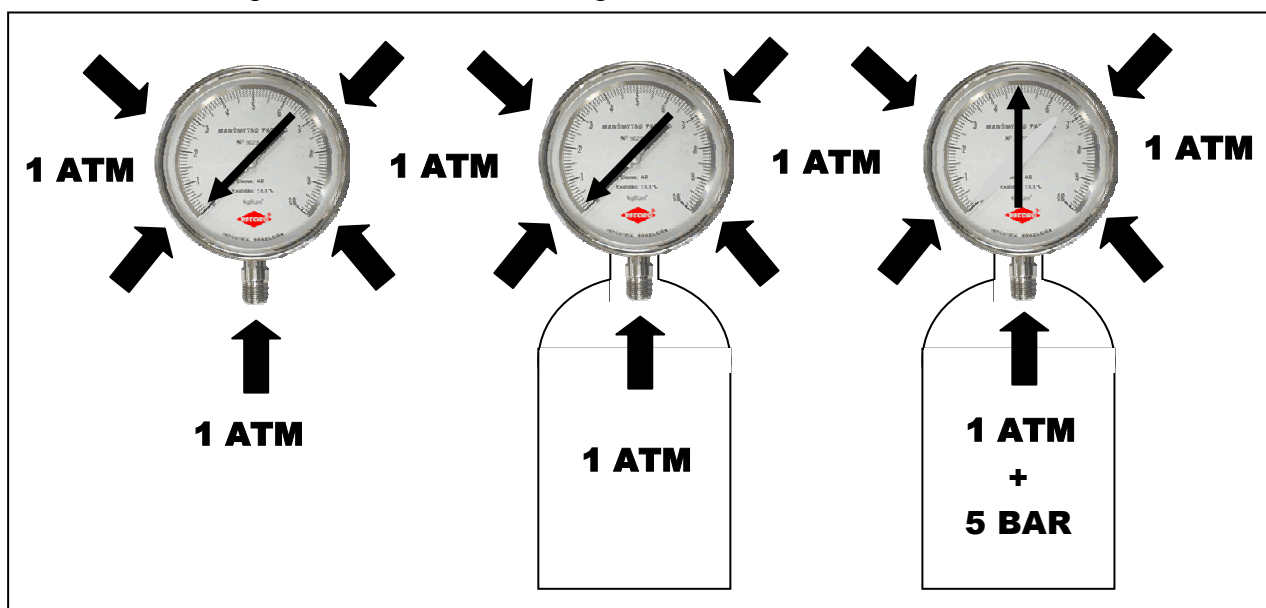


Fig. 2-2

Todo mergulhador, em qualquer profundidade, deverá estar em equilíbrio com as forças reinantes no local. O organismo do mergulhador somente funcionará normalmente quando a diferença entre a sua pressão interna e externa for muito pequena.

Assim, existem três tipos de pressões envolvidas na atividade de mergulho:

a) Pressão atmosférica

É a pressão exercida pelo peso da massa de ar da superfície terrestre e atua em todas as direções.

b) Pressão manométrica

É a pressão exercida sobre um objeto deduzida a pressão atmosférica (14,7 psi). É a pressão obtida através da leitura dos manômetros.

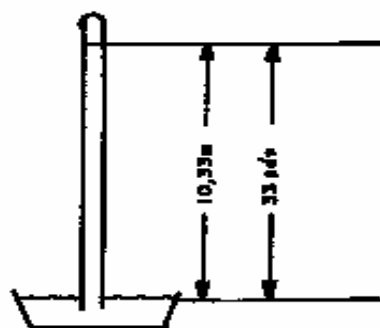
c) Pressão absoluta

É a pressão resultante da soma da pressão manométrica com a pressão atmosférica nominal (14,7 psi). É expressa em termos de **atmosfera absoluta** (ATA). Ela pode ser calculada pelas seguintes fórmulas:

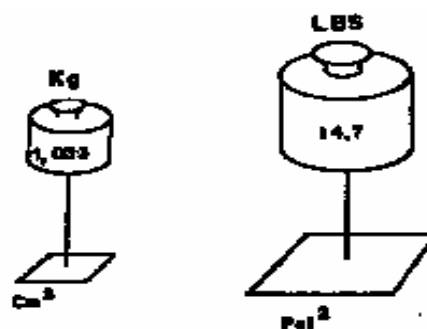
$$\text{Pressão Absoluta (ATA)} = \frac{\text{Profundidade em metros}}{10} + 1$$

$$\text{Pressão Absoluta (ATA)} = \frac{\text{Profundidade em pés}}{33} + 1$$

As figuras 2.3 e 2.4 ilustram e auxiliam a compreensão das definições apresentadas.



A coluna d'água de 10,3m medirá 33 pés
porque 1m = 3,28 pés



A pressão de 1,033 Kg/cm² equivale a 14,7 lb/pol²
Porque 1Kg = 2,205 lb e 1pol² = 6,45 cm²

Fig. 2-3

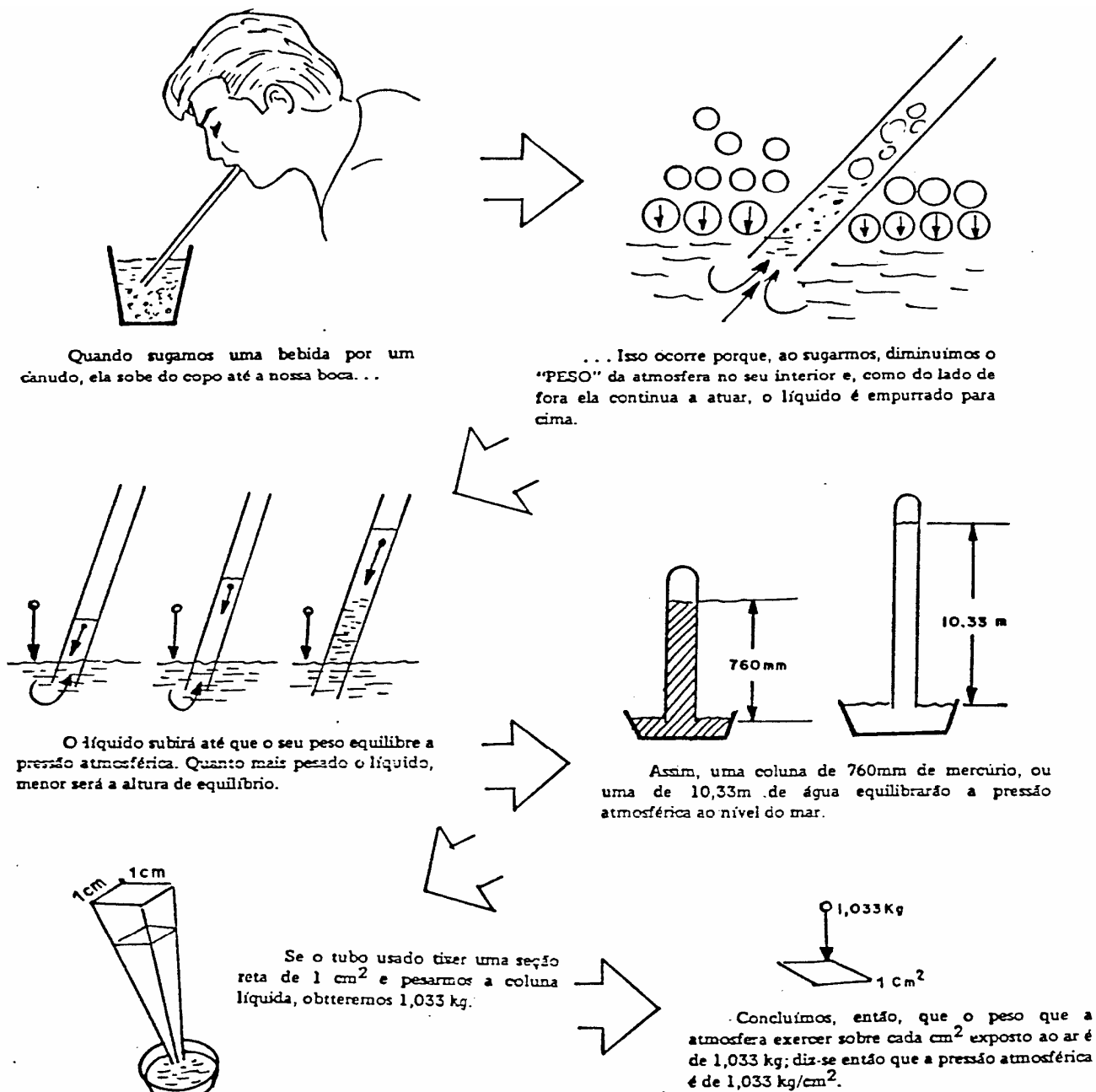


Fig. 2-4

A seguir são apresentadas as unidades de pressão mais comuns e suas equivalências.

Kg/cm^2	ATM	bar	mbar	psi	Coluna d'água doce		Milímetros de Mercúrio
1,033	1	1,013	1.013	14,7	Metros	Pés	760
					10,3	34,2	

Para cálculos simplificados

1	1	1	1.000	15	10	33	760

2.7 - TEMPERATURA

A temperatura é medida em graus Centígrados ou Celsius (°C) ou em graus Fahrenheit (°F).

A escala Celsius foi criada no século XVIII pelo cientista sueco Anders Celsius. Ela é baseada no ponto de ebulição da água e no ponto de fusão do gelo, respectivamente, 100°C e 0°C. Atualmente é conhecida como de escala Centígrados.

A escala Fahrenheit também foi criada no século XVIII pelo cientista Daniel Gabriel Fahrenheit. Foi originalmente baseada na temperatura média do corpo humano de 100°F, o que se mostrou inadequada. Atualmente é definida a partir dos pontos de ebulição da água e fusão do gelo, 212°F e 32°F respectivamente. A fórmula abaixo permite a conversão entre as escalas de Centígrados e Fahrenheit.

$$\frac{C}{5} = \frac{(F - 32)}{9}$$

Para a realização de cálculos é necessária a utilização de uma escala absoluta de temperatura. Esta escala é medida a partir do zero absoluto, menor temperatura que pode ser alcançada, na qual não há nenhum movimento molecular. O seu valor é teórico, pois não pode ser obtido na prática, e corresponde a -273°C ou -460°F . Os graus absolutos na escala de Centígrados são chamados de graus Kelvin (°K) e os da escala Fahrenheit, graus Rankine (°R). As conversões podem ser realizadas pelas seguintes fórmulas:

temperatura absoluta (°K) = temperatura (°C) + 273

temperatura absoluta (°R) = temperatura (°F) + 460

A comparação entre as quatro escalas de temperaturas é mostrada na figura abaixo.

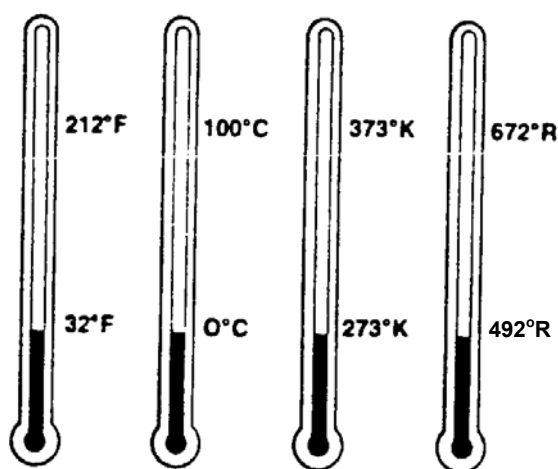


Fig. 2-5

Pontos de ebulição da água e fusão do gelo nas escalas Fahrenheit, Centígrados, Kelvin e Rankine

2.8 - LEIS DOS GASES

Os gases estão sujeitos a três fatores que estão intimamente relacionados entre si: temperatura, pressão e volume.

O comportamento dos gases submetidos a diferentes pressões e temperaturas é explicado pela TEORIA DA ENERGIA CINÉTICA DOS GASES.

O termo cinética, que significa movimento, descreve efetivamente a condição normal de um gás, onde suas moléculas possuem sempre alta velocidade e colidem continuamente entre si, num movimento aleatório.

A energia cinética depende de dois fatores: a velocidade com que as moléculas se movem, função da temperatura, e da massa (peso) de cada gás.

A uma determinada temperatura, as moléculas de um gás mais "pesado" movem-se mais lentamente do que as de um gás mais "leve", mas as suas combinações de peso e velocidade se equivalem, resultando no mesmo nível de energia cinética ou força de impacto (pressão).

A Teoria da Energia Cinética dos Gases estabelece que: "A energia cinética de todos os gases, a uma dada temperatura, é a mesma". Para qualquer gás, se o número de impactos ou a força de impacto variar, haverá alteração na pressão. Se a temperatura aumentar, haverá um incremento da velocidade das moléculas que resultarão em impactos de maior força e frequência, aumentando a pressão. Se a temperatura diminuir, os movimentos das moléculas serão mais lentos diminuindo a força e a frequência dos impactos e, conseqüentemente, a pressão será menor.

A variação de volume também alterará a pressão. Reduzindo-se o volume, o número de impactos por unidade de área aumentará e, conseqüentemente, sua pressão será maior. Se aumentarmos o volume, o número de impactos por unidade de área diminuirá e, conseqüentemente, sua pressão também diminuirá.

Como estabelecido pela Teoria de Energia Cinética dos Gases, uma alteração em um dos fatores (pressão, temperatura ou volume) resultará em alteração em pelo menos um dos outros dois fatores.

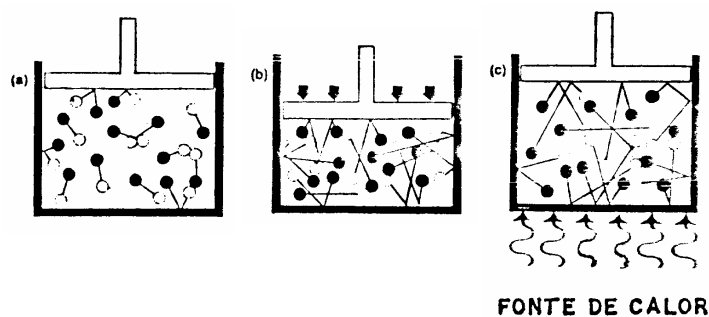


Fig. 2-6

A energia cinética das moléculas dentro do recipiente (a) produz uma pressão constante em sua superfície interna. Quando o volume do recipiente (b) é diminuído, o n° de moléculas por unidade volume (densidade) é aumentado com o conseqüente aumento da pressão. Com o aumento do nível de energia das moléculas, provocado pela presença de uma fonte de calor, a pressão também aumentará (c).

Obs: Quando empregamos as Leis dos Gases, todos os valores de pressão e temperatura deverão ser convertidos para valores **absolutos** e as demais unidades deverão estar no sistema métrico decimal ou Inglês de medidas.

2.8.1 - Lei de Boyle

Robert Boyle (1626-1691) físico e químico nascido na Irlanda e naturalizado inglês, afirmou em sua lei que se a temperatura permanecer constante, o volume de um gás variará inversamente com a pressão absoluta. Conforme a pressão aumenta o volume do gás diminui e quando a pressão sobre ele diminuir, seu volume aumentará. A Lei de Boyle é extremamente importante para o mergulho, pois relaciona a alteração volumétrica da mistura respiratória com a variação da pressão causada pela alteração da profundidade do mergulho.

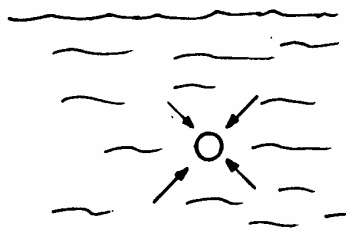
Matematicamente:

$$P \times V = Cte.$$

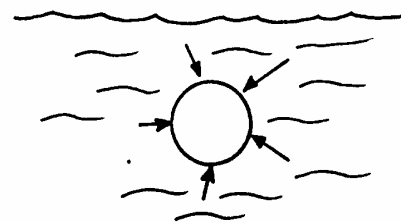
$P \rightarrow$ pressão absoluta

$V \rightarrow$ volume

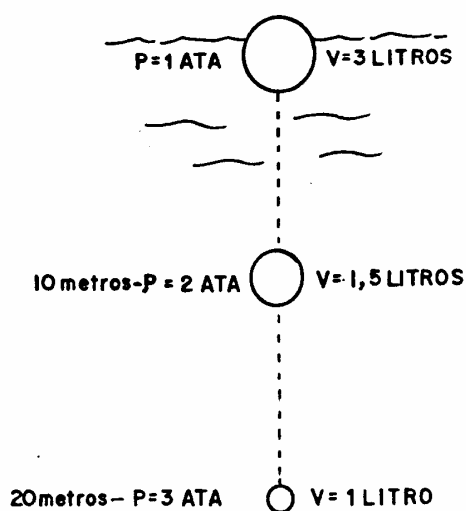
Usaremos as ilustrações da Figura 2-7 para caracterizar a Lei de Boyle.



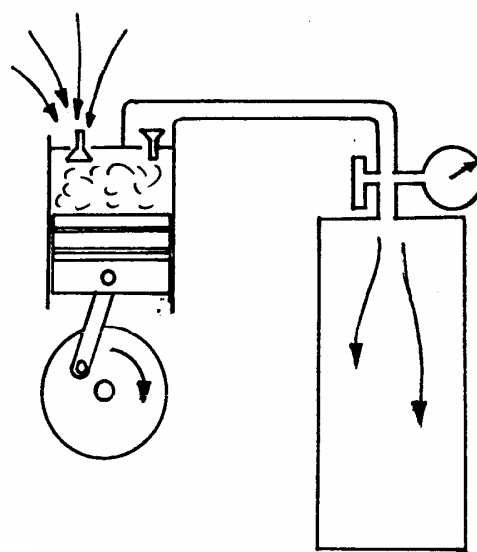
Os líquidos são praticamente incompressíveis, enquanto os gases não. Por isso, uma bolha de ar, em determinada profundidade, será comprimida pelo peso do líquido (pressão).



A medida que a bolha sobe, a pressão do líquido irá diminuindo. Seu volume irá aumentando até chegar a superfície, quando a pressão será de 1 ATM.



Acima representamos o que BOYLE descobriu: "O VOLUME OCUPADO POR UM GÁS (TAMANHO DA BOLHA) É INVERSAMENTE PROPORCIONAL À PRESSÃO ABSOLUTA A QUE ESTÁ SUJEITO"
($P \times V = \text{Constante}$)



Assim, por exemplo, um compressor aspira da atmosfera 1.500 l de ar a 1 ATA e os coloca em uma ampola de 10 l. A pressão da ampola subirá para 150 ATA. O manômetro que registrava ZERO medirá 149 bar.
(149 bar + 1 ATM = 150 ATA)

$$\begin{aligned} P_1 \times V_1 &= P_2 \times V_2 \\ 1 \times 1.500 &= P_2 \times 10 \\ P_2 &= 150 \text{ ATA} \end{aligned}$$

Fig. 2-7

Como podemos observar, a variação de volume, de 1 para 1,5 litros, devido à mudança na profundidade de 20 para 10 metros, é muito menor do que a ocorrida entre os 10 metros e a superfície (aumento de 1,5 para 3 litros). O entendimento correto deste processo é muito importante para o mergulhador porque demonstra que as alterações de profundidades próximas à superfície podem ser mais perigosas que alterações equivalentes em maiores profundidades. Na verdade, a mudança de volume do gás na faixa dos 10 metros até a superfície, durante a fase de subida, é maior que a

ocorrida, por exemplo, durante a subida da profundidade de 20 para 10 metros.

Aos 20 metros $\rightarrow P_1 = 3 \text{ ATA} \rightarrow P_1 \times V_1$

Aos 10 metros $\rightarrow P_2 = 2 \text{ ATA} \rightarrow P_2 \times V_2$

Na superfície $\rightarrow P_3 = 1 \text{ ATA} \rightarrow P_3 \times V_3$

Variação de volume:

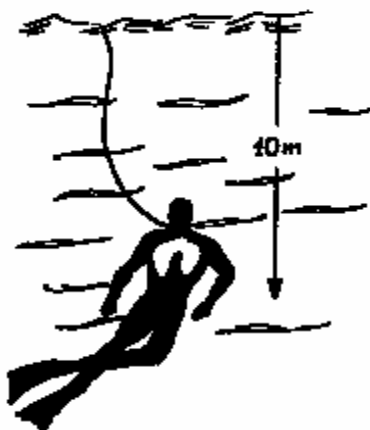
de 20 para 10 metros

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

$$3 V_1 = 2 V_2$$

$$V_2 = 1,5V_1$$

O volume aumentou 50% em relação ao volume inicial.



...os seis litros “CRESCERÃO” para 12 na superfície e os pulmões não resistirão, explodindo.

Um mergulhador, a 10 metros da profundidade com 6 litros de ar nos seus pulmões, terá que exalar para subir, caso contrário...

Fig. 2-8

Exercícios usando a lei de Boyle

- 1) Um balão a 50m de profundidade possui um volume de 1m^3 . Que volume terá a 30m?

$$P \times V = \text{Cte.}$$

$$P_1 \text{ 50 m} \rightarrow 5 \text{ bar} = 6 \text{ ATA} \quad \therefore \quad V_1 = 1\text{m}^3$$

$$P_2 \text{ 30 m} \rightarrow 3 \text{ bar} = 4 \text{ ATA} \quad \therefore \quad V_2 = ?$$

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

$$6 \times 1 = 4 \times V_2$$

$$V_2 = \frac{6}{4} \text{ m}^3$$

$$V_2 = 1,5 \text{ m}^3$$

O balão terá o volume de $1,5\text{m}^3$

2) Se o volume máximo do balão acima é $2,5 \text{ m}^3$, em que profundidade ele explodirá?

$$P_2 \times V_2 = Cte$$

$$V_3 = 2,5 \text{ m}^3 \quad \therefore \quad P_3 = ?$$

$$P_2 \times V_2 = P_3 \times V_3$$

$$P_3 = \frac{6}{2,5} \text{ ATA}$$

$$P_3 = 2,4 \text{ ATA}$$

$$\text{Pressão Absoluta (ATA)} = \frac{\text{Prof (m)}}{10} + 1$$

$$2,4 = \frac{\text{Prof (m)}}{10} + 1$$

$$2,4 - 1 = \frac{\text{Prof (m)}}{10}$$

$$\text{Prof (m)} = 1,4 \times 10$$

$$\text{Prof} = 14 \text{ m}$$

O balão explodirá a uma profundidade inferior a 14 metros.

a) Volume do gás a pressão atmosférica (VGPA)

O conteúdo de uma ampola ou a descarga de um compressor podem ser expressos como o volume que o gás ocuparia na pressão atmosférica, isto é, a 1 bar ou 1 ATA.

Uma maneira simples de calcular esta quantidade é multiplicar o volume físico (VF) que contém o gás (um rack, uma ampola, uma câmara ou os pulmões do mergulhador) pela pressão absoluta.

Matematicamente:

$$\text{VGPA} = \text{VF} \times P$$

VF → Volume físico

P → Pressão

Esta fórmula é uma adaptação da fórmula da Lei de Boyle, $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$, onde V_1 é o volume do gás a pressão atmosférica que se deseja calcular (VGPA) e P_1 é igual a 1 ATA e não aparece na fórmula.

Exercícios usando VGPA

- 1) Um "rack" de 12 ampolas com $1,8 \text{ ft}^3$ de volume está com 2700 psi de pressão. Qual o volume de ar que ele contém?

$$\text{VGPA} = \text{VF} \times \text{P}$$

$$\text{VF} = 12 \times 1,8 \text{ ft}^3 = 21,6 \text{ ft}^3$$

$$\text{P} = 2700 \text{ psi}$$

$$\text{P} = \frac{2700}{15} = 180 \text{ BAR} \therefore 180 + 1 \text{ ATM} = 181 \text{ ATA}$$

$$\text{VGPA} = 21,6 \times 181 = 3.909,6 \text{ ft}^3$$

O rack possui $3.909,6 \text{ ft}^3$ de ar.

- 2) Um rack é constituído de 16 ampolas de 50 l. Qual o volume de ar que ele possui a uma pressão de 175 bar?

$$\text{VGPA} = \text{VF} \times \text{P}$$

$$\text{VF} = 16 \times 50 \text{ l} = 800 \text{ l} \therefore \text{VF} = 0,8 \text{ m}^3$$

$$\text{P} = 175 \text{ bar} \therefore \text{P} = 176 \text{ ATA}$$

$$\text{VGPA} = 0,8 \times 176 = 140,8 \text{ m}^3$$

O rack possui $140,8 \text{ m}^3$ de ar.

- 3) Um mergulhador pode utilizar o ar de um rack do problema acima até a pressão cair para 40 bar. Qual o volume de ar disponível para o mergulhador?

O volume de ar disponível para o mergulhador poderá ser encontrado através da pressão do ar disponível para o mergulho.

$$\text{VGPA} = \text{VF} \times \text{P}$$

$$\text{VF} = 0,8 \text{ m}^3 \text{ (veja o exemplo acima)}$$

$$\text{P} = 176 - 41 \text{ ATA} = 135 \text{ ATA (esta é a pressão disponível)}$$

$$\text{VGPA} = 0,8 \times 135 = 108 \text{ m}^3$$

O mergulhador dispõe de 108 m^3 de ar para o mergulho.

- 4) Um mergulhador está executando um serviço a 150 m de profundidade. Qual será o seu consumo de ar em 4 horas?

$$\text{VGPA} = \text{VF} \times \text{P}$$

$$\text{VF} = 35 \text{ l/min (representa o consumo por minuto do mergulhador)}$$

$$\text{P} = \frac{150}{10} + 1 \text{ ATM} = 16 \text{ ATA}$$

$VGPA = 35 \text{ l/min} \times 16 = 560 \text{ l/min} = 0,56 \text{ m}^3/\text{min}$ (o mergulhador consome o equivalente $0,56 \text{ m}^3$ de ar a uma ATA por minuto)

Em 1 hora será consumido:

$$0,56 \text{ m}^3/\text{min} \times 60 \text{ min} = 33,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Em 4 horas serão consumidos:

$$33,6 \text{ m}^3/\text{h} \times 4\text{h} = 134,4 \text{ m}^3$$

O mergulhador consumirá $134,4 \text{ m}^3$ de ar em 4 horas.

- 5) Dois mergulhadores estão trabalhando a 130 ft de profundidade. Qual o volume de ar que deverá ser fornecido pelo compressor por minuto?

$$VGPA = VF \times P$$

$$VF = 1,25 \text{ ft}^3/\text{min} \times 2 = 2,5 \text{ ft}^3/\text{min} \text{ (dois mergulhadores)}$$

$$P = \frac{130}{33} + 1 \text{ ATM} = 4,94 \text{ ATA}$$

$$VGPA = 2,5 \times 4,94 = 12,35 \text{ ft}^3/\text{min}.$$

O compressor deverá fornecer $12,35 \text{ ft}^3/\text{min}$ de ar.

- 6) Um compressor fornece $50 \text{ ft}^3/\text{min}$ de ar a 180 psi. Quantos mergulhadores ele poderá suprir a 150 ft de profundidade?

Resolvendo o problema por partes:

Qual a quantidade de ar necessária para um mergulhador a 150 pés?

$$VGPA = VF \times P \text{ (trabalharemos com o Volume Físico respirado por minuto)}$$

$$VF = 1,25 \text{ ft}^3/\text{min}$$

$$P = \frac{150}{33} + 1 \text{ ATM} = 5,55 \text{ ATA}$$

$$VGPA = 1,25 \text{ ft}^3/\text{min} \times 5,55 = 6,94 \text{ ft}^3/\text{min}$$

Quantos mergulhadores poderão ser supridos pelo compressor?

$$Nr = \frac{50 \text{ ft}^3/\text{min}}{6,94 \text{ ft}^3/\text{min}} = 7,2$$

7 mergulhadores poderão trabalhar a 150 pés.

- 7) Um sistema de saturação tem um volume de 35 m^3 . Qual o volume de gás necessário para pressurizá-lo a 95 m?

$$VGPA = VF \times P$$

$$VF = 35 \text{ m}^3$$

$$P = \frac{95}{10} + 1 \text{ ATM} = 10,5 \text{ ATA}$$

$$\text{VGPA} = 35 \text{ m}^3 \times 10,5$$

$$\text{VGPA} = 367,5 \text{ m}^3$$

Ao final da pressurização o sistema deverá conter $367,5 \text{ m}^3$ de gás. Ao iniciarmos a pressurização o sistema já contém 35 m^3 de ar a 1 ATM, logo:

$$\text{Gás necessário} = 367,5 \text{ m}^3 - 35 \text{ m}^3 = 332,5 \text{ m}^3$$

- 8) Uma câmara possui um volume interno de 150 ft^3 . Qual o volume de ar necessário para pressurizá-la a 165 pés.

$$\text{VGPA} = \text{VF} \times P$$

$$\text{VF} = 150 \text{ ft}^3$$

$$P = \frac{165}{33} + 1 \text{ ATM} = 6 \text{ ATA}$$

$$\text{VGPA} = 150 \text{ ft}^3 \times 6 = 900 \text{ ft}^3$$

Como já existiam 150 ft^3 de ar na câmara antes do início da pressurização, serão necessários:

$$900 \text{ ft}^3 - 150 \text{ ft}^3 = 750 \text{ ft}^3 \text{ de gás}$$

- 9) Um rack é constituído de 64 ampolas de 50 l cada, carregadas com 200 bar. Ele está sendo utilizado para suprir dois mergulhadores a 120 m de profundidade. O mergulho deverá ser encerrado quando a pressão do rack atingir 35 bar. Por quanto tempo os mergulhadores poderão trabalhar?

Resolvendo o problema por partes:

Qual a quantidade de gás disponível?

$$\text{VGPA} = \text{VF} \times P$$

$$\text{VF} = 64 \times 50 \text{ l}$$

$$\text{VF} = 3200 \text{ l} = 3,2 \text{ m}^3 \text{ (volume total do rack)}$$

$$P = 201 \text{ ATA} - 36 \text{ ATA} = 165 \text{ ATA (pressão disponível)}$$

$$\text{VGPA} = 3,2 \text{ m}^3 \times 165 = 528 \text{ m}^3 \text{ (volume disponível)}$$

Qual o consumo por minuto?

$$\text{VGPA} = \text{VF} \times P$$

$$\text{VF} = 35 \text{ l/min} \times 2 = 70 \text{ l/min (para dois mergulhadores)}$$

$$P = \frac{120}{10} + 1 \text{ ATM} = 13 \text{ ATA}$$

$$VGPA = 70 \text{ l/min} \times 13 = 910 \text{ l/min} = 0,91 \text{ m}^3/\text{min} \text{ (consumo p/minuto)}$$

Por quanto tempo os mergulhadores poderão trabalhar?

$$\text{Tempo} = \frac{\text{Volulme disponível}}{\text{Consumo p/ minuto}} = \frac{528 \text{ m}^3}{0,91 \text{ m}^3 / \text{min}} = 580 \text{ min} = 9 \text{ horas e } 40 \text{ min.}$$

Os mergulhadores poderão trabalhar durante 9 horas e 40 min.

2.8.2 - Lei de Charles

Quando trabalhamos com a lei de Boyle, a temperatura era mantida com seu valor constante. Todavia a temperatura afeta significante a pressão e o volume de um gás. A lei de Charles (também conhecida como lei de Gay-Lussac) descreve fisicamente a relação da temperatura com a pressão e o volume. Charles afirma que a uma pressão constante o volume de um gás variará diretamente com sua temperatura absoluta e, da mesma forma, se o volume for mantido constante (como no caso de um cilindro de mergulho) a pressão absoluta variará diretamente com a temperatura absoluta.

Matematicamente:

$$P = \text{Cte} \quad \therefore \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$$

$$V = \text{Cte} \quad \therefore \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3}$$

A figura abaixo ilustra esta lei.

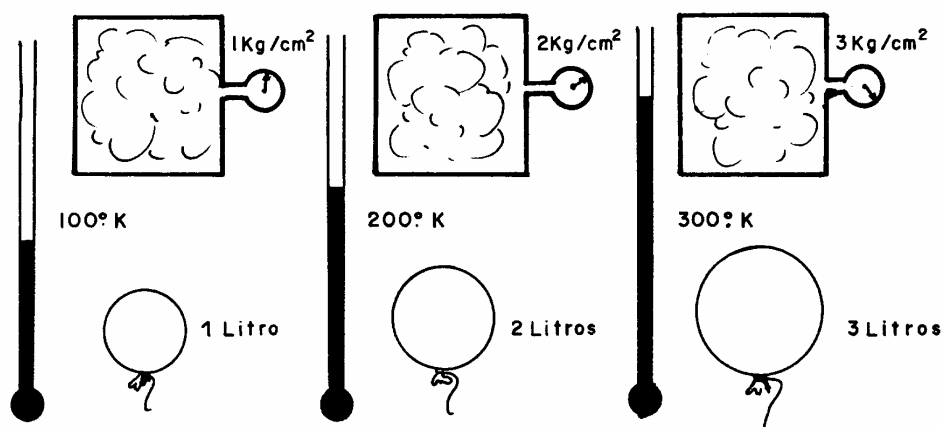


Fig. 2-9

$$\text{Alt graus} \quad \frac{1 \text{ Kg/cm}^2}{100^0 \text{ k}} = \frac{2 \text{ Kg/cm}^2}{200^0 \text{ k}} = \frac{3 \text{ Kg/cm}^2}{300^0 \text{ k}} = \text{Cte}$$

$$\text{Alt graus e litros} \quad \frac{1 \text{ ltr}}{100^0 \text{ k}} = \frac{2 \text{ ltr}}{200^0 \text{ k}} = \frac{3 \text{ ltr}}{300^0 \text{ k}} = \text{Cte}$$

Exercício usando a lei de Charles

- 1) Após encher uma ampola com 200 bar, a sua temperatura é de 35°C. Ao mergulhar, a temperatura caiu para 5°C. Qual a sua nova pressão da ampola?

$$P_1 = 200 \text{ bar} = 201 \text{ ATA}$$

$$T_1 = 35^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 35^\circ\text{C} + 273$$

$$T_1 = 308^\circ\text{K}$$

$$T_2 = 5^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 5^\circ\text{C} + 273$$

$$T_2 = 278^\circ\text{K}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$\frac{201}{308} = \frac{P_2}{278}$$

$$P_2 = \frac{201 \times 278}{308}$$

$$P_2 = 181,42 \text{ ATA}$$

A nova pressão será de 180,42 bar

2.8.3 - Equação Geral dos Gases

As leis de Boyle e Charles demonstram que para qualquer gás os fatores temperatura, volume e pressão estão intimamente relacionados e que uma mudança em um deles será compensada pela alteração dos demais fatores.

Matematicamente:

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

P → pressão absoluta

V → volume

T → temperatura absoluta

A Equação Geral dos Gases é uma combinação dessas duas leis e prevê o comportamento de determinada quantidade de gás quando há alterações em todas as variáveis (P, V, T).

Exercício usando a Equação Geral dos Gases

- 1) Uma ampola de aço com 10 litros de volume foi carregada com uma pressão de 149 ATM e a temperatura subiu para 127°C. Que volume de ar será liberado para a atmosfera quando a temperatura for de 27°C?

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

$P_1 \rightarrow$ pressão absoluta correspondente a 149 ATM = 149 + 1 ATM

$P_1 = 150$ ATA

$P_2 \rightarrow$ pressão absoluta correspondente a atmosférica = 1 ATM

$P_2 = 1$ ATA

$T_1 \rightarrow$ temperatura absoluta correspondente a 127°C = 127 + 273

$T_1 = 400^\circ\text{K}$

$T_2 \rightarrow$ temperatura absoluta correspondente a 27°C = 27 + 273

$T_2 = 300^\circ\text{K}$

$V_1 = 10$ litros

$V_2 = ?$

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

$$\frac{150 \times 10}{400} = \frac{1 \times V_2}{300}$$

$V_2 = 1125$ litros

Deve-se lembrar que sempre existirá um volume residual correspondente ao volume do cilindro, ou seja, ao final restarão no interior do cilindro 10 litros a 1 ATM, logo:

Serão liberados $1125 - 10 = 1115$ litros.

2.8.4 - Lei de Dalton ou Lei das Pressões Parciais

A figura 2-10 representa a pesagem de 10 Kg de mistura de feijões com 78% de grãos brancos (fb), 21% de feijões de grãos pretos (fp) e 1% de feijões de grãos amarelos (fa). Chamamos de "peso parcial", o peso de cada tipo de feijão isoladamente.

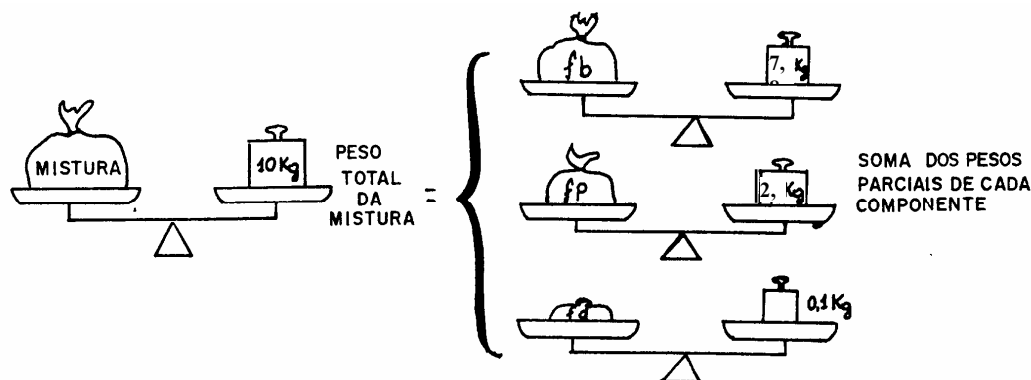


Fig. 2-10

Da pesagem vemos que:

$$10 \text{ Kg mistura} = 7,8 \text{ Kg (fb)} + 2,1 \text{ Kg (fp)} + 0,1 \text{ Kg (fa)}$$

ou

$$\text{Peso total} = \text{PP(fb)} + \text{PP(fp)} + \text{PP(fa)} \text{ onde PP} \rightarrow \text{peso parcial.}$$

Por conclusão, ao pesarmos 10 Kg de mistura, podemos esperar 78% de 10 Kg de feijão branco (7,8 Kg), 21% de feijão preto (2,1 Kg) e 1% de feijão amarelo (0,1 Kg) de feijão amarelo.

A exposição acima é uma analogia a lei de Dalton.

Dalton deduziu que: "A pressão total exercida por uma mistura de gases é igual a soma das pressões parciais de cada um dos diferentes gases componentes da mistura".

Os gases componentes atuam com suas respectivas pressões parciais como se estivessem sozinhos no recipiente.

Chamamos de Pressão Parcial (PP) a pressão exercida pelo gás na mistura, que é proporcional ao número de suas moléculas presentes no volume total.

Matematicamente:

$$P_t = PP_1 + PP_2 + PP_3 + \dots \text{ onde:}$$

$P_t \rightarrow$ pressão total (absoluta)

$PP_1 \rightarrow$ pressão parcial do gás número 1

$PP_2 \rightarrow$ pressão parcial do gás número 2

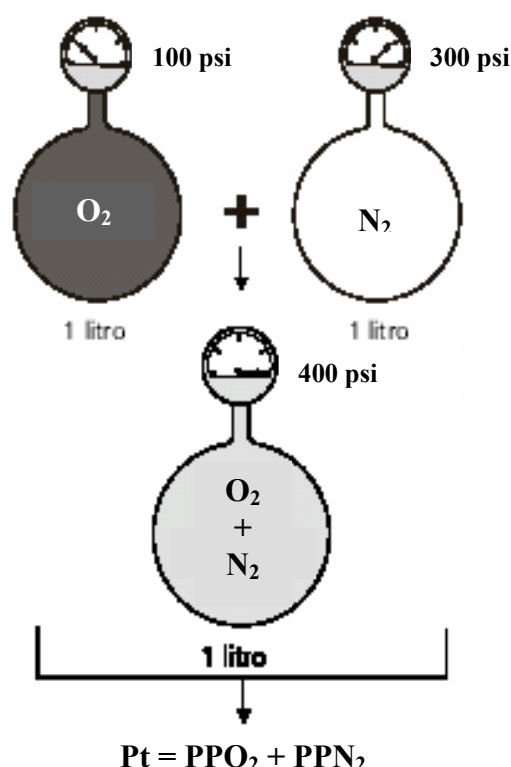
e assim por diante...

A pressão parcial pode ser calculada pelas seguintes fórmulas:

$$PP = \frac{P_t \times \%}{100}$$

Lembremos que as fórmulas da pressão total são descritas no item 2.6, letra c.

A figura 2-11 ilustra a lei de Dalton

*Fig. 2-11***Exercícios usando a lei de Dalton**

- 1) Qual a pressão parcial do O_2 no ar a 90 metros de profundidade?

$$P_t \text{ (ATA)} = \frac{90}{10} + 1 = 10 \text{ ATA (pressão total da mistura)}$$

Como 20% do total da mistura corresponde ao O_2

$$P_{PO_2} = \frac{P_t \times \%}{100} = \frac{10 \times 20}{100} = 2 \text{ ATA}$$

- 2) Se a P_{PO_2} máxima permitida em um mergulho de saturação é de 0,75 ATA, qual a profundidade máxima que poderá ser alcançada por um mergulhador usando uma mistura de 7%?

A profundidade pode ser encontrada através da pressão absoluta.

$$P_{PO_2} = \frac{P_t \times \%}{100} \therefore 0,75 = \frac{P_t \times 7}{100}$$

$$0,75 \times 100 = P_t \times 7$$

$$P_t = \frac{75}{7} = 10,71 \text{ ATA}$$

Calculando a profundidade:

$$P_t \text{ (ATA)} = \frac{\text{Prof (m)}}{10} + 1$$

$$10,71 = \frac{\text{Prof (m)}}{10} + 1 \therefore \frac{\text{Prof (m)}}{10} = 10,71 - 1$$

$$\text{Prof (m)} = 9,71 \times 10 = 97,1\text{m}$$

A profundidade máxima será de 97 m.

- 3) Um mergulhador deseja uma PPO₂ entre 0,5 e 0,75 ATA a 350 ft. Qual a mistura a ser utilizada?

$$\text{PPO}_2 = 0,5 \text{ ATA}$$

$$\text{Pt (ATA)} = \frac{\text{Prof (pés)}}{33} + 1 = \frac{350}{33} + 1 = 11,61 \text{ ATA}$$

$$\text{PP} = \frac{\text{Pt} \times \%}{100}$$

$$\text{PPO}_2 = \frac{\text{Pt} \times \%}{100} \therefore 0,5 = \frac{11,61 \times \%}{100}$$

$$11,61 \times \% = 0,5 \times 100 \therefore \% = \frac{50}{11,61} = 4,31 \%$$

Para uma PPO₂ de 0,5 ATA é necessário uma mistura com 4,31% de O₂

$$\text{PPO}_2 = 0,75 \text{ ATA}$$

$$\text{Pt} = 11,61 \text{ ATA}$$

$$\text{PP} = \frac{\text{Pt} \times \%}{100}$$

$$\text{PPO}_2 = \frac{\text{Pt} \times \%}{100} \therefore 0,75 = \frac{11,61 \times \%}{100}$$

$$11,61 \times \% = 0,75 \times 100 \therefore \% = \frac{75}{11,61} = 6,46 \%$$

Para uma PPO₂ de 0,75 ATA é necessária uma mistura com 6,46% de O₂.

O mergulhador poderá utilizar uma mistura entre 4,31% e 6,46%, como por exemplo, 5 %.

- 4) Durante um sério vazamento em um sistema de saturação, a profundidade da câmara de vida diminuiu de 500 ft para 200 ft. Se a PPO₂ era de 0,4 ATA a 500 ft, qual será a PPO₂ a 200 ft?

Durante a perda de pressão da câmara ou uma excursão de um mergulhador para uma profundidade menor do que a do sino, a percentagem da mistura se mantém a mesma.

Resolvendo o problema por partes:

Para encontrar porcentagem do Oxigênio na câmara a 500 ft.

$$PP = 0,4 \text{ ATA}$$

$$Pt \text{ (ATA)} = \frac{\text{Prof (pés)}}{33} + 1 = \frac{500}{33} + 1 = 16,15 \text{ ATA}$$

$$PP = \frac{Pt \times \%}{100}$$

$$PPO_2 = \frac{Pt \times \%}{100} \therefore 0,4 = \frac{16,15 \times \%}{100}$$

$$\% = \frac{0,4 \times 100}{16,15} = 2,48 \%$$

A porcentagem de Oxigênio na câmara é de 2,48 % .

Para encontrar a pressão parcial do Oxigênio na câmara a 200 ft.

$$Pt \text{ (ATA)} = \frac{\text{Prof (pés)}}{33} + 1 = \frac{200}{33} + 1 = 7,06 \text{ ATA}$$

$$\% = 2,48 \% \text{ (permanece a mesma)}$$

$$PP = \frac{Pt \times \%}{100}$$

$$PPO_2 = \frac{7,06 \times 2,48}{100} = \frac{17,51}{100} = 0,175 \text{ ATA}$$

A PPO_2 será de 0,18 ATA

2.8.5 - Lei de Henry

"A quantidade de gás que se dissolve em um líquido é praticamente proporcional à pressão parcial que este gás exerce contra a superfície do líquido, mantida a temperatura constante".

Em outras palavras, quando mergulhamos, a quantidade de gás inerte dissolvido nos diversos tecidos que formam o corpo humano aumentará, sendo necessário realizar uma descompressão ao retornarmos à superfície, a fim de eliminarmos este excesso de gás. Se a pressão parcial do gás inerte respirado pelo mergulhador dobrar, a quantidade de gás inerte dissolvido praticamente dobrará, o que ocasionará uma descompressão mais longa.

Vários esquemas e tabelas de descompressão foram desenvolvidos de forma a propiciar ao mergulhador um retorno seguro à superfície. Estas tabelas serão estudadas com detalhes no Capítulo 5.

Conforme estudamos na lei de Dalton, a pressão parcial do gás inerte variará com a

profundidade e com a porcentagem deste gás na mistura respiratória. No mergulho a ar, a porcentagem do gás inerte mantém-se constante, conseqüentemente a descompressão dependerá apenas da profundidade e do tempo em que o mergulhador estiver submetido à pressão (tempo total de fundo). No mergulho com misturas diferentes da do ar, a quantidade de gás inerte presente na mistura gasosa também deverá ser considerada para o cálculo da descompressão.

A Lei de Henry é aplicada a uma temperatura constante. Se a temperatura diminuir durante o mergulho, a capacidade dos tecidos do corpo em absorver o gás inerte aumentará.

2.9 - PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

Todos temos a noção de que os corpos podem flutuar ou afundar no meio líquido. Nem sempre, entretanto, conseguimos compreender perfeitamente as causas desses fenômenos.

Vejam a Figura 2-12:

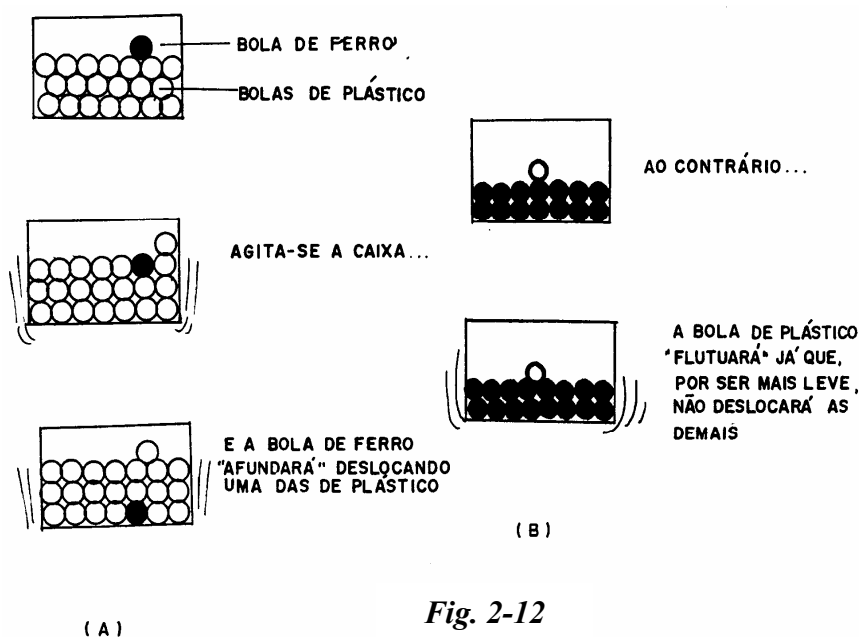


Fig. 2-12

O mesmo ocorreria se colocássemos um sólido qualquer em um recipiente completamente cheio de líquido. O sólido só afundará se ao deslocar um volume de líquido igual ao seu, o peso deste volume deslocado for menor que o seu peso.

Por extensão, se o peso do líquido deslocado for maior que o seu ele flutuará e, se for igual, estará em equilíbrio.

Arquimedes concluiu que "todo corpo mergulhado num fluido sofre, por parte do fluido, uma força vertical para cima, cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado pelo

corpo”. Esta força é denominada **EMPUXO**.

O empuxo pode ser calculado multiplicando-se o volume do líquido deslocado pela densidade do líquido.

Matematicamente:

$$E = V \times D$$

$E \rightarrow$ EMPUXO

$V \rightarrow$ VOLUME DESLOCADO

$D \rightarrow$ DENSIDADE

Exercício usando o Princípio de Arquimedes

- 1) Uma chata com 15m de comprimento, 4m largura e 2m de altura está flutuando com 1,5m de calado, Qual o valor do seu empuxo?

$$E = V \times D$$

Observe que o volume a ser considerado é o volume de água deslocado e não o volume da chata.

$$V = 15 \times 4 \times 1,5 = 90 \text{ m}^3$$

$$D = 1,03 \text{ t/m}^3 \text{ (densidade da água do mar)}$$

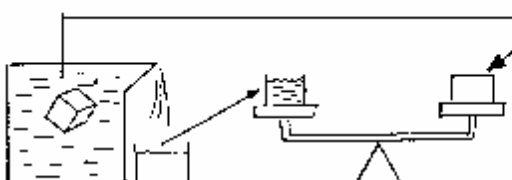
$$E = 90 \text{ m}^3 \times 1,03 \text{ T/m}^3$$

$$E = 92,7 \text{ T}$$

O empuxo da chata é de 92,7 T.

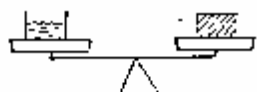


{ A }

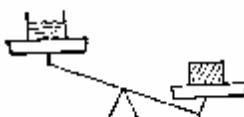


{ B }

{ C }



{ D }



{ E }



{ F }

Fig. 2-13

2.9.1 - Os Três estados de flutuabilidade

Na Figura 2-13, duas forças estarão atuando sobre o corpo: o seu peso e o empuxo provocado pelo volume de água por ele deslocado. Se o peso for igual ao empuxo (Fig. 2-13 D), o corpo sólido não se moverá para cima ou para baixo. Neste caso, estará com flutuabilidade neutra (Fig. 2-14 A).

Se o peso for maior do que o empuxo (Fig. 2-13 E), o corpo estará com flutuabilidade negativa e começará a afundar. O corpo permanecerá com flutuabilidade negativa até que tenha afundado o suficiente, para que o volume de água por ele deslocado dê origem a um empuxo igual ao seu peso, atingindo assim a flutuabilidade neutra. Caso a flutuabilidade neutra não possa ser atingida, o corpo descenderá até o fundo (Fig. 2-14 B).

Se o peso for menor do que o empuxo (Fig. 2-13 F), o corpo estará com flutuabilidade positiva e começará a subir (Fig. 2-14 C), até que o volume de água deslocado por ele se reduz o suficiente para atingir a flutuabilidade neutra.

A Figura 2-14 mostra o diagrama das forças que atuam sobre o corpo.

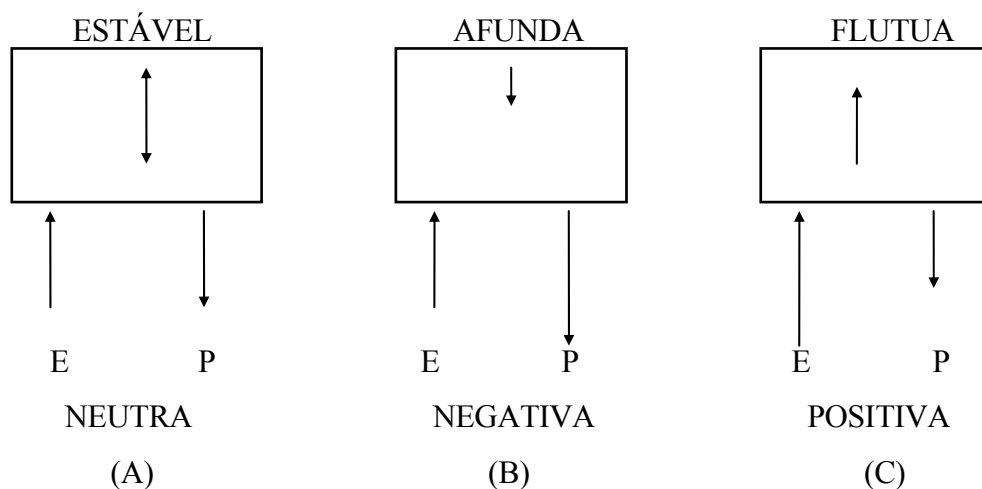


Fig. 2-14

E=EMPUXO

P=PESO

ESTADOS DE FLUTUABILIDADE

2.9.2 - Força de flutuação ou reserva de flutuabilidade

É definida como a diferença entre o empuxo e o peso.

Matematicamente:

$$FF = E - P$$

FF → força de flutuação

E → empuxo

P → peso

Exercícios usando o Princípio de Arquimedes (Continuação)

2) Qual é o peso da chata do problema anterior?

Como a chata está flutuando, ela encontra-se com flutuabilidade neutra. Neste caso, o empuxo é igual ao seu peso.

$$E = P$$

$$E = 92,7 \text{ T}$$

$$P = 92,7 \text{ T}$$

3) Quanto peso pode ser colocado na chata antes dela afundar?

Antes da chata começar a afundar, ela deverá estar completamente submersa.

$$E = V \times D$$

$$V = 15 \times 4 \times 2 = 120 \text{ m}^3$$

$$D = 1,03 \text{ T/m}^3$$

$$E = 120 \times 1,03 = 123,6 \text{ T}$$

Quando a chata estiver prestes a afundar, ela terá um empuxo igual a 123,6 T.

Como a chata pesa 92,7 T (exemplo 2)

$$\text{Peso Extra} = 123,6 - 92,7 = 30,9 \text{ T}$$

A chata pode ser carregada com 30,9 T.

4) Quantos quilogramas podemos içar do fundo com um tambor cujo volume é 210 litros e o peso de 10 Kg?

O empuxo será igual ao peso do líquido deslocado. O volume deslocado pelo tambor quando totalmente submerso será de 210 litros.

$$E = V \times D$$

$$V = 210 \text{ l}$$

$$D = 1,03 \text{ Kg/l}$$

$$E = 210 \times 1,03 = 216,3 \text{ Kg.}$$

A força de flutuação, que é a capacidade de içamento do tambor, será a diferença entre o empuxo e o seu peso, isto é:

$$FF = E - P = 216,3 - 10 = 206,3 \text{ Kg.}$$

Podemos içar do fundo um objeto de até 206,3 Kg.

- 5) Um sino desloca 250 ft^3 de água salgada e pesa 7 toneladas. Qual a quantidade de lastro que deve ser adicionado ou retirado para que ele tenha uma flutuabilidade positiva de 500 libras?

Resolvendo o problema por partes.

Inicialmente vamos calcular o empuxo do sino:

$$E = V \times D$$

$$V = 250 \text{ ft}^3$$

$$D = 64,38 \text{ lb/ft}^3 \text{ (densidade da água do mar)}$$

$$E = 250 \text{ ft}^3 \times 64,38 \text{ lb/ft}^3$$

$$E = 16095 \text{ lb}$$

Como o empuxo foi calculado em libras, vamos converter o peso do sino para a mesma unidade.

$$1 \text{ T} = 2240 \text{ lb}$$

$$\text{Peso do sino} = 7 \times 2240 = 15680 \text{ lb}$$

Como o peso é menor que o empuxo, o sino tem flutuabilidade positiva.

$$FF = E - P$$

$$E = 16095 \text{ lb}$$

$$P = 15680 \text{ lb}$$

$$FF = 16095 - 15680 = 415 \text{ lb (positivo)}$$

Como desejamos uma flutuabilidade positiva de 500 lb, devemos retirar 85 lb de lastro.

Deverão ser retirados 85 lb de lastro.

CAPÍTULO 3**NOÇÕES DE FISIOLOGIA E ANATOMIA APLICADA AO MERGULHO****3.1 - INTRODUÇÃO**

Fisiologia é o estudo das funções e processos vitais dos organismos vivos. Anatomia é o estudo das estruturas e organização de um organismo. Este capítulo apresenta uma discussão genérica da fisiologia e anatomia, necessária para uma compreensão básica de como o mergulho afeta o homem. Esta atividade torna-se segura somente através do conhecimento das alterações fisiológicas produzidas pela variação de pressão, pelo meio subaquático por si, e dos limites impostos por estas alterações. Somente a partir daí os riscos inerentes à atividade de mergulho podem ser evitados ou reduzidos.

O corpo humano consiste de vários milhões de células individuais. Cada uma dessas microscópicas, mas complexas estruturas, contém toda informação genética necessária para a construção de todos os tecidos e órgãos de um corpo. Cada célula é como um organismo vivo separado e que precisa ser suprido com O_2 e nutrientes pela corrente sanguínea, que também tem a função de remover resíduos do metabolismo celular. Do ponto de vista do mergulho, o CO_2 constitui-se no mais importante produto resultante desse metabolismo. Cada célula tem um tempo de vida útil, e células estão constantemente morrendo e sendo criadas no corpo. Se uma célula é privada de O_2 , morre rapidamente. Em órgãos menos importantes, para que se instale um dano, há necessidade de um tempo elevado de privação de O_2 , mas em órgãos nobres, como o cérebro, um dano irreparável pode ocorrer em poucos minutos. Os tecidos de um organismo, compostos de diferentes tipos de células, são encontrados em órgãos, que por sua vez, estão organizados em aparelhos ou sistemas. Estes operam de maneira interdependente. Através de sua interseção, a vida se torna possível para cada organismo.

Os sistemas de particular importância para a fisiologia do mergulho são: Sistema Músculo Esquelético, Aparelho Respiratório, Aparelho Circulatório, Sistema Nervoso e os Órgãos dos Sentidos.

3.2 - SISTEMA MÚSCULO-ESQUELÉTICO

O esqueleto constitui-se num rígido arcabouço que dá formação do corpo, suporta e protege os delicados órgãos internos. Os ossos são interligados por cartilagens ou ligamentos, que permitem vários graus de movimento.

3.2.1 - Crânio

O crânio é uma caixa rígida, feita de ossos chatos, que aloja e protege o cérebro e os órgãos dos sentidos. Os seios da face são cavidades cheias de ar, localizadas no osso frontal, ossos maxilares, ossos etmoidais e esfenoidais, tornando os ossos da face mais leves e dando ressonância à voz. Eles se comunicam com a parte posterior do nariz, através dos óstios sinusais, que permitem a equalização das pressões entre os seios da face e o meio externo.

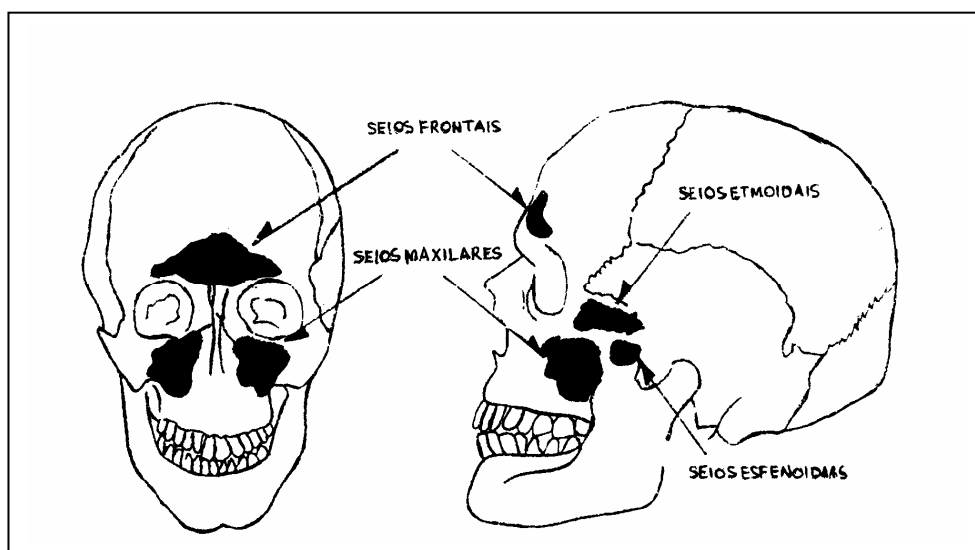


Fig. 3-1

Seios da face

Qualquer bloqueio dos seios da face tornará impossível a equalização das pressões, levando a interrupção do mergulho.

3.2.2 - Coluna vertebral

A coluna vertebral é constituída por 33 ossos irregulares conhecidos como vértebras, interligados pelos discos intervertebrais compostos de tecido cartilaginoso e que suporta a cabeça e a parte superior do corpo. A medula nervosa se origina no cérebro e se localiza no centro da coluna vertebral. Danos à medula nervosa podem resultar em paralisia permanente. Lesões da medula nervosa devem ser manipuladas com extremo cuidado.

3.2.3 - Ossos longos

Os ossos longos dos braços e das pernas se articulam com outros ossos, de modo a atuarem como alavanca, movimentados pelos músculos aos quais estão inseridos. As superfícies são cobertas por uma camada de cartilagem macia e dura, lubrifica-

das pelo fluido sinovial. Os glóbulos vermelhos, responsáveis pelo transporte de O_2 no sangue, são produzidos na medula desses ossos.

3.2.4 - Músculos

A musculatura esquelética é responsável pela movimentação do corpo. Estes músculos de controle consciente, voluntário, são constituídos pelo tecido muscular estriado. O tecido muscular liso é encontrado na parede de vísceras e Aparelhos de comando autônomo (independente da vontade do indivíduo), são eles: Aparelho digestivo (estômago, esôfago, intestinos), Aparelho respiratório (brônquios, brônquiolos), Urinário (bexiga, uretra) e Circulatório (vasos sanguíneos, principalmente as artérias). O músculo cardíaco é constituído de fibras musculares cardíacas, altamente especializadas, só encontradas no coração e que também funcionam de maneira autônoma.

3.3 - RESPIRAÇÃO E CIRCULAÇÃO

Cada célula do corpo precisa obter energia para sobreviver, crescer e funcionar normalmente. As células conseguem esta energia através da oxidação, um processo lento de queima de substâncias obtidas dos alimentos, queima esta que envolve a utilização de O_2 e que obtém como produtos a liberação de energia, gás carbônico e água. O processo de respiração que se dá a este nível é chamado de **interno** e implica em trocas gasosas (O_2 e CO_2) entre o sangue e as células.

O aparelho respiratório tem por finalidade obter O_2 , a partir da mistura gasosa conhecida como **ar**, e de eliminar do organismo o CO_2 produzido pelo metabolismo, o que constitui o processo de respiração **externa**. As trocas gasosas se dão por meio da circulação sanguínea. O sangue é exposto ao ar, através de uma larga superfície de difusão quando este passa pela rede capilar pulmonar, próxima aos alvéolos. Quando o sangue alcança os tecidos, os capilares tissulares fornecem outra grande superfície onde o sangue e as células estão em íntimo contato.

O processo completo da respiração inclui 5 importantes fases:

- Ventilação dos pulmões com ar fresco;
- Trocas gasosas entre o sangue e o ar, nos pulmões;
- Transporte de gases pelo sangue;
- Trocas gasosas entre o sangue e as células; e
- Utilização e produção de gases pelas células (metabolismo).

3.4 - APARELHO RESPIRATÓRIO

O ar penetra no corpo humano principalmente através do nariz. As cavidades nasais são forradas por mucosa que tem por finalidade aquecer e umidificar o ar, além de filtrar partículas de poeira.

A boca fornece uma via de penetração de ar que deveria ser secundária, mas na atividade de mergulho é freqüentemente primária, o que faz o mergulhador perder os benefícios de aquecimento, umidificação e filtragem do ar proporcionados pela mucosa nasal.

Em sua trajetória o ar passa pela nasofaringe e orofaringe, penetrando daí na laringe, após passar pela epiglote, uma estrutura que impede a penetração de sólidos e líquidos na laringe, desviando-os para o aparelho digestivo.

A laringe contém as cordas vocais e externamente é identificada no pescoço através do pomo de Adão.

A traquéia localiza-se logo abaixo, e é formada por uma sucessão de anéis cartilagosos. Ela se estende por aproximadamente 10 cm, bifurcando-se em seguida para originar o brônquio principal direito e o brônquio principal esquerdo, que se dirigem para os pulmões direito e esquerdo, respectivamente. Estes brônquios por sua vez, se dividem sucessivamente, produzindo brônquios cada vez mais finos, até originar os bronquíolos, que terminam em minúsculos sacos de ar conhecidos como alvéolos. Cada alvéolo é circundado por uma rede de capilares pulmonares. O sangue e o ar estão separados somente por duas delicadas membranas, a parede do capilar e a parede do alvéolo. Cada membrana é composta de somente uma fileira de células, permitindo a livre difusão de gases.

Os pulmões são dois órgãos esponjosos, de cor rósea brilhante, localizados no tórax, onde se acham revestidos por uma membrana que contém dois folhetos chamada pleura. A pleura visceral reveste a face externa do pulmão, sendo inseparável deste, enquanto a pleura parietal reveste a face interna da parede torácica. Entre as duas pleuras existe somente uma película de fluido chamado líquido pleural, que permite a ausência de atritos entre as duas membranas pleurais. Os pulmões contêm, além de milhões de alvéolos, os brônquios, os bronquíolos e os vasos sangüíneos.

Sustentando estas estruturas existe um tecido conjuntivo intersticial.

3.4.1 - Mecanismo da respiração

A inspiração e a expiração ocorrem devido a um trabalho muscular que envolve principalmente o diafragma, músculo em forma de sino, que separa a cavidade torácica da

cavidade abdominal, ao qual atribui-se 70% desse trabalho. Músculos intercostais vêm em segundo lugar em participação no ato de respirar. Músculos acessórios tais como músculos do pescoço (esternocleidomastoideo, escalenos) e do abdômen (retos abdominais) também colaboram por ocasião da realização de um esforço respiratório observado, por exemplo, durante uma corrida (pelo aumento da demanda de O_2).

O controle da respiração é feito principalmente pelo centro respiratório, uma área do cérebro localizada no bulbo, e que é sensível ao aumento da pressão parcial do CO_2 sanguíneo. É também estimulado pelos nervos sensitivo-cutâneos, graças à percepção de sensações térmicas e dolorosas. Secundariamente existem sensores periféricos sensíveis à baixa PPO_2 sanguínea, localizados na parede das artérias aorta e carótida. São os quimiorreceptores aórticos e carotídeos. No entanto estes receptores normalmente não atuam até que a PPO_2 sanguínea caia a níveis criticamente baixos. Existindo uma PPO_2 sanguínea baixa, existe uma estimulação do centro respiratório que dá início ao trabalho muscular, que por sua vez desencadeia a inspiração.

Através do abaixamento do diafragma ocasionado por sua contração e da elevação das costelas produzidas pela contração dos músculos intercostais, existe um aumento do volume intratorácico e intrapulmonar, com conseqüente diminuição da pressão, em obediência à Lei de Boyle. Imediatamente o ar é admitido nos pulmões através da inspiração. Receptores nervosos localizados nos alvéolos enviam mensagens ao cérebro quando aquelas estruturas estão totalmente expandidas, obtendo-se como resposta o relaxamento muscular que determina uma redução do volume intratorácico e intrapulmonar, pelo abaixamento das costelas e elevação da cúpula do diafragma.

3.4.2 - Volumes pulmonares

Para melhor compreensão da dinâmica respiratória, o volume de ar contido nos pulmões pode ser assim dividido:

a) Capacidade total

Maior volume de ar que pode ser contido nos pulmões após uma inspiração máxima.

b) Capacidade vital

Maior volume de ar que pode ser expelido dos pulmões após uma inspiração máxima.

c) Volume residual

Volume de ar que fica retido nos pulmões após uma expiração máxima.

d) Volume corrente

Volume de ar que se movimenta no ciclo respiratório normal.

e) Volume minuto

Volume de ar que se movimenta nos pulmões em um minuto

$$I) \text{ VM} = \text{Vol. Corrente} \times \text{frequência}$$

Normalmente os alvéolos pulmonares são perfundidos pelo sangue dos capilares e ventilados pelo ar para permitir as trocas gasosas. Quando alguns desses alvéolos não são suficientemente perfundidos ficando prejudicado o seu funcionamento, temos a constituição do chamado **espaço morto fisiológico**, de grande importância na dinâmica respiratória.

II) CT = capacidade total (5 a 6 litros)

III) VC = volume corrente (0,5 a 0,6 litros)

IV) VR = volume residual (1 a 1,5 litros)

V) CV = capacidade vital (4,5 a 5 litros)

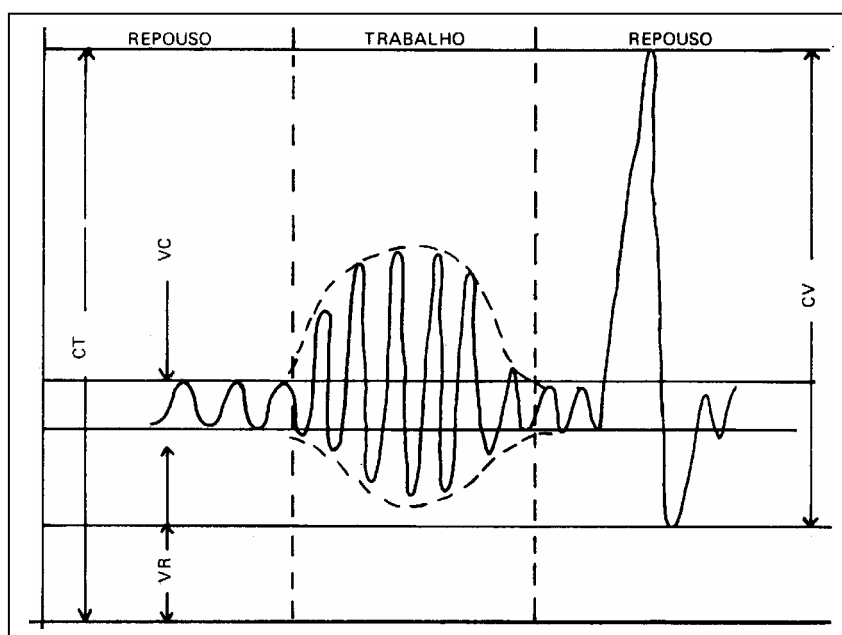


Fig. 3-2

Representação gráfica dos volumes pulmonares

3.4.3 - Espaço morto

O espaço morto anatômico é aquele constituído pelos órgãos do aparelho respiratório não envolvidos nas trocas gasosas, ou seja, as vias aéreas (nariz, boca, faringe, laringe, traquéia, brônquios e bronquíolos). Os alvéolos compõem a única área do aparelho respiratório onde a hematose é efetuada.

O espaço morto fisiológico é produto da má perfusão sangüínea de alguns alvéolos, no que resulta em uma deficiência ou até ausência de trocas gasosas.

Certas partes do equipamento de mergulho podem aumentar o espaço morto, por conterem algum volume de ar que será adicionado no espaço morto anatômico. Para compensar, o mergulhador necessita aumentar seu volume corrente. O ciclo respiratório compreende uma respiração completa, incluindo a inspiração, a expiração e qualquer pausa que ocorra entre estas duas fases. A frequência respiratória consiste no número de ciclos respiratórios completos que ocorrem em um minuto. Em repouso, um adulto normal possui a frequência respiratória entre 10 e 20 incursões por minuto (IPM). Esta taxa aumenta durante o trabalho.

3.4.4 - Alterações fisiológicas respiratórias que ocorrem no homem durante o mergulho

Durante o mergulho, ocorrem importantes alterações da função respiratória, em sua maior parte estes efeitos são profundidade dependentes. Na prática, há uma redução em torno de 300ml da capacidade vital. Deslocamento sangüíneo circulante para os vasos de capacitância venosos intratorácicos produz um aumento de volume sangüíneo em torno de 700ml num indivíduo de 70kg. Conseqüência direta disso é uma redução do volume pulmonar, provocando aumento da resistência das vias aéreas (exposição ao frio tem efeitos semelhantes). Altas pressões dos gases respirados produzem altas pressões arteriais e teciduais destes mesmos gases. Sendo assim no final do mergulho pode haver um excesso de gás além da capacidade de eliminação respiratória, podendo desencadear uma doença descompressiva. O aumento da densidade gasosa aumenta a resistência das vias aéreas, restringe a ventilação e aumenta o esforço respiratório. Gases metabolicamente inertes ganham um aumento em sua absorção e difusão (efeitos narcóticos) e dificuldade em sua eliminação (efeitos descompressivos). Gás carbônico, com a queda da eficiência ventilatória e o aumento metabólico, tende a retenção e a elevação da produção (efeitos de hipercapnia). Oxigênio apresenta elevação do consumo pela maior demanda metabólica do mergulhador, apresentando também a sua pressão parcial alterada devido à alteração da pressão ambiente (efeitos de hipóxia ou hiperóxia). Outros gases da mistura passam a ter potencial ação tóxica ou até letal, a depender da elevação de pressão parcial dos mesmos, a qual é tempo e profundidade dependente.

a) Aumento do espaço morto

O espaço morto anatômico aumenta, primeiramente pelo acréscimo de peças do equipamento como máscara facial que introduz um aumento de até 250 cc. A distensão dos alvéolos pulmonares e bronquíolos pelas condições hiperbáricas aumenta também o espaço morto anatômico.

Por outro lado, há um colapso da circulação pulmonar provocado pela redução relativa da pressão na artéria pulmonar diante de uma pressão pulmonar agora aumentada. Surgirão assim novas áreas alveolares ventiladas e não perfundidas, aumentando o espaço morto fisiológico.

b) Aumento da resistência respiratória

O aumento da pressão pulmonar e da pressão ambiente leva a uma redução da complacência pulmonar. Por outro lado, há uma pressão hidrostática relativamente maior a ser efetivamente vencida. O movimento do ar passa a ser turbilhonado e a resistência oferecida passa a ser proporcional à densidade da mistura, aumentada pelas condições hiperbáricas.

O aumento da resistência respiratória leva a um conseqüente aumento do trabalho respiratório.

c) Redução da ventilação alveolar

Essa redução se dá por um lado, pelo aumento do espaço morto já estudado e, pelo outro, por uma redução do volume minuto, conseqüência de uma redução da frequência respiratória e do volume corrente pulmonar.

d) Elevação do teor de gás carbônico

Pelo aumento do espaço morto, pelo aumento do trabalho respiratório com uma maior produção de gás carbônico, pela redução da ventilação alveolar e, ainda, pela maior dificuldade no transporte de gás carbônico pelas hemáceas impregnadas pelo oxigênio, com sua pressão parcial aumentada, o teor de gás carbônico vai-se elevar no sangue e nos tecidos, provocando, por sua vez, uma vasoconstrição pulmonar que vem acentuar alguns dos mecanismos já estudados com a constituição dos circuitos viciosos.

3.5 - APARELHO CIRCULATORIO

O aparelho circulatório consiste num sistema formado de redes (vasos sanguíneos) com uma bomba (coração), responsável pela circulação da massa líquida (sangue) contida neste sistema. As artérias conduzem sangue do coração até os capilares. O retorno do sangue se faz através das veias.

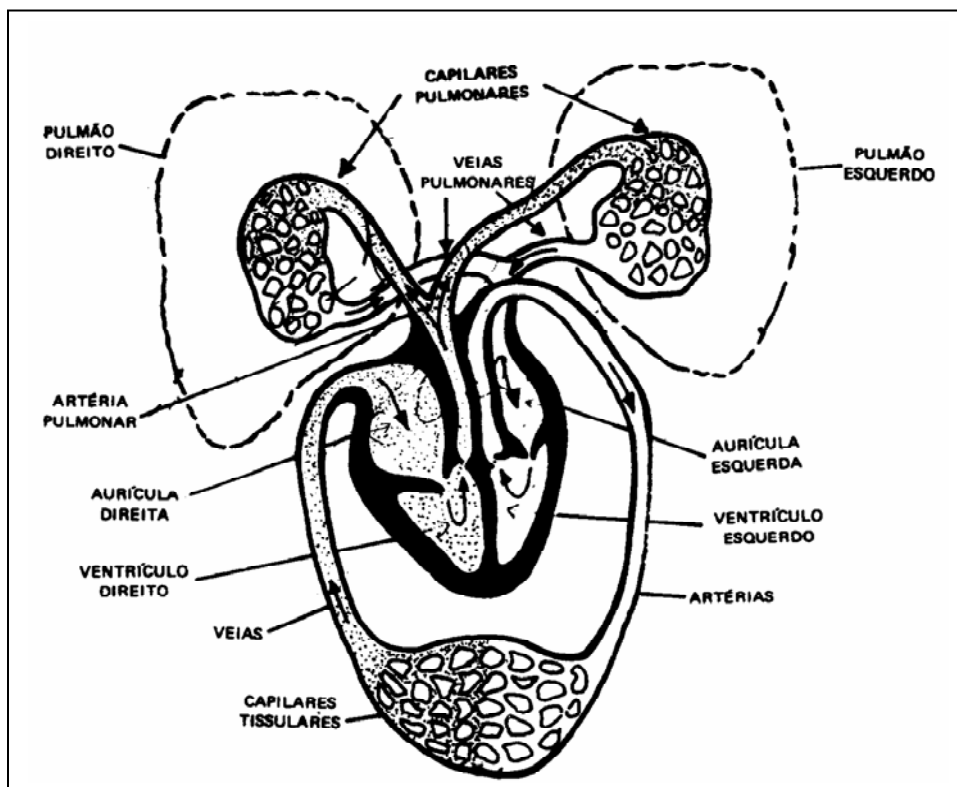


Fig. 3-3

Visão esquemática do Aparelho Circulatório

A necessidade de uma grande superfície de exposição do sangue ao oxigênio e ao gás carbônico nos pulmões e nos tecidos, para que as trocas gasosas se efetuem por difusão, é satisfeita pela existência de uma rede de vasos extremamente pequenos e de paredes finas, que interseccionam cada parte do corpo humano. Nos pulmões estes capilares envolvem minúsculos sacos contendo ar (alvéolos), de forma que o sangue que eles conduzem possa ser exposto ao ar. Os capilares são constituídos por uma única camada de células estreitas. As artérias são constituídas de paredes espessas, constituídas por três camadas, por suportarem uma considerável pressão sanguínea. Uma camada de fibras elásticas proporciona às artérias condições de absorver alterações de pressão. Estes vasos contêm também uma camada de fibras musculares que são controladas pelo sistema nervoso autônomo, e por certas substâncias que o organismo produz. Estas fibras são responsáveis pela alteração do di-

âmetro das artérias (vasoconstrição e vasodilatação), o que influencia a pressão arterial e o fluxo sanguíneo em um determinado local. As veias trabalham em regime de baixa pressão, e não controlam o fluxo sanguíneo, por possuírem paredes finas e fracas, comparadas com as das artérias. Internamente os grandes vasos são revestidos por uma camada única de células estreitas, como as que constituem os capilares.

O coração possui o tamanho aproximado de um punho fechado. Suas paredes são constituídas de músculo estriado cardíaco, responsável pela ação de bombeamento. Está localizado na parte central e superficial da cavidade torácica, entre os dois pulmões, exatamente atrás do esterno. A ponta do coração situa-se à esquerda, no tórax.

O interior do coração é dividido no sentido longitudinal, em duas metades que não tem relação direta uma com a outra. O lado esquerdo é a bomba que impulsiona o sangue para a circulação sistêmica; o lado direito impulsiona o sangue para a circulação pulmonar. Cada lado é dividido em uma câmara superior, o átrio, que recebe sangue das veias cavas, no caso da circulação sistêmica, ou das veias pulmonares, no caso da circulação pulmonar, e um ventrículo. Este recebendo sangue do átrio bombeia-o através da aorta (circulação sistêmica), ou da artéria pulmonar, no caso do ventrículo direito. Por realizarem a maior parte do trabalho de bombeamento, os ventrículos possuem as paredes hipertrofiadas e mais espessas.

Como a maioria das bombas o coração possui válvulas de retenção, para manter o fluxo sanguíneo em uma só direção, evitando o retorno no intervalo entre os bombeamentos cardíacos. Existe uma válvula entre cada ventrículo e átrio correspondente, e também na saída de cada artéria principal de cada lado. Quando o coração se contrai, as válvulas situadas entre os átrios e os ventrículos impedem o retorno do sangue para dentro dos átrios. Quando o coração relaxa e reenche, as válvulas localizadas entre as artérias e os ventrículos impedem o retorno sanguíneo para o interior do ventrículo, com isso mantendo a pressão na artéria.

3.5.1 - Função circulatória

O sangue circula continuamente pelo corpo humano, através de um circuito fechado. Uma gota de sangue ao passar por um capilar em um determinado tecido perde a maior parte do O₂ que transportava e é carregada com CO₂. Esta gotinha flui através de veias cada vez maiores, até alcançar uma das veias cavas, que desembocam no átrio direito, daí passando para o ventrículo direito. A próxima contração do coração (sístole), ejetará

a gotinha através da artéria pulmonar. Circulando por seus ramos, ela alcança um capilar pulmonar, onde toma contato com o ar. Por difusão a gota de sangue perde o excesso de CO_2 e recebe O_2 , retornando em seguida ao coração (átrio esquerdo), através do sistema venoso pulmonar. No próximo relaxamento cardíaco (diástole), a gota passa do átrio para o ventrículo esquerdo, sendo a seguir bombeada para a artéria aorta. Daí ele segue por um de seus principais ramos para os capilares tissulares, onde se dá a troca de O_2 por CO_2 . A gotinha de sangue está pronta para retornar aos pulmões, onde o processo se reinicia.

3.5.2 - Componentes do sangue

Em média o corpo humano contém 5 litros de sangue. O oxigênio é transportado no sangue pelos glóbulos vermelhos. Para isto contém a hemoglobina, uma substância química que possui ferro em sua composição, e que se liga ao O_2 de maneira facilmente reversível. Quando a hemoglobina se encontra combinada com o oxigênio, o sangue se torna vermelho brilhante. Quando esta ligação se desfaz, o sangue se torna vermelho escuro. A absorção de O_2 pela hemoglobina depende da pressão parcial de O_2 a que esta substância é exposta. Nos pulmões a hemoglobina se agrega a 98% da quantidade total de O_2 que ela pode carregar. Nos capilares tissulares o sangue perde a maior parte do O_2 que carregava, devido à baixa pressão parcial deste gás nos tecidos.

A hemoglobina também desempenha um papel importante no transporte de gás carbônico. O ganho ou perda de CO_2 pelo sangue depende da pressão parcial desse gás na área onde o sangue é exposto.

Além dos glóbulos vermelhos, o sangue também contém glóbulos brancos, que servem para combater infecções. Um outro tipo de célula, as plaquetas, tem um importante papel na coagulação.

Plasma é a porção fluida do sangue. Ele contém uma grande quantidade de materiais dissolvidos que são essenciais à vida. Fibrinogênio é outra substância relacionada com a formação de coágulos. Soro é a porção fluida do sangue que resta quando um coágulo sangüíneo é formado.

3.5.3 - Pressão arterial

A pressão arterial depende da quantidade de sangue que o coração bombeia e da resistência do circuito. Estes dois fatores estão sob controle do sistema nervoso, que pode aumentar ou diminuir a frequência cardíaca, assim como promover uma vaso-dilatação

ou vaso-constricção. Sensores de pressão chamados pressoreceptores localizados nas artérias carótidas (pescoço) e aorta (tórax) fornecem ao cérebro, através de impulsos nervosos, informações sobre a pressão sanguínea. A partir dessas informações o cérebro pode fazer os ajustes necessários para manter a pressão dentro de certos limites, controlando a pressão ótima do fluxo sanguíneo através dos tecidos, para evitar a rotura de artérias mais finas pelo aumento da pressão arterial.

O choque é a manifestação da falência da função cardio-circulatória, desencadeada por hemorragia, queimaduras extensas ou por outras condições que apresentem perda de sangue total ou somente plasma. Sob estas condições o organismo é incapaz de manter a pressão sanguínea, desenvolvendo-se então uma hipóxia tissular séria. Ao exame físico encontramos pulso muito fraco e rápido. Trata-se de uma emergência, que exige a rápida reposição de sangue, plasma ou seus substitutos.

A pressão arterial é em média, para um indivíduo em repouso, 120 mm Hg, quando o coração está se contraindo (pressão sistólica) e 80 mm Hg, quando está na fase de relaxamento (pressão diastólica).

Durante exercício físico, o volume de sangue que o coração tem que bombear é várias vezes maior do que o necessário em situação de repouso. Isto é devido à demanda aumentada de oxigênio pelas fibras musculares que estão com o seu metabolismo aumentado, e também, para remover o CO₂ que está com sua concentração aumentada. Este volume sanguíneo é aumentado às custas do aumento da frequência cardíaca e também do volume bombeado em cada sístole. O pulso se torna mais rápido e mais forte. Nestas condições a frequência cardíaca salta de 80 bpm (batimentos por minuto) encontrados durante o repouso, para 150 bpm ou mais.

3.5.4 - Alterações fisiológicas circulatórias observadas no homem durante o mergulho

Basta se entrar na água com a cabeça de fora para sentirmos os efeitos da imersão sobre o organismo, pois o ar é respirado a uma pressão menor que a da água, que esta em volta do corpo. Essa diferença de pressão é suficiente para deslocar sangue adicional ao tórax. Ocorre no início do mergulho uma queda da frequência cardíaca e também da pressão arterial, principalmente a sistólica (efeito vagal), posteriormente mantida a frequência cardíaca observa-se um débito cardíaco maior. O maior efeito circulatório é a redistribuição do volume sanguíneo periférico para o centro do tórax, produzindo um aumento na pressão de enchimento das cavidades cardíacas direitas e

conseqüente maior volume sistólico ventricular. O aumento da pressão de enchimento atrial acarreta distensão deste, estimulando receptores atriais para liberação de hormônio atrial peptídico, interpretado como aumento de volume circulante, a resposta hormonal desencadeia aumento de diurese com diminuição de volume de sangue circulante (desidratação). O abaixamento do diafragma, pela diminuição do volume das vísceras abdominais comprimidas, provoca uma retração do coração, que fica mais verticalizado. Isto se traduz em alterações eletrocardiográficas. Com relação à composição do sangue, encontra-se uma diminuição do número de glóbulos vermelhos e do seu teor de hemoglobina. Observamos alterações qualitativas e quantitativas dos glóbulos brancos, com aumento do número dessas células.

Importante sabermos proceder para retirar alguém que passou muito tempo na água. Foram observadas paradas cardiopulmonares por baixo débito, devido ao retorno do sangue a periferia, quando o resgatado era içado da água em pé, devido à redistribuição sanguínea para membros inferiores, com baixa perfusão de outras áreas como o cérebro e o próprio coração.

3.6 - SISTEMA NERVOSO CENTRAL (SNC)

É o mais desenvolvido dos sistemas corporais, e consiste do encéfalo e da medula nervosa. Ambos são cobertos por membranas conhecidas por meninges.

O líquor, ou fluido cérebro-espinhal é um líquido claro, contendo glicose e sais minerais, e circula em volta do encéfalo e da medula nervosa, sob as meninges. Possui três importantes funções: atua como amortecedor de choque do encéfalo e medula nervosa, supre estes órgãos com nutrientes e é responsável pela remoção de subprodutos do metabolismo.

Nervos sensitivos são estruturas que conduzem impulsos nervosos a partir da pele, articulações e músculos, através da medula nervosa, até o cérebro. Os órgãos sensitivos mais sofisticados como os olhos e os ouvidos, comunicam-se diretamente com o encéfalo. O cérebro envia ordens até os músculos através de nervos motores, controlando os movimentos voluntários e os involuntários.

3.6.1 - Encéfalo

O encéfalo pode ser dividido em cérebro, cerebelo e bulbo. O cérebro é formado por dois hemisférios, direito e esquerdo, e é a maior parte do encéfalo. Ele controla todas as funções superiores, tais como pensamento lógico e fala, movimentos voluntários e muitas funções do corpo de que não tomamos consciência.

O cerebelo é encontrado abaixo do cérebro e é similar a este em formato, mas bem menor. Ele exerce o controle inconsciente do tônus muscular, equilíbrio e outras funções básicas.

O bulbo situa-se abaixo do cérebro e na frente do cerebelo. Para baixo temos a medula espinhal. O bulbo funciona como um retransmissor de impulsos nervosos motores e sensitivos. Contém também os centros respiratório e cardíaco.

3.6.2 - Medula nervosa

A medula nervosa localiza-se dentro da coluna vertebral, passando pelo centro das vértebras. Ela transmite impulsos nervosos, motores e sensitivos. Feixes de nervos originam-se na medula nervosa em diferentes níveis, dirigindo-se para várias partes do corpo.

O nível de uma lesão medular pode geralmente ser indicado pela perda da sensibilidade abaixo do ponto da lesão.

3.6.3 - Sistema nervoso autônomo

Este termo designa as partes do sistema nervoso que não estão sob controle consciente.

Inclui as fibras nervosas que enviam impulsos para glândulas e músculos involuntários, como os localizados nos brônquios, coração e nos vasos sanguíneos.

3.7 - APARELHO AUDITIVO

O aparelho auditivo é composto de ouvido externo, médio e interno. O ouvido externo é formado pelo pavilhão auricular e o conduto auditivo externo. O pavilhão auricular coleta as ondas sonoras e as dirige para o interior do conduto auditivo. Este possui glândulas especializadas na produção de cera que protegem o conduto e a membrana timpânica contra poeira, infecções e outros agentes externos.

O ouvido médio é uma cavidade contendo ar que se comunica com o meio exterior através da trompa de Eustáquio, que se abre na rinofaringe. O ouvido externo é separado do ouvido médio pelo tímpano. As vibrações produzidas nesta delicada membrana pelas ondas sonoras, são transmitidas através do ouvido médio por intermédio de uma cadeia de ossículos chamados martelo, bigorna e estribo. Estes, por sua vez, transmitem as vibrações sonoras através da janela oval para a cóclea no ouvido interno. Terminações nervosas localizadas na cóclea conduzem estas informações ao cérebro.

Os canais semicirculares, localizados no ouvido interno contém em seu interior endolinfa, um tipo de líquido orgânico. Estes canais, em número de três, estão dispostos perpendicularmente.

larmente entre si, permitindo ao SNC a correta identificação da posição do corpo em relação ao espaço, a partir da análise do deslocamento da endolinfa dentro destes canais, de acordo com o movimento da cabeça.

O SNC é capaz de identificar a direção de onde vem um determinado som, pela percepção da pequena fração de tempo com que este som alcança cada ouvido. Na água, o som se

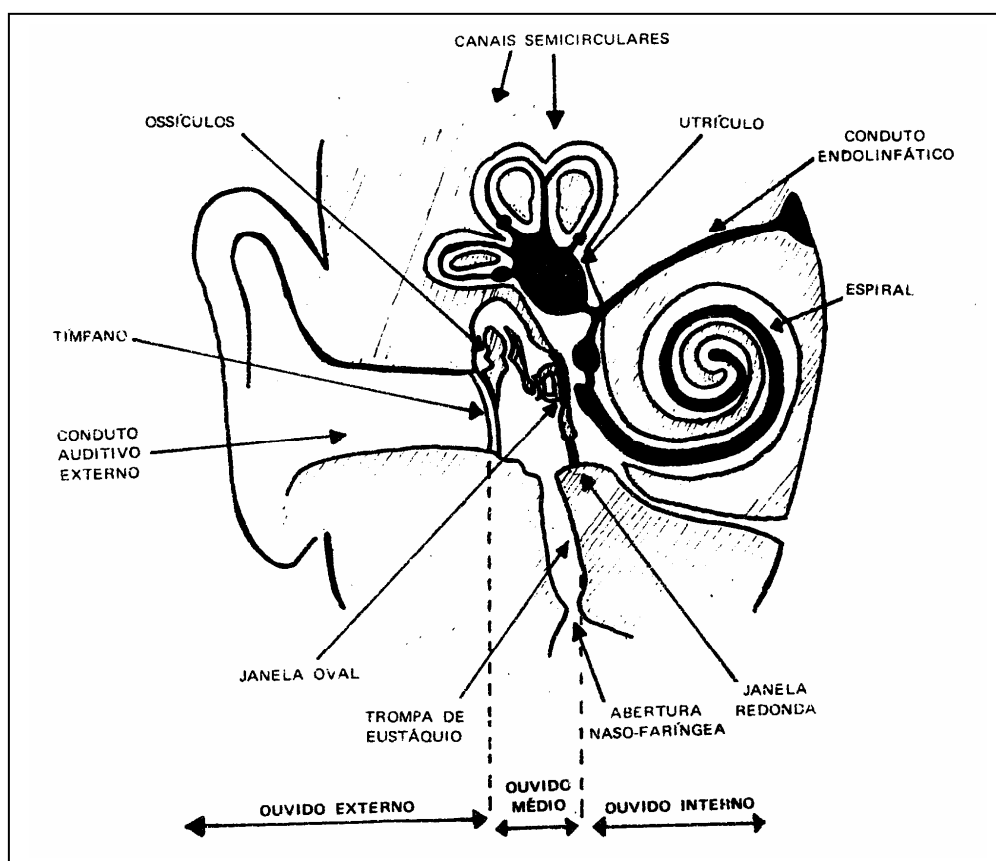


Fig. 3-4

Vista em corte do ouvido humano

propaga em uma velocidade consideravelmente maior (comparada com o ar) e a diferença de tempo em que ondas sonoras atingem cada ouvido se torna muito pequena para ser distinguida pelo cérebro. Com isso o mergulhador se torna incapaz de localizar a fonte sonora na água.

3.8 - TEMPERATURA CORPORAL E PERDA CALÓRICA

O corpo humano funciona efetivamente dentro de uma faixa relativamente estreita de temperatura interna, normalmente em torno de 37°C. Esta temperatura é mantida estável por determinados mecanismos fisiológicos, ajudados por medidas artificiais, tais como o uso de roupas protetoras e ambientes refrigerados ou ventilados.

3.8.1 - Regulação de temperatura corporal

Os processos metabólicos do corpo geram constantemente calor. Caso o organismo não fosse dotado de mecanismos compensadores, a temperatura interna iria se elevar a um nível tal (em torno de 41°C), que alteraria de modo irreversível as células do organismo. A fim de manter a temperatura em níveis adequados, o organismo necessita perder calor na mesma velocidade com que produz.

A transferência de calor se dá de várias maneiras. O sangue, circulando através do corpo, absorve calor e o conduz até os pulmões onde parte dele é dissipado através da respiração. O calor também é carregado pelo sangue até a pele, onde é dissipado através da combinação de condução, convecção e radiação. O suor produzido pelas glândulas sudoríparas refresca a superfície do corpo quando evapora, facilitando a troca de calor entre o sangue e a pele. Quando o corpo está trabalhando arduamente e, portanto, gerando uma quantidade maior de calor que o normal, os vasos sanguíneos próximos à pele sofrem uma vasodilatação, permitindo que um volume maior de sangue aquecido alcance a superfície do corpo e as glândulas sudoríparas incrementem sua atividade.

Se o ar circundante for quente, a taxa de transferência de calor se fará de modo mais lento do que se daria se a temperatura ambiente fosse fria.

A manutenção da temperatura corporal adequada é um problema particularmente difícil para um mergulhador executando um trabalho subaquático.

Com relação ao controle da temperatura corporal interna, o principal problema do mergulhador é manter-se aquecido, uma vez que a água possui uma condutividade térmica elevada e o mergulho em águas frias é mais freqüente do que em águas quentes.

Geralmente consideramos a temperatura corporal como sendo 37°C, mas na verdade esta só é uniforme internamente, sendo variável e geralmente um pouco mais baixa superficialmente.

Mecanismos termo-reguladores limitam a perda de calor pela redução do fluxo sanguíneo para a pele, através de uma vasoconstrição cutânea automática induzida pelo frio. Este mecanismo, contudo, não fornece uma grande proteção contra a perda de calor, porque não funciona de modo contínuo e duradouro.

A maior parte da perda de calor observada em águas moderadamente frias se dá através do efeito físico da condução (dos órgãos profundos para a superfície do tronco) e está livre de qualquer controle fisiológico.

O exercício físico normalmente aumenta a produção de calor e com isto, a temperatura corporal. Paradoxalmente, exercícios efetuados em águas frias podem promover uma queda da temperatura corporal, devido a duas razões: uma é o fato que o movimento dos braços agitam a água próxima à pele, criando uma turbulência que facilita a dissipação do calor por convecção; A outra razão é o aumento do fluxo sanguíneo para as extremidades, a fim de se adequar às necessidades aumentadas do O₂ pelos músculos, proporcionando uma perda de calor do sangue.

3.9 - OUTRAS ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS OBSERVADAS NO HOMEM DURANTE O MERGULHO

O mergulho inibe a produção de um hormônio (hormônio antidiurético - “ADH”) produzido por uma glândula localizada no cérebro, que normalmente age nos rins, inibindo a produção de urina. Com isto o mergulhador urina mais, o que é sabido por todos que praticam o mergulho. O mergulho induz também a um quadro de desidratação discreta, além de alterações na composição do organismo de elementos minerais, tais como cálcio e potássio (distúrbios hidroeletrolíticos e metabólicos).

Resumindo-se, de modo geral, a atividade de mergulho demanda grande gasto metabólico (fadiga física), potencializa a hipercapnia (maior produção e retenção de gás carbônico), a desidratação (perda líquida aumentada pela diurese e respiração), a hipotermia (perda calórica maior), maior sobrecarga cardio-circulatória e respiratória (condição hiperbárica).

CAPITULO 4

ACIDENTES DE MERGULHO

4.1 - CLASSIFICAÇÃO

Os acidentes de mergulho são classificados, de acordo com a sua etiologia (causa), em:

- causados pela variação da pressão ambiente;
- causados pela variação da temperatura ambiente (água/gás);
- causados pelo ambiente subaquático (água); e
- miscelânea.

4.2 - ACIDENTES DE MERGULHO CAUSADOS PELA VARIAÇÃO DA PRESSÃO AMBIENTE

4.2.1 - Atuando sobre o volume dos gases nas cavidades aéreas

a) Barotraumas

Os barotraumas ocorrem em função da Lei de *Boyle*, que determina uma variação volumétrica do gás contido nos órgãos ocos existentes no nosso organismo, em função da variação de pressão a que o mergulhador está exposto durante a atividade de mergulho.

Para que um barotrauma aconteça, há necessidade da ocorrência simultânea de 4 circunstâncias:

- I) Variação de pressão: ocorre durante o desempenho da atividade de mergulho.
- II) Órgão contendo ar: É o caso do aparelho auditivo, seios da face e pulmões.
- III) Paredes rígidas dos órgãos que contém ar.
- IV) Inexistência de comunicação dos órgãos que contém ar com o meio exterior.

A última circunstância, ocorrendo de modo temporário ou definitivo, é o que determina o barotrauma.

b) Barotrauma de ouvido médio

Barotrauma de ouvido médio acontece na vigência da obstrução da comunicação do ouvido médio com o meio exterior. Na maioria das vezes esta obstrução se dá por secreção, em casos de resfriado ou rinite.

Na impossibilidade de admissão de mais moléculas dos gases que compõem o ar para o ouvido médio, através da Trompa de Eustáquio, equalizando a pressão entre o meio interior e o exterior, à medida que o mergulhador vai se expondo a uma

pressão crescente, a membrana timpânica se abala para dentro, sendo neste processo lesionada. Nos casos de severidade moderada existe descolamento da mucosa que reveste internamente o ouvido médio e conseqüente sangramento. Nos casos mais graves, ocorre rotura da membrana timpânica. Quando isto acontece, a penetração de água fria no ouvido médio pode estimular indiretamente os canais semicirculares, produzindo um quadro de forte tonteira e desorientação espacial com risco de morte do mergulhador por afogamento, devido à dificuldade, nestas condições, de retorno à superfície.

Os seguintes fatores são predisponentes ao barotrauma de ouvido médio:

- velocidade de mergulho;
- proximidade da superfície;
- hábito e treinamento;
- fatores psicoemocionais;
- infecção das vias aéreas superiores (V.A.S.);
- tecido linfóide intratubário;
- desvio de septo nasal; e
- pólipos.

I) Quadro clínico

Diminuição da audição, dor, secreção nasal serossanguinolenta em casos de rotura timpânica.

II) Tratamento

Suspensão da atividade de mergulho por tempo variável, dependendo da gravidade do acidente (nos casos leves e moderados, 2 a 15 dias; nos casos graves acompanhados de rotura timpânica, 1 a 3 meses), uso de analgésicos, tratamento da causa base que conduziu à obstrução da Trompa de Eustáquio.

c) Barotrauma de ouvido externo

Este tipo de barotrauma ocorre quando transformamos o conduto auditivo externo em uma cavidade fechada. Isto se dá pela utilização inadequada de tampões utilizados na prática de natação, capuzes de neoprene muito apertados, ou pela existência de uma rolha de cerúmen. Neste caso a pressão da água não pode ser exercida contra o tímpano e, na medida em que o mergulhador se expõe a uma pressão ambiente crescente, o mesmo vai se abaulando para fora, produzindo sinais e sin-

tomas similares ao do barotrauma do ouvido médio, acrescido de sofrimento do conduto auditivo externo.

I) Quadro clínico

Dor, sangramento no conduto auditivo externo, diminuição da audição, secreção nasal serossanguinolenta (em casos de rotura timpânica).

II) Tratamento

Similar ao descrito na alínea b.

d) Barotrauma de ouvido interno

Este barotrauma constitui-se num acidente grave se não for corretamente identificado e tratado. Ocorre devido à diferença de pressão entre o ouvido médio e o ouvido interno, devido à dificuldade de equalização das pressões no ouvido médio, por obstrução da Trompa de Eustáquio. A diferença de pressão produz rotura da janela redonda ou da janela oval, com perda de líquidos (perilínfa) do ouvido interno para o ouvido médio (fístula perilinfática). Existem 2 mecanismos de produção deste Barotrauma:

- Explosão

Neste mecanismo o mergulhador encontrando, durante a descida, dificuldade para compensar o ouvido médio executa, erroneamente, uma manobra de Valsalva com grande esforço e longa duração. A pressão aumentada no meio líquido do ouvido interno, não sendo contrabalançada por um incremento de pressão no ouvido médio, conduz a uma rotura da janela redonda ou oval, com perda de perilínfa.

- Implosão

O mergulhador, a partir da mesma execução errônea da manobra de Valsalva (com grande esforço, por tempo prolongado), após algum tempo, consegue vencer a obstrução existente na Trompa de Eustáquio, o que provoca uma súbita onda de pressão que rompe a janela oval ou a redonda, com conseqüente produção de uma fístula perilinfática.

I) Quadro clínico

Dor, zumbidos, diminuição da audição, tonteira, náuseas de longa duração.

II) Tratamento

Repouso absoluto no leito com a cabeça elevada, uso de antitussígenos,

laxantes, antieméticos, antibióticos, cirurgia.

e) Barotrauma sinusal

Barotrauma dos seios da face acomete mais comumente os seios maxilares e os seios frontais, por conterem um volume maior de ar.

Ocorre na vigência de obstrução dos óstios sinusais, normalmente por secreção, o que impede a equalização dos seios da face quando o mergulhador está exposto à variação de pressão. Na descida, a pressão negativa dentro do seio da face descola parte da mucosa, fragmentando-a e produzindo lesão vascular. A pressão desta maneira se equaliza às custas de elementos líquidos (sangue) e sólidos (fragmentos de mucosa). O Barotrauma sinusal mal tratado pode evoluir para sinusite crônica.

I) Quadro clínico

Sangramento nasal, dor na região do seio da face acometido (região frontal, debaixo do(s) olho(s), próximo ao nariz).

II) Tratamento

Afastamento da atividade de mergulho por até 15 dias, compressas de gelo, uso de descongestionantes sistêmicos, analgésicos, inalação de vapor d'água.

f) Barotrauma dental

O barotrauma dental acomete em geral um dente já obturado, no qual incide uma infiltração com conseqüente formação de cavidade contendo ar. Na descida, não havendo equalização entre a pressão do ar existente no interior do dente, e a pressão externa crescente, ocorre o barotrauma.

I) Quadro clínico

Dor na região do dente acometido.

II) Tratamento

Reobturar o dente que apresenta problemas.

g) Barotrauma facial

Durante a descida, o mergulhador, utilizando máscara de mergulho, terá que compensar a diminuição do volume de ar exalando pelo nariz. A não realização deste procedimento irá determinar o barotrauma facial, pois após a compressão máxima

do ar dentro da máscara, só restará o mecanismo de sucção da pele e mucosa, geralmente dos olhos, para equalizar as pressões.

I) Quadro clínico

Hemorragia conjuntival, edema e equimose periorbital.

II) Tratamento

Compressas frias, tratamento especializado conduzido por oftalmologista, nos casos mais graves.

h) Barotrauma cutâneo

Barotrauma cutâneo é causado pela compressão de uma bolha de ar aprisionada na roupa seca do mergulhador, quando a mesma está muito justa.

Esta bolha localiza-se, na maioria das vezes, nas regiões de dobras (joelhos e cotovelos), produzindo lesões cutâneas nestes sítios, por um mecanismo de sucção, em virtude da dificuldade de equalizar as pressões.

I) Quadro clínico

Equimoses na região anterior do cotovelo e posterior do joelho.

II) Tratamento

Não há.

4.2.2 - Interações Biofísicas

a) Vertigem alternobárica

A vertigem alternobárica ocorre em mergulhadores que apresentam dificuldade para compensar o ouvido médio, devido à obstrução da trompa de Eustáquio por secreção, na maioria das vezes associada a resfriados. Este fenômeno incide mais comumente na subida e sua causa real é desconhecida.

I) Quadro clínico

Tonteira de curta duração (geralmente inferior a um minuto), náuseas, nistagmo.

II) Tratamento

Não há; a remissão do quadro clínico é espontânea, devendo-se tratar a causa-base (resfriado comum).

b) Paralisia facial

Em um pequeno número de indivíduos, o nervo facial, quando atravessa o osso

temporal, está exposto à pressão existente no ouvido médio. Se o mergulhador, com estas características apresenta dificuldades de compensar na subida, terá comprometida a vascularização do nervo facial pelo aumento da pressão dentro do ouvido médio, o que resultará numa paralisia facial.

I) Quadro clínico

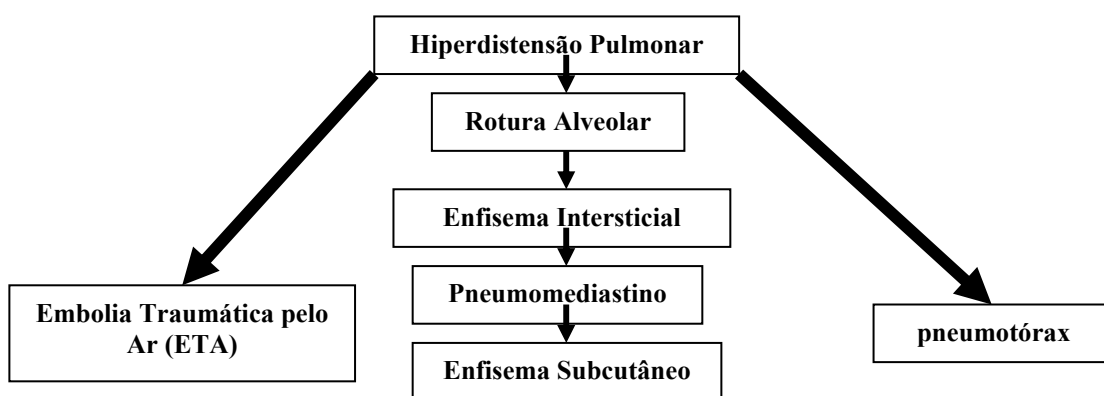
Paralisia facial com duração variável entre 5 e 10 minutos.

II) Tratamento

Não há. A remissão do quadro clínico é espontânea. Tratar a causa-base (resfriado comum).

c) Síndrome de hiperdistensão pulmonar (SHP)

A Síndrome de hiperdistensão pulmonar decorre do escape do ar dos alvéolos por rotura dos mesmos. Este acidente acontece quando o mergulhador está respirando ar ou outra mistura gasosa sob pressão em uma determinada profundidade e sobe sem exalar. O ar contido em seus alvéolos, obedecendo à lei de Boyle, vai se expandindo à medida que a pressão ambiente diminui, rompendo os mesmos. Bolhas de ar passam, então, para o espaço intersticial, dissecando os tecidos pulmonares junto ao trajeto de vasos sangüíneos e bronquíolos e saem dos pulmões, localizando-se no espaço mediastinal (pneumomediastino), daí sobem até a região do pescoço e fossa supraclavicular (enfisema subcutâneo).



neo).

Os alvéolos próximos à superfície dos pulmões que se rompem diretamente para o espaço pleural promoverão um pneumotórax. Caso haja lesão capilar concomitante à rotura alveolar e penetração de bolhas de ar na corrente sangüínea, através do vaso capilar roto, teremos uma embolia traumática pelo ar (ETA).

I) Pneumomediastino

- Quadro clínico

Na maioria das vezes o mergulhador apresenta dor retroesternal moderada, freqüentemente descrita como dor surda ou constrictiva, que piora com a inspiração profunda, tosse e deglutição. A dor pode irradiar para ombros, pescoço e região dorsal. Raramente, nos casos mais graves, o mergulhador pode apresentar cianose, “sede de ar” e choque.

- Diagnóstico

Efetuada por meio de RX de tórax.

- Tratamento

Observação e recompressão nos casos mais graves.

II) Enfisema Subcutâneo

- Quadro clínico

Edemas e crepitações no pescoço e fossa supraclavicular; dor de garganta, mudança no timbre de voz, dor à deglutição.

- Diagnóstico

Exame clínico e, nos casos leves, RX de tórax.

- Tratamento

Observação e recompressão nos casos mais graves.

III) Pneumotórax

É um fenômeno raro, ocorrendo em 10% dos casos de hiperdistensão pulmonar.

O início desta síndrome é caracterizado por dor aguda na região torácica no lado acometido. Pneumotórax hipertensivo pode suceder se o mergulhador for recomprimido devido à ocorrência simultânea de um pneumotórax simples e uma ETA, antes da drenagem cirúrgica do ar contido no espaço pleural. Durante a compressão o ar comprimido inalado continua passando para o espaço pleural. Na descompressão, o ar aí contido aumentará de volume, o que acarretará a compressão do pulmão e coração do lado afetado.

- Quadro clínico

Cianose, aumento da freqüência respiratória e hipotensão arterial.

- Diagnóstico

Observa-se diminuição dos movimentos respiratórios do lado afetado, per-

cussão torácica com som de tambor e ausculta pulmonar mostrando diminuição dos ruídos respiratórios típicos. O RX de tórax evidencia a presença de ar no espaço pleural, podendo haver desvio da traquéia.

- Tratamento

Drenagem torácica fechada, que deve preceder a recompressão, na vigência simultânea de ETA e pneumotórax, para se evitar a ocorrência de pneumotórax hipertensivo.

IV) Embolia traumática pelo ar (ETA)

- Quadro clínico

Sinais e sintomas de ETA classicamente surgem de modo abrupto, ainda durante o mergulho, na fase de subida, ou até 10 minutos após a chegada à superfície.

Após este intervalo devemos pensar em doença descompressiva tipo II.

De acordo com o quadro clínico apresentado, classificamos a ETA em categoria 1 e 2. A categoria 1 caracteriza-se pela apresentação inicial de um quadro neurológico (paralisias, alterações de sensibilidade, confusão mental, coma, crises convulsivas, cegueira), enquanto na categoria 2 se enquadram aqueles que se encontram em parada cardio-respiratória.

- Tratamento

Recompressão, tratamento emergencial de parada cárdio-respiratória.

4.2.3 - Atuando sobre a pressão parcial dos gases (Lei de Dalton), que por sua vez atuará sobre a pressão parcial dos gases no sangue e tecidos (Lei de Henry).

a) Doença descompressiva (DD)

A doença descompressiva ocorre devido a uma descompressão súbita de um mergulhador, a qual leva à formação de bolhas de gás inerte que, em último caso, conduzirão a uma obstrução vascular, à compressão e distorção tecidual. O quadro clínico da doença descompressiva é insidioso e de início tardio, variando de minutos, normalmente mais que dez, até vinte e quatro horas. O quadro abaixo é bastante ilustrativo quanto a este aspecto.

Tempo decorrido	Nº de Casos	Percentual Parcelado	Percentual Cumulativo
Durante a descompressão	85	9.1	-
Durante a primeira hora	426	45.6	54.7
Entre uma e duas horas	113	12.1	66.8
Entre três e seis horas	182	19.5	86.3
Entre sete e doze horas	72	6.6	92.9
Entre treze e vinte e quatro horas	22	2.3	95.2
Entre vinte e cinco e trinta e seis horas	3	0.3	95.5
Desconhecido	42	4.5	100
Total	935	100	

- Fatores predisponentes

Exercício realizado no fundo e durante a descompressão, água fria, traumatismo recente, obesidade, retenção de gás carbônico, idade, ingestão de álcool, desidratação e fadiga.

A doença descompressiva, de acordo com a gravidade de seu quadro clínico, é classificada em DD tipo I e DD tipo II.

I) Doença descompressiva tipo I (DD tipo I)

(i) Quadro clínico

- Artralgias

A artralgia típica da DD envolve grandes articulações, principalmente ombro, cotovelo, joelho e quadril, nesta ordem de frequência, e varia de intensidade, de uma dor branda até uma dor muito severa, que impossibilita a movimentação do membro afetado, podendo simular, nestes casos, uma paralisia parcial (paresia), ou total (plegia).

- Quadro linfático

Aumento de volume de linfonodos e edema de tecidos drenados pelos linfonodos acometidos.

- Quadro cutâneo

Prurido (coceira), com ou sem presença de manchas e brotoejas. Geralmente ocorre na descompressão ou logo após o término de mergulhos profundos, de curta duração, realizados em câmaras de recompressão. Acomete principalmente orelhas, face, pescoço, braços e parte superior do tórax.

- Cúrtis marmorata

Quadro cutâneo que se inicia com prurido intenso nos ombros, parte superior do tórax ou do abdômen, surgindo na pele, após um período variável de tempo lesões que se assemelham a desenhos de pedra mármore.

- (ii) Tratamento

Recompressão.

II) Doença descompressiva tipo II (DD tipo II)

- (i) Quadro clínico

A DD tipo II é caracterizada pela presença de uma das seguintes manifestações: sintomas respiratórios, sintomas neurológicos, choque e fadiga extrema.

- Quadro respiratório

Caracterizada por dor retroesternal, tosse e falta de ar.

- Quadro neurológico

Dor de cabeça acompanhado por distúrbios de visão, déficits de nervos cranianos e paralisia lateralizada; paraplegia acompanhada por retenção urinária e incontinência fecal; zumbidos, surdez, tonteiras, náuseas e vômitos.

- (ii) Tratamento

Recompressão.

b) Narcose pelo Nitrogênio

O nitrogênio, gás inerte que faz parte da composição do ar atmosférico, produz, quando inalado sob pressão, um efeito narcótico (anestésico), traduzido por um conjunto de sinais e sintomas bastante similares à intoxicação causada pelo álcool (embriaguez alcoólica). Este gás é bastante solúvel em gorduras (lipossolúvel) e, sob pressão, se dissolve na membrana citoplasmática dos neurônios, que é muito gordurosa, provocando um aumento de sua espessura, o que interfere na transferência de impulsos nervosos, de natureza elétrica, entre neurônios. Este efeito parece estar relacionado com o alto peso molecular do nitrogênio (28), não sendo observado quando se emprega o hélio (peso molecular igual a 7). É observável na faixa de 30 a 50 m de profundidade, dependendo da susceptibilidade individual.

I) Fatores predisponentes

Retenção de CO₂, ingestão prévia de álcool, cansaço excessivo.

II) Quadro clínico

Euforia, sensação exagerada de bem-estar e autoconfiança, sensação de leveza na cabeça, dormência periférica, reflexos diminuídos, prejuízo no julgamento e tomada de decisões, perda da memória, progressiva depressão sensorial, alucinações, coma, inconsciência. Esta sintomatologia se instala rapidamente, assim que o mergulhador chega à profundidade na qual apresenta susceptibilidade. Existe, até certo ponto, aclimatação ao quadro clínico, com diminuição da interferência na capacidade laborativa em médio prazo.

III) Tratamento

A reversão de um quadro de narcose é instantânea, sem sintomas residuais (“ressaca”), quando o mergulhador, ao diminuir a profundidade do mergulho, diminui a pressão parcial do nitrogênio respirada.

4.2.4 - Interações bioquímicas

a) Hipóxia (Apagamento)

O Apagamento é o acidente que conduz ao maior número de mortes na atividade de mergulho, quando se inclui o mergulho livre nesta atividade. Nada mais é do que a perda da consciência debaixo d’água, conduzindo à morte por afogamento. Para entendermos este acidente é necessário rever a fisiologia do controle de respiração.

Existe, normalmente, uma correspondência inversa entre o CO₂ e o O₂ sangüíneo, de maneira que, a uma PPCO₂ elevada corresponde uma PPO₂ baixa e vice-versa. Quando a PPCO₂ aumenta no sangue, às custas do processo metabólico normal, o centro respiratório, localizado no bulbo, na base do crânio, determina a contração de determinados músculos, principalmente o diafragma, que promoverão o alargamento da caixa torácica. O aumento do volume pulmonar produz uma aspiração do ar ambiente (inspiração), que terá como resultado, a oxigenação sangüínea, e concomitante eliminação de CO₂ do sangue através dos alvéolos e trato respiratório (expiração).

Apagamento, no mergulho livre, ocorre em duas situações. Na primeira o mergulhador executa manobras de hiperventilação, convicto de que estará aumentando a oxigenação do sangue. Na verdade, a série de rápidas e curtas inspirações e expi-

rações conduz a uma baixa acentuada da $PPCO_2$ sangüínea, sem o equivalente aumento da PPO_2 no sangue. Com isto, a correspondência inversa entre esses dois gases é alterada; o mergulho é iniciado com uma $PPCO_2$ abaixo da mínima $PPCO_2$ observada ao cabo de uma única inspiração profunda, seguida da apnéia propriamente dita. Isto permitirá ao mergulhador um tempo maior de permanência no fundo, até o instante em que a $PPCO_2$ elevada estimulará o centro respiratório, induzindo à ativação da respiração e proporcionando simultaneamente a sensação de mal-estar e ansiedade própria de apnéia demorada. Neste ponto o O_2 terá sido consumido a um ponto crítico e, à medida que o mergulhador retorna à superfície, observar-se-á uma redução da PPO_2 , proporcional à rápida redução da pressão circundante. Neste ponto o mergulhador sofrerá uma hipóxia cerebral aguda, incompatível com a manutenção da consciência, vindo a apagar. O segundo mecanismo de apagamento relaciona-se com indivíduos que possuem larga experiência em mergulho livre, normalmente praticantes de caça submarina que, altamente motivados para prolongar sua permanência debaixo d'água, como ocorre comumente durante sua participação em campeonatos de caça submarina, postergam ao máximo o momento de interromper o mergulho e retornar à superfície. Nesta situação, o consumo de O_2 pelo organismo, abaixo do ponto necessário para manter-se o nível da consciência, determinará o apagamento.

I) Tratamento

O apagamento simples, não seguido de afogamento, é revertido quando o indivíduo, retirado prontamente da água, passa a respirar ar puro. Em casos de afogamento, o tratamento será mais complexo e abordado no subitem 4.4.1.

b) Intoxicações gasosas

I) Intoxicação pelo oxigênio

O oxigênio é um gás indispensável à vida, necessário para que se processe, a nível celular, a oxidação dos nossos "combustíveis" que são os elementos mais simples obtidos da nossa alimentação, tais como açúcares e gorduras simples em primeira opção e, em último caso, aminoácidos, que são os constituintes das proteínas. Esta metabolização gerará energia, que permitirá o funcionamento normal do nosso organismo. No entanto, é um gás bastante instável e suas moléculas estão freqüentemente se quebrando, dando origem aos chamados ra-

dicais livres, nocivos às nossas células. Normalmente possuímos enzimas que neutralizam estes radicais, mas uma pressão elevada de oxigênio irá gerar uma elevada quantidade de radicais livres, acima da capacidade do nosso organismo de neutralizá-las, ocorrendo daí uma intoxicação que afeta o SNC e o aparelho respiratório.

(i) Intoxicação neurológica pelo O₂

Este tipo de intoxicação se dá quando o mergulhador respira o oxigênio com uma pressão parcial superior a 1,6 ata. No entanto, apesar de possível, é pouco provável a ocorrência de intoxicação quando se emprega o O₂ a esta pressão, sendo este fenômeno mais comumente visto quando o O₂ é utilizado acima de 2,5 ata. O tempo de exposição a esta pressão é secundário neste tipo de intoxicação.

- Quadro clínico

Na forma neurológica da intoxicação pelo O₂, observamos sinais e sintomas que são memorizados através do emprego do acrônimo *VANTIT*, que significa:

V	Sintomas Visuais, principalmente visão em túnel;
A	Sintomas Auditivos, principalmente zumbidos;
N	Náuseas;
T	Tonteiras;
I	Irritabilidade, melancolia, apatia, euforia;
T	Tremores, principalmente de músculos peribucais e no dorso da mão.

Estes sintomas são relativamente benignos e podem preceder crises convulsivas, mas não necessariamente. Um mergulhador pode apresentar convulsões como único sintoma de intoxicação do SNC pelo O₂.

- Tratamento

Reduzir a pressão parcial deste gás na mistura respiratória utilizada. No caso do O₂ estar sendo administrado através de máscara durante um tratamento hiperbárico, devemos imediatamente retirá-la do rosto do paciente, que passa a respirar O₂ numa pressão parcial muito inferior à anteriormente utilizada. Na forma neurológica, isto é suficiente para que os sintomas cessem em 1 ou 2 minutos.

(ii) Intoxicação pulmonar pelo O₂

Na forma pulmonar da intoxicação pelo oxigênio, o mergulhador se expõe a uma PPO₂ superior a 0,5 ata, por um período de tempo longo, normalmente superior a 12 horas.

- Fatores predisponentes

Exercício físico, retenção de CO₂, febre e idade (os mais velhos são mais predispostos).

- Quadro clínico

Observamos, como sintoma inicial uma dor ou desconforto torácico ao final de uma inspiração profunda. Esta dor/desconforto evolui para uma sensação de queimação e aparecimento de tosse após uma inspiração. Nos casos mais avançados a tosse pode ficar incontrolável, vindo, a seguir, a dificuldade em respirar e eliminação de catarro sanguinolento. Pode haver até 10% de diminuição da capacidade vital antes do aparecimento de qualquer sintoma.

- Tratamento

Similar ao tratamento da forma neurológica da intoxicação pelo oxigênio. Nos casos mais simples da forma pulmonar de intoxicação, os sintomas, com a providência de reduzir-se a PPO₂ inspirada, regredem em horas. Nos casos mais avançados, sintomas tais como a tosse respiratória e a inspiração dolorosa podem demorar dias para desaparecerem.

II) Intoxicação pelo CO₂ (Hiperapnia)

Na atividade de mergulho utilizando-se ar ou mistura respiratória sob pressão, a realização de exercícios físicos, com aumento na produção de CO₂ e dificuldade na eliminação do mesmo, em virtude da resistência oferecida pelo equipamento que fornece o gás respirado, existe uma predisposição à intoxicação pelo CO₂. Este acidente é mais comumente observado em mergulhadores de combate que empregam equipamento autônomo de circuito fechado, com utilização de absorvedor de CO₂ (cal sodada). Este composto químico quando se molha, ou tem sua capacidade de absorção esgotada, não mais retém este gás, permitindo sua reinalação pelo mergulhador.

Em um mergulho dependente, o gás carbônico pode também ficar aprisionado dentro da roupa e do capacete do mergulhador, se a ventilação não estiver sen-

do executada apropriadamente e o mergulhador estiver realizando um trabalho pesado, com conseqüente aumento na produção de CO₂.

No mergulho autônomo, uma manobra perigosa utilizada para aumentar a autonomia do *aqualung* e, conseqüentemente o tempo de mergulho, é a hipovenilação voluntária, que consiste num esforço voluntário para reduzir a ventilação.

A hipercapnia predispõe à doença descompressiva, à narcose pelo nitrogênio e à intoxicação do SNC pelo oxigênio.

- Quadro clínico

Respiração curta e acelerada, sensação de sufocação, taquicardia, frio ou calor excessivo, salivação excessiva, cefaléia leve a moderada, tonteira ou sensação de leveza da cabeça, sudorese, progressiva confusão mental, perda da consciência.

- Tratamento

Abortar o mergulho, respirar ar puro. No emprego de equipamento de circuito fechado, passar para circuito aberto. Os sintomas regredem rapidamente com a normalização da PPCO₂ sangüínea, podendo perdurar cefaléia e episódios de tonteira e hipotensão, que devem ser tratados sintomaticamente.

III) Intoxicação pelo monóxido de carbono (CO) e gás sulfídrico (H₂S)

O monóxido de carbono e o gás sulfídrico são gases insípidos, inodoros e incolores, exceto pelo fato do gás sulfídrico apresentar, em baixas concentrações, odor de ovo podre. As moléculas destes gases combinam-se de modo irreversível com a hemoglobina existente nos glóbulos vermelhos, impedindo o transporte do oxigênio por estas células, produzindo um quadro clínico de anemia aguda.

Fontes de monóxido de carbono e gás sulfídrico na atividade de mergulho:

O monóxido de carbono se origina da queima de gasolina nos motores de combustão interna, que poluirão o ar que está sendo aspirado pelo compressor, e da queima de óleo lubrificante em compressores defeituosos. O gás sulfídrico é originário da decomposição orgânica, tais como de seres vivos que vivem aderidos na parte submersa dos cascos de navios.

- Quadro clínico

Cefaléia, principalmente na região temporal, náuseas, falta de ar desencadeada pelo esforço, confusão mental, inconsciência e morte. A coloração vermelho-cereja dos lábios descrita nos livros médicos é raramente observada na prática.

- Tratamento

O tratamento nos casos graves é de suporte da vida, no qual entre outras medidas, se garante uma adequada ventilação do acidentado. Pacientes com intoxicação leve pelo monóxido de carbono e gás sulfídrico, apresentando somente cefaléia e náuseas, são tratados com administração de O₂ a 1 ata. Nos casos mais graves pode-se aplicar as tabelas de tratamento 5 ou 6.

4.3 - ACIDENTES DE MERGULHO CAUSADOS PELA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA AMBIENTE

4.3.1 - Hipotermia

Apesar da maior parte dos mergulhos executados pela MB ocorrer em águas quentes ou, pelo menos, não muito frias, devido à predominância do clima tropical em nosso país, devemos estar alertas para o fenômeno da hipotermia, que pode afetar seriamente a performance do mergulhador e mesmo, em casos extremos, ser fatal. A hipotermia predispõe à doença descompressiva.

Durante o desempenho da atividade de mergulho perde-se calor através da pele por 3 mecanismos: convecção, radiação e condução. Devem-se ainda considerar as perdas hídricas por via pulmonar, maiores durante o mergulho, devido à secura da mistura respiratória. O organismo, para diminuir as perdas de calor, produz tremores e vasoconstrição, principalmente da circulação periférica. Esta, no entanto é limitada na cabeça, pescoço, oco dos cotovelos, parte lateral do tronco, axilas e virilhas. Os calafrios e tremores alcançam o seu nível máximo quando a temperatura interna do corpo cai para 35°C, havendo cessação completa dos mesmos quando esta temperatura alcança 32,2°C ou menos.

- Quadro clínico

Sensação de frio, confusão mental, perda da coordenação motora, tremores, fala arrastada, perda da memória, alucinações, indiferença, parada cárdio-respiratória.

- Tratamento

Proteger o mergulhador do frio e do vento evitando movimentos bruscos, utilizar

cobertores, oferecer bebidas **não** alcoólicas (café, chocolate). **Evitar** a imersão do corpo em uma banheira aquecida. Nos casos mais graves, o paciente necessitará de tratamento em regime de internação para realização de exames de sangue, ECG, hidratação venosa e reaquecimento interno com nebulização.

4.4 - ACIDENTES DE MERGULHO CAUSADOS PELO AMBIENTE SUBAQUÁTICO (ÁGUA)

4.4.1 - Afogamento

O afogamento é o acidente caracterizado pela imersão prolongada da vítima na água, ocasionando asfixia e distúrbios hidrossalinos (aumento ou diminuição do volume sanguíneo, com diluição ou concentração de íons no sangue).

- Quadro clínico

Contração, confusão mental, dificuldade respiratória ou cárdio-respiratória.

- Tratamento

O fator tempo é primordial no socorro do afogado. Assim, ainda durante o resgate do corpo, deve-se começar a respiração boca-a-boca. As possibilidades de recuperação vão caindo percentualmente à medida que tarda o socorro. Quando este é prestado nos primeiros 3 minutos a percentagem de recuperação é de 75%, caindo para 50% se o tempo decorrido for de 4 minutos e para 25% aos 5 minutos.

Logo que o paciente chegar à terra firme, faz-se uma limpeza sumária das suas vias aéreas visando retirar restos alimentares, outros resíduos e peças de prótese dentária. A seguir, coloca-se o paciente com a cabeça mais baixa que o corpo e reinicia-se o método de respiração artificial boca-a-boca. Caso a vítima apresente ausência de pulso, deve-se iniciar imediatamente a massagem cardíaca externa, removendo-a, logo que possível, para um serviço médico especializado.

Primeiros socorros em caso de parada respiratória ou cárdio-respiratória:

a) Respiração boca-a-boca

A respiração artificial pelo método boca-a-boca consiste em soprar-se dentro da boca da vítima, a fim de restabelecer seus movimentos respiratórios normais.

A sua facilidade de execução e sua eficácia firmaram a sua superioridade sobre os outros métodos de respiração artificial.

I) Procedimentos:

- coloque a vítima deitada de costas, sempre que possível;

- afrouxe suas roupas, deixando livres o pescoço, tórax e abdômen;
- desobstrua a boca e a garganta da vítima, procurando retirar dentadura, corpos estranhos e secreção;
- suspenda o pescoço da vítima com uma das mãos e com a outra sobre a testa, incline a cabeça para trás;
- aperte as narinas com polegar e o indicador da mão que está sobre a testa, a fim de evitar o escape do ar;
- inspire profundamente, coloque sua boca bem aberta sobre a boca da vítima e sobre dentro dela até constatar movimentos torácicos;
- retire a sua boca da boca da vítima e deixe ocorrer a saída do ar insuflado nos pulmões;
- repita essa manobra de quinze a dezoito vezes por minuto; troque de socorrista, se necessário, sem interromper o ritmo da respiração;
- continue aplicando a respiração artificial por mais algum tempo mesmo depois que a vítima voltar a respirar;
- continue aplicando a respiração artificial durante o transporte do acidentado;
- verifique, após seis insuflações, se os movimentos respiratórios foram restabelecidos. Caso a vítima não volte a respirar espontaneamente, observe se há ausência de pulso e se as pupilas estão dilatadas. São sinais indicativos de parada cardíaca;
- caso seja constatada parada cardíaca, inicie imediatamente a massagem cardíaca, mantendo a respiração artificial;
- insista na recuperação da vítima até a chegada do médico;
- não remova a vítima, a não ser em caso de absoluta necessidade, até que a sua respiração volte ao normal. Se a remoção for indispensável deve-se manter o ritmo de respiração artificial durante todo o tempo; e
- mantenha a vítima em repouso após o restabelecimento dos movimentos respiratórios, até a chegada do médico.

b) Massagem cardíaca

Os casos da parada do coração exigem uma ação imediata para evitar lesões graves do sistema nervoso ou a morte. Não espere a chegada do médico.

I) Manifestações

- inconsciência;
- parada respiratória;
- ausência de pulso;
- dilatação das pupilas; e
- extremidades arroxeadas.

II) Procedimentos

- coloque a vítima deitada de costas, sobre superfície dura; continue ou inicie a respiração artificial pelo método boca-a-boca;
- ponha suas mãos uma por cima da outra sobre a metade inferior do esterno, mantendo os dedos ligeiramente levantados e abertos;
- comprima com vigor o tórax da vítima, pressionando o coração de encontro à coluna vertebral;
- descomprima em seguida, mantendo as mão na posição inicial;
- para manter o ritmo de uma compressão por segundo, pronuncie ao iniciar cada pressão os números: 101, 102, 103...
- aplique duas respirações artificiais boca-a-boca, depois de quinze compressões do tórax, caso você esteja sozinho. O atendente sendo auxiliado por outra pessoa executa a massagem cardíaca continuamente enquanto o outro realiza as insuflações (faça um revezamento para períodos longos); e
- continue executando, sem interrupção, a respiração artificial e a massagem cardíaca externa até a recuperação da vítima ou a chegada do médico.

4.4.2 - Seres marinhos

a) Feridas Lácero-Contusas

As feridas lácero-contusas são produzidas por seres que habitam nossos mares, tais como tubarões, moréias, barracudas, e também por peixes e répteis encontrados em rios e lagoas da região centro-norte, como as piranhas e jacarés.

I) Tratamento

Os primeiros socorros a serem prestados a mergulhadores portadores de feridas lácero-contusas visam ao controle de hemorragias e a proteção da ferida produzida. Deve ser providenciada hidratação venosa assim que possível, tendo-se atenção para identificação de sinais de choque. O paciente, dependendo do caso, deve ser removido para um serviço de emergência hospitalar, onde se sub-

meterá a exames radiológicos e avaliação médica especializada. Emprego de gamaglobulina antitetânica e antibióticos para prevenir uma infecção bacteriana secundária estão indicados.

II) Profilaxia

- evitar nadar ou mergulhar em águas escuras, ou águas onde produtos de origem animal ou lixo são atirados;
- evitar nadar ou mergulhar à noite, pois comumente os tubarões se alimentam neste horário;
- explosões, luzes, objetos brilhantes, barulho ou o ato de debater-se na água podem atrair tubarões e barracudas;
- nadar ou mergulhar portando ferimentos ou peixes arpoados deve ser evitado, devido ao cheiro de sangue percebido por tubarões;
- não deixar braços e pernas pendentes ou balançando de um bote ou barco;
- não atirar restos de comida pela borda se há suspeita de tubarões na área;
- roupas e equipamentos coloridos ou brilhantes podem atrair tubarões uma vez que existe predileção destes animais por objetos com estas características;
- evitar nadar ou mergulhar sozinho;
- caso um tubarão seja avistado, deve-se nadar normalmente ou, de preferência permanecer imóvel;
- tentativas de ferir ou matar um tubarão são geralmente mais perigosas que efetivas;
- se atacado, tentar afastar o tubarão de qualquer maneira, de preferência esmurcando os olhos, barbatanas ou o ventre do animal. Frequentemente tubarões podem ser repelidos com uma arma de caça submarina ou um bastão com uma ponta explosiva;
- extremo cuidado deve ser adotado quando penetrar em buracos e fendas; evitar provocar ou tentar desalojar moréias de suas tocas;
- em locais infestados por piranhas, mergulhar utilizando roupa completa de neoprene.

4.4.3 - Primeiros socorros em casos de hemorragias ou feridas

a) Procedimentos

- mantenha a região que sangra em posição mais elevada que o resto do corpo;

- use uma compressa ou lenço limpo sobre o ferimento, pressionando-o com firmeza, a fim de estancar o sangramento;
- comprima a ferida com os dedos ou com a mão, caso não disponha de uma compressa ou lenço; e
- caso continue o sangramento, pressione firmemente com os dedos ou com a mão os pontos de pressão onde as artérias radial, braquial, femural e carótida são mais superficiais. Dobre o joelho, se o ferimento for na perna, ou no cotovelo, se a ferida se localizar no antebraço, tendo o cuidado de colocar por dentro da parte dobrada, bem junto da articulação, um chumaço de algodão ou papel; e
- aplique o torniquete somente em caso de hemorragia grave, que não possa ser dominada por outros meios, como em braços ou pernas amputados, esmagados ou dilacerados.

b) Torniquete

I) Procedimentos

- Use uma tira de pano resistente, um lenço, cinto etc., para fazer o torniquete; não empregue arame, cabo, barbante ou material muito fino para fazer o mesmo;
- coloque um pequeno rolo de pano ou papel sobre o provável trajeto do vaso que sangra;
- passe a tira ao redor do braço ou da perna (duas vezes), logo acima do ferimento, prendendo o rolo de pano ou de papel;
- dê um meio nó;
- coloque um pedaço pequeno de madeira no meio nó (lápiz, por exemplo);
- dê um nó completo sobre a madeira; torça o pedaço de madeira até parar a hemorragia;
- fixe o pedaço de madeira;
- marque na testa da vítima ou em qualquer lugar visível a hora de aplicação do torniquete;
- mantenha o torniquete a descoberto e em observação;
- desaperte-o gradualmente em cada dez ou quinze minutos, ou se a extremidade ficar fria ou arroxeada;
- conserve-o frouxo no lugar, quando cessada a hemorragia. Aperte-o nova-

- mente, se necessário;
- evite o estado de choque; e
- remova imediatamente a vítima para o serviço médico mais próximo.

4.4.4 - Feridas leves ou superficiais

a) Procedimentos

- limpe o ferimento com água e sabão;
- não tente retirar material estranho da ferida, a menos que saia facilmente durante a limpeza;
- aplique mercúrio cromo, merthiolate ou outro antisséptico como povidine.
- proteja o ferimento com uma compressa de gaze ou pano limpo, sem apertar; e
- encaminhar ao serviço médico mais próximo.

4.4.5 - Feridas graves

Caracterizadas por sangramento abundante, perda de tecidos, esmagamento, arrancamento, queimaduras ou penetração de projétil ou instrumento perfurante, ferimento na cabeça e víscera exposta no local (intestinos, fígado, massa cerebral).

a) Procedimentos

- mantenha a vítima em repouso;
- faça um curativo protetor com compressa ou pano limpo e úmido, fixando-o de maneira firme mas não apertada; não tente recolocar no lugar vísceras expostas, no caso de ferimentos abdominais;
- não retire a faca, punhal ou outro material, quando presos no organismo;
- em caso de ferimentos no tórax, proteja o ferimento com uma compressa ou um pedaço de pano limpo (lenço, por exemplo) a fim de impedir a penetração de ar através da lesão fixando em seguida o curativo protetor, usando um cinto ou uma faixa de pano; neste caso, ajuste mas não aperte o curativo, a fim de não prejudicar os movimentos respiratórios do acidentado;
- em caso de ferimento na cabeça aplique compressa gelada ou saco de gelo no local da lesão, mantendo as vias aéreas (nariz, boca e garganta) desobstruídas, o que facilita o vômito;
- não dê líquidos a vítima de ferimentos no tórax, abdômen e cabeça; havendo sangramento pelo ouvido ou nariz, pense em fratura de crânio;
- evite o estado de choque; e

- remova imediatamente a vítima para o serviço médico mais próximo.

4.4.6 - Lesões causadas por toxinas

São responsáveis pela inoculação de toxinas as águas-vivas, caravelas, corais, ouriços do mar, arraia, mangangá, alguns caramujos e alguns polvos.

a) Águas-vivas e caravelas

Possuem mecanismos injetores de veneno nos seus tentáculos que atuam por contato.

I) Quadro clínico

Os sintomas dependem da espécie de água-viva, extensão, duração e localização do contato e das condições físicas da vítima. As lesões, na maior parte dos casos, são benignas, consistindo de áreas de vermelhidão na pele com presença de brotoejas, podendo haver formação de bolhas. Nos casos severos podem ocorrer choque, câimbras musculares, rigidez abdominal, náuseas, vômitos, falta de ar, edema de glote, paralisias, delírios, crises convulsivas e morte.

II) Tratamento

Sem esfregar, devem-se remover gentilmente os tentáculos remanescentes utilizando-se uma toalha. Para prevenir uma descarga adicional de toxinas pelos mecanismos injetores de veneno, deve-se empregar vinagre ou solução de ácido acético (3% a 10%). Tratamento sintomático pode incluir a utilização de cremes contendo anti-histamínicos, anestésicos locais ou corticóides, analgésicos e anti-histamínicos por via sistêmica.

III) Profilaxia

Utilizar roupa de neoprene em águas que sabidamente contenham águas-vivas em abundância, assim como em mergulhos noturnos; lembrar-se de que os tentáculos, pelo seu grande comprimento, podem estar afastados do corpo das águas-vivas mais de um metro, e que podem inocular toxinas mesmo depois de aparentemente mortas.

b) Corais

Corais são formações submarinas similares a rochas, constituídas de organismos vivos aparentados com águas-vivas (celenterados).

I) Quadro clínico

Extremamente cortantes, os corais produzem feridas superficiais de cicatriza-

ção demorada. Alguns tipos de corais produzem apenas escoriações e cortes, mas outros possuem mecanismos produtores de toxina que podem transformar um simples arranhão em lesão ulcerosa, purulenta, pela existência de infecção secundária, circundada por uma área de pele avermelhada e dolorosa.

II) Tratamento

Controlar a hemorragia local; limpar a ferida com água oxigenada; remover todas as partículas de material estranho; cobrir com um pano limpo; administrar imunoglobulina antitetânica; aplicar creme com antibiótico topicamente para prevenir infecção secundária. Pode haver necessidade de emprego de cremes contendo corticóide ou anti-histamínicos, assim como analgésicos por via sistêmica. Nos casos mais graves é recomendado o repouso no leito, uso de antibióticos e corticóides por via sistêmica.

III) Profilaxia

Utilizar luvas e roupas de neoprene completas quando trabalhar próximo a corais.

c) Ouriços do mar

I) Quadro clínico

As lesões são geralmente causadas pelos espinhos que rodeiam seu corpo, muito quebradiços e que se fragmentam facilmente quando se tenta removê-los. Alguns ouriços dispõem de sistemas injetores de veneno ocultos nas bases dos espinhos. A penetração dos mesmos ocasiona sensação de queimadura, vermelhidão, inchaço e, por vezes, infecção secundária. Podem ocorrer, nos casos mais graves, fraqueza das pernas, paralisias, anestesia, pulso irregular, falta de ar, perda da consciência.

II) Tratamento

Remover os fragmentos de espinhos maiores cuidadosamente para não quebrá-los em pedaços menores, que permanecerão cravados na pele. Banhar a ferida com vinagre ou álcool isopropílico; mergulhar a extremidade atingida em água aquecida; remover o máximo possível de fragmentos de espinhos; antibióticos tópicos devem ser empregados profilaticamente, reservando-se a administração sistêmica dos mesmos para os casos comprovados de infecção secundária; aplicar imunoglobulina antitetânica.

III) Profilaxia

Próximo a recifes é recomendável a utilização de luvas e proteção adequada para os pés. Lembrar-se de que os espinhos de ouriços do mar podem penetrar e atravessar roupas de mergulho, incluindo botas de neoprene, assim como tênis.

d) Arraias

Há inúmeras variedades de arraias, sendo que as venenosas possuem um esporão em sua cauda coberto por uma bainha membranosa. A arraia permanece deitada no fundo, parcialmente coberta com areia e quando casualmente pisada, sacode-se fortemente, atingindo com a cauda o mergulhador.

I) Quadro clínico

As arraias podem produzir, através do seu ferrão, um ferimento mais ou menos profundo, cuja sintomatologia é manifestada por dor de intensidade crescente, que se estende a todo o membro. Podem ocorrer choque, perda da consciência, náuseas, vômitos e espasmos musculares do membro atingido.

II) Tratamento

Fornecer analgésicos, preferencialmente dolantina ou morfina; lavar o ferimento com soro fisiológico ou água doce; tentar remover os fragmentos do esporão; deixar a extremidade atingida mergulhada em água doce aquecida por 30 minutos; em caso de sutura colocar um dreno no ferimento; fazer curativo utilizando creme contendo antibiótico; manter o membro atingido elevado; empregar imunoglobina antitetânica e antibióticos por via sistêmica, em caso de infecção secundária; tratar o quadro de choque, caso se instale.

e) Mangangá

O mangangá é um peixe de água salgada que tem por hábito permanecer quieto, perfeitamente camuflado no fundo ou em pedras.

I) Quadro clínico

O contato acidental do mergulhador com suas espinhas dotadas de veneno causa lesões muito dolorosas, freqüentemente infectadas.

II) Tratamento

Fornecer analgésicos; fazer uma pequena incisão no local do ferimento, provocando sangramento do mesmo; lavar o ferimento com soro fisiológico ou mes-

mo água doce; mergulhar a extremidade atingida em água aquecida a por 30 minutos; fazer curativo empregando antibióticos tópicos; empregar imunoglobulina antitetânica e antibióticos por via sistêmica em caso de infecção secundária.

f) Caramujos

Várias espécies de caramujos são dotadas de aparelho inoculador, que rapidamente provoca um ferimento muito doloroso.

I) Tratamento

Proceder como no caso do mangangá.

II) Profilaxia

Evitar pegar ou mesmo tocar em caramujos.

g) Polvos

São encontrados em conchas, fendas, cavernas e objetos atirados ao mar que possam contê-los, tais como carcaças de pneus. Algumas espécies produzem veneno, injetando-o em suas vítimas através de mordida.

I) Quadro clínico

A mordida do polvo é caracterizada por duas pequenas perfurações e produz sensação de queimação que logo se espalha; edema e vermelhidão local são comuns, podendo haver severo sangramento. A ação sistêmica do veneno é manifestada por paralisia muscular, vômitos, dificuldade respiratória, distúrbios visuais e colapso cardiovascular.

II) Tratamento

Controlar a hemorragia através de curativo compressivo; não empregar torniquete; limpar a ferida e cobri-la com o curativo citado; imobilizar a extremidade em posição mais baixa que o coração; empregar manobras de ressuscitação cárdio-respiratória se necessário, removendo o mergulhador para um serviço médico logo que possível.

III) Profilaxia

Deve-se ter cuidado ao se aproximar de fendas e cavernas. Independente do tamanho, um polvo deve ser manipulado com luvas.

4.5 - MISCELÂNEA

4.5.1 - Choque elétrico

Na atividade de mergulho as fontes de choque elétrico podem ser originárias de processo de corte e solda submarinos, manuseio de ferramentas elétricas de emprego submarino, painéis elétricos e ventiladores, comumente encontrados no interior dos sinos fechados de mergulho.

- Quadro Clínico:

Queimaduras, parada cardíaco-respiratória, morte.

- Tratamento:

Retirada do mergulhador do meio ambiente, afastando-o da fonte de energia elétrica; manobras de ressuscitação cardíaco-respiratória.

4.5.2 - Explosão submarina

O tipo e a gravidade das lesões causadas por uma explosão dependem dos seguintes fatores:

- velocidade da onda de choque (função da densidade da água)
- distância percorrida pela onda de choque (função da densidade da água)
- duração da onda de choque (função da natureza da força explosiva)
- velocidade de detonação (função da natureza da força explosiva)
- nível de submersão do mergulhador, proteção usada pelo mergulhador (roupa de mergulho, colete equilibrador, etc.) e natureza do fundo.

- Quadro clínico:

Dor torácica, falta de ar, cianose, escarros hemópticos, hemorragia digestiva, dor e distensão abdominal, choque.

- Tratamento:

Tratamento hospitalar e tratamento hiperbárico em casos de ETA.

a) Mecanismos do trauma causados por uma explosão

I) Impacto

Mecanismo de lesão tecidual causado por uma súbita e violenta aceleração da onda de pressão atuando na interface entre áreas de alta e baixa densidade.

II) Implosão

É a compressão máxima de uma cavidade aérea que ocorre durante a passagem de uma onda de compressão através da mesma.

As partes do corpo humano mais vulneráveis são as cavidades aéreas, particularmente os pulmões e intestinos. As vísceras sólidas são menos susceptíveis,

mas são afetadas secundariamente pela embolia gasosa resultante da lesão pulmonar.

CAPÍTULO 5

DESCOMPRESSÃO

5.1 - INTRODUÇÃO

Quando se respira ar sob pressão, ao mesmo tempo em que o oxigênio é consumido no metabolismo, o nitrogênio, sendo inerte, difunde-se pelo sangue e pelos diversos tecidos do corpo. A quantidade de nitrogênio absorvido continuará a crescer, com diferentes velocidades para os diferentes tecidos, enquanto a pressão parcial do nitrogênio inspirado for maior que a pressão parcial do gás já absorvido. Conclui-se que a quantidade de nitrogênio absorvida aumenta com a pressão parcial do gás inspirado (**profundidade**) e com a duração do mergulho (**tempo**). Para melhor exemplificação analisemos a analogia feita na fig. 5.1.

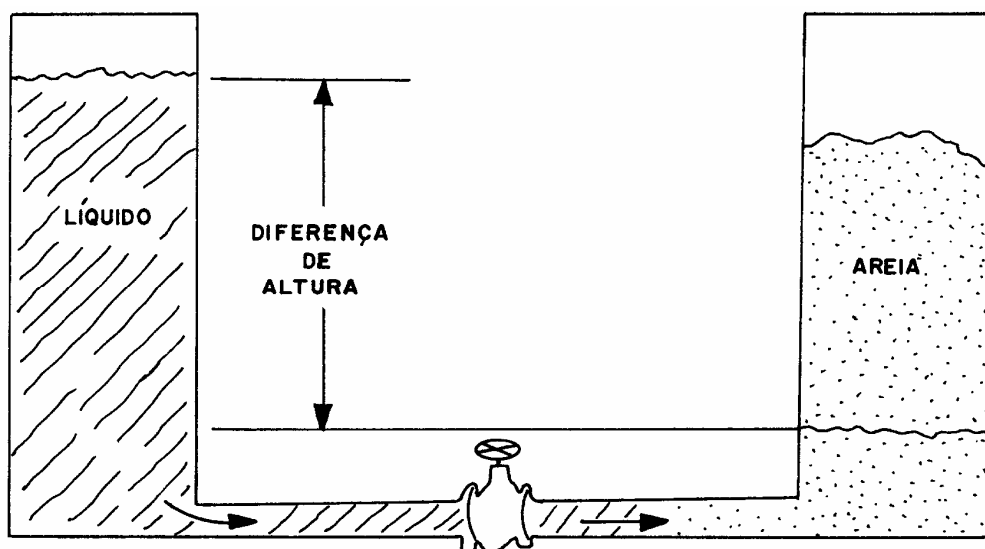


Fig. 5.1

*Absorção de um líquido pela areia em um sistema
de vasos comunicantes*

Comparação entre a absorção de líquidos nos vasos comunicantes da figura 5.1 com o fenômeno da absorção de gás inerte pelo organismo humano:

Altura da coluna líquida. (FIGURA)	Pressão parcial do gás. (ORGANISMO)
Características do líquido (densidade, viscosidade, etc.).	Característica do gás (peso molecular, afinidade com os tecidos, etc.).
Tipo de areia (fina, grossa, etc.).	Tipo de tecido (músculo, gordura, etc.).
Velocidade com que o líquido passa.	Velocidade de absorção do gás.

Feitas as analogias, podemos tirar algumas importantes conclusões, a saber:

Um aumento na altura da coluna líquida aumentará a velocidade com que o líquido passará. Naturalmente, à medida que as colunas vão se igualando, a velocidade diminui.	Um aumento na pressão parcial do gás aumentará a velocidade de absorção. Naturalmente à medida que a quantidade de gás já dissolvida aumenta, a velocidade diminui.
Um líquido menos viscoso penetrará mais rapidamente na areia. A velocidade será maior.	Um gás mais afim com o tecido se difundirá mais rápido.
Areia mais fina ou mais grossa permitirá uma passagem mais lenta ou mais rápida.	A natureza do tecido permitirá uma maior ou menor absorção.
Após um certo tempo, todo o líquido terá passado.	Após um certo tempo, o tecido estará saturado pelo gás, não mais o absorvendo. Na prática, esse tempo é de 12 horas. (Na realidade, 24 horas para alguns tecidos).

A velocidade de absorção de um gás é aproximadamente a mesma da sua liberação, isto é, ele deixará os tecidos em um tempo igual ao que levou para ser absorvido, se mantidas as mesmas variações de pressão parcial.

Quando o mergulhador inicia o retorno à superfície o processo é invertido, à medida que a pressão parcial do nitrogênio nos tecidos ultrapassa a pressão parcial desse gás nos sistemas circulatório e respiratório. Esta variação da diferença de pressão (**gradiente**) entre os tecidos e o sangue/pulmões tem que ser cuidadosamente controlada, para evitar uma difusão demasiadamente rápida do nitrogênio. Se o gradiente de pressão for descontrolado, bolhas de gás podem se formar nos tecidos e no sangue, causando assim a Doença Descompressiva.

Para evitar o aparecimento da Doença Descompressiva, cinco tabelas especiais para descompressão foram desenvolvidas. Estas tabelas levam em consideração a quantidade de nitrogênio absorvida em um dado período de tempo, os gradientes de pressão aceitáveis, que não levem a uma excessiva formação de bolhas e as diferentes velocidades de liberação referentes aos diferentes tecidos.

As tabelas são apresentadas na forma de esquemas de **tempo/profundidade**, determinando paradas durante a subida por um tempo especificado em profundidades selecionadas.

As tabelas são o resultado de anos de pesquisa, experimentação e prática. Porém, para as grandes profundidades e longos períodos de mergulho, elas tendem a ser menos

precisas, exigindo extremo cuidado em sua aplicação. Estas situações são aqui denominadas de **exposições excepcional e extrema**.

5.2 - DEFINIÇÕES

a) Profundidade

- Profundidade do Mergulho: é a profundidade máxima alcançada durante o mergulho, medida em metros ou pés de água salgada. Quando utilizando pneumômetro, deve-se somar a profundidade lida o fator de correção para pneumômetro (Tabela 5-1). Caso o mergulhador esteja utilizando profundímetro, esta correção não precisa ser aplicada.
- Profundidade Atual: é a profundidade lida no momento anterior ao mergulhador deixar o fundo. É utilizada para se calcular o tempo até a primeira parada ou até a superfície caso o mergulho seja sem parada para descompressão.

PNEUMÔMETRO (profundidade)	FATOR DE CORREÇÃO
0 – 100 pés	+ 1 pé
101 – 200 pés	+ 2 pés
201 – 300 pés	+ 4 pés
301 – 400 pés	+ 7 pés

Tabela 5-1
Fator de Correção para Pneumômetro (FCP)

b) Tempo de fundo

É o tempo total decorrido desde que o mergulhador deixa a superfície (DS) até o instante em que ele deixa o fundo (DF), iniciando a subida. É medido em minutos (**minuto cheio imediatamente superior**).

c) Parada de Descompressão

Profundidade específica na qual o mergulhador deverá permanecer por determinado período de tempo, para eliminar os gases inertes dissolvidos em seu organismo.

d) Esquema de Descompressão

Procedimento específico de descompressão para uma dada combinação de profundidade e tempo de fundo. É normalmente indicado em metros ou pés por minutos (18m/40 min, por exemplo).

e) Tabela de Descompressão

Conjunto de esquemas de descompressão, organizado em ordem crescente de profundidades e tempos de fundo.

f) Intervalo de Superfície (IS)

Tempo que um mergulhador passa na superfície entre dois mergulhos. Começa a ser contado quando ele chega à superfície (CS) e termina quando ele a deixa para um segundo mergulho (DS).

g) Mergulho Simples

Qualquer mergulho realizado após um período contínuo na superfície (IS) maior que 12 horas ou menor que 10 minutos.

h) Mergulho de Repetição ou Sucessivo

Qualquer mergulho realizado após um intervalo de superfície (IS) menor do que 12 horas e maior que 10 minutos.

i) Nitrogênio Residual

Nitrogênio ainda dissolvido nos tecidos do mergulhador após sua chegada à superfície.

j) Grupo de Repetição (GR)

Indicado por uma letra, relaciona-se com a quantidade de nitrogênio residual no organismo de um mergulhador em um período de 12 horas após um dado mergulho.

k) Tempo de Nitrogênio Residual (TNR)

É o tempo, medido em minutos, que deve ser adicionado ao tempo real de fundo de um mergulho sucessivo, de modo a compensar o nitrogênio residual proveniente de um mergulho anterior. É encontrado a partir da combinação do Grupo de Repetição (GR) e do intervalo de superfície (IS).

l) Esquema de Descompressão Equivalente

É o esquema de descompressão de um mergulho sucessivo, no qual o tempo total de fundo é igual à soma do tempo real de fundo do mergulho sucessivo com o TNR.

m) Mergulho sem Parada para Descompressão

Mergulho no qual o **tempo de fundo** para uma dada **profundidade** permite uma subida segura sem paradas até a superfície, usando uma velocidade pré-estabelecida de 30pés/min ($\frac{1}{2}$ pé/s).

5.3 - TABELAS DE DESCOMPRESSÃO

As tabelas apresentam uma série de esquemas de descompressão que devem ser seguidos rigidamente durante a subida, após um mergulho a ar. Cada tabela deve ser selecionada segundo condições específicas. Basicamente, estas condições compreendem: A profundidade e tempo de mergulho em questão, a altitude, a disponibilidade de câmara de

recompressão e de oxigênio para o sistema de respiração da câmara e as condições ambientais (estado do mar, temperatura da água, etc.).

As tabelas para mergulhos a ar são as seguintes:

- Tabela Padrão de Descompressão a Ar (TPD)
- Tabela de Limites sem Parada para Descompressão (TLSD)
- Tabela de Tempo de Nitrogênio Residual (TTNR)
- Tabela de Descompressão na Superfície usando Oxigênio (TDSO)
- Tabela de Descompressão na Superfície usando Ar (TDSA)

5.4 - CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DAS TABELAS

Os esquemas de descompressão de todas as tabelas são dados em pés ou metros e minutos. As combinações de máxima profundidade do mergulho e tempo total de fundo raramente coincidem com os esquemas apresentados nas tabelas. Para assegurar a adoção de um esquema de descompressão seguro, devemos sempre adotar a profundidade e o tempo iguais ou próximos superiores que coincidam com um esquema existente.

Por exemplo. Utilizando-se a TPD em um mergulho a 97 pés por 31 minutos, o esquema a ser utilizado será: 100 pés por 40 minutos (100 pés/40 min).

A velocidade de descida na água para todas as tabelas é de 75 pés/min.

5.4.1 - Tabela Padrão de Descompressão a Ar (TPD)

A situação permite a descompressão na água. Apresenta esquemas para tempos normais e excepcionais de exposição (tempos de fundo), sendo também usada para calcular a descompressão dos mergulhos sucessivos.

5.4.2 - Tabela de Limites sem Parada para Descompressão (TLSD)

Mergulhos sem parada para descompressão. Fornece ainda a letra designativa do grupo de repetição.

5.4.3 - Tabela de Tempo de Nitrogênio Residual (TTNR)

Para determinação do TNR em mergulhos sucessivos. Fornece o novo grupo de repetição (GNR) para intervalos de superfície maiores que 10 minutos e menores que 12 horas, com o qual, se determina o TNR.

5.4.4 - Tabela de Descompressão na Superfície usando Oxigênio (TDSO)

Usada quando se dispõe de câmara de recompressão com sistema para respiração de oxigênio. Seu emprego ocorre, em geral, quando se necessita abreviar a permanência na água, seja por problemas do mergulhador, seja por alteração das condições ambientais.

5.4.5 - Tabela de Descompressão na Superfície usando Ar (TDSA)

Usada nas mesmas circunstâncias da anterior, quando não houver oxigênio disponível ou se o mergulhador apresentar intolerância a este gás. Sua aplicação acarreta considerável aumento no tempo total de descompressão, embora reduza a descompressão na água.

5.5 - FOLHA DE REGISTRO DE MERGULHO

Todo mergulho deve ser registrado em modelo apropriado, conhecido como Carta de Mergulho.

5.5.1 - Abreviaturas usadas no registro

- a) DS - Deixou a superfície
- b) DF - Deixou o fundo
- c) CS - Chegou à superfície
- d) D - Deixou uma parada
- e) C - Chegou a uma parada
- f) TTF - Tempo total de fundo
- g) TTD - Tempo total de descompressão
- h) TTM - Tempo total do mergulho
- i) GR - Grupo de repetição
- j) PAE - Pressão da ampola de emergência

FOLHA REGISTRO DE MERGULHO A AR

DATA

MG VERMELHO.			EQUIP.		ROUPA		PAE
MG AMARELO.			EQUIP.		ROUPA		PAE
GUIAS VERMELHO.			GUIAS AMARELO.				
CARTA			PROF		TABELA		ESQ.DESC.
							TPP
DESC.	SUBIDA	PROF. DAS PARADAS		TEMPO NAS PARADAS		HORA	
						ÁGUA	CÂMARA
		PÉS	MTS	ÁGUA	CÂMARA	CS	
		10	03			D C	
		20	06			D C	
		30	09			D C	
		40	12			D C	
		50	15			D C	
		60	18			D C	
		70	21			D C	
		80	24			D C	
		90	27			D C	
		100	30			D C	
		110	33			D C	
		120	36			D C	
		130	39			D C	
						D C	
DF=		CS=				CS=	
DS=		DF=				DS=	
TTF=		TTD=				TTM=	
OBSERVAÇÕES:							GR.REPET.
FINALIDADE						SUPERVISOR	

5.6 - TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR

Esta tabela é na verdade uma combinação dos esquemas padrão de descompressão a ar e dos esquemas de descompressão a ar para mergulhos de exposição excepcional.

Se o tempo de fundo de um mergulho for menor do que o tempo de fundo tabelado para a profundidade deste mergulho, não é necessário efetuar paradas para descompressão, podendo o mergulhador subir diretamente até a superfície, respeitando a velocidade de 30 pés/min. Neste caso o grupo de repetição será indicado pela TLSL.

Deve-se notar que não há grupos de repetição para mergulho de exposição excepcional, pois nestes casos não são permitidos mergulhos sucessivos.

5.6.1- Argumentos de Entrada

a) Profundidade

A próxima maior existente na tabela.

b) Tempo de Fundo

O próximo maior existente na tabela.

Obs: Nunca tente interpolar os esquemas de descompressão previstos.

5.6.2- Dados Obtidos

- Profundidade das paradas de descompressão;
- Tempo para chegar à primeira parada;
- Tempo em cada parada e o tempo total de descompressão; e
- Grupo de repetição.

5.6.3 - Velocidade de Subida

30 pés/min (9m/min)

Exemplo: Estabelecer os procedimentos de descompressão para o seguinte mergulho.

Profundidade (Pneufatômetro): 140 pés (42m)

DS (deixou a superfície): 12:00h

DF (deixou o fundo): 12:37h

Solução:

Argumentos de entrada:

Profundidade: 140 pés + 2 pés (FCP) = 142 pés. Usar a próxima maior, isto é, 150 pés.

Tempo de Fundo: (12:37 - 12:00) = 00:37, entra-se com 40 minutos.

Esquema: 150 pés/40min (45m/40min).

Procedimentos:

Deixar o fundo na velocidade de subida de 30 pés/min (9m/min).

Parar aos 30 pés (9m) por 5 min e subir para 20 pés (6m).

Parar aos 20 pés (6m) por 19 min e subir para 10 pés (3m).

Parar aos 10 pés (3m) por 33 min e subir à superfície.

O grupo de repetição será “N”.

$TTD = :3::40 + :5 + ::20 + :19 + ::20 + :33 + ::20 = :61::40$

5.7 - MERGULHO COM EXPOSIÇÃO EXCEPCIONAL E EXTREMA

Os esquemas de descompressão para exposição excepcional e extrema apresentados na TPD destinam-se aos mergulhos que submetem o mergulhador a grandes pressões parciais de oxigênio e a condições ambientais consideradas extremas. Existe ainda o inconveniente de que as longas descompressões na água impõem severas exigências à resistência do mergulhador. Além disso, as descompressões previstas nestes esquemas não asseguram, ao final, a ausência de sintomas de Doença Descompressiva. Por esta razão, o mergulho com exposição excepcional só poderá ser autorizado segundo normas explícitas contidas no COMFORS-263.

5.8 - TABELA DE LIMITES SEM PARADA PARA DESCOMPRESSÃO

Mesmo que um mergulho não requeira paradas para descompressão, uma certa quantidade de nitrogênio permanece nos tecidos do mergulhador após cada mergulho. Se ele mergulhar novamente dentro de um período de 12 horas, este nitrogênio residual deverá ser considerado nos cálculos da descompressão do mergulho sucessivo.

Na TLSD podemos observar que mergulhos em profundidades menores que 20 pés/6m não possuem tempos limite sem descompressão. Observamos ainda todas as combinações de profundidade e tempo de fundo a partir dos quais a descompressão é necessária. Por fim, obtemos nesta tabela os grupos de repetição para mergulhos sem descompressão.

Todos os mergulhos com profundidade igual ou superior a 25 pés/7,5m cujos tempos de fundo sejam maiores que os listados na TLSD são mergulhos com descompressão e devem ser conduzidos utilizando-se a TPD.

5.8.1 - Argumentos de entrada

a) Profundidade

O próxima maior existente na tabela.

b) Tempo de Fundo

O próximo maior existente na tabela.

5.8.2 - Dados Obtidos

- Tempo de fundo máximo sem parada para descompressão para a profundidade de mergulho;
- Combinações de profundidade e tempo de fundo a partir dos quais a descompressão é necessária; e
- Letra designativa do grupo de repetição para os mergulhos sem descompressão.

5.8.3 - Velocidade de Subida

- 30 pés/min (9m/min)

Exemplo:

Qual o tempo de fundo máximo para que um mergulho a 17 metros seja sem descompressão? Qual o grupo de repetição caso se faça o mergulho com um tempo de fundo de 21 min?

Solução:

Argumentos de entrada

Profundidade (Profundímetro): 17m (56,6 pés) → dado de entrada: 18m (60 pés)

Tempo de Fundo: 21 min → dado de entrada: 25 min.

- Tempo de fundo máximo sem descompressão para a profundidade de 60 pés (18m) igual a 60 min; e
- Grupo de repetição para 25 minutos igual a “E”.

Procedimento de Descompressão: subir do fundo até a superfície na velocidade constante de 30 pés/min (9m/min).

5.9 - TABELA DE TEMPO DE NITROGÊNIO RESIDUAL

Durante um período de 12 horas após um mergulho, a quantidade de nitrogênio residual no organismo de um mergulhador vai reduzindo-se até seu nível normal. Se dentro deste período for realizado um segundo mergulho, chamado mergulho sucessivo, a quantidade de nitrogênio residual deverá ser contabilizada no planejamento deste segundo mergulho. Quanto maior for o intervalo de superfície entre mergulhos, menor será a quantidade de nitrogênio residual.

Após obter-se o TNR, deverá ser estabelecido o **Esquema de Descompressão Equivalente**.

Primeira etapa**5.9.1 - Argumentos de Entrada**

- Grupo de repetição do mergulho anterior
- Intervalo de superfície

5.9.2 - Dado Obtido

- Novo grupo de repetição

Segunda etapa**5.9.3 - Argumentos de Entrada**

- Novo grupo de repetição
- Profundidade do mergulho sucessivo

5.9.4 - Dado Obtido

- Tempo de nitrogênio residual a ser somado ao tempo real de fundo do novo mergulho.

Exemplo:

Um mergulho sucessivo foi planejado para uma profundidade de 98 pés por um tempo estimado de 15 minutos. O mergulho anterior foi a uma profundidade de 100 pés ($100 + 1 = 101$ pés) com um tempo de fundo de 48 minutos. O intervalo de superfície foi de 6 horas e 26 minutos (6:26). Determine o esquema de descompressão equivalente. As profundidades foram medidas com pneufatômetro.

Solução:

Primeira etapa: Argumentos de Entrada

- Grupo de repetição do mergulho anterior: TPD 110/50 → **M**
- Intervalo de superfície (IS) → 6:26

Dados Obtidos

- Novo grupo de repetição: entrando na tabela com “M”, segue-se na horizontal até o intervalo que contenha o IS, no caso 6:19/9:28. Na coluna deste intervalo, deve-se descer e encontrar o NGR → **B**

Segunda etapa: Argumentos de Entrada

- Novo grupo de repetição Grupo → **B**
- Profundidade do novo mergulho: $98 + 1$ pés, próximo maior → 100 pés

Dados Obtidos

- TNR → 7 minutos

Se o tempo real de fundo (TRF) desse novo mergulho for de 15 minutos, o tempo a ser considerado para se estabelecer a descompressão, será igual à soma do TRF com o TNR encontrado.

$$15 + 7 = 22 \text{ minutos.}$$

O esquema de descompressão equivalente será então 100 pés/22 minutos (30m/22min). A tabela utilizada é a TLSA.

5.10 - CASOS ESPECIAIS PARA CÁLCULO DE TEMPO DE NITROGÊNIO RESIDUAL

5.10.1 - Intervalos de Superfície Inferiores a dez Minutos

Nesse caso, não se calcula o TNR, bastando somar os tempos de fundo dos dois mergulhos e adotar a profundidade maior.

Exemplo:

Primeiro mergulho: 17m/21min

Segundo mergulho: 14m/80min

O intervalo de superfície é de sete minutos apenas. Qual o esquema de descompressão?

Solução:

Pela regra citada, devemos somar os tempos de fundo dos dois mergulhos: 21 min + 80 min = 101 min.

A profundidade considerada será a maior, isto é, 17m (56,6 pés).

O esquema será, portanto, 18m/120min (60 pés/120min).

5.10.2 - Profundidade do Mergulho Sucessivo Igual ou Maior que o Anterior

Se observarmos, por exemplo, um mergulho cujo esquema seja 40 pés/150min, e se realizarmos um mergulho sucessivo a mesma profundidade e com um IS de 20 minutos, o TNR será de 161 minutos, tempo maior do que o tempo de fundo do primeiro mergulho. Como o corpo não pode conter mais nitrogênio residual do que ao qual ele foi originalmente exposto, nos casos em que esta particularidade ocorrer (geralmente em mergulhos onde a profundidade do sucessivo é igual ou maior que o anterior e o intervalo de superfície é pequeno), para se obter o esquema de mergulho equivalente deve-se somar o tempo de fundo dos dois mergulhos e adotar a profundidade maior, da mesma forma como ocorre no subitem anterior.

5.11 - DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE

A descompressão na superfície oferece várias vantagens que aumentam a segurança do mergulhador. Menores tempos na água evitam desconforto e frio em níveis perigosos. Caso a câmara de recompressão possua sistema de O₂, o tempo total de descompressão pode ser reduzido significativamente. No interior da câmara, a pressão pode ser mantida constante, não sendo afetada pelas condições do mar. O mergulhador pode ser observado constantemente pelo operador de câmara e monitorado periodicamente por médicos. Qualquer sinal de Doença Descompressiva pode ser detectado e tratado imediatamente. Não foram desenvolvidas Tabelas de Tempo de Nitrogênio Residual para mergulhos sucessivos após uma descompressão na superfície. Todavia, pode-se realizá-los desde que o **somatório dos tempos reais de fundo** dos mergulhos efetuados num intervalo de 12 horas (mergulhos anteriores mais mergulho sucessivo) e a **maior das profundidades atingidas** (inclusive a do mergulho sucessivo) não excedam os limites de descompressão na superfície previstos nas tabelas. Este novo esquema calculado será utilizado para obter a descompressão do mergulho sucessivo.

Exemplo:

Primeiro mergulho: 169 pés por 30 minutos. Mergulho sucessivo: 138 pés por 20 minutos. As profundidades foram medidas com pneufatômetro.

Solução:

Esquema do primeiro mergulho: $169 + 2$ (correção do pneufatômetro) = 171 pés

Esquema → 180 pés/30 min.

Esquema do segundo mergulho: Maior profundidade dos dois mergulhos = 171 pés. O tempo é soma dos tempos dos dois mergulhos.

Novo Esquema para o mergulho sucessivo → 180 pés/50 min.

5.12 - TABELA DE DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE USANDO OXIGÊNIO

5.12.1 - Argumentos de Entrada

a) Profundidade

A próxima maior existente na tabela.

b) Tempo de Fundo

O próximo maior existente na tabela.

Obs: No máximo 170 pés (51m)/40 minutos.

5.12.2 - Dados Obtidos

- Tempo para chegar à primeira parada;
- Paradas para descompressão na água (profundidade e tempo); e
- Paradas para descompressão na câmara.

5.12.3 - Velocidade**a) Subida na água**

- 30 pés/min (9 m/min) até a 1ª parada ou até a superfície se não houver paradas na água. A mesma velocidade é usada entre paradas e da última parada até a superfície. Pequenas variações desta velocidade (entre 20 pés/min e 40 pés/min) são aceitáveis.
- O intervalo máximo na superfície é de 3 min e 30 s. O tempo decorrido entre deixar a parada dos 30 pés na água (ou dos 30 pés de profundidade, caso não haja parada) e atingir a parada de 12m (40 pés) na câmara não deve exceder a 5 minutos.

b) Descida na câmara

- A velocidade de descida na câmara é de 80 pés/min (30s da superfície até os 40 pés na câmara). Como o tempo de subida dos 30 pés até a superfície é de 1 minuto, sobram três minutos e meio para os guias retirarem os equipamentos dos mergulhadores e colocá-los dentro da câmara.

c) Subida na câmara

- 30 pés/min (1min e 20s dos 40 pés na câmara até a superfície).

5.12.4 - Considerações Especiais**a) Atraso na colocação do mergulhador na câmara**

Se durante a descida na câmara não se conseguir colocar o mergulhador na profundidade de 40 pés no tempo estipulado (5 minutos), mas se a câmara estiver a uma profundidade igual ou superior a 20 pés, deverá ser feita uma parada aos 20 pés (e não mais aos 40 pés) e o mergulhador deverá respirar oxigênio pelo dobro de tempo previsto na parada aos 40 pés. A seguir deverá subir para 10 pés e novamente respirar oxigênio pelo dobro do tempo previsto na parada aos 40 pés, subindo, por fim, até a superfície.

Este procedimento deve ser usado apenas em situações de emergência e nunca como uma alternativa para a descompressão prevista na TDSO.

b) Descompressão omitida

Caso o tempo previsto para recompressão seja excedido a tal ponto que o mergulhador ainda não esteja na câmara ou essa esteja a uma profundidade inferior a 20 pés, deverá ser considerada “descompressão omitida” e o mergulhador, mesmo assintomático, deverá ser tratado como se apresentasse Doença Descompressiva Tipo I (Tabela de Tratamento 5). Caso existam sintomas de Doença Descompressiva, mesmo que do Tipo I, o mergulhador deverá ser tratado como se apresentasse Doença Descompressiva Tipo II (Tabela de Tratamento 6);

c) Paradas em ar

Uma vez estando aos 40 pés na câmara, os mergulhadores deverão colocar os BIBS (*Built-in Breathing System*) e respirar oxigênio puro. As máscaras deverão estar bem ajustadas de modo a assegurar uma boa vedação. O tempo na parada começa a ser contado a partir do momento em que o mergulhador efetivamente estiver respirando O₂. A cada 30 minutos, o O₂ deverá ser interrompido e os mergulhadores deverão respirar o ar comprimido do interior da câmara por 5 minutos. Estes intervalos são chamados de “paradas em ar”. As paradas em ar são consideradas “tempo morto” e não deverão ser computadas como parte da descompressão.

Sempre que a câmara for descomprimida ou for trazida à superfície, o mergulhador deverá retirar o BIBS.

Exemplo:

Em um mergulho cuja descompressão pela tabela TDSO deva cumprir o esquema 160 pés/45min, os mergulhadores deverão realizar na câmara, aos 40 pés, uma parada para descompressão de 38 min. Nesta parada o mergulhador deverá ficar 30 min em O₂, 5 min em ar e mais 8 min em O₂.

d) Perda do Suprimento de O₂

- Perda Temporária: A descompressão em O₂ deverá ser reassumida quando o fornecimento for restabelecido e o tempo respirado em ar deverá ser desconsiderado (tempo morto); e
- Perda Permanente: Multiplicar o tempo remanescente por três para obter o tempo equivalente de descompressão na superfície usando ar. Deste tempo,

10% deverá ser cumprido a 40 pés, 20 % aos 30 pés e 70% aos 20 pés. Os tempos deverão ser sempre aproximados para o próximo minuto inteiro maior.

Exemplo:

O suprimento de O₂ foi definitivamente perdido após 10 min de descompressão na câmara. O esquema exigia 20 min de O₂ a 40 pés.

Solução:

O tempo remanescente é de 10 min ($20-10 = 10$). O tempo equivalente de descompressão na superfície usando ar é de 30 min ($3 \times 10 = 30$). Deverão ser cumpridos 3 minutos aos 40 pés ($30 \times 0,1 = 3$), 6 min aos 30 pés ($30 \times 0,2 = 6$) e 21 min aos 20 pés ($30 \times 0,7 = 21$).

e) Intoxicação pelo O₂

Ao primeiro sinal de intoxicação, o O₂ deve ser removido do mergulhador, permitindo que este respire o ar da atmosfera da câmara. Quinze minutos depois do alívio de todos os sintomas, deve-se reiniciar a administração de O₂, dando continuidade à descompressão a partir do ponto em que esta havia sido interrompida. Caso os sintomas de intoxicação pelo O₂ voltem a aparecer ou se o primeiro sinal tiver sido de convulsão, os seguintes procedimentos deverão ser tomados:

- Remover a máscara (BIBS);
- Após alívio de todos os sintomas, descomprimir a câmara até os 30 pés, a uma velocidade de 1 pé/min. Caso o sintoma tenha sido de convulsão, continuar descomprimindo até que o mergulhador esteja completamente relaxado e respirando normalmente;
- Reassumir a administração de O₂ a partir do minuto em que esta foi interrompida;
- Caso voltem a aparecer sintomas de intoxicação, o O₂ deverá ser interrompido definitivamente e a descompressão deverá ser completada utilizando-se ar. Para se obter o tempo equivalente de descompressão na superfície usando ar deve-se multiplicar o tempo remanescente por 3 e adotar o seguinte procedimento: Parada aos 30 pés por 30% deste tempo e outra parada aos 20 pés pelos 70% restante, subindo, em seguida, até a superfície utilizando a velocidade padrão.

Exemplo:

Um mergulhador teve seu terceiro sintoma de intoxicação por oxigênio quando se encontrava aos 28 min da descompressão exigida. Neste instante, o mergulhador encontrava-se a 30 pés de profundidade (já havia subido dos 40 para os 30 pés). Pelo esquema original do mergulho deveriam ser cumpridos 38 minutos de O₂ na câmara.

Solução:

O tempo remanescente de O₂ é de 10 min ($38 - 28 = 10$). O tempo equivalente de descompressão na superfície usando ar é de 30 min ($3 \times 10 = 30$). Deverão ser cumpridos 9 min aos 30 pés ($30 \times 0,3 = 9$) e 21 min aos 20 pés ($30 \times 0,7 = 21$).

5.13 - TABELA DE DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE USANDO AR

O tempo total de descompressão usando a TDSA é superior ao da TPD. A única vantagem do uso desta tabela é a retirada mais rápida do mergulhador da água.

5.13.5 - Argumentos de Entrada**a) Profundidade**

A próxima maior existente na tabela.

b) Tempo de Fundo

O próximo maior existente na tabela.

Obs.: Máxima 190 pés (57m)/60 min.

5.13.6 - Dados Obtidos

- Tempo para chegar à primeira parada;
- Paradas para descompressão na água (profundidade e tempo); e
- Paradas para descompressão na câmara.

5.13.7 - Velocidade**a) Subida na água**

- Todas as subidas são executadas a velocidade de 30 pés/min (9 m/min); e
- O intervalo na superfície não pode ser maior que 3 min e 30 s e o tempo total decorrido entre deixar a parada na água e chegar à primeira parada na câmara não pode exceder 5 minutos.

b) Descida na câmara

- A velocidade máxima de descida na câmara é de 60 pés/min.

5.13.8 - Consideração Especial

Atraso na colocação do mergulhador na câmara

Se o intervalo na superfície for maior que o prescrito (:3::30) e o mergulhador estiver assintomático, este deverá ser tratado com se tivesse Doença Descompressiva Tipo I (Tabela de Tratamento 1A ou 5). Caso existam sintomas de Doença Descompressiva, mesmo que do tipo I, o mergulhador deverá ser tratado como se tivesse Doença Descompressiva Tipo II (Tabela de Tratamento 2A ou 6);

5.14 - PROCEDIMENTOS ESPECIAIS

5.14.1 Atrasos na Subida

A velocidade de subida é de 30 pés/min (9m/min). Uma pequena variação neste valor, entre 20 pés/min e 40 pés/min, é aceitável. Um atraso de até um minuto na chegada à primeira parada para descompressão pode ser ignorado. Atrasos maiores devem ser compensados de acordo com os seguintes procedimentos:

a) Atraso superior a um minuto a uma profundidade maior que 50 pés (15m)

Soma-se o **tempo do atraso** ao **tempo de fundo** e calcula-se a descompressão para esse valor de tempo. O atraso deve ser sempre aproximado para o próximo minuto inteiro superior.

Exemplo:

- Profundidade (profundímetro): 36m (120 pés).
- Tempo de Fundo: 60 minutos.
- Atraso na subida aos 30m (100 pés), tendo por isso gasto 6 min 16 s para chegar à 1ª parada.

Solução:

Tempo correto para vir de 36m (120 pés) até a 1ª parada que é aos 9m (30 pés): 36m (120 pés) - 9m (30 pés) = 27m (90 pés).

A 9m/min (30 pés/min) o tempo seria de 3 min.

Atraso: 7 min – 3 min = 4 min

Tempo para entrada na tabela padrão: 60 min + 4 min = 64 minutos.

Novo esquema: 36m/70 min (120 pés/70 min).

b) Atraso superior a um minuto a uma profundidade menor que 50 pés (15m)

O tempo de atraso é somado ao tempo da primeira parada. Se o atraso ocorrer entre as paradas para descompressão, este deve ser ignorado. O atraso deve ser sempre aproximado para o próximo minuto inteiro superior.

5.14.2 - Velocidade de subida maior que 30 pés/min (9m/min)

Duas situações podem ocorrer:

a) Subida de uma Profundidade Menor que 20 pés

Não é necessária a recompressão de um mergulhador que tenha subido mais rápido que o previsto de uma profundidade igual ou menor que 20 pés, desde que o mergulho seja sem descompressão. O mergulhador deverá ficar em observação na superfície por 1 hora.

b) Subida de uma Profundidade Maior que 20 pés (Subida Descontrolada)

Em um mergulho cuja profundidade seja maior que 20 pés, a chegada do mergulhador à superfície antes do esperado deve ser tratada como uma subida descontrolada. Caso o mergulho tenha sido sem paradas para descompressão e o mergulhador esteja assintomático, ele deverá ficar em observação na superfície por pelo menos 1 hora, não sendo necessária uma recompressão. Caso contrário deverá ser tratado como descompressão omitida sintomática ou assintomática, conforme o caso (Tabelas de Tratamento – Capítulo 6).

5.14.3 - Excesso de Esforço ou Frio Exagerado Durante o Mergulho

No caso de execução de um trabalho que exija um excessivo esforço do mergulhador ou em caso de exposição do mergulhador a um frio exagerado, deve-se sempre considerar a possibilidade de utilização de uma tabela de descompressão na superfície. Nesta situação o esquema de descompressão na **água** deve ser cumprido **normalmente** e, na **câmara**, deverá ser cumprido o esquema de descompressão previsto para o **tempo imediatamente maior**.

Se o mergulho for conduzido usando-se a TPD, um esquema de descompressão com tempo imediatamente maior do que o previsto deve ser utilizado.

Exemplo:

Em um mergulho no esquema 70 pés (21m)/60 min, onde o frio foi rigoroso, devemos usar o esquema 70 pés (21m)/70 min.

5.14.4 - Procedimentos Especiais para Descompressão na Superfície em Mergulhos de Exposição Excepcional

Além de reduzir o desconforto causado por grandes descompressões na água, a descompressão na superfície em mergulhos de exposição excepcional reduz os riscos de uma possível Doença Descompressiva. As tabelas de descompressão na superfície não contemplam este tipo de mergulho, contudo, os seguintes procedimentos podem ser adotados:

a) Caso exista a possibilidade de descompressão em oxigênio a partir da parada de 30 pés na água:

- I. Realizar em ar todas as paradas anteriores aos 30 pés na água;
- II. Realizar em oxigênio a parada para descompressão aos 30 pés na água. A cada 30 minutos em oxigênio, deverá ser feita uma janela de 5 minutos em ar. O tempo respirado em ar conta como parte da descompressão;
- III. Subir até a superfície a uma velocidade de 30 pés/min. Uma pequena variação na velocidade, entre 20 e 40 pés/min, é aceitável;
- IV. Uma vez na superfície, os guias têm três minutos e meio para removerem os equipamentos do mergulhador e colocá-lo na câmara;
- V. Pressurizar a câmara a 30 pés a uma velocidade de descida de 60 pés/min;
- VI. Ao chegar aos 30 pés o mergulhador deverá ser colocado em BIBS, respirando O₂ a 100%;
- VII. Repetir, na câmara, o tempo da parada aos 30 pés na água. A cada 30 minutos em oxigênio, deverá ser feita uma janela de 5 minutos em ar. O tempo respirado em ar conta como parte da descompressão. O tempo na parada só começa a ser contado quando o mergulhador estiver respirando O₂;
- VIII. Subir para 20 pés a uma velocidade de 30 pés/min. Realizar a parada utilizando-se o tempo da parada os 20 pés na água. A cada 30 minutos em oxigênio, deverá ser feita uma janela de 5 minutos em ar. O tempo respirado em ar conta como parte da descompressão;
- IX. Subir para 10 pés a uma velocidade de 30 pés/min. Realizar a parada utilizando-se o tempo da parada os 10 pés na água. A cada 30 minutos em oxigênio, deverá ser feita uma janela de 5 minutos em ar. O tempo respirado em ar conta como parte da descompressão; e
- X. Subir para superfície a uma velocidade de 30 pés/min.

b) Caso NÃO exista a possibilidade de descompressão em oxigênio a partir da parada de 30 pés na água:

- I. Realizar em ar a parada dos 20 pés, e todas as anteriores na água;
- II. Subir até a superfície a uma velocidade de 30 pés/min. Uma pequena variação na velocidade, entre 20 e 40 pés/min, é aceitável;
- III. Uma vez na superfície, os guias têm três minutos e meio para removerem os equipamentos do mergulhador e colocá-lo na câmara;

- IV. Pressurizar a câmara a 20 pés a uma velocidade de descida de 60 pés/min;
- V. Ao chegar aos 20 pés, o mergulhador deverá ser colocado em BIBS (O₂ a 100%);
- VI. Repetir, na câmara, o tempo da parada aos 20 pés na água. A cada 30 minutos em oxigênio, deverá ser feita uma janela de 5 minutos em ar. O tempo respirado em ar conta como parte da descompressão. O tempo na parada só começa a ser contado quando o mergulhador estiver respirando O₂
- VII. Subir para 10 pés a uma velocidade de 30 pés/min. Realizar a parada utilizando-se o tempo da parada os 10 pés na água. A cada 30 minutos em oxigênio, deverá ser feita uma janela de 5 minutos em ar. O tempo respirado em ar conta como parte da descompressão; e
- VIII. Subir para superfície a uma velocidade de 30 pés/min.

5.14.5 - Falha no Sistema de O₂ Durante Descompressão na Câmara

Se houver falha no sistema de fornecimento de oxigênio durante o período em que o mergulhador estiver na câmara, o tempo restante da descompressão deverá ser cumprido em ar.

5.15 - DESCOMPRESSÃO OMITIDA

A ocorrência de uma descompressão omitida pode ser planejada ou não. Uma descompressão omitida planejada ocorre quando as condições reinantes se desenvolvem de maneira tal que seja imprescindível trazer o mergulhador à superfície antes que este complete sua descompressão, como por exemplo: mau funcionamento de equipamentos vitais, acidente com o mergulhador e mudança repentina nas condições climáticas. Neste caso todas as opções disponíveis devem ser consideradas, principalmente a existência de uma câmara de recompressão na área pronta para ser utilizada. Todo o pessoal envolvido deve ser alertado sobre a evolução do planejamento e deve estar pronto para agir de forma rápida e precisa. Em uma descompressão omitida não planejada, o mergulhador aparece repentinamente na superfície ou uma parada para descompressão não é cumprida pela ocorrência de algum imprevisto.

Em ambos os casos, as Tabelas de Descompressão na Superfície podem ser empregadas de modo a retirar o mergulhador da água, desde que o tempo máximo na superfície seja respeitado (intervalo na superfície) e, consultando a nova tabela a ser utilizada, não hajam paradas para descompressão na água ou, caso hajam, estas tenham sido cumpridas. Caso os pré-requisitos acima não sejam cumpridos, uma tabela de

descompressão na superfície **não** poderá ser utilizada e a descompressão do mergulhador estará comprometida com risco de apresentar Doença Descompressiva (DD). Nesta eventualidade o mergulhador deverá ser recomprimido o mais rápido possível. Cuidados especiais deverão ser tomados a fim de detectar sinais de DD. Havendo disponibilidade de câmara e na ausência de sinais ou sintomas de DD ou ETA, deverão ser empregadas as Tabelas de Tratamento 5, 6, 1A ou 2A (Capítulo 6).

Exemplo:

Em um mergulho cujo esquema de descompressão era 120 pés/40 min, estava previsto o uso da TPD. Duas paradas para descompressão eram exigidas, uma aos 20 pés por 5 min e outra aos 10 pés por 25 min. Houve um problema no guincho e o sino aberto com os mergulhadores foi trazido diretamente para a superfície.

Solução:

Se observarmos a TDSO, não é prevista nenhuma parada na água para este esquema de descompressão, logo, se tivermos câmara de recompressão disponível e o intervalo na superfície for inferior a 3 min e 30 s, esta tabela deverá ser utilizada.

Caso o mergulhador desenvolva sintomas de Doença Descompressiva durante o intervalo na superfície este deverá ser tratado de acordo com os procedimentos previstos nas Tabelas de Tratamento (Capítulo 6).

5.15.1 - Profundidade de descompressão omitida igual ou menor que 20 pés

Não existindo uma câmara de recompressão na área, devem ser cumpridos os seguintes procedimentos:

Caso o MG sinta-se bem e possa retornar à profundidade da parada omitida dentro de 1 minuto, ele poderá realizar as paradas para descompressão normalmente, aumentando em 1 minuto o tempo de permanência na parada omitida. Se o intervalo de superfície exceder 1 minuto e o MG permanecer assintomático, este deverá retornar para a profundidade a qual omitiu a parada e nela permanecer pelo tempo previsto na TPD, multiplicado por 1,5. Se a parada omitida for aos 20 pés e também houver parada aos 10 pés, este procedimento será repetido (multiplicar o tempo de permanência aos 10 pés por 1,5). Após a chegada à superfície, o mergulhador deverá ficar em observação por 1 hora.

5.15.2 - Profundidade de descompressão omitida maior que 20 pés

Um mergulhador que realizou uma subida descontrolada e perdeu uma parada para descompressão a profundidade maior que 20 pés, deve ser tratado com recompressão

em câmara, de acordo com as tabelas e procedimentos previstos nas Tabelas de Tratamento (Capítulo 6).

5.16 - MERGULHO EM ALTITUDE

Devido à redução na pressão atmosférica, mergulhos conduzidos em altitude requerem mais descompressão que um mergulho similar realizado ao nível do mar. Desta forma, as tabelas de descompressão não podem ser utilizadas diretamente. Existem tabelas de descompressão especialmente desenvolvidas para cada altitude. Uma outra solução para o problema é utilizar um fator de correção para os mergulhos em altitude de modo a encontrarmos a descompressão requerida utilizando as tabelas padrão descritas neste capítulo. Este procedimento, comumente conhecido como “*Cross Correction*” (Correção Cruzada) sempre fornece uma profundidade corrigida maior que a profundidade real do mergulho. Esta profundidade corrigida provê uma descompressão extra, necessária para eliminar os efeitos da altitude no mergulho.

Para utilização da “Correção Cruzada”, temos que observar dois fatores: primeiro, a profundidade real do mergulho deve ser corrigida para que possamos determinar a “Profundidade Equivalente” do mergulho; segundo, as profundidades das paradas para descompressão também devem ser corrigidas para uso em altitude. A velocidade de subida também deveria ser corrigida, contudo, se a “Correção Cruzada” for aplicada corretamente, esta terceira correção poder ser ignorada com segurança.

Prof.	Altitude									
(pés)	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
10	10	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	20	20	20	20	20	20	25	25	25
20	20	25	25	25	25	25	30	30	30	30
25	25	30	30	30	35	35	35	35	35	40
30	30	35	35	35	40	40	40	50	50	50
35	35	40	40	50	50	50	50	50	50	60
40	40	50	50	50	50	50	60	60	60	60
45	45	50	60	60	60	60	60	70	70	70
50	50	60	60	60	70	70	70	70	70	80
55	55	60	70	70	70	70	80	80	80	80
60	60	70	70	70	80	80	80	90	90	90
65	65	70	80	80	80	90	90	90	100	100
70	70	80	80	90	90	90	100	100	100	110
75	75	90	90	90	100	100	100	110	110	110
80	80	90	90	100	100	100	110	110	120	120
85	85	100	100	100	110	110	120	120	120	130
90	90	100	110	110	110	120	120	130	130	140
95	95	110	110	110	120	120	130	130	140	140
100	100	110	120	120	130	130	130	140	140	150
105	105	120	120	130	130	140	140	150	150	160
110	110	120	130	130	140	140	150	150	160	160
115	115	130	130	140	140	150	150	160	170	170
120	120	130	140	140	150	150	160	170	170	180
125	125	140	140	150	160	160	170	170	180	190
130	130	140	150	160	160	170	170	180	190	190
135	135	150	160	160	170	170	180	190	190	200
140	140	160	160	170	170	180	190	190	200	210
145	145	160	170	170	180	190	190	200	210	
150	160	170	170	180	190	190	200	210		
155	170	170	180	180	190	200	210			
160	170	180	180	190	200	200				
165	180	180	190	200	200					
170	180	190	190	200						
175	190	190	200							
180	190	200	210							
185	200	200								
190	200									
Prof. da Parada p/ Descomp.	Profundidades Equivalentes									
10	10	9	9	9	8	8	8	7	7	7
20	19	19	18	17	17	16	15	15	14	14
30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21
40	39	37	36	35	33	32	31	30	29	28
50	48	47	45	43	42	40	39	37	36	34
60	58	56	54	52	50	48	46	45	43	41

Tabela 5.2

5.16.1 - Procedimentos para Obtenção da Profundidade Equivalente

A profundidade equivalente do mergulho é obtida através da multiplicação da profundidade real pela proporção entre pressão atmosférica ao nível do mar e a pressão atmosférica na altitude (na área do mergulho). Neste caso, devemos sempre usar milibares (mb) para expressar as pressões atmosféricas.

$$\text{Prof. Equivalente} = \text{Prof. Real} \times \frac{\text{Pressão ao Nível do Mar (mb)}}{\text{Pressão na Altitude (mb)}}$$

Exemplo:

A profundidade real de um mergulho é de 60 pés. O mergulho ocorreu a 5.000 pés de altitude. A pressão lida no local do mergulho foi de 843 milibares (0,832 ATA). Qual a profundidade equivalente deste mergulho?

Solução:

Pressão ao nível do mar = 1013 mb (1 ATA)

$$\text{Prof. Equivalente} = 60 \text{ pés} \times \frac{1013 \text{ mb}}{843 \text{ mb}} = 72,1 \text{ pés}$$

5.16.2 - Correção para as Paradas para Descompressão na água

As correções para as paradas para descompressão em mergulhos em altitude são encontradas através da multiplicação da profundidade da parada tabelada pela proporção entre pressão na altitude e a pressão atmosférica ao nível do mar (note que esta proporção é a inversa da utilizada para se obter a profundidade equivalente).

$$\text{Prof. Descomp. em Altitude} = \text{Prof. Tabelada} \times \frac{\text{Pressão na Altitude (mb)}}{\text{Pressão ao Nível do Mar (mb)}}$$

Exemplo:

No mergulho anterior, usando a profundidade equivalente, verificou-se a necessidade de uma parada para descompressão aos 20 pés (profundidade tabelada). Qual a profundidade corrigida na qual esta parada deve ocorrer?

Solução:

Pressão ao nível do mar = 1013 mb (1 ATA)

$$\text{Prof. Descomp. em Altitude} = 20 \text{ pés} \times \frac{843 \text{ mb}}{1013 \text{ mb}} = 16,6 \text{ pés}$$

Para simplificar os cálculos, a Tabela 5-2 fornece as profundidades equivalentes e as paradas para descompressão em altitude corrigidas para mergulhos entre 10 e 190 pés (3 e 57 m) e altitudes que variam de 1.000 a 10.000 pés, com incrementos de 1.000 pés.

Nenhuma correção é necessária em mergulhos realizados entre as altitudes do nível do mar e 300 pés. Em altitudes entre 300 e 1.000 pés só será necessário realizar as correções caso a profundidade real do mergulho seja igual ou superior a 145 pés (43,5 m). Como estas altitudes não estão tabeladas, as correções deverão ser feitas através do uso das fórmulas descritas. Acima dos 1.000 pés de altitude, todos os mergulhos deverão sofrer correção.

5.16.3 - Medida da Profundidade em Altitude

Para se medir a profundidade em mergulhos em altitude devem ser utilizados preferencialmente equipamentos que possam ser “zerados” no início do mergulho. Uma vez “zerados”, nenhuma correção precisa ser inserida nas leituras efetuadas.

Quando for utilizada uma câmara de recompressão, seus manômetros deverão ser “zerados” antes de se realizar uma descompressão na superfície.

Muitos manômetros utilizados por mergulhadores são selados e têm como referência a pressão de uma atmosfera, não podendo ser reajustados com a altitude. Para estes manômetros deve-se somar 1 pé ao valor lido para cada 1.000 pés de altitude da área do mergulho. Esta correção deverá ser feita antes de entrar na Tabela 5.2 ou realizar cálculos matemáticos.

Os fatores de correções para pneufatômetros não mudam com a altitude; logo, estes equipamentos podem ser utilizados em altitude somando-se à leitura apenas as correções listadas na Tabela 5-1.

Altitude (pés)	Grupo de Repetição
1.000	A
2.000	B
3.000	B
4.000	C
5.000	D
6.000	E
7.000	E
8.000	G
9.000	G
10.000	H

Tabela 5-3
Grupos de Repetição
associados a mergulhos em
altitude

5.16.4 - Equalização do N₂ em Altitude

Uma vez aumentando a altitude duas coisas acontecem ao organismo devido à menor da pressão atmosférica local: o excesso de nitrogênio começa a ser eliminado até entrar em equilíbrio com o existente no ambiente e uma série de complicados ajustamentos se inicia de modo a compensar a baixa pressão parcial do oxigênio. O primeiro processo, chamado **equilíbrio**, necessita de 12 horas na altitude para se completar. O segundo, chamado **aclimatização** (ou aclimação), necessita de um período bem mais longo.

Caso o mergulho seja realizado dentro de um período inferior a 12 horas da chegada do mergulhador à altitude, o nitrogênio residual trazido do nível do mar e ainda existente no organismo deverá ser levado em conta. De fato, o mergulho inicial em altitude ocorrido num período inferior a 12 horas da chegada à altitude deve ser considerado como um mergulho de repetição (ou sucessivo), sendo o primeiro mergulho iniciado com a ascensão do mergulhador ao nível do mar até a altitude em que realizará o trabalho. A Tabela 5-3 fornece os grupos de repetição associados a esta ascensão inicial. Com este GR e usando o tempo em que o mergulhador encontra-se na altitude como intervalo de superfície (IS), poderemos entrar na TTNR e encontrar o novo grupo de repetição (NGR), que combinado com a profundidade equivalente planejada do mergulho (Tabela 5-2) nos fornecerá o tempo de nitrogênio residual (TNR) associado ao mergulho.

Exemplo:

Um mergulhador foi rapidamente transferido por um helicóptero para a área de mergulho situada a 6.000 pés. O mergulho foi planejado para 100 pés de profundidade e teve início 90 minutos após a chegada do mergulhador. Quanto tempo de nitrogênio residual deverá ser somando ao tempo de fundo do mergulho?

Solução:

Na Tabela 5-3 verificamos que o GR para 6.000 pés é “E”. A partir deste GR, entramos na TTNR e com um intervalo de superfície de 90 minutos obtemos o NGR: “D”. O mergulho tem uma profundidade planejada de 100 pés. Na Tabela 5-2 achamos a profundidade equivalente planejada de 130 pés. Com esta profundidade equivalente e o NGR, conseguimos o TNR a ser somado que é de 11 minutos.

A Tabela 5-3 também pode ser utilizada quando o mergulhador ascende de uma área elevada para outra de maior altitude. Neste caso, o argumento de entrada é a diferença entre as altitudes dos dois locais.

Exemplo:

Mergulhadores já equilibrados em uma área de 6.000 pés de altitude são transferidos para realizarem um mergulho a 10.000 pés. A diferença entre as altitudes é de 4.000 pés, logo o GR a ser utilizado por estes mergulhadores a 10.000 pés é “C”.

Grupo de Repetição	Diferença de Altitude (pés)									
	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
A	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
B	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	2:11
C	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	3:06	8:26
D	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:09	3:28	7:33	12:52
E	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:51	3:35	6:54	10:59	16:18
F	0:00	0:00	0:00	0:00	1:12	3:40	6:23	9:43	13:47	19:07
G	0:00	0:00	0:00	1:23	3:34	6:02	8:46	12:05	16:10	21:29
H	0:00	0:00	1:31	3:26	5:37	8:05	10:49	14:09	18:13	23:33
I	0:00	1:32	3:20	5:15	7:26	9:54	12:38	15:58	20:02	24:00
J	1:32	3:09	4:57	6:52	9:04	11:32	14:16	17:35	21:39	24:00
K	3:00	4:37	6:25	8:20	10:32	13:00	15:44	19:03	23:07	24:00
L	4:21	5:57	7:46	9:41	11:52	14:20	17:04	20:23	24:00	24:00
M	5:35	7:11	9:00	10:55	13:06	15:34	18:18	21:37	24:00	24:00
N	6:43	8:20	10:08	12:03	14:14	16:42	19:26	22:46	24:00	24:00
O	7:47	9:24	11:12	13:07	15:18	17:46	20:30	23:49	24:00	24:00
Z	8:17									24:00

Tabela 5-4

Tabela de intervalos de superfície para vôos pós-mergulho

5.17 - VÔO APÓS O MERGULHO

Um aumento de altitude após um mergulho acarreta um aumento no risco de ocorrência de Doença Descompressiva devido à redução da pressão atmosférica. Quanto maior a variação de altitude maior será este risco.

A Tabela 5-4 fornece o intervalo de superfície (horas:minutos) que precisa ser aguardado antes de se realizar uma ascensão em altitude. Este intervalo depende do valor da altitude final que será alcançada após o mergulho e do maior grupo de repetição entre os mergulhos realizados nas últimas 24 horas.

Em vôos comerciais, as cabines pressurizadas são mantidas a uma pressão constante não importando a real altitude do vôo. Embora esta pressão varie de acordo com o tipo

de aeronave, o valor padrão desta pressão equivale a 8.000 pés de altitude. Desta forma, para vôos comerciais devemos utilizar este valor como altitude final para verificar o intervalo de superfície necessário a ser aguardado antes de se realizar um vôo.

Em companhias aéreas que utilizam aeronaves de pequeno porte ou com cabines não pressurizadas, deve-se realizar um contato prévio a fim de verificar a altitude final do vôo ou a altitude equivalente à pressão na cabine.

Caso o mergulho se realize em uma altitude igual ou superior a 8.000 pés não será necessário aguardar nenhum período para realizar vôos em aviões comerciais, pois, neste caso, a cabine pressurizada levará a manutenção ou mesmo um aumento de pressão em relação à área do mergulho.

Como não existem GR associados a mergulhos com descompressão na superfície, para estes mergulhos deve-se entrar na TPD com a profundidade equivalente e o tempo total do mergulho para se obter o GR a ser usado como argumento de entrada na tabela 5.4.

Após um mergulho hélio-oxigênio sem saturação, deve-se aguardar 12 horas antes de realizar uma viagem com aumento de altitude. Caso o mergulho seja com saturação, deve-se aguardar 24 horas.

Exemplo:

Um mergulhador realizou um mergulho 60 pés/60 min. A área do mergulho era ao nível do mar e o GR obtido foi “J”. Após um intervalo de superfície de 6h e 12min, ele realizou um segundo mergulho (30 pés/20 min) recebendo o GR “C”. O mergulhador pretende retornar para casa em um vôo comercial. Qual o intervalo de superfície que deve ser aguardado antes do vôo?

Solução:

A ascensão pretendida pelo mergulhador é de 8.000 pés. Foram realizados dois mergulhos nas 24 horas que antecedem o vôo. O maior GR dos dois mergulhos foi “J”. Entrando na Tabela 5-4 com estes dados (GR “J” e 8.000 pés), obtemos o tempo que deverá ser aguardado que é de 17h e 35 min.

Exemplo:

Após completar um mergulho em uma região de 4.000 pés de altitude, um mergulhador planeja realizar uma viagem que passará por uma serra de altitude máxima de 7.500 pés. O GR do mergulho realizado foi “G”. Qual o intervalo de superfície que deve ser aguardado antes da viagem?

Solução:

O aumento de altitude previsto será de 3.500 pés (7.500 pés – 4.000 pés). Os dados de entrada na tabela serão: 4.000 pés (altitude próxima maior) e GR “G”. O intervalo de superfície que deve ser aguardado é de 1h e 23 min.

Exemplo:

Após completar um mergulho em uma região de 2.000 pés de altitude, um mergulhador retorna para casa em uma aeronave não pressurizada. O teto do vôo é de 5.000 pés. O GR do mergulho realizado foi “K”. Qual o intervalo de superfície que deve ser aguardado antes da viagem?

Solução:

O aumento de altitude previsto será de 3.000 pés (5.000 pés – 2.000 pés). Os dados de entrada na tabela serão: 3.000 pés e GR “K”. O intervalo de superfície que deve ser aguardado antes do vôo é de 6h e 25 min.

TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR

PROF Metros pés	TTF min	TPP min:s	Paradas para descompressão					TTD min:s	GR
			15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
12	200						0	1:20	*
	210	1:00					2	3:20	N
	230	1:00					7	8:20	N
40	250	1:00					11	12:20	O
	270	1:00					15	16:20	O
	300	1:00					19	20:20	Z
	360	1:00					23	24:20	**
	480	1:00					41	42:20	**
	720	1:00					69	70:20	**
15	100						0	1:40	*
	110	1:20					3	4:40	L
	120	1:20					5	6:40	M
50	140	1:20					10	11:40	M
	160	1:20					21	22:40	N
	180	1:20					29	30:40	O
	200	1:20					35	36:40	O
	220	1:20					40	41:40	Z
	240	1:20					47	48:40	Z
18	60						0	2:00	*
	70	1:40					2	4:00	K
	80	1:40					7	9:00	L
60	100	1:40					14	16:00	M
	120	1:40					26	28:00	N
	140	1:40					39	41:00	O
	160	1:40					48	50:00	Z
	180	1:40					56	58:00	Z
	200	1:20				1	69	72:00	Z
	240	1:20				2	79	83:00	**
	360	1:20				20	119	141:00	**
	480	1:20				44	148	194:00	**
	720	1:20				78	187	267:00	**
21	50						0	2:20	*
	60	2:00					8	10:20	K
	70	2:00					14	16:20	L
70	80	2:00					18	20:20	M
	90	2:00					23	25:20	N
	100	2:00					33	35:20	N
	110	1:40				2	41	45:20	O
	120	1:40				4	47	53:20	O
	130	1:40				6	52	60:20	O
	140	1:40				8	56	66:20	Z
	150	1:40				9	61	72:20	Z
	160	1:40				13	72	87:20	Z
	170	1:40				19	79	100:20	Z

* Veja a TLSD.

** Mergulhos sucessivos não podem ser realizados após um mergulho de exposição excepcional.

TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR

PROF metros	TTF min	TPP min:s	Paradas para descompressão					TTD min:s	GR
			15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
24	40						0	2:40	*
	50	2:20					10	12:40	K
	60	2:20					17	19:40	L
80	70	2:20					23	25:40	M
	80	2:00				2	31	35:40	N
	90	2:00				7	39	48:40	N
	100	2:00				11	46	59:40	O
	110	2:00				13	53	68:40	O
	120	2:00				17	56	75:40	Z
	130	2:00				19	63	83:40	Z
	140	2:00				26	69	97:40	Z
	150	2:00				32	77	111:40	Z
	180	2:00				35	85	122:40	**
	240	1:40			6	52	120	180:40	**
	360	1:40			29	90	160	281:40	**
	480	1:40			59	107	187	355:40	**
	720	1:20		17	108	142	187	456:40	**
27	30						0	3:00	*
	40	2:40					7	10:00	J
	50	2:40					18	21:00	L
90	60	2:40					25	28:00	M
	70	2:20				7	30	40:00	N
	80	2:20				13	40	56:00	N
	90	2:20				18	48	69:00	O
	100	2:20				21	54	78:00	Z
	110	2:20				24	61	88:00	Z
	120	2:20				32	68	103:00	Z
	130	2:00			5	36	74	118:00	Z
30	25						0	3:20	*
	30	3:00					3	6:20	I
	40	3:00					15	18:20	K
100	50	2:40				2	24	29:20	L
	60	2:40				9	28	40:20	N
	70	2:40				17	39	59:20	O
	80	2:40				23	48	74:20	O
	90	2:20			3	23	57	86:20	Z
	100	2:20			7	23	66	99:20	Z
	110	2:20			10	34	72	119:20	Z
	120	2:20			12	41	78	134:20	Z
	180	2:00		1	29	53	118	204:20	**
	240	2:00		14	42	84	142	285:20	**
	360	1:40	2	42	73	111	187	418:20	**
	480	1:40	21	61	91	142	187	505:20	**
	720	1:40	55	106	122	142	187	615:20	**
33	20						0	3:40	*
	25	3:20					3	6:40	H
	30	3:20					7	10:40	J
110	40	3:00				2	21	26:40	L
	50	3:00				8	26	37:40	M
	60	3:00				18	36	57:40	N
	70	2:40			1	23	48	75:40	O
	80	2:40			7	23	57	90:40	Z
	90	2:40			12	30	64	109:40	Z
	100	2:40			15	37	72	127:40	Z

* Veja a TLSO.

** Mergulhos sucessivos não podem ser realizados após um mergulho de exposição excepcional.

TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR

PROF metros	TTF min	TPP min:s	Paradas para descompressão								TTD min:s	GR
			21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10			
36	15								0	4:00	*	
	20	3:40							2	6:00	H	
	25	3:40							6	10:00	I	
120	30	3:40							14	18:00	J	
	40	3:20						5	25	34:00	L	
	50	3:20						15	31	50:00	N	
	60	3:00					2	22	45	73:00	O	
	70	3:00					9	23	55	91:00	O	
	80	3:00					15	27	63	109:00	Z	
	90	3:00					19	37	74	134:00	Z	
	100	3:00					23	45	80	152:00	Z	
	120	2:40				10	19	47	98	178:00	**	
	180	2:20			5	27	37	76	137	286:00	**	
	240	2:20			23	35	60	97	179	398:00	**	
	360	2:00		18	45	64	93	142	187	553:00	**	
480	1:40	3	41	64	93	122	142	187	656:00	**		
720	1:40	32	74	100	114	122	142	187	775:00	**		
39	10								0	4:20	*	
	15	4:00							1	5:20	F	
	20	4:00							4	8:20	H	
130	25	4:00							10	14:20	J	
	30	3:40						3	18	25:20	M	
	40	3:40						10	25	39:20	N	
	50	3:20					3	21	37	65:20	O	
	60	3:20					9	23	52	88:20	Z	
	70	3:20					16	24	61	105:20	Z	
	80	3:00				3	19	35	72	133:20	Z	
	90	3:00				8	19	45	80	156:20	Z	

PROF metros	TTF min	TPP min:s	Paradas para descompressão								TTD min:s	GR	
			27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20			3 10
42	10									0	4:40	*	
	15	4:20								2	6:40	G	
	20	4:20								6	10:40	I	
140	25	4:00								2	14	20:40	J
	30	4:00								5	21	30:40	K
	40	3:40							2	16	26	48:40	N
	50	3:40							6	24	44	78:40	O
	60	3:40							16	23	56	99:40	Z
	70	3:20						4	19	32	68	127:40	Z
	80	3:20						10	23	41	79	157:40	Z
	90	3:00					2	14	18	42	88	168:40	**
	120	3:00					12	14	36	56	120	242:40	**
	180	2:40				10	26	32	54	94	168	388:40	**
	240	2:20			8	28	34	50	78	124	187	513:40	**
	360	2:00		9	32	42	64	84	122	142	187	686:40	**
480	2:00		31	44	59	100	114	122	142	187	803:40	**	
720	1:40	16	56	88	97	100	114	122	142	187	926:40	**	

* Veja a TLSD.

** Mergulhos sucessivos não podem ser realizados após um mergulho de exposição excepcional.

TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR

PROF metros	TTF pés	TPP min:s	Paradas para descompressão									TTD min:s	GR
			27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
45	5										0	5:00	C
	10	4:40									1	6:00	E
	15	4:40									3	8:00	G
150	20	4:20								2	7	14:00	H
	25	4:20								4	17	26:00	K
	30	4:20								8	24	37:00	L
	40	4:00							5	19	33	62:00	N
	50	4:00							12	23	51	91:00	O
	60	3:40						3	19	26	62	115:00	Z
	70	3:40						11	19	39	75	149:00	Z
	80	3:20					1	17	19	50	84	176:00	Z
48	5										0	5:20	D
	10	5:00									1	6:20	F
	15	4:40								1	4	10:20	H
160	20	4:40								3	11	19:20	J
	25	4:40								7	20	32:20	K
	30	4:20							2	11	25	43:20	M
	40	4:20							7	23	39	74:20	N
	50	4:00						2	16	23	55	101:20	Z
	60	4:00						9	19	33	69	135:20	Z
	70	3:40					1	17	22	44	80	169:20	**

PROF metros	TTF min	TPP min:s	Paradas para descompressão										TTD min:s	GR	
			33 110	30 100	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20			3 10
51	5												0	5:40	D
	10	5:20											2	7:40	F
	15	5:00										2	5	12:40	H
170	20	5:00										4	15	24:40	J
	25	4:40								2	7	23	37:40	L	
	30	4:40								4	13	26	48:40	M	
	40	4:20							1	10	23	45	84:40	O	
	50	4:20							5	18	23	61	112:40	Z	
	60	4:00						2	15	22	37	74	155:40	Z	
	70	4:00						8	17	19	51	86	186:40	**	
	90	3:40					12	12	14	34	52	120	249:40	**	
	120	3:00				2	10	12	18	32	42	82	156	359:40	**
	180	2:40			4	10	22	28	34	50	78	120	187	538:40	**
	240	2:40			18	24	30	42	50	70	116	142	187	684:40	**
	360	2:20		22	34	40	52	60	98	114	122	142	187	876:40	**
	480	2:00	14	40	42	56	91	97	100	114	122	142	187	1010:40	**
54	5												0	6:00	D
	10	5:40											3	9:00	F
	15	5:20										3	6	15:00	I
180	20	5:00									1	5	17	29:00	J
	25	5:00									3	10	24	43:00	L
	30	5:00									6	17	27	56:00	N
	40	4:40								3	14	23	50	96:00	O
	50	4:20							2	9	19	30	65	131:00	Z
	60	4:20							5	16	19	44	81	171:00	Z

* Veja a TLSD.

** Mergulhos sucessivos não podem ser realizados após um mergulho de exposição excepcional.

TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR

PROF	TTF	TPP	Paradas para descompressão											TTD	GR
metros	min	min:s	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	min:s	
pés			110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
57	5	5:40											0	6:20	D
	10	5:40										1	3	10:20	G
	15	5:40										6	7	17:20	I
190	20	5:20									2	6	20	34:20	K
	25	5:20									5	11	25	47:20	M
	30	5:00								1	8	19	32	66:20	N
	40	5:00								8	14	23	55	106:20	O
	50	4:40							4	13	22	33	72	150:20	**
	60	4:40							10	17	19	50	84	186:20	**

PROF	TTF	TPP	Paradas para descompressão													TTD
metros	min	min:s	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	
pés			130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	min:s
60	5	6:20													1	7:40 **
	10	6:00												1	4	11:40 **
	15	5:40											1	4	10	21:40 **
200	20	5:40											3	7	27	43:40 **
	25	5:40											7	14	25	52:40 **
	30	5:20										2	9	22	37	76:40 **
	40	5:00									2	8	17	23	59	115:40**
	50	5:00									6	16	22	39	75	164:40**
	60	4:40								2	13	17	24	51	89	202:40**
	90	3:40					1	10	10	12	12	30	38	74	134	327:40**
	120	3:20				6	10	10	10	24	28	40	64	98	180	476:40**
	180	2:40		1	10	10	18	24	24	42	48	70	106	142	187	688:40**
	240	2:40		6	20	24	24	36	42	54	68	114	122	142	187	845:40**
	360	2:20	12	22	36	40	44	56	82	98	100	114	122	142	187	1061:40**
63	5	6:40													1	8:00**
	10	6:20												2	4	13:00**
	15	6:00											1	5	13	26:00**
	20	6:00											4	10	23	44:00**
	25	5:40										2	7	17	27	60:00**
210	30	5:40										4	9	24	41	85:00**
	40	5:20									4	9	19	26	63	128:00**
	50	5:20								1	9	17	19	45	80	178:00**
	50	5:20														
66	5	7:00													1	8:20**
	10	6:40												2	5	14:20**
	15	6:20											2	5	16	30:20**
220	20	6:00										1	3	11	24	46:20**
	25	6:00										3	8	19	33	70:20**
	30	5:40									1	7	10	23	47	95:20**
	40	5:40									6	12	22	29	68	144:20**
	50	5:20								3	12	17	18	51	86	194:20**
	50	5:20														

* Veja a TLSD.

** Mergulhos sucessivos não podem ser realizados após um mergulho de exposição excepcional.

TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR

PROF metros	TTF min	TPP min:s	Paradas para descompressão													TTD min:s
			39 130	36 120	33 110	30 100	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10	
69	5	7:20													2	9:40**
	10	6:20											1	2	6	16:40**
	15	6:20											3	6	18	34:40**
230	20	6:20										2	5	12	26	52:40**
	25	6:20									4	8	22	37	78:40**	
	30	6:00								2	8	12	23	51	103:40**	
	40	5:40							1	7	15	22	34	74	160:40**	
	50	5:40							5	14	16	24	51	89	206:40**	
72	5	7:40													2	10:00**
	10	7:00											1	3	6	18:00**
	15	7:00											4	6	21	39:00**
240	20	6:40										3	6	15	25	57:00**
	25	6:20								1	4	9	24	40	86:00**	
	30	6:20								4	8	15	22	56	113:00**	
	40	6:00							3	7	17	22	39	75	171:00**	
	50	5:40						1	8	15	16	29	51	94	222:00**	
75	5	7:40												1	2	11:20**
	10	7:20											1	4	7	20:20**
	15	7:00										1	4	7	22	42:20**
250	20	7:00										4	7	17	27	63:20**
	25	6:40								2	7	10	24	45	96:20**	
	30	6:40								6	7	17	23	59	120:20**	
	40	6:20							5	9	17	19	45	79	182:20**	
	60	5:20				4	10	10	10	12	22	36	64	164	302:20**	
	90	4:20	8	10	10	10	10	10	28	28	44	68	98	186	518:20**	
78	5	8:00												1	2	11:40**
	10	7:40											2	4	9	23:40**
	15	7:20										2	4	10	22	46:40**
260	20	7:00									1	4	7	20	31	71:40**
	25	7:00								3	8	11	23	50	103:40**	
	30	6:40							2	6	8	19	26	61	130:40**	
	40	6:20						1	6	11	16	19	49	84	194:40**	
81	5	8:20												1	3	13:00**
	10	8:00											2	5	11	27:00**
	15	7:40										3	4	11	24	51:00**
270	20	7:20									2	3	9	21	35	79:00**
	25	7:00								2	3	8	13	23	53	111:00**
	30	7:00								3	6	12	22	27	64	143:00**
	40	6:40						5	6	11	17	22	51	88	209:00**	

* Veja a TLSD.

** Mergulhos sucessivos não podem ser realizados após um mergulhos de exposição excepcional.

TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR

PROF metros	TTF min	TPP min:s	Paradas para descompressão													TTD min:s
			39 130	36 120	33 110	30 100	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10	
84	5	8:40											2	2	13:20**	
	10	8:00									1	2	5	13	30:20**	
	15	7:40								1	3	4	11	26	54:20**	
	20	7:40								3	4	8	23	39	86:20**	
	25	7:20							2	5	7	16	23	56	118:20**	
	30	7:00							1	3	7	13	22	30	70	155:20**
	40	6:40						1	6	6	13	17	27	51	93	223:20**
87	5	9:00											2	3	14:40**	
	10	8:20									1	3	5	16	34:40**	
	15	8:00								1	3	6	12	26	57:40**	
	20	8:00								3	7	9	23	43	94:40**	
	25	7:40								3	5	8	17	23	60	125:40**
	30	7:20							1	5	6	16	22	36	72	167:40**
	40	7:00						3	5	7	15	16	32	51	95	233:40**
90	5	9:20											3	3	16:00**	
	10	8:40									1	3	6	17	37:00**	
	15	8:20								2	3	6	15	26	62:00**	
	20	8:00								2	3	7	10	23	47	102:00**
	25	7:40							1	3	6	8	19	26	61	134:00**
	30	7:40							2	5	7	17	22	39	75	177:00**
	40	7:20						4	6	9	15	17	34	51	90	236:00**
300	60	6:00	4	10	10	10	10	10	14	28	32	50	90	187	465:00**	

* Veja a TLSD.

** Mergulhos sucessivos não podem ser realizados após um mergulho de exposição excepcional.

EXPOSIÇÕES EXTREMAS - 75m (250 pés) e 90m (300 pés)

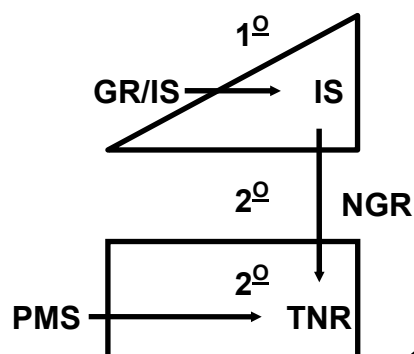
PROF		TTF		TPP		Paradas para descompressão																		TTD
metros		60	57	54	51	48	45	42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3			
pés	min min:s	200	190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	min:s		
75		120 3:40						5	10	10	10	10	16	24	24	36	48	64	94	142	187	688:20		
250		180 3:00				4	8	8	10	22	24	24	32	42	44	60	84	114	122	142	187	935:20		
		240 3:00				9	14	21	22	22	40	40	42	56	76	98	100	114	122	142	187	1113:20		
90		90 4:40				3	8	8	10	10	10	10	16	24	24	34	48	64	90	142	187	698:00		
300		120 4:00		4	8	8	8	8	10	14	24	24	24	34	42	58	66	102	122	142	187	895:00		
		180 3:30	6	8	8	8	14	20	21	21	28	40	40	48	56	82	98	100	114	122	142	187	1173:00	

**TABELA DE LIMITES E DESIGNAÇÃO DE GRUPOS DE REPETIÇÃO PARA
MERGULHOS A AR SEM PARADA DE DESCOMPRESSÃO**

PROF		Limites s/desc. min.	GRUPOS DE REPETIÇÃO														
m	pés		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
3	10		60	120	210	300	797	*									
4,5	15		35	70	110	160	225	350	452	*							
6	20		25	50	75	100	135	180	240	325	390	917	*				
7,5	25	595	20	35	55	75	100	125	160	195	245	315	361	540	595		
10	30	405	15	30	45	60	75	95	120	145	170	205	250	310	344	405	
10,5	35	310	5	15	25	40	50	60	80	100	120	140	160	190	220	270	310
12	40	200	5	15	25	30	40	50	70	80	100	110	130	150	170	200	
15	50	100		10	15	25	30	40	50	60	70	80	90	100			
18	60	60		10	15	20	25	30	40	50	55	60					
21	70	50		5	10	15	20	30	35	40	45	50					
24	80	40		5	10	15	20	25	30	35	40						
27	90	30		5	10	12	15	20	25	30							
30	100	25		5	7	10	15	20	22	25							
33	110	20			5	10	13	15	20								
36	120	15			5	10	12	15									
39	130	10			5	8	10										
42	140	10			5	7	10										
45	150	5			5												
48	160	5				5											
51	170	5				5											
54	180	5				5											
57	190	5				5											

* Maior Grupo de Repetição para esta profundidade independente do tempo de fundo.

* Mergulhos após intervalos de superfície maiores que 12 horas não são sucessivos. Considere os tempos reais de fundo para entrada na TPD e a obtenção dos esquemas de descompressão de tais mergulhos.



* Mergulhos após intervalos de superfície maiores que 12 horas não são sucessivos. Considere os tempos reais de fundo para entrada na TPD e a obtenção dos esquemas de descompressão de tais mergulhos.

															A		
															0:10	12:00 *	
															B		
															0:10	3:21	12:00 *
															C		
															0:10	1:40	4:50
															D		
															0:10	1:10	2:39
															E		
															0:10	0:55	1:58
															F		
															0:10	0:46	1:30
															G		
															0:10	0:37	1:07
															H		
															0:10	0:34	1:00
															I		
															0:10	0:32	0:55
															J		
															0:10	0:29	0:50
															K		
															0:10	0:27	0:46
															L		
															0:10	0:26	0:43
															M		
															0:10	0:25	0:40
															N		
															0:10	0:24	0:39
															O		
															0:10	0:23	0:36
															Z		
															0:10	0:22	0:34
															NGR →		
															0:10	0:23	0:35
															Z		
															0:10	0:23	0:36
															O		
															0:10	0:24	0:37
															N		
															0:10	0:25	0:40
															M		
															0:10	0:26	0:43
															L		
															0:10	0:27	0:46
															K		
															0:10	0:28	0:49
															J		
															0:10	0:31	0:54
															I		
															0:10	0:33	0:59
															H		
															0:10	0:36	1:06
															G		
															0:10	0:40	1:15
															F		
															0:10	0:45	1:29
															E		
															0:10	0:54	1:57
															D		
															0:10	1:09	2:38
															C		
															0:10	1:39	4:49
															B		
															0:10	1:40	4:50
															A		
															0:10	1:10	2:39
															0:10	0:55	1:58
															0:10	0:46	1:30
															0:10	0:37	1:07
															0:10	0:36	1:06
															0:10	0:34	1:00
															0:10	0:33	0:59
															0:10	0:32	0:55
															0:10	0:31	0:54
															0:10	0:29	0:50
															0:10	0:28	0:49
															0:10	0:27	0:46
															0:10	0:26	0:43
															0:10	0:25	0:40
															0:10	0:24	0:39
															0:10	0:23	0:36
															0:10	0:22	0:34
															0:10	0:23	0:35
															0:10	0:24	0:37
															0:10	0:25	0:40
															0:10	0:26	0:43
															0:10	0:27	0:46
															0:10	0:28	0:49
															0:10	0:31	0:54
															0:10	0:32	0:55
															0:10	0:33	0:59

**PROF. DO
MERGULHO
SUCESSIVO**

m / pés		Z	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
3	10	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	797	279	159	88	39
6	20	**	**	**	**	**	**	917	399	279	208	159	120	88	62	39	18
9	30	†	†	†	349	279	229	190	159	132	109	88	70	54	39	25	12
12	40	257	241	213	187	161	138	116	101	87	73	61	49	37	25	17	7
15	50	169	160	142	124	111	99	87	76	66	56	47	38	29	21	13	6
18	60	122	117	107	97	88	79	70	61	52	44	36	30	24	17	11	5
21	70	100	96	87	80	72	64	57	50	43	37	31	26	20	15	9	4
24	80	84	80	73	68	61	54	48	43	38	32	28	23	18	13	8	4
27	90	73	70	64	58	53	47	43	38	33	29	24	20	16	11	7	3
30	100	64	62	57	52	48	43	38	34	30	26	22	18	14	10	7	3
33	110	57	55	51	47	42	38	34	31	27	24	20	16	13	10	6	3
36	120	52	50	46	43	39	35	32	28	25	21	18	15	12	9	6	3
39	130	46	44	40	38	35	31	28	25	22	19	16	13	11	8	6	3
42	140	42	40	38	35	32	29	26	23	20	18	15	12	10	7	5	2
45	150	40	38	35	32	30	27	24	22	19	17	14	12	9	7	5	2
48	160	37	36	33	31	28	26	23	20	18	16	13	11	9	6	4	2
51	170	35	34	31	29	26	24	22	19	17	15	12	10	8	6	4	2
54	180	32	31	29	27	25	22	20	18	16	14	11	10	8	6	4	2
57	190	31	30	28	26	24	21	19	17	15	13	10	10	8	6	4	2

† Utilizar os tempos de nitrogênio residual listados na profundidade de 12m /40 pés. A descompressão do mergulho deverá ser feita pela TPD também utilizando a profundidade de 12m/40 pés ao invés de 9m/30 pés.

** Nos casos em que o Tempo de Nitrogênio Residual não é fornecido, o Grupo de Repetição do primeiro mergulho deverá ser mantido como GR do mergulho sucessivo.

TABELA DE DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE USANDO OXIGÊNIO

TABELA DE DESCOMRESSÃO NA SUPERFÍCIE USANDO CÁLCULO													
PROF	TTF	TPP	Paradas em ar na água (min)					Parada em O ₂			TTD		
Metros	Pés	min	min:s	m pés	18 60	15 50	12 40	9 30	IS	12 40	Superfície	min:s	
21	50	2:20			0	0	0	0	O TEMPO DECORRIDO ENTRE OS 30 PÉS NA ÁGUA E OS 40 PÉS NA CÂMARA NÃO DEVE ULTRAPASSAR 5 (CINCO) MINUTOS	0		2:20	
	90	2:20			0	0	0	0		15		22:40	
	120	2:20			0	0	0	0		23		30:40	
70	150	2:20			0	0	0	0		31		43:40	
	180	2:20			0	0	0	0		39		51:40	
24	40	2:40			0	0	0	0			0		2:40
	70	2:40			0	0	0	0			14		22:00
	85	2:40			0	0	0	0			20		28:00
80	100	2:40			0	0	0	0			26		34:00
	115	2:40			0	0	0	0			31		44:00
	130	2:40			0	0	0	0			37		50:00
	150	2:40			0	0	0	0			44		57:00
27	30	3:00			0	0	0	0			0		3:00
	60	3:00			0	0	0	0			14		22:20
	70	3:00			0	0	0	0			20		28:20
90	80	3:00			0	0	0	0		25		33:20	
	90	3:00			0	0	0	0		30		38:20	
	100	3:00			0	0	0	0		34		47:20	
	110	3:00			0	0	0	0		39		52:20	
	120	3:00			0	0	0	0		43		56:20	
	130	3:00			0	0	0	0		48		61:20	
30	25	3:20			0	0	0	0		0		3:20	
	50	3:20			0	0	0	0		14		22:40	
	60	3:20			0	0	0	0		20		28:40	
100	70	3:20			0	0	0	0		26		34:40	
	80	3:20			0	0	0	0		32		45:40	
	90	3:20			0	0	0	0		38		51:40	
	100	3:20			0	0	0	0		44		57:40	
	110	3:20			0	0	0	0		49		62:40	
	120	2:20			0	0	0	3		53		69:20	
33	20	3:40			0	0	0	0		0		3:40	
	40	3:40			0	0	0	0		12		21:00	
	50	3:40			0	0	0	0		19		28:00	
110	60	3:40			0	0	0	0		26		35:00	
	70	3:40			0	0	0	0		33		47:00	
	80	2:40			0	0	0	1		40		55:00	
	90	2:40			0	0	0	2		46		62:00	
	100	2:40			0	0	0	5		51		70:00	
	110	2:40			0	0	0	12		54		80:00	
36	15	4:00			0	0	0	0		0		4:00	
	30	4:00			0	0	0	0		9		18:20	
	40	4:00			0	0	0	0		16		25:20	
120	50	4:00			0	0	0	0		24		33:20	
	60	3:00			0	0	0	2		32		48:20	
	70	3:00			0	0	0	4		39		57:20	
	80	3:00			0	0	0	5		46		65:20	
	90	3:00			0	0	3	7		51		75:20	
	100	3:00			0	0	6	15		54		89:20	

O TEMPO DECORRIDO ENTRE OS 30 PÉS NA ÁGUA E OS 40 PÉS NA CÂMARA NÃO DEVE ULTRAPASSAR 5 (CINCO) MINUTOS

1 MIN e 20 SEG PARA VIR DOS 40 PÉS NA CÂMARA ATÉ A SUPERFÍCIE

TABELA DE DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE USANDO OXIGÊNIO

TABELA DE DESCOMRESSÃO NA SUPERFÍCIE USANDO CÁLCULO													
PROF	TTF	TPP	Paradas em ar na água (min)					Parada em O ₂			TTD		
Metros	Pés	min	min:s	m pés	18 60	15 50	12 40	9 30	IS	12 40	Superfície	min:s	
39	10	4:20			0	0	0	0		0		4:20	
	30	4:20			0	0	0	0		12		21:40	
	40	4:20			0	0	0	0		21		30:40	
130	50	3:20			0	0	0	3		29		41:40	
	60	3:20			0	0	0	5		37		56:40	
	70	3:20			0	0	0	7		45		66:40	
	80	3:00			0	0	6	7		51		78:40	
	90	3:00			0	0	10	12		56		92:40	
42	10	4:40			0	0	0	0		0		4:40	
	25	4:40			0	0	0	0		11		21:00	
	30	4:40			0	0	0	0		15		25:00	
	140	35	4:40			0	0	0	0		20		30:00
		40	3:40			0	0	0	2		24		36:00
		45	3:40			0	0	0	4		29		43:00
		50	3:40			0	0	0	6		33		54:00
		55	3:40			0	0	0	7		38		60:00
		60	3:40			0	0	0	8		43		66:00
		65	3:20			0	0	3	7		48		73:00
		70	3:00			0	2	7	7		51		82:00
	45	5	5:00			0	0	0	0		0		5:00
		25	5:00			0	0	0	0		13		23:20
30		5:00			0	0	0	0		18		28:20	
150		35	4:00			0	0	0	4		23		37:20
		40	3:40			0	0	3	6		27		46:20
		45	3:40			0	0	5	7		33		60:20
		50	3:20			0	2	5	8		38		68:20
55	3:00			2	5	9	4		44		79:20		
48	5	5:20			0	0	0	0		0		5:20	
	20	5:20			0	0	0	0		11		21:40	
	25	5:20			0	0	0	0		16		26:40	
	160	30	4:20			0	0	0	2		21		33:40
		35	4:00			0	0	4	6		26		46:40
		40	3:40			0	3	5	8		32		63:40
45	3:20			3	4	8	6		38		74:40		
51	5	5:40			0	0	0	0		0		5:40	
	20	5:40			0	0	0	0		13		24:00	
	25	5:40			0	0	0	0		19		30:00	
	170	30	4:20			0	0	3	5		23		42:00
		35	4:00			0	4	4	7		29		55:00
40	3:40			4	4	8	6		36		74:00		

O TEMPO DECORRIDO ENTRE OS 30 PÉS NA ÁGUA E OS 40 PÉS NA CÂMARA NÃO DEVE ULTRAPASSAR 5 (CINCO) MINUTOS

1 MIN e 20 SEG PARA VIR DOS 40 PÉS NA CÂMARA ATÉ A SUPERFÍCIE

TABELA DE DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE USANDO AR

PROF	TTF	TPP	Paradas em ar na água (min)				IS	Paradas na Câmara		TTD
			m	9	6	3		6	3	
Metros	Pés	min	min:s	pés	30	20	10	20	10	min:s
12	230	1:00					3		7	15:20
	250	1:00					3		11	19:20
	270	1:00					3		15	23:20
	300	1:00					3		19	27:20
15	120	1:20					3		5	13:40
	140	1:20					3		10	18:40
	160	1:20					3		21	29:40
	180	1:20					3		29	37:40
50	200	1:20					3		35	43:40
	220	1:20					3		40	48:40
	240	1:20					3		47	55:40
18	80	1:40					3		7	16:00
	100	1:40					3		14	23:00
	120	1:40					3		26	35:00
	140	1:40					3		39	48:00
60	160	1:40					3		48	57:00
	180	1:40					3		56	65:00
	200	1:20			3			3	69	81:30
21	60	2:00					3		8	17:20
	70	2:00					3		14	23:20
	80	2:00					3		18	27:20
	90	2:00					3		23	32:20
70	100	2:00					3		33	42:20
	110	1:40			3			3	41	53:50
	120	1:40			3			4	47	60:50
	130	1:40			3			6	52	67:50
	140	1:40			3			8	56	73:50
	150	1:40			3			9	61	79:50
	160	1:40			3			13	72	94:50
	170	1:40			3			19	79	107:50
24	50	2:20					3		10	19:40
	60	2:20					3		17	26:40
	70	2:20					3		23	32:40
	80	2:00			3			3	31	44:10
80	90	2:00			3			7	39	56:10
	100	2:00			3			11	46	67:10
	110	2:00			3			13	53	76:10
	120	2:00			3			17	56	83:10
	130	2:00			3			19	63	92:10
	140	2:00			26			26	69	128:10
	150	2:00			32			32	77	148:10
27	40	2:40					3		7	17:00
	50	2:40					3		18	28:00
	60	2:40					3		25	35:00
	70	2:20			3			7	30	47:30
90	80	2:20			13			13	40	73:30
	90	2:20			18			18	48	91:30
	100	2:20			21			21	54	103:30
	110	2:20			24			24	61	116:30
	120	2:20			32			32	68	139:30
	130	2:00			5	36		36	74	158:30

O TEMPO DECORRIDO ENTRE A ÚLTIMA PARADA NA ÁGUA E A PRIMEIRA PARADA NA CÂMARA NÃO DEVE EXCEDER A 5 (CINCO) MINUTOS

TABELA DE DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE USANDO AR

Metros pés	min	min:s	m pés	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		6 20	3 10	min:s
30	40	3:00						3			15	25:20
	50	2:40					3			3	24	37:50
	60	2:40					3			9	28	47:50
100	70	2:40					3			17	39	66:50
	80	2:40					23			23	48	101:50
	90	2:20				3	23			23	57	113:50
	100	2:20				7	23			23	66	126:50
	110	2:20				10	34			34	72	157:50
	120	2:20				12	41			41	78	179:50
33	30	3:20						3			7	17:40
	40	3:00					3			3	21	35:10
	50	3:00					3			8	26	45:10
110	60	3:00					18			18	36	80:10
	70	2:40				1	23			23	48	103:10
	80	2:40				7	23			23	57	118:10
	90	2:40				12	30			30	64	144:10
	100	2:40				15	37			37	72	169:10
36	25	3:40						3			6	17:00
	30	3:40						3			14	25:00
	40	3:20					3			5	25	41:30
120	50	3:20					15			15	31	69:30
	60	3:00				2	22			22	45	99:30
	70	3:00				9	23			23	55	118:30
	80	3:00				15	27			27	63	140:30
	90	3:00				19	37			37	74	175:30
	100	3:00				23	45			45	80	201:30
39	25	4:00						3			10	21:20
	30	3:40					3			3	18	32:50
	40	3:40					10			10	25	53:50
130	50	3:20				3	21			21	37	90:50
	60	3:20				9	23			23	52	115:50
	70	3:20				16	24			24	61	133:50
	80	3:00			3	19	35			35	72	172:50
	90	3:00			8	19	45			45	80	205:50
42	20	4:20						3			6	17:40
	25	4:00					3			3	14	29:10
	30	4:00					5			5	21	40:10
140	40	3:40				2	16			16	26	69:10
	50	3:40				6	24			24	44	107:10
	60	3:40				16	23			23	56	127:10
	70	3:20			4	19	32			32	68	164:10
	80	3:20			10	23	41			41	79	203:10
45	20	4:20					3			3	7	22:30
	25	4:20					4			4	17	34:30
	30	4:20					8			8	24	49:30
150	40	4:00				5	19			19	33	85:30
	50	4:00				12	23			23	51	118:30
	60	3:40			3	19	26			26	62	145:30
	70	3:40			11	19	39			39	75	192:30
	80	3:20		1	17	19	50			50	84	230:30

O TEMPO DECORRIDO ENTRE A ÚLTIMA PARADA NA ÁGUA E A PRIMEIRA PARADA NA CÂMARA NÃO DEVE EXCEDER A 5 (CINCO) MINUTOS

TABELA DE DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE USANDO AR

PROF TTF		TPP		Paradas em ar na água (min)					IS	Paradas na Câmara		TTD
metros	pés	min	min:s	m	15	12	9	6		6	3	
				pés	50	40	30	20		20	10	min:s
48	20	4:40						3		3	11	26:50
	25	4:40						7		7	20	43:50
	30	4:20					2	11		11	25	58:50
	40	4:20					7	23		23	39	101:50
160	50	4:00				2	16	23		23	55	128:50
	60	4:00				9	19	33		33	69	172:50
	70	3:40			1	17	22	44		44	80	217:50
51	15	5:00						3		3	5	21:10
	20	5:00						4		4	15	33:10
	25	4:40					2	7		7	23	49:10
	30	4:40					4	13		13	26	66:10
170	40	4:20				1	10	23		23	45	112:10
	50	4:20				5	18	23		23	61	140:10
	60	4:00			2	15	22	37		37	74	197:10
	70	4:00			8	17	19	51		51	86	242:10
54	15	5:20						3		3	6	22:30
	20	5:00					1	5		5	17	38:30
	25	5:00					3	10		10	24	57:30
	30	5:00					6	17		17	27	77:30
180	40	4:40				3	14	23		23	50	123:30
	50	4:20			2	9	19	30		30	65	165:30
	60	4:20			5	16	19	44		44	81	219:30
57	15	5:40						4		4	7	25:50
	20	5:20					2	6		6	20	44:50
	25	5:20					5	11		11	25	62:50
	30	5:00				1	8	19		19	32	89:50
190	40	5:00				8	14	23		23	55	133:50
	50	4:40			4	13	22	33		33	72	187:50
	60	4:40			10	17	19	50		50	84	240:50

O TEMPO DECORRIDO ENTRE A ÚLTIMA PARADA NA ÁGUA E A PRIMEIRA PARADA NA CÂMARA NÃO DEVE EXCEDER A 5 (CINCO) MINUTOS

CAPÍTULO 6

TRATAMENTO DA DOENÇA DESCOMPRESSIVA E DA SÍNDROME DA HIPERDISTENSÃO PULMONAR

6.1 - TRATAMENTO

O tratamento da Doença Descompressiva (DD) e da Síndrome da Hiperdistensão Pulmonar (SHP) é conduzido em três fases distintas: a primeira fase compreende o atendimento imediato, dispensado por ocasião das primeiras manifestações, e durante o transporte do paciente até o local onde está instalada a câmara de recompressão; a segunda, inclui o tratamento hiperbárico propriamente dito; e por fim, os cuidados pós-recompressão.

6.2 - CUIDADOS IMEDIATOS

6.2.1 - Síndrome da Hiperdistensão Pulmonar (SHP)

As primeiras manifestações da maioria dos casos de SHP ocorrem durante ou logo após a chegada à superfície de um mergulho. A prioridade nestes casos é a adoção de procedimentos de preservação da vida, enquanto são tomadas medidas para o rápido transporte até o local onde a câmara hiperbárica está situada. Com frequência, alteração do nível de consciência ocorre ainda na água, durante a subida do mergulhador à superfície, e os cuidados para a reversão de um quadro de afogamento se tornam prioritários. O resgate e manobras de ressuscitação cárdio-respiratória serão as primeiras medidas a serem adotadas. A maioria dos autores concorda que o paciente com suspeita de Embolia, deve ser colocado com a cabeça em posição mais baixa que o restante do corpo, e virada de lado para prevenir a aspiração de vômitos, sendo mantido nesta posição até ser pressurizado. As vias aéreas superiores devem ser mantidas permeáveis, podendo ser necessária a intubação endotraqueal, a ser realizada por médico ou, na falta deste, por pessoal qualificado.

6.2.2 - Doença Descompressiva

O problema inicial mais comum em relação à Doença Descompressiva é fazer o diagnóstico. O início pode ser insidioso e existe uma tendência a atribuir uma manifestação dolorosa da Doença Descompressiva Tipo I ou II a um trauma, com o intuito de se evitar procedimentos de recompressão desnecessários. Como fator complicador, a Doença Descompressiva pode ocorrer após mergulhos em que foi cumprida a Tabela de Limite sem Descompressão. A falta de especificidade e a benignidade dos primeiros sintomas

também dificultam o diagnóstico. O mergulhador freqüentemente, negligência sintomas tais como artralguas leves, fadiga profunda ou lesões cutâneas, achando que desaparecem com o tempo, provavelmente não necessitando de tratamento. No entanto, 20 a 30% dos casos de Doença Descompressiva Tipo I não tratados podem progredir para Doença Descompressiva Tipo II, com sintomas neurológicos.

6.3 - TRATAMENTO DURANTE O TRANSPORTE

6.3.1 - Suporte de vida

Manobras de ressuscitação cárdio-pulmonar devem ser instituídas, se necessário for. O paciente deve ser colocado em decúbito lateral, com a cabeça mais baixa, nos casos de embolia arterial cerebral, e mantido nesta posição até se encontrar na profundidade de tratamento. Deve-se ter em mente a prevenção da aspiração de vômitos e a manutenção de permeabilidade das vias aéreas superiores.

6.3.2 - Oxigênio

A administração de O₂ visa aumentar o aporte de oxigênio para os tecidos mal oxigenados, assim como eliminar tanto gás inerte quanto for possível. Para isto, 100% de O₂ deve ser administrado por máscara ou sonda endotraqueal. O oxigênio pode ser respirado contínua ou intermitentemente, por períodos de até 16 horas, durante o transporte até o local onde a câmara de recompressão encontra-se situada, sem riscos de intoxicação pulmonar. Mesmo que o paciente tenha melhora parcial ou total dos sintomas prévios durante o transporte, permanece a necessidade de tratamento hiperbárico, como se ainda tivesse os mesmos sintomas iniciais. Em caso de intoxicação por oxigênio, interromper o fornecimento desse gás até 15 minutos após o desaparecimento dos sintomas, retomando o tratamento no ponto onde foi interrompido. Caso os sintomas de intoxicação pelo O₂ reapareçam, deve-se repetir este procedimento. Um terceiro episódio consecutivo de intoxicação pelo O₂ implica na suspensão da administração deste gás por uma hora, sem extensão do tempo de aplicação da tabela. Se neste intervalo de tempo ocorrer uma diminuição de 10 pés na profundidade de tratamento, o paciente deve voltar a respirar oxigênio imediatamente. Na eventualidade de novo episódio de intoxicação pelo O₂, este só poderá ser novamente utilizado pelo paciente em uma profundidade de tratamento 10 pés mais rasa que a anterior. Neste caso é obrigatória a extensão da tabela.

6.3.3 - Líquidos

Bebidas não alcoólicas, tais como suco de frutas ou soluções eletrolíticas para hidrata-

ção oral, ou mesmo água, na quantidade de 1 litro na primeira hora, devem ser fornecidas a pacientes conscientes. Aqueles inconscientes, apresentando vômitos ou manifestações mais sérias que artralgia, devem receber hidratação venosa, a critério médico. Se houver descontrole da bexiga, com retenção da urina, ou urina "solta", deve-se fazer uso de sonda vesical, a critério médico.

6.3.4 - Medicamentos

Os medicamentos utilizados no tratamento do mergulhador acidentado são prescritos pelo médico hiperbárico, único profissional habilitado a fazê-lo, fugindo do escopo deste capítulo o detalhamento do tratamento.

6.3.5 - Comunicação

A câmara de recompressão para onde o paciente está sendo transportado deve estar pronta para a sua recepção, assim como a equipe que irá operá-la. Para isto deve ser estabelecido um contato telefônico prévio com o serviço hiperbárico.

6.3.6 - Transporte

Um dos pontos mais importantes na determinação do sucesso no tratamento da Doença Descompressiva ou Embolia Traumática pelo Ar é a redução do tempo decorrido entre o início da sintomatologia e o tratamento hiperbárico. Se a distância é muito grande para ser percorrida por terra, a evacuação aérea deve ser empregada. O transporte aéreo pode produzir deterioração do paciente devido a uma adicional redução na pressão. Como a maioria dos aviões é pressurizada a 0,8 ata, vôos em tais aeronaves aumentará o tamanho das bolhas de gás, o que os contra-indica para o transporte desses pacientes. Algumas aeronaves podem ser pressurizadas a 1 ata, mesmo voando a altitudes de 18.000 pés (5.500 m), constituindo-se no meio de transporte ideal, diante da necessidade de evacuação aérea deste tipo de paciente.

Se o paciente é removido de helicóptero ou avião não pressurizado, os pilotos devem ser instruídos para voar tão baixo quanto possível, nunca a uma altitude superior a 1.000 pés.

Durante o transporte, o paciente deve estar recebendo O₂ a 100% e hidratação venosa.

6.4 - TRATAMENTO HIPERBÁRICO

O Tratamento da Doença Descompressiva e da Embolia Traumática pelo Ar se dá através da recompressão, que objetiva basicamente a redução do tamanho das bolhas arteriais, permitindo a desobstrução vascular, sua passagem através dos leitos capilares, e posterior

eliminação. Nenhuma outra medida terapêutica prescinde o tratamento hiperbárico. Entre 80 e 90% de todos os casos de Doença Descompressiva e Embolia Traumática pelo Ar respondem prontamente à recompressão e permanecem assintomáticos, mesmo quando o tratamento é ministrado com atraso.

Na Marinha do Brasil são utilizadas as Tabelas de Tratamento desenvolvidas pela “*US NAVY*” e amplamente testadas por diversas Marinhas. Existem basicamente dois tipos de tabelas: As que empregam oxigênio e as que empregam ar comprimido. Quando há disponibilidade de oxigênio, as tabelas que empregam este gás (5, 6, 6-A e 7) são preferíveis às tabelas que empregam somente ar (1-A, 2-A, 3 e 4). São várias as razões que concorrem para tal afirmativa:

- As tabelas a oxigênio são bem mais curtas que as que utilizam ar. Com isto o paciente é liberado mais cedo para receber outros tratamentos;
- O pessoal empregado na operação da câmara, inclusive o médico hiperbárico, se colocará em disponibilidade para outras tarefas mais cedo; e
- A utilização do oxigênio no tratamento propicia uma redução do edema cerebral do paciente, além de uma melhor oxigenação dos tecidos hipóxicos e menor risco de recorrência de Doença Descompressiva. Pacientes tratados tardiamente respondem melhor ao emprego das tabelas de oxigênio, com menor incidência de sintomas residuais ou recorrentes. Na profundidade máxima adotada por estas tabelas (60 pés), os indivíduos pressurizados não correm riscos de sofrerem narcose pelo N₂. A exceção fica por conta da tabela 6-A. As desvantagens das tabelas de O₂ são: risco de incêndio, de intoxicação do sistema nervoso central e do trato respiratório pelo oxigênio.

6.5 - RECEBIMENTO DO PACIENTE NO LOCAL DE INSTALAÇÃO DA CÂMARA HIPERBÁRICA

O mergulhador acidentado, atendido em tempo hábil quando o intervalo de tempo transcorrido entre o início da sintomatologia e o início do tratamento hiperbárico é menor que seis horas, e os que se encontram em estado grave devem ser rapidamente recomprimidos, após exame sumário, realizado por médico, visando aferir sinais vitais, observar alterações neurológicas e definir os procedimentos necessários para estabilizá-lo, o que deve ser feito antes da recompressão.

Os portadores de Embolia Traumática pelo Ar, que apresentam quadro clínico e neurológico estável, principalmente se já permaneceram mais de seis horas desde o início da sinto-

matologia sem tratamento adequado, deverão se submeter a um exame neurológico completo, efetuado por médico, assim como a exame radiológico do tórax. É importante determinar se este paciente é portador de pneumotórax, para que, em caso afirmativo, seja procedida uma drenagem torácica, permitindo uma descompressão livre da intercorrência de pneumotórax hipertensivo.

Os portadores de Doença Descompressiva, de modo geral, chegam ao local onde está situada a câmara hiperbárica algum tempo após o início do quadro clínico, em condições estáveis, de modo a permitir um exame físico mais minucioso.

Um paciente com artralgia moderada ou severa pode apresentar simultaneamente manifestações neurológicas, sem que se tenha apercebido de tal fato. É importante a realização de um exame neurológico detalhado neste mergulhador, antes de recomprimá-lo e avaliar a sua evolução, e se definir o perfil da tabela de tratamento.

A Doença Descompressiva pode manifestar-se, em uma fase inicial, com sintomas que desaparecem espontaneamente, seguindo-se de um recrudescimento tardio deste quadro clínico. Isto pode acontecer principalmente após a administração de O₂ a 100%, em condições normais de pressão. Diante de um caso desta natureza, deve-se tratar este paciente mesmo que a sintomatologia tenha regredido espontaneamente, ou mantê-lo sob rigorosa observação por várias horas, a critério médico.

6.6 - DESCRIÇÃO DAS TABELAS

6.6.1 - Tabela 5

Tabela de Tratamento com Oxigênio, para Doença Descompressiva Tipo I.

a) Indicações

- Tratamento de Doença Descompressiva Tipo I quando há alívio significativo dos sintomas dentro dos primeiros 10 minutos a 60 pés, e um exame neurológico completo é normal.
- Tratamento hiperbárico complementar de casos que apresentam sintomas residuais ou recorrentes.
- Casos de descompressão omitida, quando a profundidade na qual a omissão se deu, for igual ou inferior a 20 pés, e quando o intervalo de superfície se situa entre 1 e 5 minutos. Quando a omissão ocorre em profundidades superiores a 20 pés, por um período inferior a 30 minutos, sendo o intervalo de superfície menor que 5 minutos, recomprime-se o mergulhador com a tabela 5. Caso a parada para descompressão

omitida tenha sido a uma profundidade superior a 60 pés, recomprime-se o mergulhador até alcançar a profundidade da primeira parada para recompressão omitida, e daí ele permanece o dobro do tempo que cumpriria na água. A partir deste ponto, descomprime-se para 60 pés, sempre usando o dobro do tempo previsto nas paradas, e, após esta profundidade, emprega-se a tabela 5.

Velocidade de Compressão - 20 pés/minuto.

Velocidade de Descompressão - 1 pé/minuto. Não compensar possíveis atrasos. Em caso de adiantamento, compensar através da diminuição da velocidade.

Tempo de Permanência na Profundidade Máxima - computado após a chegada a esta profundidade.

Extensões da Tabela - caso o fornecimento de O₂ precise ser interrompido a 60 pés, mudar para tabela 6, ainda nesta profundidade.

TABELA 5 (135 minutos ou 2:15 h)

EMPREGO - sintomas leves de DD com alívio em menos que 10 minutos a 18 m (60 pés).

VELOCIDADE DE DESCIDA – 6,0 m/min (20 pés/min).

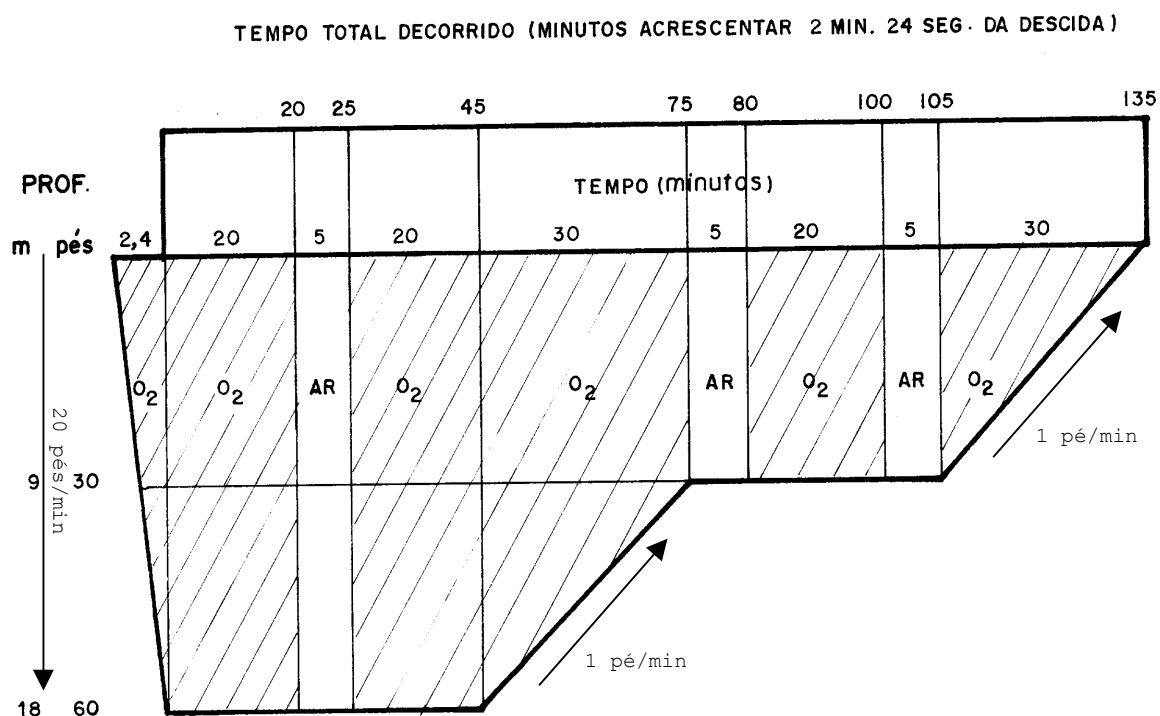
VELOCIDADE DE SUBIDA - 0,3 m/min (1 pé/min).

O tempo de descida não está incluído na parada de 18 m (60 pés).

Se houver uma interrupção da tabela, por intoxicação pelo O₂ a 18 m (60 pés), ao chegar a 9 m (30 pés) mudar para a Tabela 6.

O guia interno deve respirar ar todo o tempo a não ser que esteja fazendo mergulho de repetição ou a Tabela tenha que ser estendida, situação em que deverá respirar oxigênio nos últimos 30 minutos de subida.

Obs. Ver descrição detalhada da tabela nas páginas anteriores.



6.6.2 - Tabela 6

Tabela de Tratamento com Oxigênio, para Doença Descompressiva Tipo II.

a) Indicações

- Tratamento de Doença Descompressiva Tipo II e também da Doença Descompressiva Tipo I, quando não se obtém alívio completo ou significativo da sintomatologia, dentro dos 10 primeiros minutos de tratamento a 60 pés.
- Tratamento de mergulhadores com artralgia severa, o que determina a imediata recompressão sem possibilitar a realização de um exame neurológico.
- É a tabela escolhida no tratamento da Embolia Traumática pelo Ar, quando a recompressão for iniciada num prazo superior a 6 horas, a contar do início da sintomatologia.

matologia, desde que haja melhora sintomática após 60 pés.

- Empregada no tratamento diário de sintomas residuais ou recorrentes.
- É uma extensão da tabela 5, escolhida quando o paciente, durante a aplicação de oxigênio, apresenta intoxicação do sistema nervoso central, e há necessidade de interromper temporariamente a progressão da tabela.
- Emprega-se a tabela 6 no tratamento profilático do mergulhador que omite alguma etapa da descompressão. Esta indicação existe se a omissão se der numa profundidade igual ou inferior a 20 pés e com intervalo de superfície superior a 5 minutos. No caso da parada para descompressão ter sido omitida por um tempo inferior a 30 minutos, a uma profundidade superior a 60 pés, o mergulhador deverá ser recomprimido até a profundidade da primeira parada para descompressão omitida, e aí permanecer o dobro do tempo previsto nas paradas. De 60 pés em diante, utiliza-se a tabela 6, quando o intervalo de superfície for maior que 5 minutos. Quando a omissão da parada para descompressão totaliza um período superior a 30 minutos, e se dá numa profundidade superior a 20 pés, trata-se com a tabela 6, independente de qual seja o intervalo de superfície.

Velocidade de Compressão - 20 pés/minuto.

Velocidade de Descompressão - 1 pé/minuto. Não compensar possíveis atrasos. Em caso de adiantamento, compensar através da diminuição da velocidade.

Tempo de Permanência na Profundidade Máxima - computado após a chegada a esta profundidade.

Extensões da Tabela - a Tabela 6 deve ser estendida a 60 pés se houver persistência de sintomas, após o cumprimento do terceiro e último período de oxigênio. Esta extensão compreende até dois períodos adicionais de 25 minutos a 60 pés (20 minutos de O₂ e 5 minutos de ar). Se o paciente ainda apresenta sintomas residuais a 30 pés, a extensão da tabela nesta profundidade, deve ser considerada, em até dois períodos adicionais de 75 minutos (60 minutos de O₂ e 5 minutos de ar). A extensão pode também ser executada nas duas profundidades, durante o mesmo tratamento, num total de 3 ou 4 extensões.

TABELA 6 (285 minutos ou 4:45 h)

EMPREGO - sintomas sérios de DD, sintomas leves quando o alívio só é obtido com mais de 10 minutos a 18 m (60 pés) e casos especiais de ETA e descompressão omitida.

VELOCIDADE DE DESCIDA - 7,5 m/min (20 pés/min).

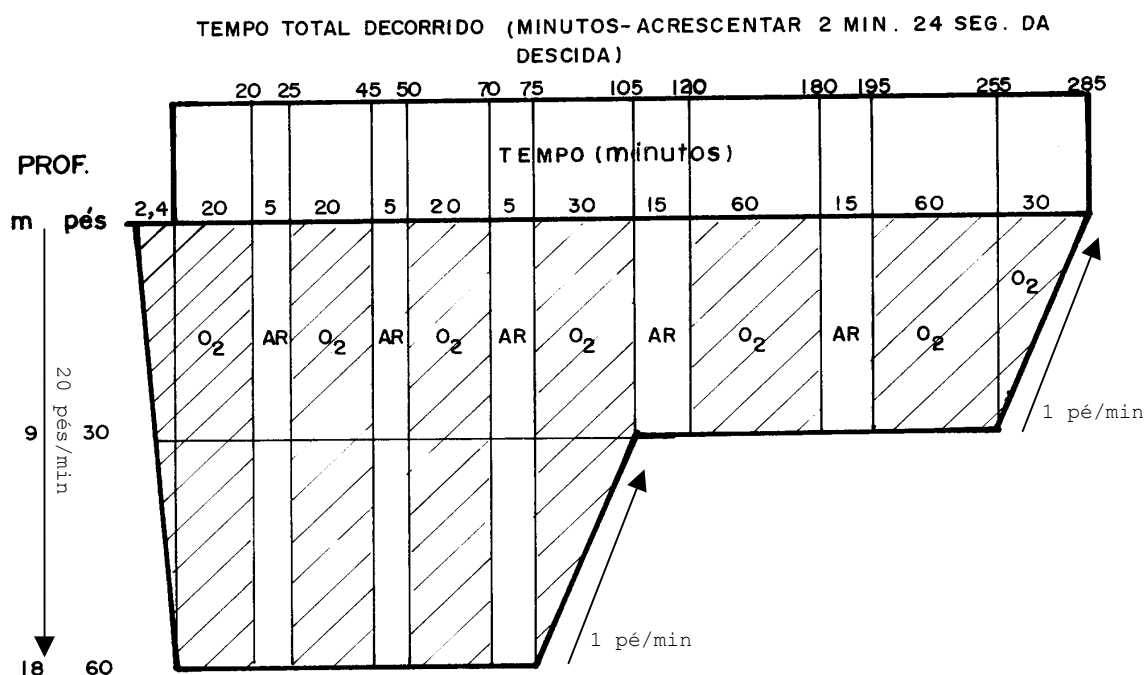
VELOCIDADE DE SUBIDA - 0,3 m/min (1 pé/min).

O tempo de descida não está incluído na parada de 18 m (60 pés).

O guia interno deve respirar ar todo o tempo a não ser que esteja fazendo mergulho de repetição ou a Tabela tenha que ser estendida, situação em que deverá respirar oxigênio nos últimos 30 minutos de subida.

Esta Tabela admite quatro extensões: a 18 m (60 pés) duas extensões de períodos de oxigênio e a 9 m (30 pés) períodos de oxigênio adicional.

Obs. Ver descrição detalhada da tabela nas páginas anteriores.



6.6.3 - Tabela 6-A

Tabela de Tratamento com Oxigênio, para Embolia Traumática pelo Ar.

a) Indicações

- Tratamento da Embolia Traumática pelo Ar, quando o intervalo entre o início da sintomatologia e a recompressão é menor que 6 horas, e o alívio completo dos sintomas é obtido dentro dos 30 minutos iniciais na profundidade de 165 pés.
- Utilizada também quando o diagnóstico diferencial entre Doença Descompressiva grave e Embolia Traumática pelo Ar é impossível de ser realizado.

Velocidade de Compressão – 20 pés/min.

Velocidade de Descompressão - dos 165 aos 60 pés: 26 pés/minuto (o que consome 4

minutos). A partir dos 60 pés: 1 pé/minuto. Não compensar possíveis atrasos. Em caso de adiantamento, compensar através da diminuição da velocidade.

Tempo de Permanência na Profundidade Máxima - inclui o tempo gasto na compressão.

Extensões da Tabela - em alguns casos, observa-se remissão completa da sintomatologia ao término do período de 30 minutos a 165 pés, que, no entanto, reaparecem durante a subida para 60 pés, sob a forma de dormências ou diminuição da força muscular. As extensões previstas para esta tabela visam corrigir estas recorrências, podendo ser repetidos até dois períodos adicionais de 25 minutos (20 minutos de O₂ e 5 minutos de ar), a 60 pés, e/ou até dois períodos adicionais de 75 minutos (60 minutos de O₂ e 15 minutos de ar), a 30 pés.

Pacientes que tiveram o tratamento iniciado de maneira ideal, com menos de 6 horas de manifestação do quadro clínico, e que apresentam pouca ou nenhuma modificação da sintomatologia, após 30 minutos de tratamento, devem permanecer por mais 90 minutos na profundidade de 165 pés sendo descomprimidos pela tabela 4.

TABELA 6-A (350 minutos ou 5:50 h)

EMPREGO - ETA quando o alívio ocorre até 30 min a 50 m (165 pés).

VELOCIDADE DE DESCIDA – 20 pés/min.

VELOCIDADE DE SUBIDA - de 50 m (165 pés) a 18 m (60 pés) – (3 pés/min); de 18 m (60 pés) a 9 m (30 pés) e daí à superfície - 0,3 m/min (1 pé/min).

O tempo de descida está incluído no tempo de fundo.

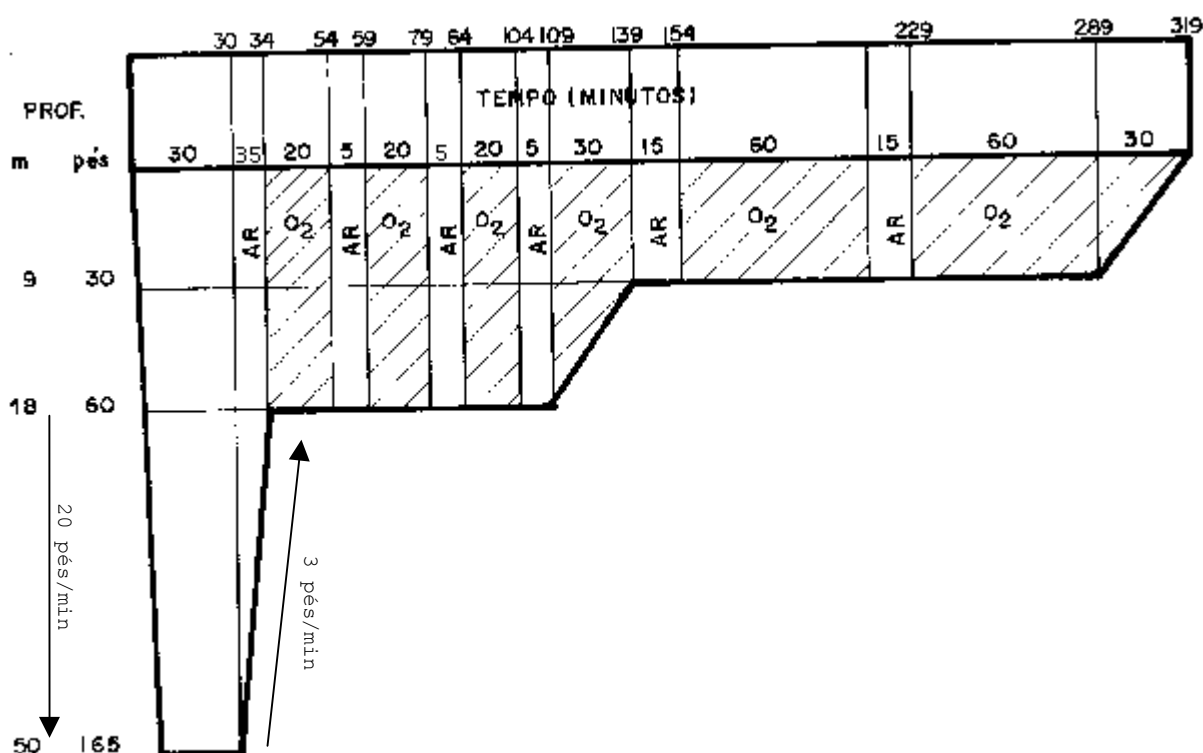
O guia interno deve respirar ar todo o tempo a não ser que esteja fazendo mergulho de repetição ou a Tabela tenha que ser estendida, situação em que deverá respirar oxigênio nos últimos 30 minutos de subida.

Esta Tabela admite quatro extensões de oxigênio:

- 18 m (60 pés) dois períodos de O₂ 20 min e AR 5 min; e/ou

- 9 m (30 pés) dois períodos de O₂ 60 min e AR 15 min.

Obs. Ver descrição detalhada da tabela nas páginas anteriores.



6.6.4 - TABELA 7

Tabela de Tratamento com Oxigênio e Ar para casos graves de Doença Descompressiva e Embolia Traumática pelo Ar, sem remissão da sintomatologia, com risco de vida ou permanência de seqüelas graves.

a) Indicações

Empregada somente quando não houver remissão de sintomas graves, ou havendo

risco de vida ou de permanência de graves seqüelas, sendo extensão da aplicação inicial de uma tabela 6, 6-A ou 4. São exemplos de condições nas quais um paciente seria submetido a uma tabela 7: paralisias graves, coma e parada respiratória. Paciente que apresente formigamentos, anestésias, fraqueza muscular ou disfunção da bexiga não acompanhada por paralisias, provavelmente não necessitarão ser tratados com tabela 7, uma vez que estes sintomas residuais respondem bem ao tratamento hiperbárico diário.

Pacientes portadores de Doença Descompressiva tipo II e Embolia Traumática pelo Ar, em estado gravíssimo, que se submetem a tratamento hiperbárico com um atraso significativo (mais de 6 horas), tem grande possibilidade de apresentarem uma evolução ruim na profundidade de tratamento, devendo-se nestes casos, optar pela aplicação da tabela 7.

Velocidade de Compressão - se no momento em que se optar pela aplicação da tabela 7, a câmara estiver pressurizada a uma profundidade inferior a 60 pés, deve-se comprimir o paciente a esta profundidade, a uma velocidade de 25 pés por minuto para, aí então, ser iniciada a tabela.

Velocidade de Descompressão - a descompressão é feita na velocidade de 4 pés/minuto, descomprimindo-se 2 pés de cada vez. Dos 58 aos 40 pés o tempo de permanência em cada parada é de 40 minutos; dos 40 aos 20 pés este tempo é de 60 minutos e desta profundidade até os 4 pés, leva-se 120 minutos em cada parada. Na profundidade de 4 pés, a permanência é de 4 horas. Daí até a superfície, descomprime-se numa velocidade de 1 pé por minuto. O tempo de permanência em cada parada inclui o tempo gasto para descomprimir da parada anterior até a parada em foco.

Comentários:

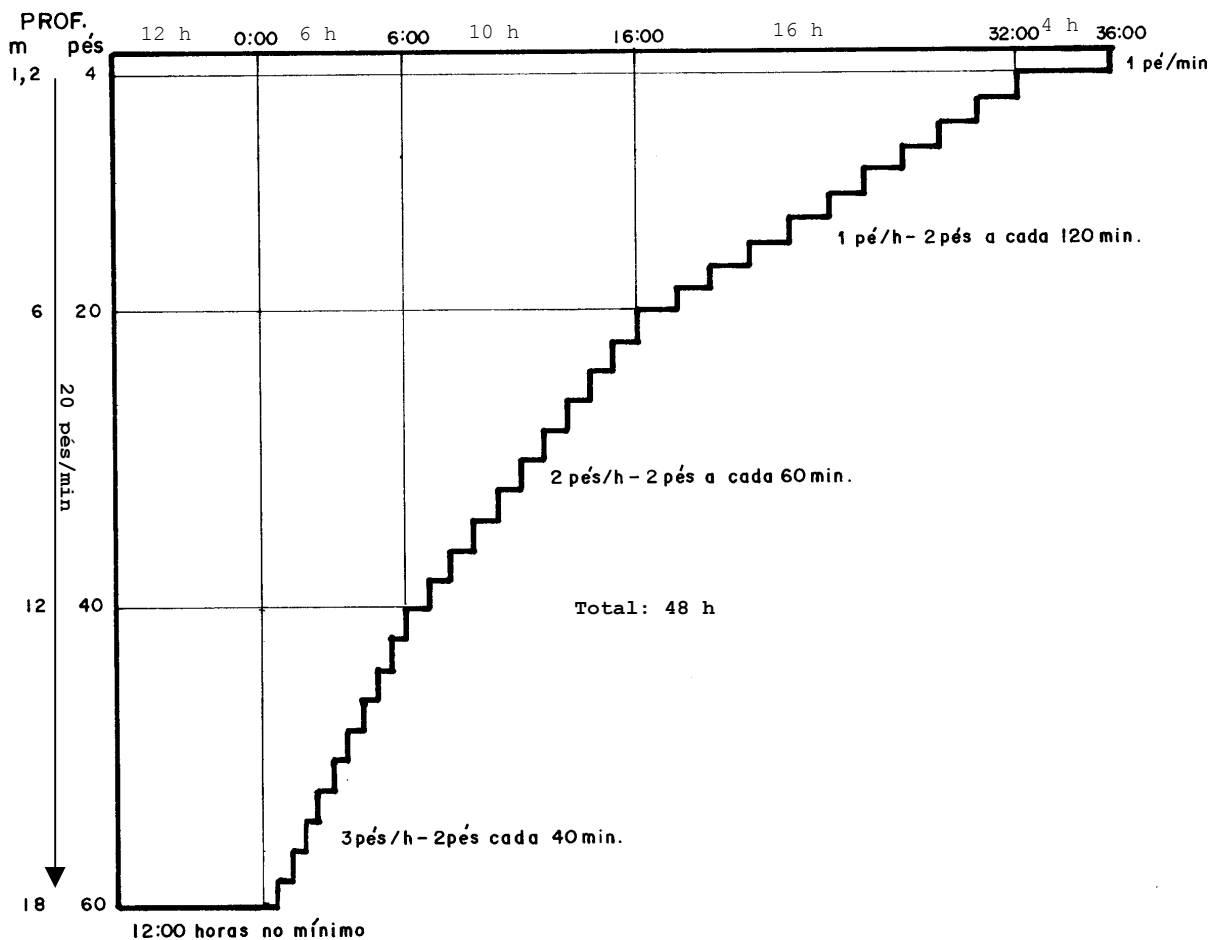
O tempo de tratamento a 60 pés nesta tabela é de, pelo menos, 12 horas, incluindo-se aí o tempo já empregado durante a adoção inicial de outras tabelas (4, 6 ou 6-A). Doença Descompressiva Tipo II e Embolia Traumática pelo Ar grave podem apresentar uma significativa piora nas primeiras horas, devendo-se contudo, permanecer o tempo mínimo previsto para a profundidade de 60 pés. Se o paciente não apresentar melhoras no final das 12 horas, inicia-se descompressão. Um paciente que apresente evolução satisfatória, deve permanecer na profundidade de 60 pés pelo período julgado necessário pelo médico hiperbárico, baseado na remissão do quadro clínico.

O fornecimento de O₂, que deve ser iniciado tão logo possível na profundidade de 60 pés. É feito de maneira descontínua, em períodos de 25 minutos, intervalos com 5 minutos de ar. Normalmente, após 4 períodos de oxigênio, são cumpridas 2 horas ininterruptas de ar. O número total mínimo de períodos de O₂ a serem respirados pelo paciente, é de oito períodos de 25 minutos, acompanhados dos respectivos períodos de ar. O número máximo será determinado pelo médico hiperbárico, em função da melhora apresentada pelo doente, e pela tolerância aos efeitos tóxicos do oxigênio. Caso o mergulhador acidentado sinta significativa dor e queimação retro-esternal, o fornecimento de O₂ deve ser interrompido, a não ser que o progresso observado seja de tal ordem que justifique a continuação da oxigenoterapia. Um paciente inconsciente deve receber, no máximo, 24 períodos de O₂.

Em alguns casos, a tabela 7 pode ser abortada, devendo-se, adotar procedimentos específicos a saber: se foram transcorridas menos de 12 horas desde o início do tratamento, a descompressão é realizada pela TPD. A partir dos 30 pés, todos os ocupantes da câmara devem respirar O₂ por períodos de 25 minutos, com intervalos de 5 minutos de ar, até que o tempo total de administração de O₂ seja pelo menos metade do tempo total de descompressão. Se tiverem sido transcorridas mais de 12 horas desde o início do tratamento, todo o esquema da tabela 7 deve ser adotado para descompressão, a não ser em casos de extrema emergência.

TABELA 7

Obs. Ver descrição detalhada nas páginas anteriores.



6.6.5 - TABELA 1-A

Tabela de Tratamento a Ar, para Doença Descompressiva Tipo I.

a) Indicações

- Não existe disponibilidade de O₂ e a dor é aliviada a uma profundidade menor que 66 pés.
- Também utilizada para tratar mergulhadores assintomáticos que omitiram uma parada para descompressão, em profundidade inferior a 20 pés, sendo o intervalo de superfície menor que 5 minutos; e para tratar aqueles que omitiram uma parada para descompressão a uma profundidade maior que 20 pés, quando o intervalo de superfície for menor que 5 minutos.

Velocidade de Compressão - 25 pés/minuto.

Velocidade de Descompressão - dos 100 aos 60 pés, 20 pés/minuto; dos 60 pés à superfície, 10 pés/minuto.

Tempo de Permanência na Profundidade Máxima - inclui o tempo gasto na descida.

TABELA 1-A (472 minutos ou 7:52 h)

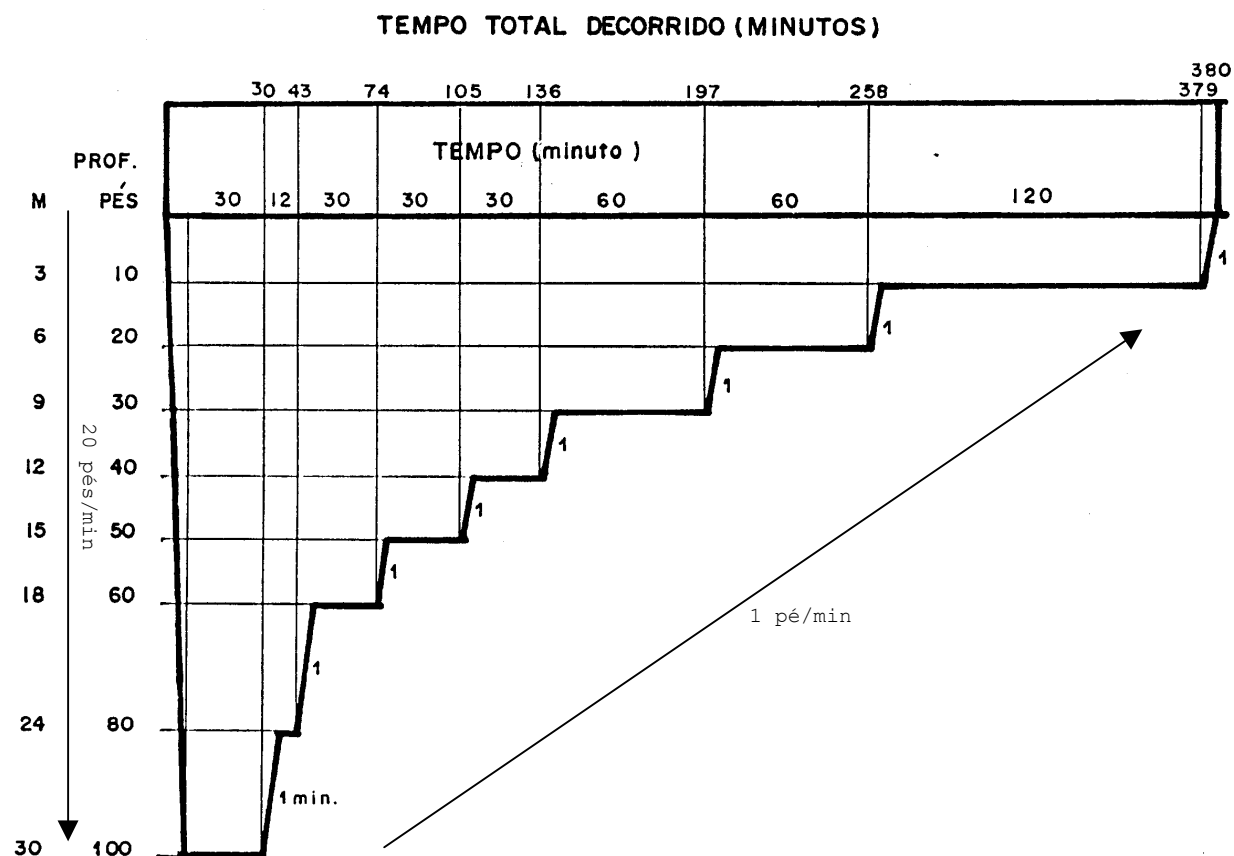
EMPREGO - sintomas leves de DD onde não seja possível aplicar oxigênio e o alívio ocorrer antes de ser atingida a profundidade de 20 m (66 pés).

VELOCIDADE DE DESCIDA – 6,6 m/min (20 pés/min).

VELOCIDADE DE SUBIDA - 1 minuto entre paradas, 1 pé/min.

O tempo a 30 m (100 pés) inclui o tempo de descida.

Ver descrição detalhada da tabela nas páginas anteriores.



6.6.6 - TABELA 2-A

Tabela de Tratamento a Ar, para Doença Descompressiva Tipo I

a) Indicações

- Tratamento da Doença Descompressiva Tipo I, quando não existe disponibilidade de O₂, e a dor é aliviada a uma profundidade igual ou maior que 66 pés.
- Utilizada no tratamento do mergulhador assintomático, que omitiu uma parada para descompressão em profundidade maior que 20 pés, sendo o intervalo de superfície maior que 5 minutos.

Velocidade de Compressão - 20 pés/minuto

Velocidade de Descompressão - dos 165 aos 140 pés, 25 pés/minuto; dos 140 aos 60 pés, 20 pés/minuto; e dos 60 pés à superfície, 10 pés/minuto.

Tempo de Permanência na Profundidade Máxima - inclui o tempo gasto na compressão.

TABELA 2-A (813 minutos ou 13:33 h)

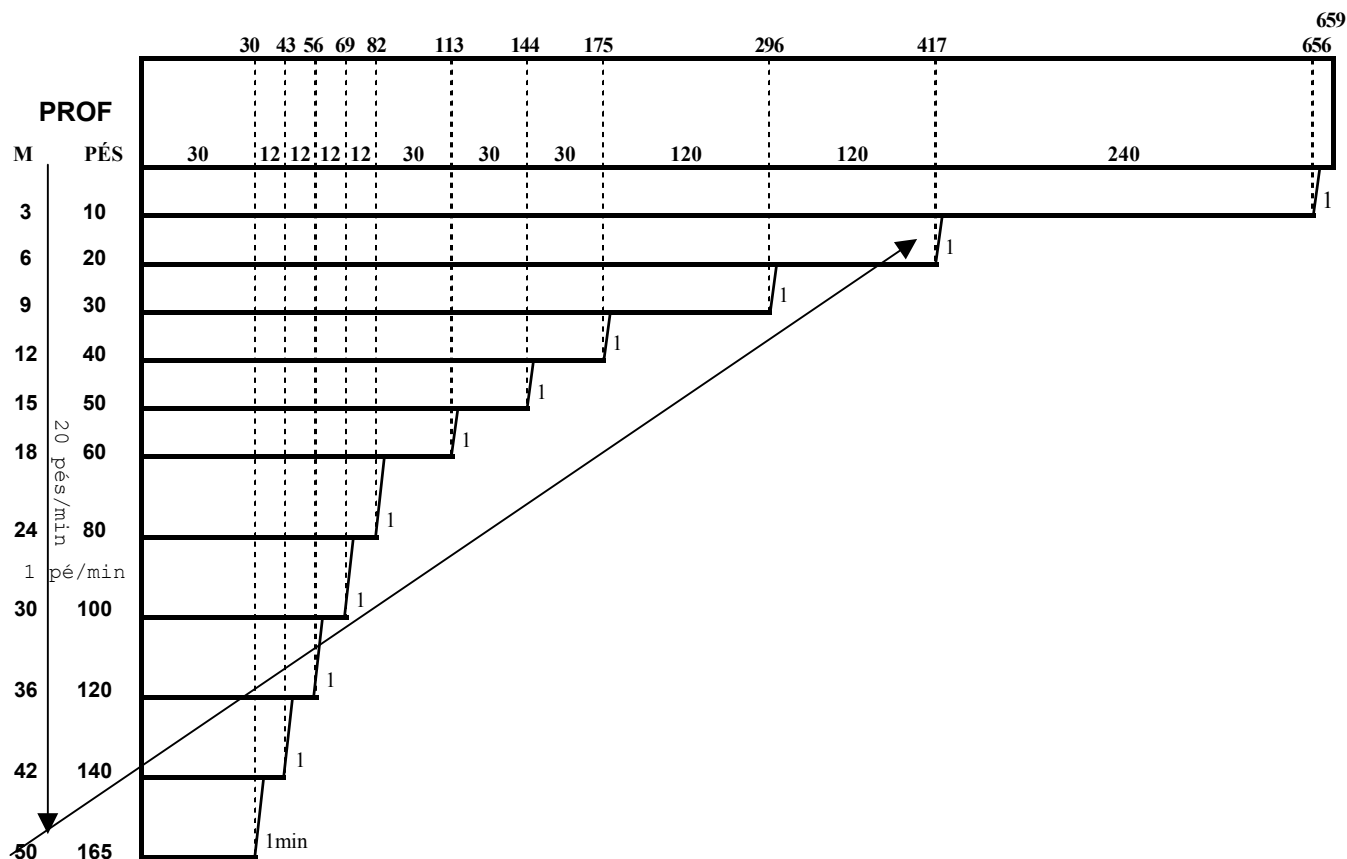
EMPREGO - sintomas leves de DD onde não seja possível aplicar oxigênio e o alívio ocorrer em profundidade maior que 20 m (66 pés).

VELOCIDADE DE DESCIDA – 6,6 m/min (20 pés/min).

VELOCIDADE DE SUBIDA - 1 minuto entre paradas, 1 pé/min.

O tempo a 50 m (165 pés) inclui o tempo de descida.

Obs. Ver descrição detalhada da tabela nas páginas anteriores.

TEMPO TOTAL DECORRIDO (MINUTOS)

6.6.7 - TABELA 3

Tabela de Tratamento a Ar, para Doença Descompressiva Tipo II ou Embolia Traumática pelo Ar.

a) Indicações

Tratamento de Doença Descompressiva Tipo II, ou Embolia Traumática pelo Ar, quando não existe disponibilidade de O₂ e os sintomas regridem nos primeiros 30 minutos de tratamento, a 165 pés.

Velocidade de Compressão – 20 pés/min.

Velocidade de Descompressão - dos 165 aos 140 pés, 25 pés/minuto; dos 140 aos 60 pés, 20 pés/minuto; e dos 60 pés à superfície, 10 pés/minuto.

Tempo de Permanência na Profundidade Máxima - inclui o tempo gasto na descida.

TABELA 3 (1293 minutos ou 21:33 h)

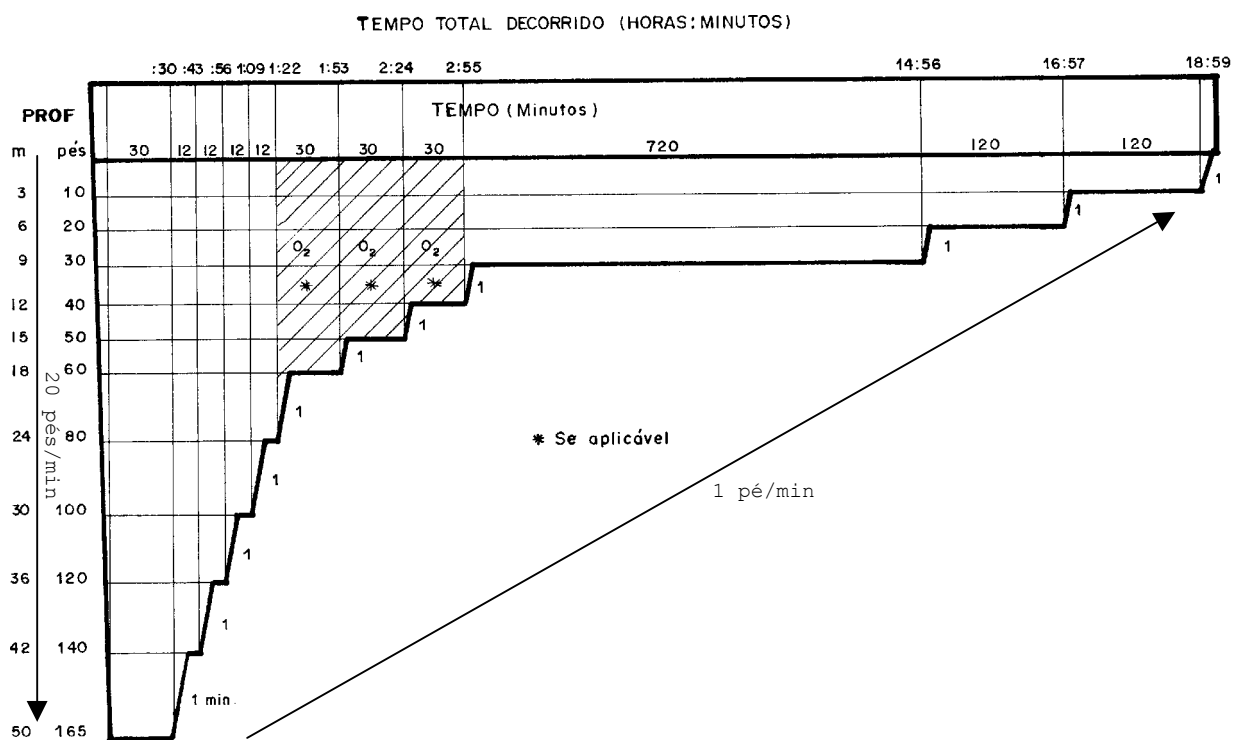
EMPREGO - ETA ou sintomas sérios de DD quando o alívio se dá antes de decorridos 30 minutos 50 m (165 pés).

VELOCIDADE DE DESCIDA – 20 pés/min.

VELOCIDADE DE SUBIDA - 1 minuto entre paradas, 1 pé/min.

O tempo a 50 m (165 pés) inclui o tempo de descida.

Obs. Ver descrição detalhada da tabela nas páginas anteriores.



6.6.8 - TABELA 4

Tabela de Tratamento a Ar, ou Ar e Oxigênio, para doença Descompressiva Tipo II ou Embolia Traumática pelo Ar.

a) Indicações

- Tratamento de Doença Descompressiva Tipo II ou Embolia Traumática pelo Ar, quando não existir disponibilidade de O₂.
- Tratamento de Doença Descompressiva Tipo II ou Embolia Traumática pelo Ar, quando não se observar alívio dos sintomas nos primeiros 30 minutos, na profundidade de 165 pés, a partir das tabelas 3 ou 6-A.
- Tratamento de Doença Descompressiva, quando ocorrer um agravamento dos sintomas durante a aplicação do primeiro período de O₂, na profundidade de 60 pés, da tabela 6, tendo este tratamento sido instituído de maneira precoce (menos de 6 horas após o início do quadro clínico).

Velocidade de Compressão – 20 pés/min.

Velocidade de Descompressão - dos 165 aos 140 pés, 25 pés/minuto; dos 140 aos 60 pés, 20 pés/minuto; dos 60 pés à superfície, 10 pés/minuto.

Tempo de Permanência na Profundidade Máxima - inclui o tempo gasto na descida.

Comentários:

Havendo disponibilidade de O₂, somente o médico hiperbárico poderá decidir pela utilização da tabela 4 e o oxigênio deverá ser administrado ao paciente no esquema de 25 minutos de O₂, com intervalos de 5 minutos de ar, a partir dos 60 pés de profundidade. No mínimo 4 períodos deste gás, intercalados com os respectivos períodos de ar, devem ser respirados pelo paciente na profundidade de 60 pés. Duas horas antes de deixar a profundidade de 30 pés, se inicia a utilização do O₂, aplicando-se, no mínimo, 8 períodos de 25 minutos intercalados com 5 minutos de ar.

TABELA 4

(39:06 horas – se 30 minutos a 65 pés a 40:36 h – se 2hs a 165 pés)

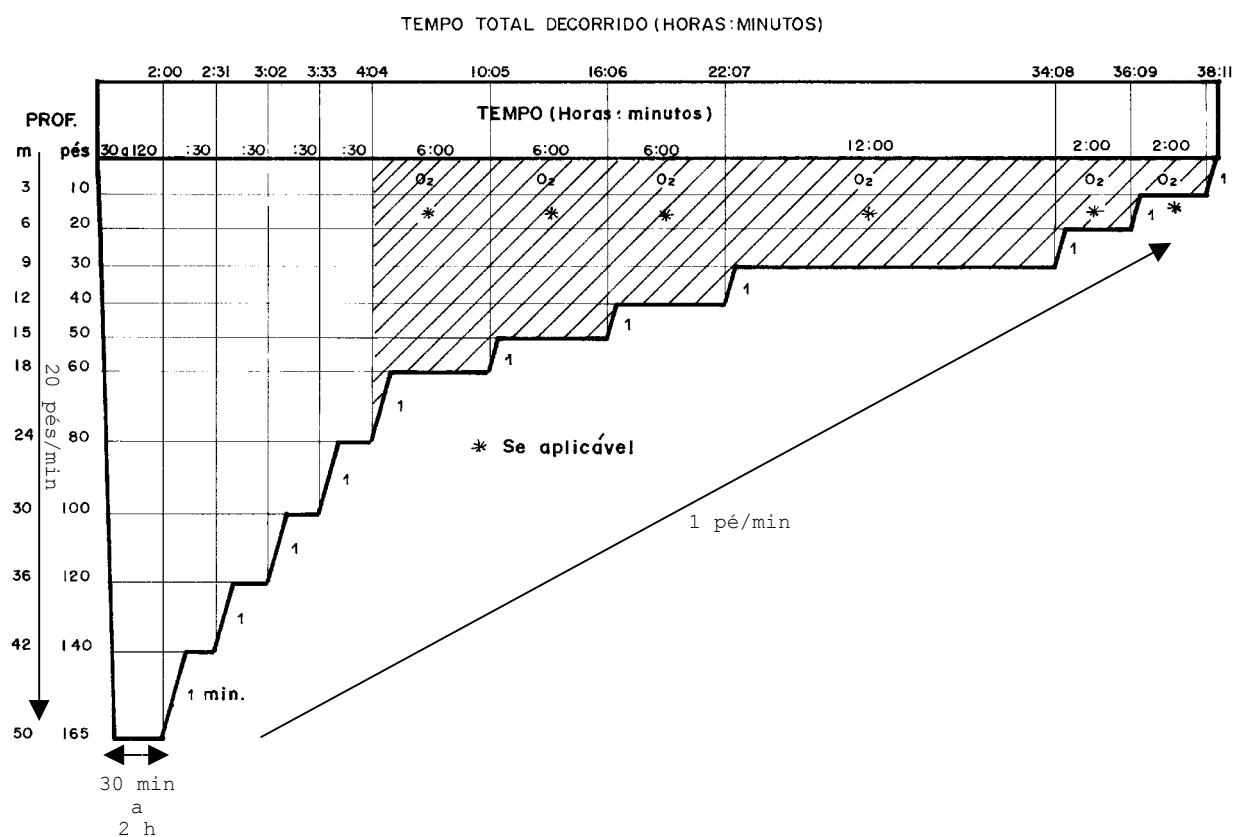
EMPREGO - ETA ou sintomas sérios de DD quando o alívio se dá com mais de 30 minutos a 50 m (165 pés).

VELOCIDADE DE DESCIDA – 20 pés/min.

VELOCIDADE DE SUBIDA - 1 minuto entre paradas, 1 pé/min.

O tempo a 50 m (165 pés inclui o tempo de descida e é no mínimo, 30 minutos, e no máximo 120 minutos.

Obs, Ver descrição detalhada da tabela nas páginas anteriores.



6.7 - TRATAMENTO SUPLEMENTAR

As providências terapêuticas que provavelmente mais contribuem para uma evolução satisfatória do paciente são aquelas executadas durante o transporte do acidentado até o local onde receberá o tratamento hiperbárico. Os pacientes que apresentam demora no recebimento do tratamento hiperbárico, devem ser vistos como portadores de sérias complicações, acometendo múltiplos órgãos. Cuidados intensivos, a serem dispensados durante a recompressão, incluem estudos diagnósticos e medidas terapêuticas determinadas pelo médico hiperbárico.

6.8 - TRATAMENTO DE OUTRAS SÍNDROMES DE HIPERDISTENSÃO PULMONAR

O enfizema mediastinal e o subcutâneo são patologias benignas que, na maioria das vezes, não trazem maiores problemas ao mergulhador. Os casos mais brandos são tratados com O₂ a 100%, respirado na superfície. Os casos mais severos podem ser tratados com recompressão, cuja profundidade de tratamento será aquela na qual o paciente apresenta alívio da sintomatologia. De modo geral, isto é obtido com 5 ou 10 pés de profundidade, sendo necessário uma hora de tratamento. A descompressão é cumprida usando uma tabela de descompressão a ar, observando-se a velocidade de subida de 1 pé/minuto.

O tratamento do pneumotórax é cirúrgico, por meio de drenagem torácica fechada. Diante da presença desta síndrome a recompressão é totalmente contra-indicada, sendo mandatória a realização da drenagem torácica antes do tratamento hiperbárico, quando este está indicado.

6.9 - TRATAMENTO DE MANIFESTAÇÕES RESIDUAIS OU RECORRENTES

Observa-se com frequência, após o tratamento de acidentados de mergulho atendidos tardiamente e, esporadicamente, após o tratamento de mergulhadores que foram recomprimidos em tempo hábil, a presença de sinais e sintomas residuais ou que reaparecem horas após o término do tratamento.

O tratamento hiperbárico repetitivo tem sido preconizado por diversos autores para resolução de sintomas residuais. Para tal emprega-se a tabela 5 duas vezes por dia, ou a tabela 6 diariamente. O reaparecimento de sintomas após o término do tratamento implica na adoção da tabela 5, em caso de manifestações osteomusculoarticulares, e no emprego da tabela 6, na vigência de outros sintomas, inclusive neurológicos.

A terapia hiperbárica deve ser mantida enquanto se observar melhoras durante a ministração do tratamento, podendo-se notar alguma piora entre as sessões, sem prejuízo da evolução.

6.10 - TRATAMENTO EM CASOS REFRATÁRIOS

No tratamento de casos que não estão evoluindo da maneira esperada, as extensões previstas devem ser adotadas, a fim de se obter os melhores resultados. Os casos em que a sintomatologia piora enquanto a descompressão é executada, devem ser recomprimidos e a tabela utilizada, estendida.

Um paciente grave, com deficiências motoras severas, submetido a um tratamento inicial com as tabelas 6 ou 6-A, na profundidade de 60 pés que, mesmo após as extensões previstas não melhora satisfatoriamente, ou até piora, deve ser submetido às tabelas 7 ou 4.

Um paciente com Embolia Traumática pelo Ar, que não responde ao tratamento com tabela 6-A, após terem sido transcorridos 30 minutos na profundidade de 165 pés, ou que piora quando deixa esta profundidade, deve ser submetido a uma das seguintes condutas:

- permanecer a 165 pés por um período de até 2 horas; se houver uma resposta satisfatória, descomprimir para 60 pés, obedecendo o perfil da tabela 4 e cumprir, a partir daí, a tabela 6, utilizando todas as extensões.
- utilizar uma mistura oxigênio-nitrogênio, na proporção 50/50 a 165 pés, de modo intermitente (com janelas de ar) por um período de até 2 horas. Este procedimento pode ser adotado todas as vezes em que se empregar a tabela 6-A. Estas misturas são quase equivalentes a respirar O₂ puro na profundidade de 60 pés.

6.11 - EQUIPE DE OPERAÇÃO DA CÂMARA HIPERBÁRICA

6.11.1 - Supervisor de Mergulho

Responsável pelo cenário da operação

6.11.2 - Guia Externo Nº 1

Responsável pelo suprimento de gás, ventilação, admissão e exaustão da câmara.

6.11.3 - Guia Externo Nº 2

Responsável pelo registro do perfil do mergulho, controle e registro dos períodos e velocidades de descompressão, permanência nas paradas, da evolução do paciente e anotação de outras observações, assim como pela comunicação com os ocupantes da câmara.

6.11.4 - Guia Interno

Indivíduo familiarizado com o diagnóstico e o tratamento de acidentes de mergulho. Dentro da câmara o Guia Interno se certifica de que o paciente está deitado sem flexionar as extremidades, de modo a permitir um livre fluxo sanguíneo. O Guia Interno fecha a escotilha por dentro e pressuriza a câmara na razão de 25 pés/minuto (no caso de DD), ou tão rápido quanto for suportável para todos os ocupantes da câmara, em função da equalização das cavidades aéreas. O Guia Interno é responsável pela monitoração do paciente para observação de sinais de alívio ou piora da sintomatologia e pela comunicação com o pessoal situado fora da câmara. Administra primeiros socorros ao paciente, se necessário, assim como fornece O₂ ao mesmo; providencia o uso de abafadores de ruído pelo pessoal no interior da câmara; aplica medicamentos, checka os sinais vitais; etc.

Acompanhando portadores de Doença Descompressiva do tipo I, é necessário apenas um Guia Interno qualificado. No caso de portadores de Doença Descompressiva tipo II e Embolia Traumática pelo Ar, pode ser necessário o ingresso de pessoal médico (médico hiperbárico/enfermeiro) na câmara. O médico hiperbárico pode entrar e sair da câmara sempre que preciso for, mas não deve permanecer no seu interior durante todo o tempo de aplicação da tabela, a fim de melhor dirigir o tratamento.

Se o Guia Interno estiver respirando O₂ em profundidades superiores a 30 pés, um segundo Guia Interno, que respirará somente ar, deverá ingressar na câmara. Na eventualidade da aplicação da tabela 7, são necessários dois Guias Internos, às vezes três, em caso de pacientes muito graves.

6.12 - UTILIZAÇÃO DE O₂ PELOS GUIAS INTERNOS DURANTE TRATAMENTOS HIPERBÁRICOS

Durante o emprego da tabela 5, o Guia Interno deve respirar ar durante todo o tempo, exceto se houver se exposto à pressão nas 12 horas que antecederam o tratamento, situação em que deverá respirar O₂ durante os últimos 20 minutos na profundidade de 30 pés e nos 30 minutos finais da tabela, durante a descompressão até à superfície.

Por ocasião da aplicação da tabela 6, caso seja estendida somente uma vez, ou a 60 ou a 30 pés, o Guia Interno deve respirar O₂ aos 30 pés, durante os últimos 30 minutos do último período de administração de O₂ ao paciente (30 minutos) e durante a descompressão, dos 30 pés até a chegada à superfície. Se mais de uma extensão é feita, e/ou houve exposição do Guia Interno à pressão nas 12 horas que antecederam o tratamento, ele deve respirar O₂

nos últimos 90 minutos do tratamento. Se o Guia Interno se submeteu a mais de uma exposição a ambiente hiperbárico nas 12 horas que precederam o tratamento, este deve respirar O₂ nos dois períodos de 60 minutos em que se emprega este gás nos 30 pés, e durante a descompressão até a superfície.

O Guia Interno que acompanha um tratamento pela tabela 6-A, deve respirar oxigênio nos últimos 30 minutos de aplicação da tabela. No caso da mesma ser estendida ou ter havido exposição do Guia Interno à pressão nas 12 horas que antecederam a aplicação da tabela, o O₂ deve ser utilizado nos últimos 90 minutos de tratamento. Se o Guia Interno se submeteu a mais de uma exposição a ambiente hiperbárico nas 12 horas que precederam o tratamento, este deve respirar oxigênio nos dois períodos de O₂ previstos aos 30 pés, e durante a descompressão até à superfície.

Havendo disponibilidade de O₂ durante o emprego da tabela 4, oito períodos deste gás devem ser respirados, sendo que quatro períodos na profundidade de 30 pés e igual período durante a descompressão, dos 30 pés à superfície.

Durante a utilização da tabela 7 o Guia Interno respira ar durante toda a aplicação da tabela.

6.13 - MANEJO DAS INTOXICAÇÕES PELO OXIGÊNIO

Durante a utilização das tabelas que empregam oxigênio, os Guias Internos devem estar particularmente alertas para qualquer sinal ou sintoma de intoxicação do sistema nervoso central pelo O₂, manifestado pelo paciente. Na vigência desta ocorrência, deve-se imediatamente suspender o fornecimento de O₂ ao mesmo, e a tabela de tratamento é temporariamente interrompida neste ponto. Quinze minutos após a cessação dos sintomas pode-se reiniciar o tratamento com oxigênio, retomando-se a tabela a partir deste momento. Caso os sintomas de intoxicação pelo O₂ reapareçam, deve-se repetir este procedimento. Um terceiro episódio consecutivo de intoxicação pelo O₂ implica na suspensão da administração deste gás por uma hora, sem extensão do tempo de aplicação da tabela. Se neste intervalo de tempo ocorrer uma diminuição de 10 pés na profundidade de tratamento, o paciente deve voltar a respirar oxigênio imediatamente. Na eventualidade de novo episódio de intoxicação pelo O₂, este só poderá ser novamente utilizado pelo paciente em uma profundidade de tratamento 10 pés mais rasa que a anterior.

Os procedimentos acima descritos implicam na extensão das tabelas 6 e 6-A, conforme já descrito anteriormente. No caso de utilização da tabela 5, deve-se transformá-la em Tabela 6. Em se tratando das Tabelas 4 e 7, a interrupção no fornecimento de O₂ não implicará em

extensões destas tabelas.

Diante de um mergulhador intoxicado repetidas vezes pelo O₂, que ainda apresente sintomatologia referente ao acidente de mergulho de que foi vítima, o médico hiperbárico deve decidir entre nova tentativa de administração de O₂, pela manutenção da tabela de tratamento em curso, pela descompressão para uma profundidade mais rasa, ou mesmo pelo emprego de uma profundidade maior. A intoxicação do sistema nervoso central pelo O₂ é pouco provável de ocorrer em indivíduos em repouso, em profundidades iguais ou inferiores a 50 pés, e bastante improvável de acontecer em profundidades iguais ou inferiores a 30 pés, independente do nível de atividade exercida pelos indivíduos expostos a este gás. Contudo, pacientes com Embolia Traumática pelo Ar ou Doença Descompressiva tipo II grave podem apresentar uma sensibilidade exacerbada a este tipo de intoxicação.

Na vigência de crises convulsivas, o oxigênio deve ser interrompido, a pressão no interior da câmara deve ser mantida constante, para que se evite uma SHP, e o paciente deve ser protegido de traumas. A convulsão dura de poucos segundos a minutos após o paciente ter retornado a respirar ar, dando lugar a um estado de confusão mental.

A intoxicação pulmonar pelo O₂ é pouco provável de ocorrer durante a aplicação das tabelas 5, 6 e 6-A. No entanto, grandes quantidades de O₂ podem ser necessárias por ocasião do emprego da tabela 7 resultando num desconforto sentido ao final da respiração, que progride para uma dor severa em queimação na região retroesternal, observada em toda a fase inspiratória. Este fato, quando ocorre em pacientes que estão respondendo bem ao tratamento, é responsável pela interrupção do uso de oxigênio. Todavia, se o paciente apresenta ainda déficit neurológico importante, e vem evoluindo satisfatoriamente, ou apresenta uma deterioração por ocasião da interrupção do emprego de O₂, deve-se retomar o uso deste gás, enquanto for benéfico e suportável para este paciente. Neste caso pode haver necessidade de se procederem modificações no esquema inicial previsto de fornecimento de O₂, sempre executadas pelo médico hiperbárico.

6.14 - CUIDADOS PÓS-TRATAMENTO

6.14.1 - Permanência do paciente próximo à câmara de recompressão

Após o tratamento, os pacientes que se submeteram à tabela 5, e que se encontram assintomáticos, deverão permanecer nas imediações da câmara de recompressão por duas horas. Aqueles tratados com a tabela 6 e que apresentam alívio completo dos sintomas deverão ficar nas proximidades da câmara por seis (6) horas, sendo que estes perío-

odos de tempo poderão ser modificados pelo médico hiperbárico. De modo geral, todos os pacientes deverão permanecer a uma distância que poderá ser percorrida em, no máximo, 60 minutos do local onde foram recomprimidos, por 24 horas e deverão ser acompanhados durante este período.

Um paciente que apresenta sintomas residuais, poderá ser liberado, desde que acompanhado por alguém familiarizado com sua condição de saúde, que possa trazê-lo de volta ao local de instalação da câmara hiperbárica, se necessário.

Após o término do tratamento, os Guias Internos devem permanecer nas proximidades da câmara de recompressão por uma hora. No caso de ter sido empregada a tabela 4 ou 7, os Guias Internos deverão também permanecer a 60 minutos de distância da câmara de recompressão, pelo prazo de 24 horas.

6.14.2 - Retorno à atividade de mergulho

Portadores de DD tipo I que apresentam remissão total da sintomatologia após serem submetidos a uma tabela 5, podem retornar à atividade de mergulho 48 horas após o término do tratamento. Caso a utilização da tabela 6 tenha sido necessária, este período de afastamento da atividade de mergulho deverá ser de 7 dias, no mínimo.

Portadores de DD tipo II que apresentam remissão completa de sintomas neurológicos brandos, tais como alteração de sensibilidade (formigamento, por exemplo), podem reassumir a atividade de mergulho após 14 dias de afastamento, contados a partir do término do tratamento.

Mergulhadores que apresentaram comprometimento cardíaco-respiratório ou neurológico severo, só devem reassumir suas atividades após serem submetidos a exame médico, devendo permanecer afastados da atividade de mergulho por, pelo menos, 4 semanas.

Em caso de persistência de sintomas neurológicos (seqüelas), a atividade de mergulho deverá ser abandonada.

Portadores de ETA, com remissão completa após a aplicação da tabela de tratamento apropriada, devem permanecer 4 meses afastados da atividade de mergulho. A ocorrência de outra SHP (pneumotórax, pneumomediastino e enfizema subcutâneo), implica no afastamento da atividade de mergulho pelo período mínimo de 4 semanas.

Mergulhadores com sinais e sintomas neurológicos e ou de comprometimento cardíaco-respiratório, graves o suficiente para justificar o emprego das tabelas 4 ou 7, devem

permanecer afastados da atividade de mergulho por um prazo de 4 meses, ao final dos quais são submetidos à avaliação médica, executada com o intuito de avaliar se estes mergulhadores podem retornar a atividade de mergulho sem riscos.

Os Guias Internos que participaram de tratamentos nos quais foram utilizadas as tabelas 5, 6, 6-A, 1-A, 2-A ou 3 devem obedecer a um intervalo de superfície de 12 horas, no mínimo, antes de executar mergulhos sem descompressão, e de 24 horas, nos casos que exijam descompressão.

Guias Internos de tratamentos envolvendo as tabelas 4 e 7, devem cumprir, pelo menos, 48 horas de intervalo de superfície, antes do próximo mergulho.

6.14.3 - Vôo após tratamento

Mergulhadores vítimas de DD tipo I, que apresentam remissão completa da sintomatologia após a aplicação das tabelas 1-A, 2-A, 5 ou 6, só devem voar após decorridas 24 horas do término do tratamento. A pacientes com DD tipo II e ETA, tratados com tabelas 3, 6 e 6-A só é permitido o vôo após 48 horas, contadas a partir do término do tratamento. Caso tenham sido empregadas com sucesso as tabelas 4 ou 7, o vôo só será permitido decorridas 72 horas do término do tratamento. Pacientes com sintomas residuais ou recorrentes devem respeitar o intervalo mínimo de 72 horas, desde o término do tratamento para voar, e, mesmo assim, acompanhados de um médico hiperbárico. Mergulhadores que tenham atuado como Guias Internos durante o emprego das tabelas 5, 6 e 6-A, podem voar após terem sido transcorridas 12 horas desde o término do tratamento. Após a conclusão de tabelas 4 e 7, os Guias Internos deverão aguardar 48 horas para poderem voar, sem riscos de DD.

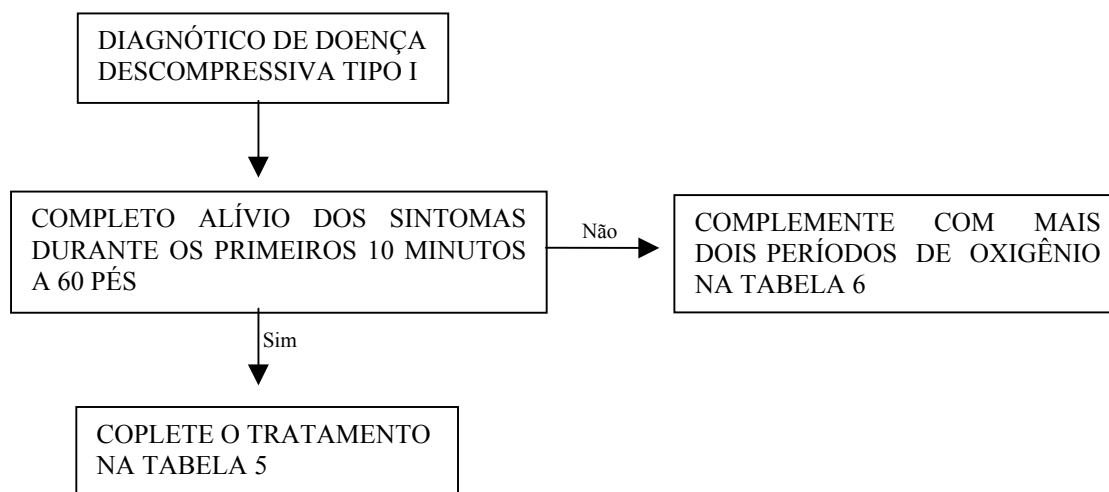
6.15 -PROCEDIMENTOS PARA DESCOMPRESSÃO OMITIDA – ASSINTOMÁTICA

Profundidade na qual Se deu a omissão	Intervalo de superfície	Procedimento
Prof ≤ 20 Pés	< 5 min > 5 min	Tab. 5 ou 1A Tab. 6 ou 2A
Prof > 20 Pés omitidos -30min	< 5 min > 5 min	Tab. 5 ou 1A Tab. 6 ou 2A
Prof > 20 Pés omitidos +30min	Qualquer	Tab. 6 ou 2A

**6.16 -SITUAÇÕES EM QUE O GUIA INTERNO RESPIRA OXIGÊNIO DURANTE
TRATAMENTO HIPERBÁRICO**

Ver quadro a seguir.

QUANDO HOVER			
TABELAS	SEMPRE	MERGULHO SUCESSIVO PARA O GUIA INTERNO	REALIZAÇÃO DE UMA EXTENSÃO
TABELA 5	- Aos 30 pés, durante o período de administração de O₂ ao paciente (20 min). - Durante a decompressão, dos 30 pés até a superfície (30 min).	- Aos 30 pés, durante o período de administração de O₂ ao paciente (20 min). - Durante a decompressão, dos 30 pés até a superfície (30 min).	
TABELA 6	- Aos 30 pés, durante os últimos 30 min do último período de administração de O₂ ao paciente (30 min). - Durante a decompressão, dos 30 pés até a superfície (30 min).	- Aos 30 pés durante os últimos 30 min. do penúltimo período de administração de O₂ e no último período de administração de O₂ ao paciente (60 min). - Durante a decompressão dos 30 pés até a superfície (30 min).	- Aos 30 pés, durante os últimos 30 min. do último período de administração de O₂ ao paciente (30 min). - Durante a decompressão dos 30 pés até a superfície (30 min).
TABELA 6A	- Aos 30 pés, durante o último período de administração de O₂ ao paciente (60 min). - Durante a decompressão, dos 30 pés até a superfície (30 min).	- Aos 30 pés, durante todo o penúltimo e último período de administração de O₂ ao paciente (60 min + 60 min). - Durante a decompressão, dos 30 pés até a superfície (30 min).	- Aos 30 pés, durante o último período de administração de O₂ ao paciente (60 min). - Durante a decompressão, dos 30 pés até a superfície (30 min).

TRATAMENTO DE DOENÇA DESCOMPRESSIVA TIPO I

Tradução: U.S. Navy Diving Manual revision 4, Revisado em 01 de março de 2001.

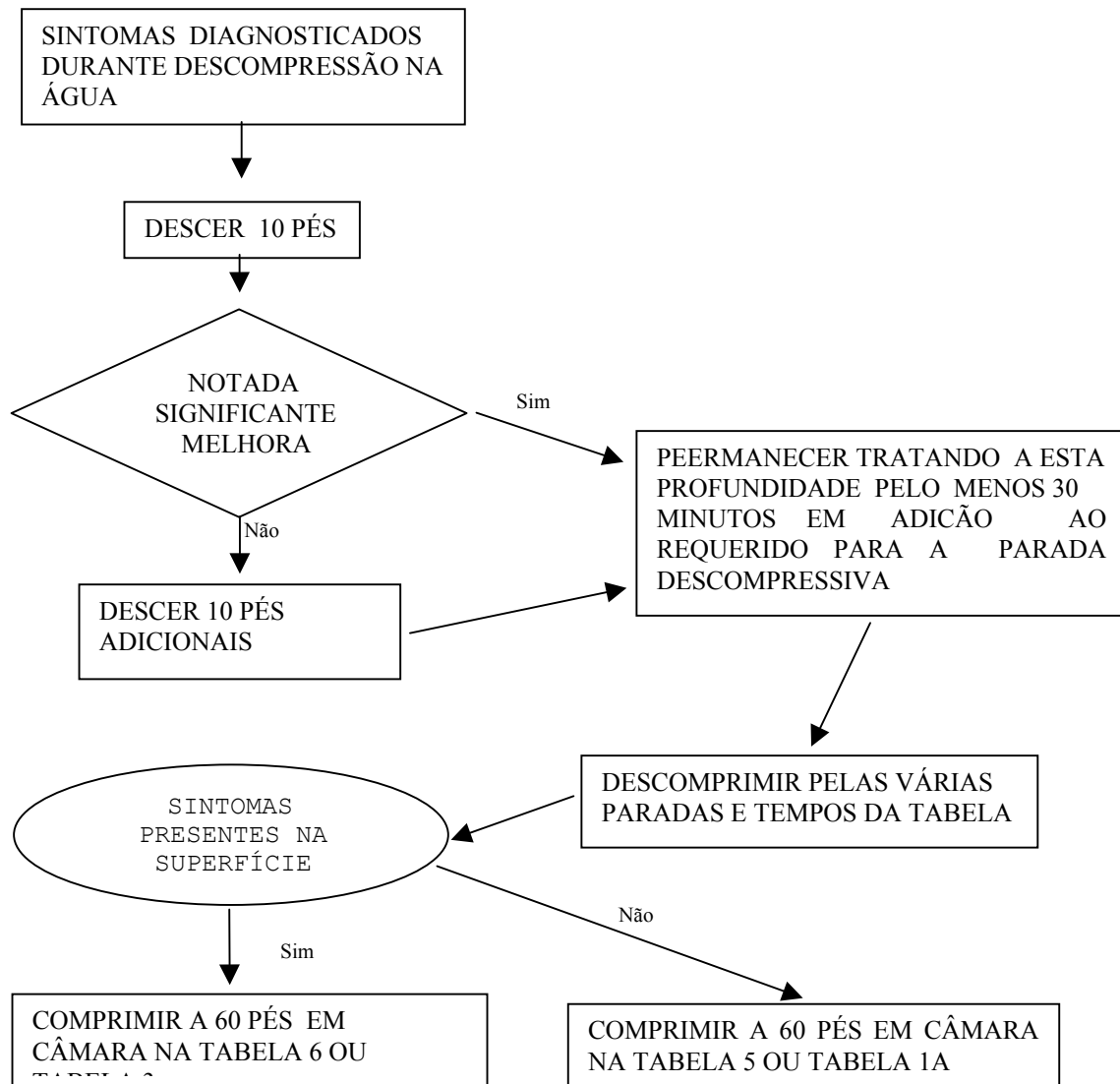
Obs: Baseado no livro “Hyperbaric Medicine Praticice”.

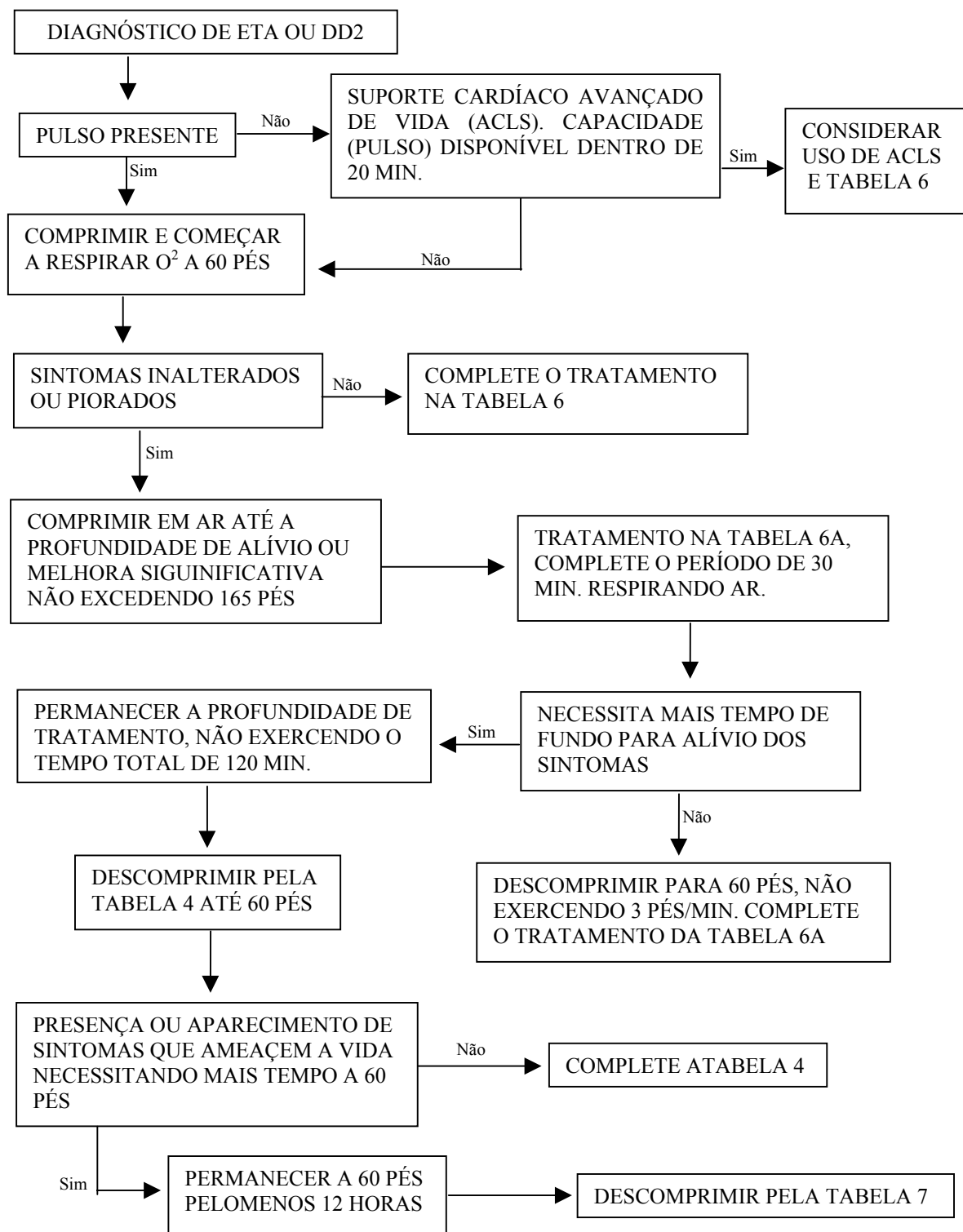
Autores: Eric Kindwall Md. e Harry Whelan, Md.

Edição: 1999.

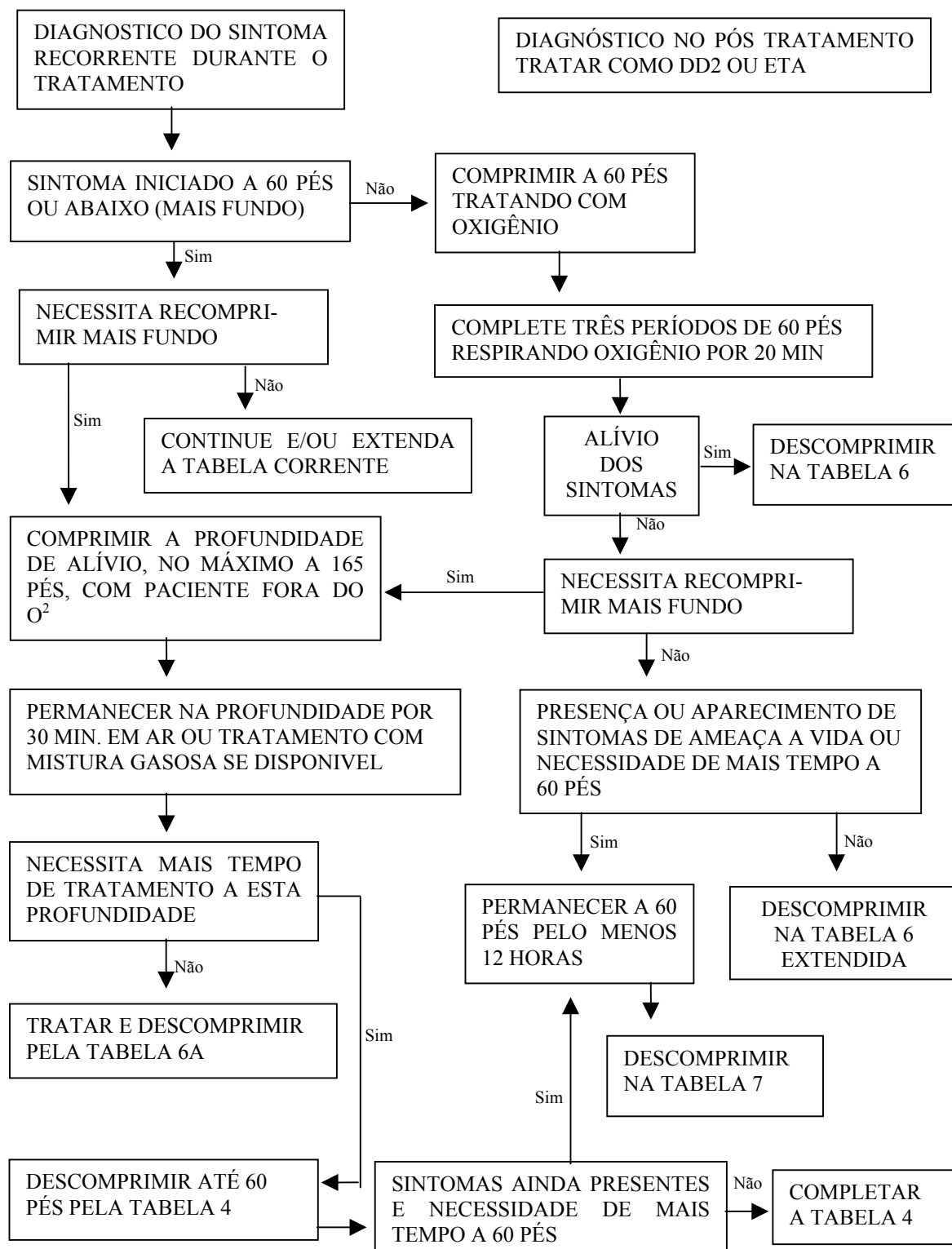
A tabela 6 deve ser considerada como primeira escolha para o tratamento de Doenças Descompressivas.

**TRATAMENTO DE DOENÇA OCORRIDA DURANTE UMA PARADA DE
DESCOMPRESSÃO NA ÁGUA**



TRATAMENTO DE DOENÇA DESCOMPRESSIVA TIPO 2**E****EMBOLIA ARTERIAL POR GÁS (ETA)**

TRATAMENTO DE DOENÇAS RECORRENTES



CAPÍTULO 7

EQUIPAMENTO AUTÔNOMO DE CIRCUITO ABERTO

7.1 - DENOMINAÇÃO

Denomina-se Equipamento Autônomo de Circuito Aberto todo aquele em que o gás necessário é levado pelo mergulhador em ampolas de alta pressão, sendo exalado após cada respiração, diretamente para o meio ambiente.

O mergulhador usando este equipamento, mais do que qualquer outro, deverá possuir um alto grau de segurança. Ele atuará independente de sua equipe de apoio, sem comunicação com a superfície, normalmente sem linha de vida e com limitado suprimento de ar. Habilidade, bom senso e capacidade de atuar corretamente em situações de emergência são fatores determinantes do seu sucesso. O mergulhador autônomo deverá ter confiança absoluta no seu equipamento e alto grau de adestramento e experiência, para que possa se concentrar no trabalho que irá realizar. Além disso, o cuidadoso cumprimento dos procedimentos de mergulho, como os que serão apresentados neste capítulo, garantirá que cada mergulho seja realizado com a máxima segurança e eficiência.

7.1.1 - Utilização

- Procuras;
- Inspeções;
- Pequenos reparos; e
- Operações clandestinas.

7.1.2 - Vantagens (comparado com o mergulho dependente)

- Rapidez em equipar;
- Portátil;
- Estrutura mínima de apoio;
- Excelente mobilidade; e
- Pouco afetado pela natureza do fundo.

7.1.3 - Desvantagens (comparado com o mergulho dependente)

- Suprimento limitado de gás;
- Resistência à respiração;
- Proteção física limitada; e
- Normalmente sem comunicação oral ou de qualquer espécie com a superfície.

7.1.4 - Considerações operacionais**a) Limites de emprego**

- profundidade normal de trabalho: 18 metros (por 60 minutos);
- profundidade máxima de trabalho: 39 metros (por 10 minutos); e
- correntada máxima suportável: 1 nó.

b) Apoio adequado

- equipe mínima: quatro mergulhadores qualificados para a atividade de mergulho, distribuídos da seguinte forma: uma dupla para mergulhar, um mergulhador reserva pronto para ser empregado e um mergulhador como supervisor do mergulho.
- embarcação miúda.

c) Equipamento / acessórios

- máscara facial;
- respirador (snorkel);
- conjunto de respiração (ampola de alta pressão com válvula reguladora);
- roupa de neoprene;
- cinto de pesos;
- colete salva-vidas (próprio para mergulho);
- faca;
- profundímetro;
- relógio; e
- um par de nadadeiras.

d) Qualificação mínima exigida

- ser qualificado em mergulho autônomo em curso reconhecido pela MB.

7.2 - EQUIPAMENTO / ACESSÓRIOS

O equipamento é composto basicamente pelo conjunto de respiração e pelos acessórios. Dentre esses, alguns são obrigatórios e outros opcionais, embora indispensáveis em certas situações.

7.2.1 - Conjunto de respiração

É a parte mais importante do equipamento. Consiste do reservatório de ar de alta pressão e da válvula reguladora ou máscara facial completa. É o responsável pelo fornecimento de ar ao mergulhador. O primeiro, armazenando o ar. O segundo, permitindo ao mergulhador respirar normalmente na pressão ambiente.

a) Reservatório de Ar (ampolas)

Conhecido comumente como “*Aqualung*”, na realidade, nome de uma marca comercial. O aparelho é composto de uma ou mais ampolas de alta pressão, dotadas de válvulas adequadas ao recarregamento e ao acoplamento com a válvula reguladora.

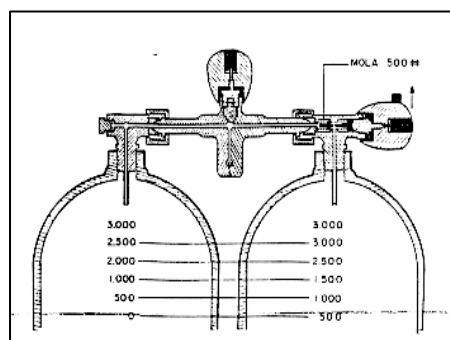
As ampolas são fabricadas em alumínio. As ampolas de aço já estão em desuso. Suas pressões de carga variam de 150 a 200 bar (2.250 a 3.000 psi).

Esta pressão, juntamente com a pressão de teste, número de série do fabricante, data de fabricação, teste inicial, capacidade, volume interno, estão normalmente gravadas nas ampolas. Nela, também, devem ser gravadas as datas de todos os testes hidrostáticos realizados. Existem ampolas de diversos volumes. Os volumes mais comuns são os de 72 e 80 pés cúbicos. Há também ampolas menores de 50, 63 e 68 pés cúbicos, todas com a mesma pressão de carga.

As ampolas de alumínio e as de aço (incluindo-se as câmaras hiperbárica e ampolas de armazenamento de misturas) deverão ser submetidas a teste hidrostático de acordo com as normas da ABNT e, jamais, deverão ser recarregadas com pressão superior a de carga.

A válvula ou piano de válvulas, conforme se trate de equipamento singelo ou múltiplo, possui formato tal que permite não só a carga como também, um acoplamento com a válvula reguladora. Este acoplamento é padronizado internacionalmente, de modo que as válvulas reguladoras, salvo raras exceções, servem em qualquer tipo de am-

pola. Na maioria dos equipamentos, existe uma válvula de reserva, tipo “J”, que corta o suprimento de ar para o mergulhador quando a pressão na ampola, na qual está instalada a válvula de reserva, chegar ao valor da pressão da mola desta.

*Fig. 7-1**Ampola de alta pressão**Fig. 7-2**Funcionamento esquemático
da válvula de reserva*

Dessa forma, funcionará como um alarme, avisando ao utilizador que o seu ar está acabando. Ele deverá abri-la manualmente para liberar o suprimento de ar bloqueado pela válvula reserva. Neste instante o mergulho deve ser interrompido. O valor dessa pressão é de 500 psi. Recomenda-se a manutenção periódica dessa válvula (em decorrência do desgaste de material, é necessário verificar a pressão real). No “*Aqualung*” duplo, após o acionamento da válvula de reserva, as ampolas equalizarão em 250 psi. No recarregamento, na verificação de pressão da ampola e no retorno do mergulho, deve-se ter atenção em manter a válvula de reserva aberta (alavanca para baixo), a fim de se obter uma correta leitura no manômetro. O piano com válvula tipo “K” não possui válvula de reserva. O valor da pressão da ampola poderá ser controlado por meio de um manômetro conectado ao primeiro estágio da válvula reguladora.

O piano de válvulas também possui uma válvula de segurança para cada ampola. Sua função é proteger a ampola contra o excesso de pressão e deverá atuar quando a pressão de carga ultrapassar a pressão nominal de trabalho da ampola.

As seguintes precauções de segurança deverão ser tomadas em relação à ampola:

- não altere ou modifique qualquer componente;
- não exceda a pressão de carga;
- não exponha a ampola a temperaturas superiores a 54,4°C (130°F);
- mantenha longe do alcance de crianças;
- ampola reparada ou exposta a temperaturas elevadas deverá, obrigatoriamente, ser testada hidrostaticamente;
- não use tinta cáustica na pintura.
- ampola de alumínio exposta à ação de chamas ou calor superior a 176,6°C (350°F) deverá ser retirada de serviço e condenada;
- as válvulas e dispositivos de segurança deverão ser removidos e recolocados por pessoal habilitado;
- substitua a válvula de segurança somente por outra fornecida pelo próprio fabricante;
- não recarregue com gases diferentes daqueles para o qual se destina, ou seja, ar para mergulho;
- verifique você mesmo a pressão da ampola antes de usá-la.

A ampola possui, normalmente, uma peça de metal ou plástico, denominada “*back-pack*”, que permite o seu transporte nas costas confortavelmente, sendo dotada de tirantes para a conveniente amarração ao redor do corpo. Todos os tirantes deverão ser atados com fivelas ou laçadas do tipo desengate rápido e são, normalmente, em número de três: um para cada ombro e um para cintura. Para proteção, é comum a instalação na parte inferior da ampola de uma peça chamada “bota”, feita de plástico ou borracha e de uma rede de “*nylon*” ou plástico para proteção da pintura no caso de batidas.

b) Válvula Reguladora

Tem por função fornecer ar ao mergulhador na pressão ambiente. Para isso, deverá reduzir a pressão da ampola, o que é feito em duas etapas pelos dois estágios de redução da pressão da ampola. Ela poderá ser de traquéia (em desuso) ou de mangueira única.

c) Válvula de Traquéia

Este tipo de válvula não é mais usado na Marinha do Brasil, sendo apresentada somente para fins didáticos. Ela foi preterida pela Válvula de Mangueira Única, por ser mais moderna e eficiente.

Como o próprio nome indica, é dotada de duas traquéias de borracha corrugada por onde flui o ar na pressão ambiente. O ar vai da válvula propriamente dita para o bocal e vice-versa. O conjunto traquéias-bocal é dotado de válvulas de retenção convenientemente colocadas, de modo a orientar o fluxo de ar e impedir o seu alagamento.

d) Válvula de Mangueira Única

Atualmente existe uma infinidade de modelos dessas válvulas e seria exaustiva uma descrição, ainda que sucinta, dos diversos modelos ou mesmo inovações, implantados por cada fabricante. Veremos apenas o seu princípio de funcionamento. Para detalhes específicos de cada modelo, deverão ser consultados os manuais técnicos dos fabricantes.

Essas válvulas são mais robustas que as de traquéia, que eram facilmente afetadas



Fig. 7-3

Válvula de mangueira única

por destroços submarinos, rasgando-se. Além disso, não sofrem influência da posição do mergulhador como aquela, com a qual se fazia um esforço para inspirar quando ela estava à profundidade menor que a do bocal e fornecia ar em demasia, quando o contrário ocorria.

A válvula de mangueira única possui dois estágios de redução de pressão, constituído por duas válvulas. A válvula do primeiro estágio permite a utilização de vários acessórios, o que é uma vantagem adicional. O segundo estágio é constituído por uma Válvula de Demanda.

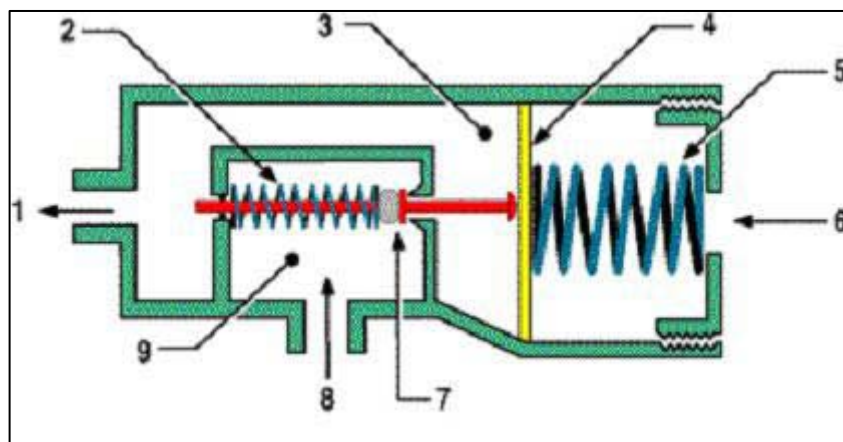


Fig. 7-4
1º Estágio da Válvula Reguladora

- 1) Ar para o 2º estágio;
- 2) Mola de alta pressão;
- 3) Câmara de Pressão Intermediária;
- 4) Diafragma;
- 5) Mola de pressão intermediária;
- 6) Pressão da água do mar;
- 7) Válvula & Sede de alta pressão;
- 8) Entrada de ar de alta pressão pelo parafuso de ajustagem; e
- 9) Câmara de Alta Pressão.

e) Válvula do Primeiro Estágio

O ar da ampola de alta pressão fornecido para o mergulhador deverá ter a sua pressão reduzida de 200 bar para 8 a 10 bar, acima da pressão ambiente.

O funcionamento da válvula do primeiro estágio é mostrado na figura anterior.

O ar penetra através do filtro que bloqueia as partículas de poeira.

A válvula de alta pressão é mantida aberta pela mola do êmbolo, que se encontra em contato com a pressão ambiente. Ao abrirmos a válvula de interceptação da ampola,

o ar encherá a câmara de alta pressão e penetrará pelos orifícios existentes na parte superior do êmbolo, atravessando-o internamente, até atingir a sua parte inferior. A pressão crescerá e, por diferença de área, exercerá uma considerável força sobre a proporcionalmente larga área da cabeça do êmbolo, equalizando as pressões, fechando a válvula de alta pressão, impedindo a passagem do ar.

O mergulhador, ao inspirar, diminuirá a pressão no interior do êmbolo, provocando a abertura da válvula de alta pressão, permitindo a passagem do ar para a válvula de demanda. A pressão fornecida ao mergulhador poderá ser regulada pelo ajuste da mola do êmbolo. O primeiro estágio possui, normalmente, uma saída de alta pressão para manômetro e saídas de baixa pressão para outros acessórios.

f) Válvula de Demanda (2º estágio)

Esta válvula, como o próprio nome indica, é projetada para fornecer ar para o mergulhador toda vez que ele solicitar ou sempre que inspirar.

O suprimento de ar é utilizado com maior eficiência do que no velho sistema de fluxo livre, sendo necessário um fluxo de ar de 35 litros por minuto (1,25 ft³/min). O ar poderá ser fornecido para a válvula de demanda por meio de ampolas de alta pressão, como ocorre com o equipamento autônomo, de um compressor ou de um “*rack*” de ampolas na superfície, conforme acontece com o equipamento dependente.

A válvula de demanda poderá ser usada isoladamente, como no mergulho autônomo, ou poderá estar instalada em uma máscara facial completa ou capacete (equipamento dependente).

O funcionamento da válvula de demanda é mostrado na figura ao lado. O ar será fornecido à válvula de demanda com uma pressão de 8 a 10 bar acima da pressão ambiente.

Quando a pressão na câmara de baixa pressão for igual à pressão ambiente, a válvula de baixa pressão é mantida fechada por sua mola.

Quando o mergulhador inspirar, a pressão cairá no interior da câmara de baixa pressão e o diafragma acionará a alavanca, abrindo a válvula de baixa pressão, permitindo a passagem do fluxo de ar para o mergulhador.

Quando o mergulhador parar de inspirar, a pressão será equalizada através do diafragma, a mola será distendida movimentando a alavanca para sua posição original,

fechando a válvula de baixa pressão e, conseqüentemente, o fluxo de ar para o mergulhador.

O ar será exalado para o meio ambiente através das válvulas de retenção.

Uma válvula de demanda de má qualidade ou com manutenção deficiente aumentará o esforço respiratório, causando fadiga ou até mesmo, um acidente fatal.

I) Manutenção

(i) Antes do mergulho:

- Proceda uma inspeção visual.
- Realize um teste para verificar vazamentos na superfície. Com o suprimento de ar fechado para a válvula, inspire. Se o ar for obtido nesta situação, a válvula está danificada.
- Verifique se a válvula está funcionando normalmente.
- Quando estiver na água, realize um teste para verificar vazamentos. Mergulhe um pouco abaixo da superfície e peça para o dupla ou guia, verificar se há pequenas bolhas de ar saindo da válvula. Caso afirmativo, a válvula possui vazamento.

(ii) Após o Mergulho:

- Proceda uma inspeção visual.
- Lave a válvula com água potável para evitar acúmulo de sal.

(iii) Em bases regulares:

- Remova e verifique o diafragma.
- Limpe a câmara e ajuste a válvula.

II) Carta de Avarias:

(i) Se o ar é obtido quando o suprimento de ar está fechado:

- A válvula de retenção está fora de posição ou danificada.
- O diafragma está danificado.
- O bocal está danificado.
- O corpo da válvula está quebrado.

(ii) Se a respiração está pesada com o suprimento de ar comunicado:

- A válvula de demanda necessita ser ajustada.
- A pressão do suprimento de ar está muito baixa.
- O filtro do primeiro estágio está bloqueado.

- (iii) Se a válvula está com fluxo direto:
 - A alavanca necessita ser ajustada.
 - O botão de desalagamento está comprimido.
 - A válvula de baixa pressão está avariada.
- (iv) Se há água no interior da válvula:
 - Proceda como se o ar fosse obtido quando o suprimento de ar está fechado.
- (v) Se há vazamentos de ar na válvula:
 - Mergulhe a válvula na água e localize o vazamento.

7.2.2 - Máscara Facial

A máscara facial é uma peça importante da palamenta do mergulhador e a escolha do modelo adequado é uma questão de preferência pessoal. Alguns pontos, entretanto, deverão ser levados em conta na seleção de uma boa máscara. Para começar, ela deverá assegurar uma boa vedação com o rosto, já que sua principal finalidade é manter os olhos e o nariz isolados da água. Para verificar esse requisito, bastará fazer um teste simples que consiste em colocá-la em posição, inspirando cuidadosamente o ar do seu interior. Se ela ficar colada ao rosto, não permitindo a entrada do ar, a vedação estará boa. A conformação da face é de grande influência. O mesmo ocorre com bigode e barba que dificultam,



Fig. 7-6

Máscaras faciais

em muito, a vedação.

Outro ponto a observar é o volume interno da máscara. Em mergulho livre, se o volume for muito grande, haverá um correspondente dispêndio de ar para igualar sua pressão interna com a do meio ambiente. Caso isto não ocorra, a máscara se



Fig. 7-7

Máscara facial completa

deformará para reduzir o volume ou causará um barotrauma facial. A possibilidade de se ter que realizar um mergulho livre no decorrer de uma operação com equipamento autônomo não deverá nunca ser afastada.

Outro aspecto é o da facilidade de compensar os ouvidos e os sinos, o que é mais facilmente conseguido quando se tem acesso ao nariz de modo a tapá-lo. As boas máscaras permitem essa operação, possuindo reentrâncias para a introdução dos dedos ou um alojamento para o nariz.

Deve-se ter especial atenção ao material com que as máscaras são confeccionadas. Borrachas de má qualidade degeneram-se e se rompem. Os vidros deverão ser obrigatoriamente temperados do tipo não-estilhaçante, caso contrário, serão um sério risco para a face e para os olhos.

7.2.3 - Respiradores

Consiste de um bocal de borracha, ao qual está presa uma seção de tubo plástico. Permite a respiração na superfície, estando o mergulhador com a face submersa. Embora no mergulho autônomo possa causar um certo transtorno, seu papel pode ser muito importante, caso o utilizador tenha que nadar na superfície com o equipamento descarregado. Sem o respirador, o esforço será muito grande.

Existem muitos tipos, mas a escolha deverá recair sobre os de bom diâmetro e sem complicações desnecessárias, como válvulas de descarga.

7.2.4 - Nadadeiras

São peças importantes e deverão ser escolhidas com cuidado. Nadadeiras muito flexíveis ou de palmas pequenas não proporcionarão boa impulsão. Não deverão também estar mal ajustadas aos pés, pois causarão desconforto e até câibras ou feridas. Normalmente, sua palma deverá fazer um ângulo com o pé, de modo a não exigir esforço demasiado para distendê-lo.

7.2.5 - Colete salva-vidas (próprio para mergulho)

O colete tem dupla finalidade. A primeira, mais importante, diz respeito à segurança do



Fig. 7-8

Respirador
("snorkel")



Fig. 7-9

Nadadeiras

mergulhador, devendo o salva-vidas ser capaz de trazer o mergulhador à superfície e manter sua cabeça fora d'água, ainda que ele esteja completamente equipado. Para isto deverá dispor de uma ampola carregada com ar ou gás, em pressão e quantidades adequadas, bem como ser dotada de dispositivo de acionamento rápido.

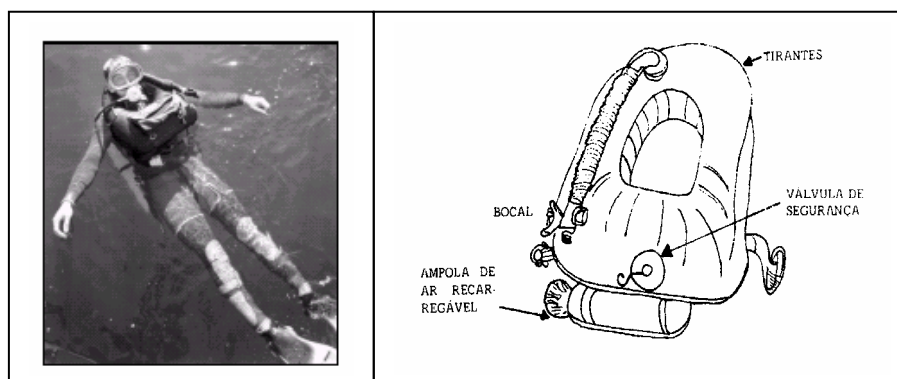


Fig. 7-10

Colete salva-vidas

A segunda finalidade é a de atuar como compensador de flutuabilidade. O mergulhador poderá equipar-se com ligeiro excesso de peso e compensá-lo no fundo, inflando parcialmente o colete. Da mesma forma, com seu suprimento de ar esgotado, ou necessitando permanecer na superfície, poderá fazê-lo sem esforço.

Atualmente existe uma infinidade de compensadores de flutuabilidade que normalmente são alimentados com ar proveniente do primeiro estágio da válvula reguladora. A Marinha não adota este tipo de equipamento, uma vez que o seu emprego reduz a carga de ar, sem uma boa avaliação dessa redução. Os modelos mais convenientes possuem uma ampola de ar de alta pressão recarregável, com bocal para enchimento oral e descarga comandada. Em caso de subida livre, o mergulhador poderá respirar o ar que se expandirá no interior do colete através do bocal. O excesso de ar escapará pela válvula de segurança. Na Marinha do Brasil, o uso do colete salva-vidas é obrigatório.

7.2.6 - Cinto de Pesos

O mergulhador equipado possuirá normalmente flutuabilidade positiva e terá que fazer esforço para descer. Uma conveniente quantidade de pesos de chumbo, adicionada por meio de um cinto, lhe proporcionará a condição adequada ao trabalho que pretende fazer. Assim, um serviço que requeira boa estabilidade no fundo exi-

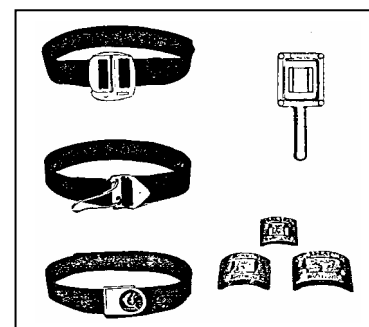


Fig. 7-11

Cintos de pesos

girará mais peso do que, por exemplo, uma inspeção à meia água. Deverá ser levado em conta o fato de que as ampolas, ao se descarregarem, ficarão mais leves e uma boa condição de equilíbrio no início do mergulho, poderá se tornar instável no final. Como regra, o mergulhador, com os pulmões em meia inspiração, deverá flutuar na posição vertical com água na altura dos olhos.

Outra consideração, diz respeito à facilidade em se alijar o cinto em caso de emergência. Para isso, deverão sempre ser usadas fivelas do tipo desengate rápido. Estas não devem abrir acidentalmente com facilidade, razão pela qual o tipo mais recomendado é o de dupla argola.

Na prática de mergulho livre, não se deve usar o cinto para facilitar a descida. O peso deverá ser limitado ao mínimo indispensável para anular a flutuabilidade da roupa, sem a qual não deverá ser usado, pois, ao se atingir o fundo, o aumento de pressão causará redução dos espaços aéreos, com a conseqüente redução da flutuabilidade, o que exigirá grande esforço para voltar à superfície.

7.2.7 - Profundímetro

O profundímetro mede a pressão da coluna d'água acima do mergulhador e é calibrado para permitir a leitura direta da profundidade em pés ou metros. A leitura poderá ser realizada mesmo em condições de limitada visibilidade.

O profundímetro possui um mecanismo delicado e, tal como o relógio, poderá ser danificado pelo manuseio incorreto.

A segurança do mergulhador dependerá da sua precisão. Ele deverá ser verificado sempre que houver suspeita de mau funcionamento. Isto poderá ser feito

mergulhando em local de profundidade conhecida e comparando a profundidade local com a sua leitura ou colocando-o em uma câmara de recompressão e comparando a sua leitura com a do manômetro da câmara.

O seu uso é obrigatório.

Alguns tipos, como os de bolha, não oferecem segurança.

7.2.8 - Relógio/Cronômetro

O relógio/cronômetro, necessariamente à prova de pressão, possui, normalmente, coroa roscada e aro luminescente e é de fácil leitura. Pode estar associado a um computador

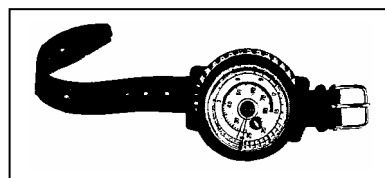


Fig. 7-12

Profundímetro

de pulso ou a um console. Seu uso é obrigatório a fim de controlar o tempo de fundo.

7.2.9 - Faca

Existem muitos tipos de facas para mergulho. A faca de mergulho deverá ser resistente à corrosão, como as de aço inox, e possuir punho de plástico, borracha ou madeira. O punho de madeira deverá ser pintado com tinta à prova d'água. Punhos de cortiça ou de osso deverão ser evitados.

A faca poderá possuir fio em um ou em ambos os lados da lâmina. Ela deverá ser robusta, afiada e ter uma parte da lâmina serrilhada.

A faca é uma ferramenta para o mergulhador e deverá estar presa em local de fácil acesso e que não interfira com seus movimentos. Ela nunca deverá estar presa ao cinto de pesos. Se o cinto for alijado em uma emergência, ela não estará disponível para uso em uma emergência subsequente. Este é um item obrigatório.

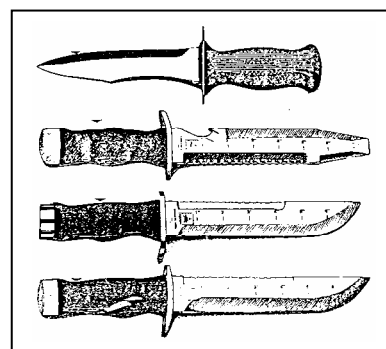


Fig. 7-13

Facas para mergulho

7.2.10 -Roupas

O tipo de roupa dependerá do serviço a ser realizado e das condições ambientais. Proporcionam proteção térmica e física ao mergulhador, sendo necessário o seu uso em águas com temperaturas abaixo de 26°C, águas infestadas por seres marinhos urticantes, ou quando no serviço existir risco de arranhões e de contato com agentes químicos poluentes.

Elas existem em vários tipos, podendo ser divididas em dois grupos: as roupas secas e as molhadas. O primeiro mantém o corpo completamente isolado da água e é ideal para condições ambientais rigorosas.

As do segundo grupo, mais comuns, permitem que a água penetre, mas devem represá-la junto ao corpo, que a aquecerá, reduzindo a perda de calor pelo mergulhador. Para isso, deverão ajustar-se bem, sem apertar demais, situação em que bloquearão a circulação.

Existem roupas molhadas de várias espessuras: 3 mm, 5 mm, 10 mm, etc.

São complementos da roupa as botas, as luvas e o capuz. As luvas são bastantes úteis e deverão ser escolhidas conforme o trabalho, de modo que a proteção fornecida não seja superada pela redução do tato.

O capuz deverá se ajustar de modo a não bloquear o conduto auditivo, causando um barotrauma. É um acessório muito importante, pois protege a região da nuca muito sensível a baixas temperaturas.

O uso das roupas e seus complementos será obrigatório desde que o mergulho exija a proteção física e/ou térmica do mergulhador.

As roupas secas serão vistas com mais detalhes no capítulo referente a equipamentos dependentes, quando o seu uso é mais comum.

7.2.11 -Lanterna

São normalmente alimentadas por pilhas secas ou por pequenas baterias recarregáveis, podendo ter fecho concentrado ou disperso. De grande utilidade quando a visibilidade é prejudicada por falta de luz, são de pouco valor em caso de suspensão acentuada, situação em que refletem as partículas prejudicando a visão.

7.2.12 -Bússola

É comumente usada como auxílio nas procuras ou nas operações de combate, onde orienta a navegação. Ela não possui grande precisão, mas pode ser de grande utilidade, principalmente em condições de baixa visibilidade. Quando for usada no pulso, deverá ser presa ao braço em que não estiver preso o relógio ou profundímetro, para evitar interferência magnética. Destroços magnéticos no fundo, proximidades de navios ou de massas metálicas, também provocarão este tipo de interferência.

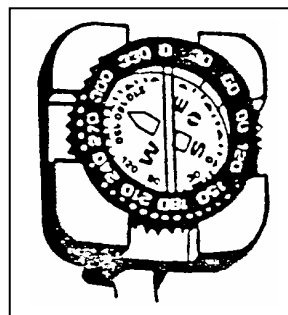


Fig. 7-14

Bússola

Um erro comum no seu emprego ocorre quando o mergulhador muda a “linha de fé” por movimento da mão, ao invés de manter o rumo por

movimento da natação.

7.2.13 - Outros Acessórios

a) Linha de vida

A linha de vida deverá ser utilizada em qualquer situação onde for importante conhecer, com precisão, a localização do mergulhador, manter comunicação ou em locais onde a visibilidade for tão pequena que o seu dupla não possa vê-lo e vice-versa. Uma das extremidades da linha de vida deverá estar presa ao mergulhador e a outra na superfície, de onde é controlada pelo Guia.

A linha de vida é de uso obrigatório em mergulho solitário ou quando as condições

ambientais se mostrarem perigosas, como em locais com forte correntada ou com acesso restrito à superfície.

A comunicação entre o mergulhador e a superfície será realizada através dos Sinais-Padrão de Mergulho. A linha de vida também auxiliará o recolhimento do mergulhador em caso de emergência.

b) Cabo de ligação

Cabo com comprimento máximo de 3 metros, é utilizado para manter dois mergulhadores ligados em condições de baixa visibilidade ou à noite.

c) Bóia de acompanhamento

Utilizada para permitir o acompanhamento visual do mergulhador pelo pessoal na superfície ou como aviso de que há mergulhadores em um determinado local. Poderá também, ser empregada como ponto de encontro ou para manter flutuando determinado equipamento ou ferramenta. Quando empregada à noite, possui iluminação própria ou é pintada com tinta fosforescente.

Obs.:

- Nunca prenda o cabo em qualquer peça do equipamento que possa ser alijada em emergência.
- Os cabos deverão ser fortes e possuir flutuabilidade neutra ou levemente positiva.

Cabos de “Nylon”, Dacrom ou Manilha apresentam estas características.

d) Suspensório (“Harness”)

Confeccionado em nylon com olhais de aço inoxidável. Auxiliam o resgate de um mergulhador acidentado e servem também como suporte para pesos adicionais, ferramentas, para prender a linha de vida ou acessórios de mergulho. O seu uso é obrigatório em mergulhos com equipamento dependente.

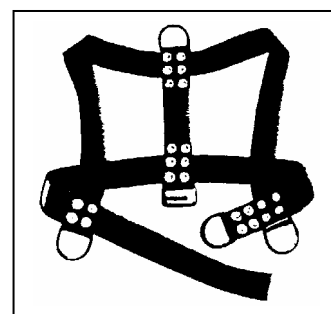


Fig. 7-15

Suspensório

e) Prancheta e lápis

Para anotações, esboços e comunicação visual. Poderá ser feita de acrílico transparente ou fórmica fosca que permita inscrições com lápis comum. O lápis mais indicado é o de cera, que deverá ser protegido contra a desagregação.

f) Pirotécnico (“Signal flare”)

São empregados para atrair a atenção na superfície, particularmente quando o mer-

gulhador vier à superfície distante de sua plataforma de apoio. Qualquer pirotécnico que possa ser carregado e disparado com segurança pelo mergulhador poderá ser utilizado. O sinal luminoso dura aproximadamente 90 segundos. O pirotécnico não deverá ser utilizado se apresentar sinais de ferrugem ou dano. Cada mergulhador deverá portar dois pirotécnicos no máximo.

g) Sinalizador luminoso (“Strobe-light”)

Aparelho elétrico que emite uma forte luz pulsante. O seu emprego é idêntico ao do pirotécnico. A luz emitida poderá ser avistada a uma distância de 15 milhas e a 16 metros de profundidade.

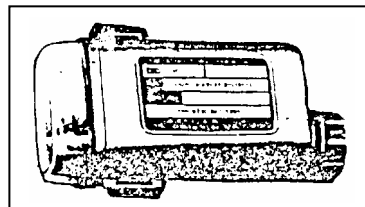


Fig. 7-16

Sinalizador luminoso

7.2.14 -Acessórios contra-indicados

a) Tampões de ouvido

Nunca deverão ser utilizados. Eles impedem a entrada de água no ouvido tornando impossível a equalização das pressões. Este fato poderá resultar em barotrauma do ouvido externo, dano na membrana timpânica, se o tampão for pressionado contra ela e até a completa perda da audição, em situações mais graves.

b) Óculos de natação

Impede a equalização das pressões no interior dos óculos, afetando os olhos, por não envolver o nariz, impedindo que o mergulhador exale no seu interior.

Não deverão ainda ser usados equipamentos dispensáveis que venham a aumentar os riscos de enrasque ou erro de operação. É comum entre mergulhadores civis o uso de uma verdadeira parafernália, que pouco contribui para o seu desempenho, com as desvantagens citadas. A Marinha também não aprova o uso de descompressímetros automáticos nos seus mergulhadores.

7.3 - OPERAÇÃO

Ao iniciar uma operação com equipamento autônomo, três etapas deverão ter sido completadas: adequado abastecimento de ar, verificação de todo equipamento e a preparação do mergulhador, inclusive sua instrução específica sobre o serviço a realizar.

7.4 - AR PARA O MERGULHO

7.4.3 - Padrões de pureza

O ar fornecido aos mergulhadores deverá atender a algumas normas de pureza. Os valores máximos de contaminantes são:

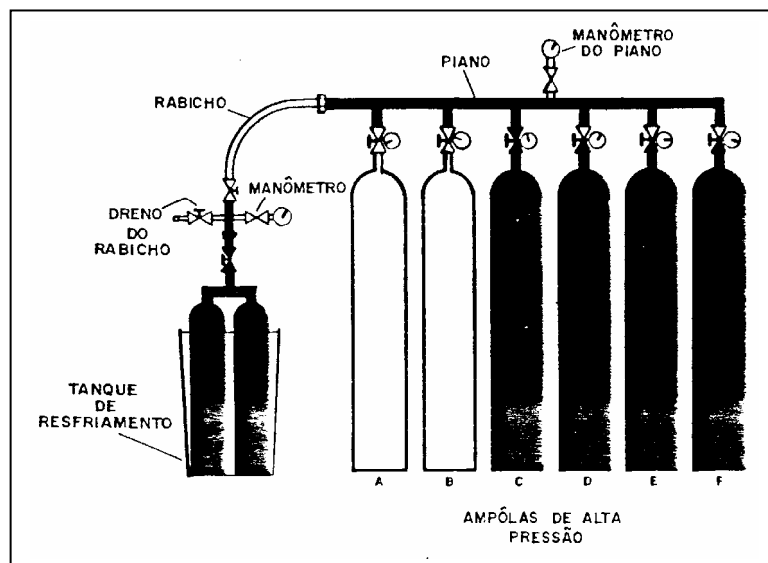


Fig. 7-17

Carga de ampolas pelo sistema de cascata

Gás Carbônico	- 1.000 ppm (0,1 %)
Monóxido de Carbono	- 20 ppm
Partículas e vapores de óleo	- 5 mg/m ³

O ar deverá estar livre de qualquer odor ou contaminação por poeira ou partículas metálicas. Também não deverá conter qualquer substância tóxica ou irritante. A concentração de Oxigênio deve estar entre 20 e 22%.

A qualidade do ar deverá ser rotineiramente testada a cada três meses ou a qualquer momento, em caso de dúvida quanto à pureza do ar e sempre que houver algum acidente/incidente.

7.4.4 - Métodos de carga

O equipamento autônomo pode ser carregado de duas maneiras: por cascata ou diretamente de um compressor. Em qualquer situação, deverão ser tomadas providências para evitar o superaquecimento e, em hipótese alguma, deverá ser ultrapassada a pressão de carga da ampola. Uma boa bancada de carga deverá possuir um tanque de resfriamento, que tem a função adicional de atuar como proteção em caso de explosão.

A aspiração do compressor não deverá estar exposta a gases de combustão ou a qualquer outro contaminante.

Os seguintes pontos deverão ser observados durante a faina de carga da ampola:

- nunca abra uma válvula até você ter verificado que as demais válvulas encontram-se em suas posições corretas;

- sempre abra as válvulas vagarosamente;
- nunca deixe uma válvula totalmente aberta. Após abri-la totalmente, gire no sentido oposto um quarto de volta;
- nunca dê partida em um compressor sob carga. Verifique se a válvula de descarga está aberta antes de dar partida;
- verifique se o ar a ser fornecido pelo compressor está com pressão maior que a da ampola, antes de abrir a válvula de interceptação. Não permita que ocorra o contrário;
- a ampola que é carregada rapidamente se aquece em demasia. Quando a temperatura voltar ao normal, provavelmente necessitará ser recarregada. Para carregar a ampola pelo sistema de cascata, deverá ser obedecida a seguinte sequência:
- ligue o rabicho à ampola.
- feche o dreno do rabicho.
- abaixe a válvula de reserva.
- abra a válvula de interceptação da ampola completamente e retorne um quarto de volta.
- abra lentamente a válvula do piano, iniciando a carga. A pressão da ampola não deverá exceder a pressão de carga.
- se as pressões se igualarem, repita a operação com a segunda ampola.
- atingida a pressão desejada, feche o piano, feche a válvula de interceptação da ampola, abra o dreno do rabicho e levante a haste da válvula de reserva.

Obs.: A velocidade de carga da ampola não deverá ultrapassar a 27 bar por minuto, 400 psi por minuto ou 27 Kgf/cm² por minuto.

7.5 - PREPARAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Antes de qualquer mergulho, todo o equipamento deverá ser cuidadosamente inspecionado, verificando-se sinais de deterioração, dano, corrosão e perfeito funcionamento. Os procedimentos a seguir são o resultado de muitos anos de experiência em mergulho e devem ser cuidadosamente obedecidos. Os procedimentos são padronizados e nunca deverão ser alterados por conveniência e deverão ser realizados por cada mergulhador. Todo mergulhador deverá inspecionar o seu próprio equipamento e nunca assumirá que qualquer peça do equipamento está pronta para uso, a menos que ele próprio o tenha feito, mesmo que outra pessoa tenha sido designada para fazê-lo.

O equipamento deverá ser inspecionado, como descrito a seguir:

7.5.1 - AMPOLAS

- Inspeção visual com atenção a ferrugem, rachaduras, válvulas empenadas e tirantes partidos ou deteriorados.
- Verifique se o teste hidrostático está dentro da validade.
- Verifique o “*o-ring*” do piano.
- Verifique se a válvula de reserva está fechada.
- Meça a pressão da ampola. Não confie em informações de terceiros; faça você mesmo.

7.5.2 - Suspensório e “*back-pack*”

- Verifique sinais de corrosão e apodrecimento.
- Ajuste os tirantes.
- Teste o mecanismo de soltura rápida dos tirantes do “*back-pack*”.
- Verifique as condições do “*back-pack*”.

7.5.3 - Válvula reguladora

- Adapte a válvula ao piano da ampola.
- Verifique se o “*o-ring*” está corretamente posicionado.
- Abra a válvula de interceptação e retorne 1/4 de volta.
- Verifique se há vazamentos na válvula ouvindo o escapamento do fluxo de ar. Se houver suspeita de vazamentos, determine a sua exata localização mergulhando a válvula em um tanque com água, observando o surgimento de bolhas. Se o vazamento for no “*o-ring*”, retire a válvula do piano e reinstale-a ou troque o “*o-ring*”. Inspire e exale várias vezes através da válvula, verificando o bom funcionamento da demanda. Pressione o botão de desalagamento e verifique o seu funcionamento.
- Feche a válvula de interceptação.

7.5.4 - Colete salva-vidas

- Infle-o oralmente e verifique a existência de vazamentos.
- Aperte o colete com as mãos para esvaziá-lo.
- A quantidade remanescente de ar deverá ser retirada quando o mergulhador estiver na água, mergulhando um pouco abaixo da superfície, mantendo a traquéia do colete acima da superfície e apertando o botão existente para este fim.
- Nunca sugue o ar existente no colete em virtude do mesmo conter CO₂.
- Verifique se a ampola do colete está carregada.

- Verifique o estado dos tirantes, ajustando-os em seguida.
- Após encerrar a inspeção, o colete deverá ser separado dos demais equipamentos e guardado em local onde não possa ser danificado ou misturado com outros coletes não testados.

7.5.5 - Máscara

- Verifique o selo e o tirante.
- Verifique se a lente está arranhada ou quebrada.

7.5.6 - Faca

- Verifique se está afiada e segura na bainha.
- Verifique se ela pode ser desembainhada com facilidade.

7.5.7 - Respirador

- Verifique se há alguma obstrução e as condições do bocal.

7.5.8 - Cinto de pesos

- Verifique se o cinto está em boas condições e com um número adequado de pesos corretamente posicionados.
- Verifique se a fivela de soltura rápida está funcionando corretamente.

7.5.9 - Relógio/Cronômetro

- Verifique o seu funcionamento e acerte as horas ou “zere” o cronômetro.
- Inspeção a pulseira e pinos.

7.5.10 -Profundímetro e bússola

- Inspeção a pulseira e/ou tirante.
- Se possível, faça uma comparação de suas indicações com as de outros equipamentos.

7.5.11 -Lanterna

- Verifique as pilhas/baterias.
- Inspeção o *o’ring* e faça um teste de funcionamento.

Inspeção todos os demais equipamentos que serão usados no mergulho, assim como os sobressalentes, ferramentas, cabos, poitas, etc.

7.6 - PREPARO DO MERGULHADOR

Após os mergulhadores inspecionarem e testarem os seus equipamentos, eles deverão dar o “pronto” ao Supervisor que, então, dará as instruções para a operação de mergulho. Estas instruções, disseminadas em um “*briefing*”, são fundamentais para o sucesso e a segurança

da operação e abordarão somente o mergulho que está por iniciar. Todo o pessoal diretamente envolvido deverá participar e entender cada detalhe do planejamento traçado para a operação.

Deverá ser dada especial atenção aos seguintes pontos:

- trabalho a realizar;
- limites de tempo do mergulho;
- dificuldades esperadas;
- participação de outros mergulhadores;
- fases do mergulho;
- sinais combinados;
- procedimentos de emergência, ação em caso de separação;
- condições ambientais;
- perigos existentes no local; e
- rumos de acesso ao local do trabalho.

Após o entendimento de cada detalhe da operação por parte da equipe e pronto da inspeção por parte dos mergulhadores, eles se equiparão na sequência sugerida abaixo:

- roupa de mergulho;
- botas e capuz;
- faca;
- suspensório;
- colete salva-vidas (próprio para mergulho);
- cinto de pesos, por cima do suspensório e tirantes;
- relógio, bússola, profundímetro;
- ampola às costas com auxílio do dupla, ajustando os tirantes e abrindo a válvula de interceptação;
- nadadeiras, apoiando-se no dupla caso necessário;
- cuspir na máscara, limpar o vidro e colocá-la em posição.

Após a equipagem, os mergulhadores darão um novo “pronto” ao Supervisor. Este os inspecionará visualmente e verificará se o conjunto de respiração está funcionando adequadamente. O supervisor também deverá:

- assegurar-se de que os mergulhadores estão em boas condições físicas e mentais para o mergulho;

- verificar se os mergulhadores estão portando o equipamento mínimo para o mergulho;
- verificar se cada dupla possui, pelo menos, um relógio e um profundímetro;
- verificar se a pressão da ampola foi medida e se ela possui um volume de ar suficiente para duração planejada do mergulho;
- assegurar-se de que a fivela do cinto de pesos pode ser alcançada por ambas as mãos do mergulhador e que o cinto está corretamente afivelado;
- verificar se o cinto de pesos está por fora de todos os tirantes, suspensório e “*back-pack*”;
- verificar se o colete salva-vidas está livre para expandir-se e que todo ar do seu interior foi retirado;
- verificar a posição da faca e assegurar-se de que ela será mantida com o mergulhador, a despeito do alijamento de qualquer equipamento e que ela pode ser alcançada por ambas as mãos;
- conduzir o acerto de relógios e sincronizá-los;
- assegurar-se de que a válvula de interceptação da ampola tenha sido totalmente aberta e retornada 1/4 de volta;
- fazer com que os mergulhadores respirem pelo menos três vezes através do equipamento, alertando-os sobre as impurezas do ar e reações fisiológicas incomuns; e
- verificar se as mangueiras do equipamento estão safas.

Os mergulhadores estarão, então, prontos para entrar na água, onde os equipamentos serão novamente testados e inspecionados, com ajuda do dupla ou Guia, antes do mergulho. A partir da preparação do equipamento deverá ser empregada a Fraseologia Padrão para Mergulho Autônomo e os Sinais Manuais na condução do mergulho.

7.7 - ENTRANDO N'ÁGUA

A maneira de entrar n'água dependerá naturalmente do local. De qualquer modo, deve-se ter atenção para os seguintes pontos: a máscara deverá ser mantida em posição e a ampola segura para que não bata à cabeça, no caso de saltar para a água. As nadadeiras atrapalham o andar e, na entrada, a partir de uma praia, deve-se fazê-lo de costas e deitando-se tão logo a profundidade o permitir. A partir de embarcação miúda, o melhor método é o do rolamento de costas a partir da posição de sentado na borda.



Fig. 7-18
Métodos de entrada n'água

7.7.1 - Procedimento na água

a) Na superfície

Uma vez na água, os mergulhadores deverão fazer um novo teste em seu equipamento. Durante o salto, peças poderão ter saído de posição ou mesmo ter caído. Vazamentos se tornarão evidentes, válvulas poderão disparar e máscaras alagar. Por ocasião do teste, os mergulhadores deverão:

- testar o conjunto de respiração, respirando lentamente através da válvula de demanda. Eles deverão respirar com facilidade e sem resistência. Não deverá haver

vazamento;

- verificar se há vazamentos no equipamento do dupla, principalmente junto as conexões (primeiro estágio com o piano, mangueira com as válvulas, bocal e válvula de demanda);
- verificar o posicionamento do equipamento e tirantes do dupla;
- verificar se a máscara facial está convenientemente selada ao rosto. Se estiver alagada, deverá ser esgotada;
- se estiver usando roupa seca, verificar se há vazamento e inflar ou esfogar a roupa para obter a fluabilidade adequada;
- esgotar totalmente o colete salva-vidas.

Após a realização do teste, os mergulhadores deverão orientar-se com a ajuda da bússola ou através de pontos naturais como o sol, lua, pedras, correntada ou pontos de terra. Em seguida, darão o “pronto” para o Supervisor através de sinal manual. O Supervisor então ordenará que “zerem” os relógios e, em seguida, deixem à superfície. Os mergulhadores ajustarão o minuto zero com o aro do relógio (por precaução, também procurarão memorizar a hora), ou dispararão seus cronômetros e iniciarão o mergulho. Sempre que possível, descenderão seguindo por um cabo de fundo.

b) Natação na superfície

Os mergulhadores deverão evitar nadar longas distâncias na superfície. A energia que será consumida na natação deverá ser poupada para o mergulho ou para uma situação de emergência. Por esta razão, uma embarcação miúda, normalmente um bote inflável, deverá estar atracada ou pairando o mais próximo possível do local do mergulho.

Durante a natação, o mergulhador deverá manter contato visual com o dupla e orientar-se constantemente, a fim de não perder o rumo para o local do mergulho. O fator mais importante durante a natação é manter-se o mais relaxado possível e conservar energia.

Caso se tenha que nadar para um local relativamente distante, não deverá hesitar em inflar o colete salva-vidas e seguir respirando pelo *snorkel*. Procedimento diverso poderá levar a exaustão e evoluir rapidamente para o pânico ou a perda de material. Deve-se ter especial atenção com hélices, lemes e com o próprio casco da embarcação.

c) Descendo

Antes de descer, os mergulhadores sinalizarão para o supervisor e o tempo de fundo terá início. O Supervisor determinará que os mergulhadores “zerem” os seus relógios e deixem a superfície. O aro do relógio poderá ser inadvertidamente movido durante o mergulho. Por este motivo os mergulhadores deverão memorizar a hora exata do seu início. Se durante o mergulho houver dúvida quanto ao tempo decorrido, a dúvida deverá ser tirada com o dupla.

Com o tempo de fundo iniciado, os mergulhadores sinalizarão um para o outro e juntos, iniciarão a descida.

Os mergulhadores deverão descer nadando ou através do cabo de fundo. É comum ocorrer dificuldade em compensar os ouvidos ou sinus e o mergulhador não deverá esperar a dor para tentar a compensação; deverá se antecipar a ela. Caso a dificuldade ocorra, subir um pouco e tentar novamente. Nessa situação, a necessidade do cabo de fundo se torna evidente, pois o mergulhador, seguro a ele, poderá com facilidade manter-se na profundidade desejada. Se a dificuldade persistir, o mergulho deverá ser abortado, não só pelo tempo que se terá perdido, como também pela possibilidade de vir a ocorrer o mesmo problema no fundo ou mesmo na subida, o que será especialmente perigoso. De qualquer modo, a velocidade de descida não deve exceder 22,5 m/min (75 ft/min).

Em locais de baixa visibilidade, os mergulhadores deverão manter um braço estendido a sua frente para evitar qualquer choque com a cabeça.

Ao alcançarem o local do trabalho, os mergulhadores deverão se orientar e verificar as condições reinantes no local.

Se as condições forem radicalmente diferentes das previstas ou parecerem perigosas, o mergulho deverá ser abortado e o Supervisor informado do que está ocorrendo. O mesmo procedimento deverá ser cumprido se houver necessidade de um novo planejamento para a realização do trabalho. Os mergulhadores deverão retornar à superfície e discutir a situação com o Supervisor, obtendo autorização para modificar o planejamento.

Em mergulhos além de 30 metros, os mergulhadores deverão estar alerta para o aparecimento da narcose pelo nitrogênio, ainda que discreta. O fenômeno, que em situações extremas se assemelha a uma verdadeira embriaguez, acarretará, nas formas

brandas, uma redução nas capacidades psicomotoras do mergulhador, levando-o a erros de avaliação ou atitudes muitas vezes perigosas. Um companheiro excessivamente eufórico e gesticulante poderá ser um alarme de que algo não vai bem. Deverão lembrar, ainda, que a existência de gases indesejáveis na carga do equipamento pode agravar o processo.

d) No fundo

Ao iniciar o trabalho no fundo, os mergulhadores deverão ter em mente suas próprias limitações, bem como as do equipamento. Assim, deverão lembrar o tempo máximo que dispõe pela duração do seu suprimento de ar, a inconveniência de fazer parada de descompressão, etc. Deverão limitar o esforço físico, de modo a não superar a capacidade de fornecimento de ar do seu equipamento e manter um ritmo respiratório calmo, não pensando jamais em reduzir propositadamente este ritmo para prolongar o mergulho, situação que poderá conduzir à intoxicação por CO₂ com todas as suas conseqüências. As partes mais pesadas do trabalho deverão ser realizadas no início do mergulho, quando o suprimento de ar é grande e o mergulhador está descansado. Por exemplo, uma inspeção ao longo de um costão deverá iniciar-se contra a corrente até, no máximo, um tempo ligeiramente menor do que a metade do previsto para o mergulho. A partir desse ponto, os mergulhadores deverão iniciar o percurso de volta, não deixando de levar em conta as possíveis e, às vezes, bruscas alterações ambientais.

O contato visual ou mesmo físico com o dupla é indispensável e, se perdido, ambos deverão voltar à superfície. As figuras a seguir enumeram os procedimentos a serem seguidos durante uma operação. Estão ali representadas as situações de emergência mais comuns, entretanto, uma infinidade de casos, impossíveis de serem previstos, poderá conduzir o mergulhador a um quadro de real perigo. Por esta razão, ele deve estar preparado para **manter a calma em qualquer circunstância**, o que certamente será uma conseqüência direta de sua formação e do seu grau de adestramento na ocasião. A seleção rigorosa dos candidatos para um curso de mergulho, quer física, quer psicológica, bem como um estreito acompanhamento dos alunos durante o treinamento, poderão evitar muitos acidentes. Nas aulas práticas, deverão ser criadas situações de tensão que permitam avaliar o perfil psicológico do aluno, mantidas, naturalmente, condições rígidas de segurança.

O mergulhador deverá ter atenção às variações das cores com a profundidade. Por exemplo, a partir de 6 metros de profundidade a cor vermelha não existirá e em maiores profundidades predominarão o verde e o azul. Assim, as marcas pintadas em um objeto ou cabo de ligação que o prende, poderão não possibilitar a interpretações corretas.

e) Técnica de respiração

Como devemos respirar mergulhando? Quando submerso respira-se normalmente num ritmo semelhante ao usado na superfície. Para isto, deve-se estar tão relaxado quanto possível. A respiração deverá levar os pulmões à meia capacidade. Nunca inspire de forma a encher os pulmões completamente. Este procedimento solicitará um esforço extraordinário e dará ao mergulhador uma tendência de flutuabilidade positiva.

Por outro lado, nunca inspire levemente. Devem-se ventilar os pulmões de forma a haver uma troca adequada entre oxigênio e gás carbônico. A inspiração traz um ar rico em oxigênio e a expiração libera um ar saturado em gás carbônico.

O ritmo respiratório é tão importante quanto a quantidade de ar que se inspira. Nunca respire rapidamente. Isto levará o mergulhador à hiperventilação, à sensação de tonteira, ao desconforto dentro d'água e, possivelmente, ao pânico. Por outro lado, nunca “poupe” a respiração (inspirar e efetuar uma apnéia de 30 a 60 seg.), o que levará a um aumento da taxa de gás carbônico, perda de consciência e, provavelmente, a uma doença descompressiva. O ritmo respiratório deverá ser suave e compassado, principalmente na descida ou durante o deslocamento pelo fundo.

Havendo necessidade de aumentar o esforço físico (nadando contra a corrente), será necessário aumentar o esforço e o ritmo respiratório para atender a nova situação. É importante antecipar-se à mudança, ajustando a respiração antes de sentir a necessidade compulsória de mais ar. Desta forma, antecipando-se às necessidades de oxigênio do organismo, evita-se uma respiração pesada ou uma hipoventilação, face à diferença entre a “sede de ar” e o fluxo fornecido pela válvula reguladora. Sobretudo, **nunca prenda a respiração ao deslocar-se diminuindo a profundidade**. Deve-se fazer um esforço consciente para exalar antes de iniciar qualquer subida (Lei de Boyle).

f) Mergulho em dupla

É o responsável pelo grande fator de segurança existente na Marinha do Brasil, em operações de mergulho com equipamento autônomo. Mergulhadores operando em dupla são responsáveis pelo cumprimento da tarefa designada e pela segurança do companheiro. As regras básicas do mergulho em dupla são:

- jamais perder o contato visual ou físico com o dupla. Com boa visibilidade, mantê-lo sob contato visual. Em baixa visibilidade, utilizar o cabo de ligação;
- conhecer o significado de todos os Sinais Manuais e Sinais Padrão de Mergulho;
- se algum sinal for dado, ele deverá ser imediatamente entendido e devolvido. Deverá ser considerada uma emergência, o fato do dupla não responder o sinal;
- monitorar as ações e as condições físicas do dupla. Conhecer os sintomas de doença descompressiva, narcose e intoxicações. Se o dupla estiver em perigo ou apresentar um comportamento anormal, a causa deverá ser imediatamente determinada e o apropriado procedimento de emergência cumprido;
- nunca deixe o dupla sozinho, a menos que ele esteja enrascado e não possa ser socorrido sem uma ajuda adicional. Se o mergulhador reserva ou outro mergulhador não puder ser alcançado imediatamente, marque a localização do acidentado com um cabo ou bóia;
- estabelecer um plano de busca para encontrar um mergulhador perdido. Se o contato com o dupla for quebrado, o plano de busca deverá ser cumprido imediatamente;
- se um dos mergulhadores abortar o mergulho por qualquer motivo, o dupla também deverá fazê-lo, retornando ambos à superfície; e
- conhecer e estar pronto para realizar troca de bocal.

g) Comunicação

As principais formas de comunicação entre dois mergulhadores são os Sinais Manuais e entre o mergulhador e a superfície são os Sinais Padrão de Mergulho. Um outro método de comunicação entre mergulhadores consiste no uso de prancheta e lápis. Mergulhadores operando em condições de baixa visibilidade deverão se comunicar através do cabo de ligação.

As figuras 7-19A e 7-19B apresentam os Sinais Manuais. Os Sinais Padrão de Mergulho são apresentados no capítulo 8. Em determinadas situações, Sinais Manuais Especiais poderão ser necessário para a execução de um trabalho. Eles deverão ser aprovados pelo Supervisor.

Os Sinais Manuais e os Sinais Padrão de Mergulho deverão ser realizados de maneira vigorosa e clara, para não causar dúvidas. Todos os sinais deverão ser perfeitamente conhecidos.

h) Troca de bocal

Se houver perda do suprimento de ar ou mau funcionamento do conjunto de respiração, o mergulhador, cujo o suprimento de ar está deficiente, deverá proceder como listado abaixo:

- manter a calma e sinalizar o problema para o dupla apontando para o bocal;
- não tomar o bocal da válvula reguladora do dupla. O mergulhador deverá colocar uma das mãos sobre a mão com a qual o dupla está segurando a sua válvula;
- os mergulhadores se apoiarão mutuamente, segurando um dos braços ou tirantes,

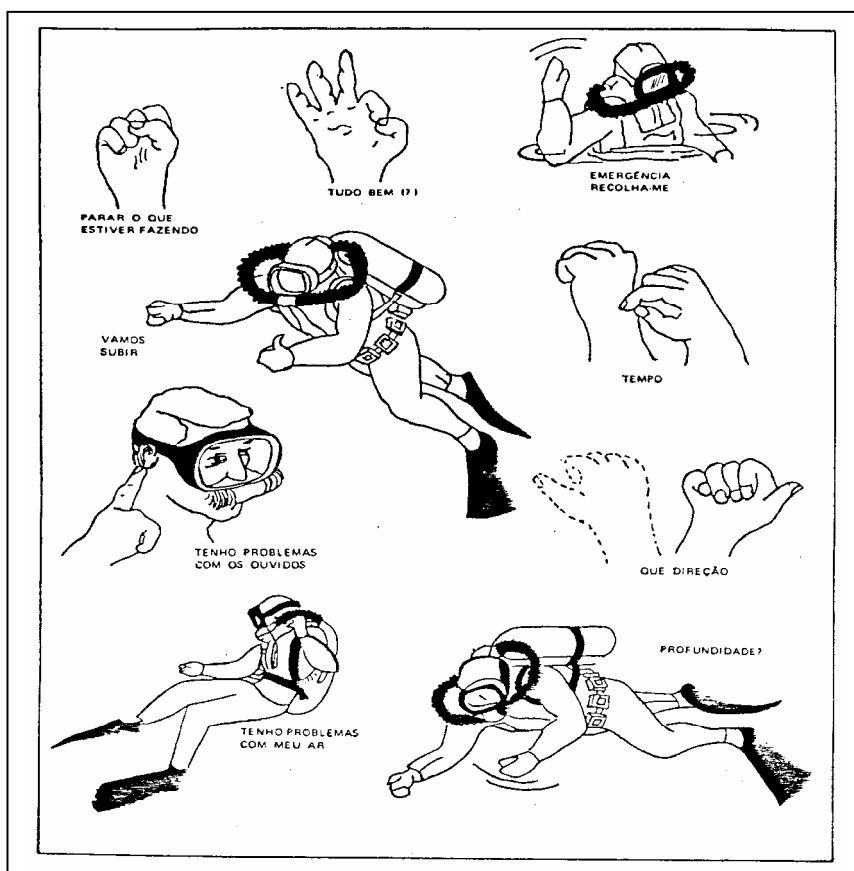


Fig. 7-19A

Sinais Manuais

- com a outra mão;
- o dupla após duas inspirações, oferecerá o seu bocal ao companheiro, que pegando a mão (não o bocal), expirará a fim de expelir a água do equipamento ou desalagará a válvula comprimindo o respectivo botão de desalagamento, após o que inspirará normalmente; e
 - cada mergulhador deverá respirar duas vezes e passar o bocal ao companheiro. Após estabelecer um calmo regime de trocas, deverá ser iniciada a subida. Nesta ocasião, obviamente, tem-se que exalar de maneira adequada. Se ocorrer enrasque ou situações que exijam o abandono do equipamento, soltar o cinto de pesos e os tirantes, acionar o colete salva-vidas e subir.

A troca de bocal é um procedimento de emergência que deverá ser praticado e todo mergulhador deverá estar familiarizado com o mesmo.

Os demais procedimentos de emergência são descritos no capítulo 9.

i) Voltando à superfície

Quando chegar o momento de retornar a superfície, ambos os mergulhadores sinalizarão o fim do mergulho. Quando o sinal tiver sido compreendido, eles iniciarão juntos a subida.

O fim do mergulho poderá ser caracterizado por duas situações: um retorno normal à superfície ou uma subida de emergência. O primeiro caso deverá ser conduzido numa razão de subida de 9 metros (30 pés) por minuto. Para melhor controle, deverá ser realizada a subida ao longo de um cabo de fundo e os mergulhadores deverão estar cientes de suas eventuais paradas, embora, como já foi dito, mergulho com descompressão utilizando esta técnica deverá ser evitado. O instante de deixar o fundo será determinado pelo limite do tempo de fundo permitido para a máxima profundidade do mergulho ou será obrigatoriamente marcado pelo acionamento da reserva por qualquer um dos mergulhadores da dupla; o que ocorrer primeiro.

Quando estiverem subindo, os mergulhadores deverão observar os objetos nas re-

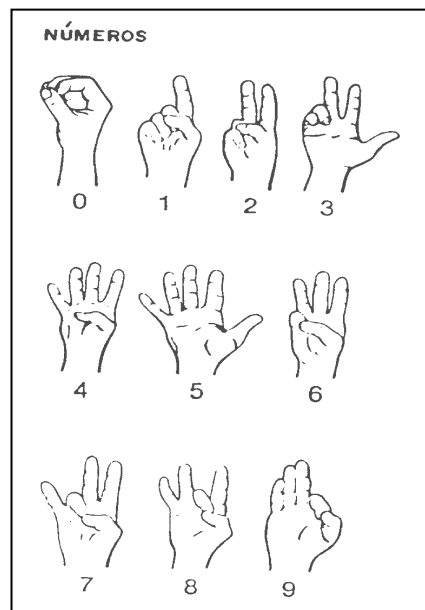


Fig. 7-19B

Sinais Manuais (Continuação)

dondezas, particularmente os flutuantes na superfície e manter um braço esticado verticalmente para evitar colisão com qualquer objeto.

Uma infinidade de situações poderá determinar uma subida em emergência. Uma falha inesperada do equipamento, um mergulhador com problemas de saúde, uma intoxicação, um ferimento e variações severas nas condições ambientais são exemplos desses determinantes. No caso do suprimento de ar continuar normal, o problema é minorado, devendo a dupla iniciar a subida na razão citada. Dependendo da gravidade da situação, poderá ser inflado o colete salva-vidas oralmente (preferível) ou pela ampola de emergência, caso em que, o controle da subida será prejudicado. Diante de um companheiro com distúrbios respiratórios ou inconsciente, uma cuidadosa avaliação deverá preceder a decisão do mergulhador em inflar o colete do dupla. O perigo da SHP estará presente e é necessário fazer exalar antes da subida e manter afastada a hipótese de afogamento, o que implicará em manter estreita observação da vítima e suas bolhas, com compressão do tórax se necessário, assim como evitar o alagamento das vias respiratórias durante a subida e na superfície. O pronto apoio da superfície será decisivo. Se ocorrer tonteira ou desorientação espacial, os mergulhadores deverão seguir as bolhas.

j) Chegando à superfície

Chegando à superfície, os mergulhadores deverão estar certos de que não estão sob o casco da embarcação de apoio ou sob outros objetos. Deverão prestar atenção ao som de propulsores (hélices em movimento, motores) de embarcações e navios e atrasar a chegada até estarem certos de que não correm perigo.

Na superfície deverão procurar em todas as direções e localizar a sua plataforma de apoio, outros mergulhadores e qualquer embarcação que estiver aproximando-se. Se os mergulhadores não estiverem sendo avistados por sua equipe, deverão alertá-los usando apito, pirotécnicos ou sinalizadores luminosos. Eles também deverão inflar oralmente o colete salva-vidas, respirar pelo *snorkel* (caso necessário) e descansar enquanto aguardam o recolhimento.

7.8 - APÓS O MERGULHO

Problemas fisiológicos poderão ser mascarados por algumas horas após o mergulho. O supervisor e os demais membros da equipe deverão estar permanentemente alerta quanto a esta possibilidade. Por esta razão, os mergulhadores deverão ser mantidos em observação o

maior tempo possível pelo supervisor.

Se as suas condições físicas forem satisfatórias, a primeira tarefa dos mergulhadores após o mergulho será inspecionar o seu equipamento e retirá-lo da área onde está sendo realizada a faina de mergulho.

O supervisor deverá, o mais breve possível, interrogar os mergulhadores quanto ao trabalho que foi realizado, enquanto todos os detalhes do mergulho estão frescos em suas mentes. O supervisor deverá decidir, mediante as informações recebidas, se o trabalho foi completamente realizado, se o planejamento da operação necessita ser alterado, tomará conhecimento dos problemas encontrados e ouvirá as sugestões para o próximo mergulho.

7.9 - MERGULHO SOLITÁRIO

A única situação em que será permitido o mergulho solitário é aquela em que se usa uma linha de vida.

Quando o mergulhador estiver utilizando linha de vida ou cabo de ligação com o dupla, alguns pontos básicos deverão ser obedecidos:

- o cabo não deverá ficar folgado;
- deverão ser utilizados os Sinais Padrão de Mergulho para comunicação;
- todo sinal deverá ser imediatamente entendido e devolvido;
- a cada três minutos, o Guia deverá dar um puxão na linha de vida para saber se o mergulhador está “Ok!”. Este devolverá o sinal;
- o mergulhador deverá estar ciente da possibilidade de enrasque ou degola da linha de vida ou cabo de ligação.
- o supervisor deverá acompanhar o posicionamento dos mergulhadores observando as bolhas de ar soltas pelo seu equipamento ou a bóia de acompanhamento.

7.10 - TREINAMENTO INDIVIDUAL PARA A OPERAÇÃO

A formação e o adestramento dos mergulhadores militares seguem uma programação que envolve além da parte teórica indispensável, a seguinte seqüência de exercícios a qual deverá ser, também, praticada pelas Organizações Militares Específicas de Mergulho (O-MEM):

- alagar e desalagar a máscara. Inflar colete oralmente na superfície;
- natação equipada com máscara, respirador, colete e nadadeiras;
- prática de mergulho livre em apnéia;
- adaptação ao equipamento em tanque ou piscina. Troca de bocal, equipar e desequipar no

- fundo;
- realizar trabalhos práticos, montagem e desmontagem de flanges, conexões e tubulações em ambiente controlado;
 - passar por teste de piscina no qual se avalia o comportamento da dupla diante de condições adversas, muito próximas das que ocorrem numa arrebentação. Esse teste, com a severidade com que se aplica na Marinha, só deverá ser conduzido por instrutores do CIAMA, pois caso mal aplicado poderá gerar uma SHP ou levar o mergulhador ao afogamento; e
 - mergulhos em mar aberto.

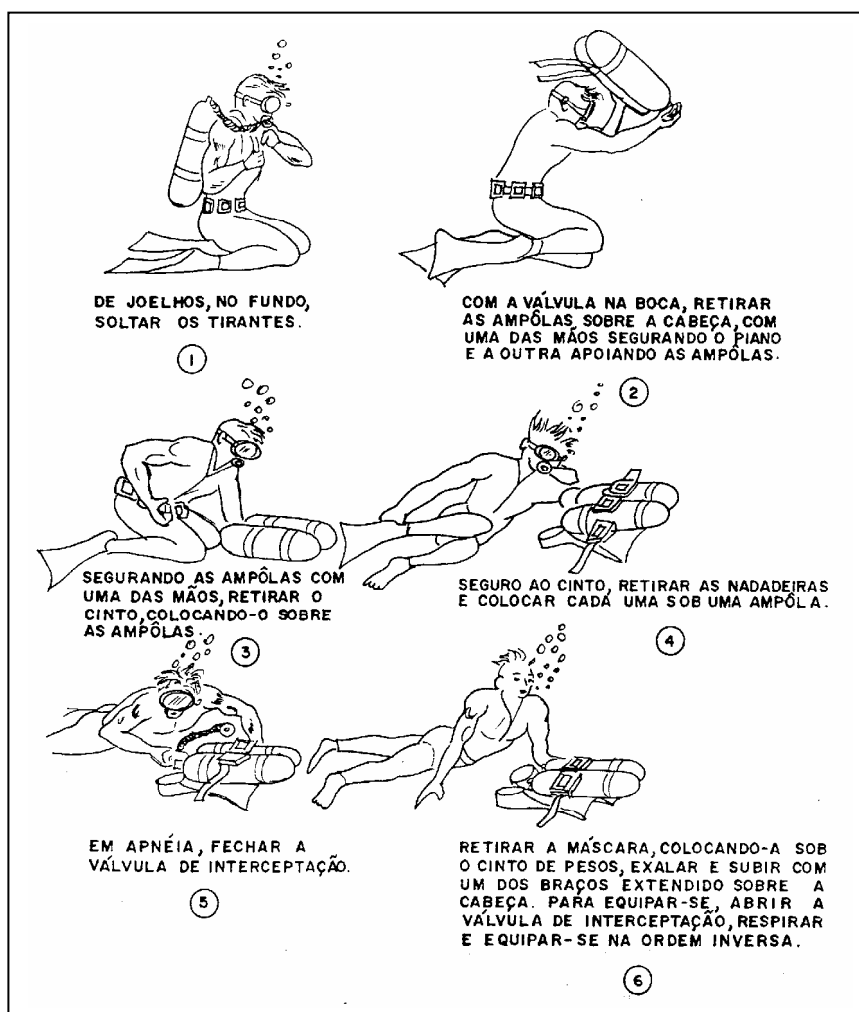


Fig. 7-20

Desequipar e equipar no fundo

7.11 - MANUTENÇÃO

Cada mergulhador é responsável pela imediata manutenção do seu equipamento após o mergulho. Os equipamentos de mergulho deverão ser tratados com cuidado, cumprindo-

se os procedimentos preconizados pelo fabricante. Algumas regras gerais, entretanto, deverão ser seguidas, principalmente após cada mergulho. Após sair da água, o mergulhador deverá fechar a válvula de interceptação e inspirar pela válvula reguladora, de modo a aliviar a pressão e permitir sua retirada, colocando imediatamente a peça de proteção da admissão (capuchana), a fim de impedir que se molhe o seu interior. Após ser lavada com água doce e posta para secar à sombra, deverá ser guardada em local próprio. É conveniente que se coloque talco virgem nas peças de borracha e que sejam mantidas em local arejado e fresco.

7.12 - VÁLVULAS REGULADORAS

7.12.1 -Simples Estágio

É constituída por um filtro, válvula de alta pressão, mola da válvula de alta pressão, haste da válvula de alta pressão, sistema de alavancas, diafragma, válvula de retenção de descarga, tubo venturi e caixa da válvula.

Imaginemos a válvula adaptada no “*Aqualung*” com ar isolado: O diafragma estará a meio e a válvula sentada na sua sede por ação de sua mola. Ao abirmos o ar ele passará pelo filtro ocupando o espaço chamado câmara de Alta Pressão (AP). A válvula continua sentada na sede. Quando inspiramos, criamos uma queda de pressão na parte superior do diafragma, que se flexiona por ação da pressão externa na sua outra face. O diafragma flexionando-se desloca através do sistema de alavancas a haste da válvula de AP, que por sua vez deslocará a válvula propriamente dita da sua sede, permitindo um fluxo de ar da câmara de AP para a parte superior do diafragma e daí ao mergulhador. O venturi está colocado numa posição tal que todo ar proveniente da câmara de AP passa por ele sendo dirigido para a traquéia de aspiração, criando uma zona de baixa pressão que causa uma maior deflexão do diafragma, conseqüentemente, maior abertura da válvula de AP e mais fácil respiração.

A redução de pressão dá-se através do pequeno orifício da válvula de AP.

O sistema é desativado ao cessar a aspiração, como veremos:

Quando cessa a respiração equilibra-se a pressão de ambos os lados do diafragma, voltando este a sua posição original não mais atuando sobre o sistema de alavancas, permitindo assim que a mola da válvula de AP empurre-a de encontro à sede interrompendo o fluxo de ar.

Ao expirmos, mesmo não havendo válvulas de retenção no bocal, o ar expirado não

poderá retornar às ampolas por estar a válvula de AP fechada; então o ar é forçado para a traquéia de descarga e daí ao exterior através de uma válvula de retenção tipo bico de pato.

A válvula de descarga foi colocada junto à de aspiração e o conjunto na altura dos pulmões, a fim de permitir respiração fácil em qualquer posição do mergulhador.

É fácil de entender, que se colocarmos o bocal numa profundidade menor que o regulador, escapará um fluxo contínuo de ar.

Pode parecer que o ar é fornecido ao mergulhador em quantidades maiores que ele necessita, mas tal abundância resulta em economia, pois evita esforço ao respirar e faz com que o mergulhador utilize menos ar.

É importante frisar que assim funcionando, este regulador automaticamente fornece ar na pressão correspondente a profundidade em que está (Pressão ambiente).

O tipo mais popular de regulador de um estágio é o MISTRAL (já em desuso).

A válvula reguladora de duplo estágio, basicamente funciona da mesma maneira, apenas para tornar mais fácil a respiração recebeu um segundo estágio de redução de pressão. Além das peças existentes na de simples estágio, possui mais um diafragma (de alta pressão), um parafuso de ajustagem, válvula de baixa pressão, sede da válvula de baixa pressão e sua haste com porca.

a) Funcionamento do 2º estágio da válvula de traquéia

A válvula de alta pressão (VAP) estará aberta por ação da mola do diafragma de alta pressão que o flexionou. Ao abrirmos o ar ele passa pelo filtro, ocupará a câmara de alta pressão passará pela VAP indo à câmara intermediária. Como o diafragma de baixa pressão esta a meio a válvula de baixa pressão (VBP) esta fechada e assim a pressão irá aumentando na câmara intermediária, posicionando o diafragma de alta pressão contra a ação de sua mola a que atinja a pressão de 117 psi acima da pressão ambiente. Quando a pressão intermediária equilibra a pressão de 117 psi mais a pressão ambiente que está atuando sobre o diafragma de alta pressão, este fica a meio fechando a válvula de alta pressão.

Assim ficamos com as seguintes pressões:

Câmara de alta pressão - Pressão das ampolas.

Câmara intermediária - 117 psi acima da pressão ambiente.

Câmara de baixa pressão - (sobre o diafragma de baixa pressão) pressão ambiente.

Quando inspiramos criamos uma queda de pressão sobre o diafragma de baixa pressão, este se flexiona por ação da pressão externa (ambiente) na outra face, movimentando a alavanca tipo ferradura, que atua na VBP abrindo-a, ocasionando um fluxo de ar da câmara intermediária que sofre uma redução de pressão para a pressão ambiente; passando pelo venturi cria uma zona de baixa pressão e flexiona ainda mais o diafragma de baixa pressão aumentando a abertura da VBP, tornando mais fácil a respiração.

Ao escoar-se o ar da câmara intermediária sua pressão vai caindo até que o diafragma de alta pressão é flexionado pela ação de sua mola abrindo a VAP, refazendo o ciclo de ar.

Quando cessa a inspiração igualam-se as pressões nas faces do diafragma de baixa pressão. A pressão na câmara intermediária sobe até atingir 117 psi acima da pressão ambiente, fechando a VAP.

b) Válvula Reguladora de Mangueira Única (tipo diafragma)

Basicamente o seu funcionamento é semelhante à válvula de traquéia de duplo estágio.

- Peças: Mola da válvula de alta pressão (VAP), Haste de Comando da VAP, Diafragma de alta pressão, Mola calibrada e Parafuso de ajustagem.
- Funcionamento: Como no caso anterior, imaginemos o regulador adaptado ao “Aqualung” e com o ar isolado. A válvula de AP estará aberta por ação da mola calibrada (no diafragma de AP) que o flexionou, e ao abirmos o ar ele ocupará a câmara de AP, passará pela válvula de AP indo para a câmara de pressão intermediária. Como o diafragma de BP está a meio, a válvula de BP estará fechada. A pressão irá aumentando na câmara intermediária, pressionando o diafragma de AP contra a ação de sua mola, até que atinge o valor de 117 psi acima da pressão ambiente (valor para o qual a mola é ajustada).

Quando a pressão na câmara intermediária se equilibra com a pressão que está atuando sobre o diafragma de AP (117 psi mais a pressão ambiente), este fica a meio causando o fechamento da válvula de AP. Nota-se que os movimentos do diafragma de AP são transmitidos para a VAP através de uma haste permanentemente encostada em ambos.

Com fechamento da válvula de AP ficamos com as seguintes pressões:

Na câmara de AP - pressão das ampolas

Na câmara intermediária - 117 psi acima da pressão ambiente.

Na câmara de BP (sobre o diafragma de BP) - pressão ambiente.

Quando inspiramos criamos uma queda de pressão sobre o diafragma de BP, este se flexiona por ação da pressão externa na outra face, movimentando a alavanca que atua sobre a válvula de BP abrindo-a.

O ar da câmara intermediária passa pelo pequeno orifício da válvula de BP, e sofre uma redução de pressão para a pressão ambiente.

Ao escoar-se o ar da câmara intermediária é evidente que sua pressão vai caindo e, tão logo diminui, o diafragma de AP é

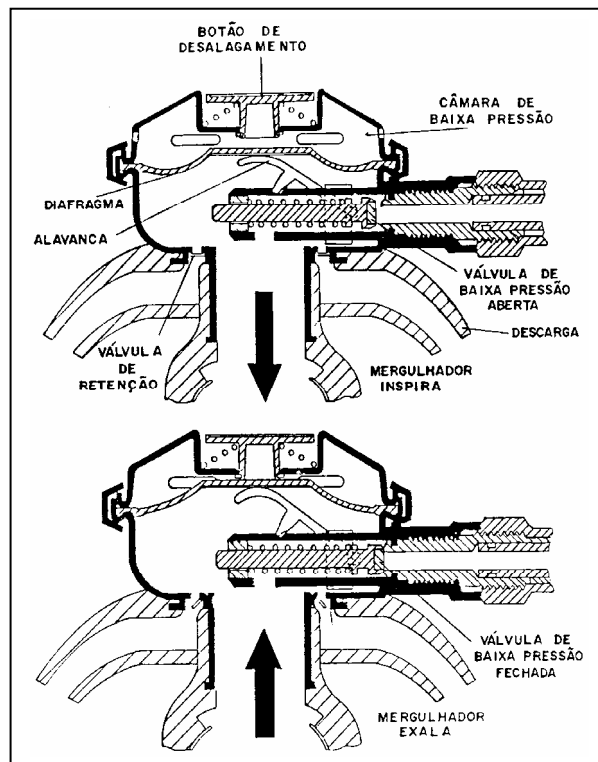


Fig. 7-21

Válvula de demanda (2º estágio)

flexionado pela sua mola abrindo a válvula de AP e, então, processa-se o fluxo de ar: das molas para câmara de alta daí para a intermediária, desta para a de BP e daí ao mergulhador. A interrupção do fluxo se dá assim que cessa a inspiração pois então iguala-se a pressão nas faces do diafragma de baixa, este volta a meio fechando a válvula de BP. A pressão da câmara intermediária sobe até atingir o valor de 117 psi acima da pressão ambiente quando se fecha a válvula de AP, ficando pronto para novo ciclo.

Na expiração o ar exalado passa pela válvula de retenção de descarga, indo para o meio ambiente através do bigode.

c) Duplo Estágio Tipo Embolo Diferencial

- Peças: Borboleta, cadeira, capuchana, filtro, corpo, capa do êmbolo, êmbolo com 2 “o-rings”, mola do êmbolo (de 110 a 125 psi), sede da válvula de alta pressão e válvula de alta pressão (na extremidade superior do êmbolo há uma pastilha de

“teflon”).

- Funcionamento: Imaginemos o primeiro estágio instalado em um “Aqualung” com o ar fechado. A válvula de alta pressão (VAP) estará aberta por ação da mola do êmbolo, esta é a posição normal dela sempre que não houver pressão de ar. Ao abrirmos o ar ele passará pelo filtro, encherá a câmara de alta pressão, ocupando a câmara intermediária encontrará a válvula de baixa pressão fechada, penetrará pelos orifícios existentes na parte superior do êmbolo atravessando-o internamente até a parte inferior, onde por diferença de área vencerá a alta pressão das ampolas e a pressão exercida pela mola do êmbolo.

O primeiro estágio da válvula tipo êmbolo diferencial tem apenas uma peça móvel que é como o próprio nome indica, o êmbolo diferencial. Este êmbolo com faces de áreas desiguais é vazado na sua linha de centro colocando em comunicação a parte superior (menor área) com a parte inferior (maior área) comunicando assim toda a área de pressão intermediária. Na extremidade superior do êmbolo há uma pastilha de “teflon” que é nada mais nada menos do que a válvula de alta pressão que fecha a saída de alta pressão quando a pressão intermediária atinge entre 110 a 125 psi acima da pressão ambiente aproximadamente 7,5 a 8,5 Kgf/cm²). Valor este fornecido pela mola do êmbolo.

Na capa do êmbolo existem 2 furos de equilíbrio com a função de manter a pressão intermediária sempre independente da pressão ambiente, isto é 110 a 125 psi acima dela.

d) 2º estágio das válvulas

Independente do primeiro estágio ser do tipo diafragma ou embolo diferencial o segundo estágio será sempre o mesmo modelo.

- Peças: Botão de desalagamento, tampa, protetor do diafragma, diafragma, alavanca, carcaça, válvula de retenção de descarga, alojamento da VBP e sede da VBP.
- Funcionamento: quando inspiramos (como na válvula de simples estágio) provocamos uma queda de pressão na parede interna do diafragma movimentando com isso a alavanca. Como a VBP está conectada a alavanca a mesma abrirá com o movimento da alavanca, voltando a sua posição normal quando cessar a inspiração.

7.13 - CONJUNTO DE RESPIRAÇÃO

7.13.1 -Identificação dos componentes:

O equipamento autônomo de circuito aberto é composto pelo conjunto de respiração e pelos acessórios que podem ser: *obrigatórios e opcionais*.

7.13.2 -Conjunto de respiração:

É a parte mais importante do equipamento. É composto por: reservatório de ar de alta pressão e válvula reguladora. O reservatório de ar, também conhecido como “*Aqualung*” (pulmão aquático) é na realidade uma marca comercial americana. Este equipamento é conhecido também como *SCUBA* (“*Self Contained Underwater Breathing Apparatus*” - Aparelho para respiração autônoma em baixo d’água), possui acoplado ao gargalo um piano com algumas válvulas que serão vistas a seguir.

7.14 - PIANO DE VÁLVULAS

7.14.1 -Válvula de interceptação:

Serve para abrir o ar do “*Aqualung*”, tem um alojamento para recarga e instalação do primeiro estágio da válvula reguladora. Para evitar erro do operador abre-se totalmente a válvula e volta-se de volta.

7.14.2 -Válvula de segurança:

Existe uma para cada ampola e sua função básica é proteger a ampola contra o excesso de pressão. Deverá atuar quando a pressão de carga ultrapassar a pressão nominal de trabalho da ampola.

7.14.3 -Válvula de reserva:

A válvula de reserva corta o fornecimento quando a pressão na ampola, onde está instalada a válvula de reserva, igualar-se à pressão da mola. Isso acontece quando a pressão no interior da ampola é vencida pela pressão de uma mola, fechando a válvula e interrompendo o fornecimento de ar dessa ampola. Nessa ocasião o mergulhador deverá acioná-la manualmente, atuando na sua alavanca que deslocará a válvula de sua sede por meio de uma haste engaxetada.

7.15 - TESTE HIDROSTÁTICO

Antes da realização do teste hidrostático, as ampolas devem ser limpas da seguinte forma:

- remova o piano de válvulas da ampola;
- pela sua abertura (gargalo) introduza uma mistura de 5 litros de areia grossa e 2 a 3 li-

tros de água doce;

- com esta mistura dentro role a ampola durante uma hora, ou até que fique limpa de incrustações e borra;
- enxague com uma solução de água morna e detergente neutro; e
- lave repetidamente com água doce.

7.15.1 -O teste

Consiste em submeter a ampola cheia d'água a uma pressão de (1,5) uma vez e meia a pressão nominal da mesma e a sua dilatação não deve exceder a 10% (dez por cento) da leitura sob carga.

7.15.2 -Leitura

Sabendo-se que a água é incompressível e estando o aparelho de teste cheio d'água e a ampola também, ao ser dada pressão no sistema, a dilatação da ampola será lida na escala (é feita então a leitura sob carga) ao ser desligada a bomba o material tende a voltar ao repouso inicial mais isso não acontece totalmente, (é feita então a leitura em repouso) essa leitura não deve ultrapassar a 10%, caso isso ocorra a ampola esta condenada.

As ampolas de aço e alumínio devem ser submetidas a teste hidrostático de acordo com as normas da ABNT.

Pressões de Carga

As ampolas de aço 150 Kgf/cm² ou 2.250 psi.

Ampolas de alumínio 200 Kgf/cm² ou 3.000 psi.

a) Pressões de teste

Ampolas de aço 225 Kgf/cm² ou 3.375 psi

Ampolas de alumínio 300 Kgf/cm² ou 4.500 psi

b) Válvula de reserva

É recomendada a manutenção periódica dessa válvula, pois com o seu constante uso torna-se fraca e muitas vezes inoperante. No carregamento deve-se ter atenção em mantê-la aberta (alavanca para baixo).

A pressão em que a reserva atua é 500 psi ou 34 Kg/cm² (este valor pode variar dependendo do seu tempo de uso, conforme descrito acima).

c) Reservatório de ar

É encontrado em diversos tamanhos e formatos, são construídos em aço ou alumí-

nio sem costuras e próprios para uma pressão de carga de até 200 Kg/cm² (3.000 psi).

A pressão nominal, capacidade, volume interno, peso, liga do material, data de fabricação, data do último teste e órgão de controle estão gravados normalmente na gola, com exceção da francesa que é na base. A data da inspeção de rotina é gravada sempre abaixo da última.

Tomaremos como exemplo o “*Aqualung US DIVERS 10 84 - CTC/DOT - 3AL - 3000 - S 80 - P142213 USD*”.

10 84: Data do último teste hidrostático (outubro de 1984).

CTC/DOT: Certificado pelo Departamento de Transportes. O Ministério dos Transportes dos EUA tem que certificar qualquer reservatório de alta pressão antes de trafegar pelas ruas dos Estados Unidos.

3 AL: Nível de dureza do metal (“*Rockwell Hardneess Number*”).

AL = Especificação Técnica do material (alumínio).

3000: Pressão nominal (Carga máxima de trabalho permitida pelo fabricante)

S-80: Size 80 ft³ (pés cúbicos) / Volume de ar atmosférico que cabe dentro de cada ampola, na pressão nominal de trabalho.

P-142213: Número de série.

Nota: 1 pé cúbico é igual à 28,3162 litros.

7.16-BUSCAS SUBAQUÁTICAS

7.16.1-Introdução

A localização de objetos sob a superfície das águas representa muitas vezes a parte mais difícil de uma faina de mergulho. Entretanto, a compreensão desse fato não é muito difundida, principalmente entre o pessoal não mergulhador. As falsas imagens adquiridas dos filmes e revistas de ficção, o desconhecimento das dificuldades da orientação subaquática, da redução do campo visual, etc, levam essas pessoas a formar uma idéia distorcida do problema, fazendo com que freqüentemente, proponham ou determinem tarefas absurdas.

Uma operação que envolva a localização de objetos deve, pois, ser cuidadosamente planejada e seu encarregado deve apresentar à autoridade interessada um quadro realista da situação e de sua problemática.

7.16.2-Fatores Condicionantes

Uma série de fatores influi no grau de dificuldade de uma busca subaquática. Vejamos alguns deles:

a) Dimensões do Alvo

Quanto maior o alvo, mais fácil será sua localização. Objetos de grandes dimensões permitem o emprego de diversos meios para localizá-lo, como sonares, detetores magnéticos aerotransportados, garatéias etc.

Pequenos objetos implicam normalmente em indicações muito precisas e, eventualmente, trabalhos do tipo garimpo.

b) Mobilidade do Alvo

Ser o alvo estático ou derivante influi muito no planejamento da busca.

Um alvo estático terá sua busca centrada em um ponto, em torno do qual irá sendo expandida.

Para alvos derivantes é preciso estabelecer um “datum”. O datum é a posição mais provável do alvo no momento em que se iniciar a busca. Para isso, recomenda-se determinar as características de movimento das águas e seu efeito sob um objeto semelhante ao alvo. Por exemplo: suponhamos que o alvo é o corpo de um afogado, desaparecido em um dado local em uma dada hora. Se a correnteza no local é na direção Leste e um mergulhador colocado à deriva no fundo é arrastado com uma velocidade de um nó, podemos esperar que a posição

do alvo quatro horas depois, seja a quatro milhas a leste do ponto do acidente, isto é, o datum será essa posição.

Para objetos derivantes, é muitas vezes preferível estabelecer uma barreira a jusante, inclusive usando redes de pesca ou similar.

c)Correntada

Além de influir no comportamento de objetos derivantes, influi também sobre o mergulhador. Poderá facilitar uma busca, reduzindo o esforço ou dificultá-lo criando suspensão ou enterrando o alvo.

A visão é o sentido mais eficiente em uma busca subaquática, já que permite classificar qualquer contato, isto é, permite uma identificação positiva do alvo (obviamente, para que tal aconteça, é preciso que a água seja suficientemente transparente).

Em águas de boa transparência, a procura pode ser realizada da superfície ou até por aeronaves, varrendo-se grandes áreas em pouco tempo.

Os fatores que afetam a visibilidade subaquática são as partículas em suspensão e a intensidade da luz. Eventualmente pode-se corrigir a falta de luz com o auxílio de iluminação artificial, mas a suspensão é difícil de ser eliminada.

Em uma busca visual, deve-se estabelecer a visibilidade em termos de distância e, assim, determinar a largura de varredura, que nada mais é do que a distância que a vista alcança para os dois lados do observador. Por exemplo, se a visibilidade da água é de 5m, um mergulhador verá objetos distantes até 5m para cada lado, isto é, sua largura de varredura será igual a 10m.(ver figura 1.1).

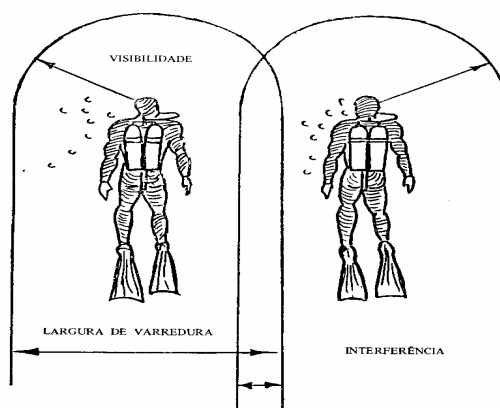


Fig. 1-1 - LARGURA DE VARREDURA

d) Extensão da área de busca

Quanto maior a área de busca, maior quantidade de recursos terá que ser empregada e/ou maior velocidade de procura deverá ser imprimida. Normalmente uma área muito extensa implicará no uso de sensores, acústicos, sensores magnéticos ou em veículos submarinos, rebocados ou não.

e) Profundidade do local

A profundidade influi no tempo disponível para a busca com mergulhadores, na visibilidade, na precisão do centro de busca, etc.

Equipamentos com controle remoto devem ser considerados para profundidades em que o mergulho se torne por demais oneroso.

f) Natureza do fundo

A terna afeta a visibilidade, seja por oferecer maior contraste com o alvo, seja por cobri-lo com facilidade, seja por favorecer a suspensão de partículas.

7.16.3-Demarcção de Alvos

Conhecedor das dificuldades que uma busca subaquática representa, o mergulhador deve tentar eliminá-la, demarcando os alvos sempre que possível. Essa situação ocorre, em geral, quando o mergulhador percebe a iminência da perda de um objeto ou o localiza fortuitamente.

A seguir são listados alguns procedimentos mais comuns.

a) Bóias de Arinque

Se o mergulhador localiza um alvo ou presencia o seu afundamento em um dado ponto, poderá marcar o local com uma bóia de arinque. Naturalmente, a bóia marcadora poderá ser improvisada com os recursos disponíveis, usando-se, de preferência, objetos com cores bem visíveis ou até iluminados.

Se as bóias devem permanecer por longo tempo no local, a demarcação por outros métodos é também recomendável, pois é comum seu desaparecimento.

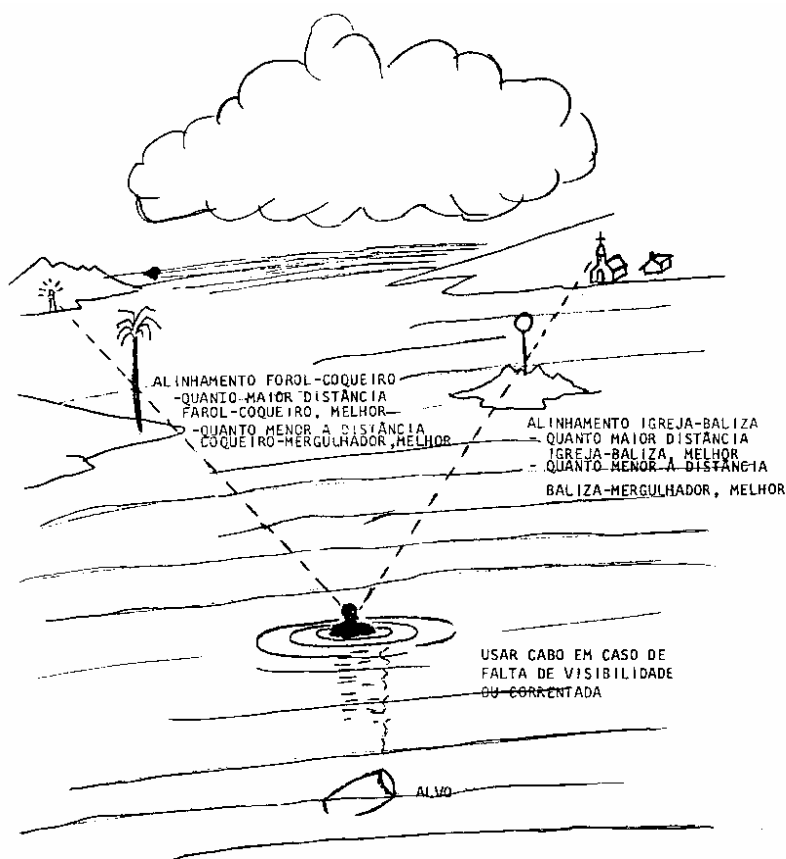
No reboque ou transporte de objetos com probabilidade elevada de afundar, deve-se sempre Ter prontas poitas e arinques com cabos adequados às profundidades de trânsito.

b) Alinhamentos

Um dos métodos mais precisos para demarcar objetos no fundo é o dos alinhamentos visuais. Dependendo dos pontos escolhidos para alinhar, sua precisão pode ser da ordem de fração de metro.

Procede-se da seguinte maneira:

- Toma-se posição na superfície exatamente sobre o alvo. Se a visibilidade na água permitir, isso é fácil, caso contrário e, principalmente, se houver correntada, deve-se prender uma linha ao alvo para garantir a posição.
- Observa-se dois pontos notáveis alinhados com o mergulhador, isto é, o mergulhador deverá vê-los superpostos. Quanto mais afastados entre si forem os pontos, mais será a precisão.
- Observe-se outro alinhamento a cerca de 90^0 do primeiro.
- Anota-se os alinhamentos.
- A figura 1.2 ilustra o método.



c)Uso de emissores, respondedores ou refletores acústicos.

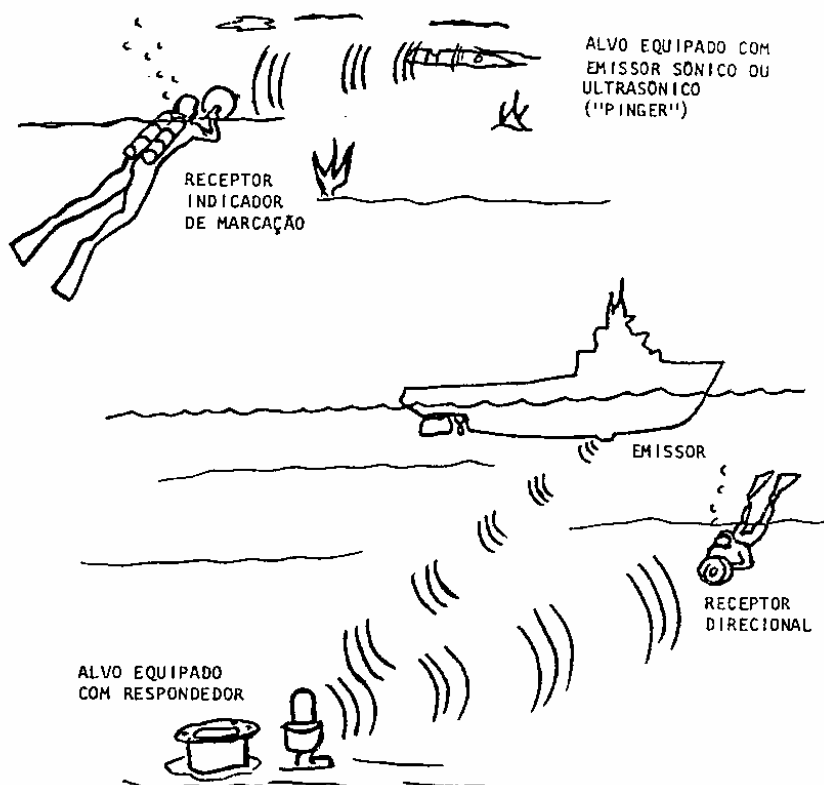
Objetos cujo valor justifique o emprego desses equipamentos poderão ser demarcados acusticamente. O método é muito usado na demarcação de “cabeças de poços” petrolíferos, de

armas submarinas para exercício ou na localização precisa de alvos em profundidades grandes.

Os emissores consistem basicamente em um gerador sônico ou ultra-sônico de ruídos que permitem a localização de objetos aos quais esteja fixados. Isso é feito determinando-se a direção da emissão pela audição ou por receptores especiais.

Os refletores e os respondedores refletem o sinal de um transmissor ou emitem uma resposta ao recebê-lo.

A figura 1-3 ilustra o método.



7.17-MÉTODOS DE BUSCA

As buscas de alvos submersos cobrindo áreas extensas a grandes profundidades são executadas através de grandes operações, em geral coordenadas por autoridades em nível de Comando de Distrito Naval. São em geral complexas e envolvem uma grande quantidade de recursos, sendo tratadas em outras publicações Navais.

Assim, podemos classificar os métodos mais usados em dois grupos:

- buscas realizadas sem emprego direto de mergulhadores.
- buscas com mergulhadores.

7.17.1-Buscas sem mergulho

A vantagem de empregar ou não mergulhadores dependerá da situação, como será discutido posteriormente. Entretanto, o tempo de mergulho deve ser sempre olhado como uma parte valorizada da operação e sua redução considerada como uma boa norma. Assim, dentre os métodos utilizáveis para conseguir essa redução, podemos relacionar os seguintes:

a)Métodos Visuais**I)Busca de indícios na superfície**

A localização de indícios na superfície poderá facilitar bastante a busca. Assim, por exemplo, o óleo liberado por uma embarcação afundada pode levar à sua localização com relativa facilidade.

II)Varredura visual do fundo

Em águas de boa transparência e profundidade limitada, pode-se executar a busca varrendo-se visualmente o fundo. Para isso, podem ser usados aeronaves, embarcações, nadadores, etc. O uso de embarcações é normalmente prejudicado pela ondulação provocada ou natural, o que recomenda postos de observação elevados, fundos de vidro ou uso de caixas transparentes.

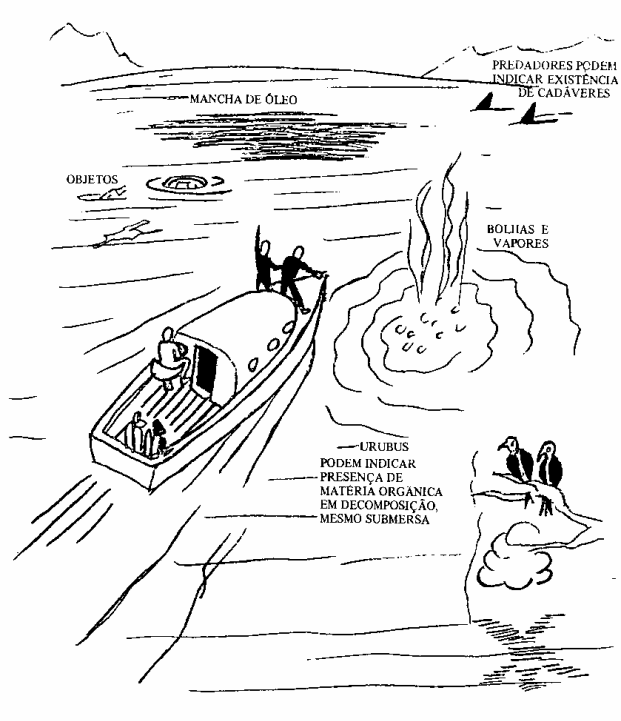


Fig. 1-4 - BUSCANDO INDÍCIOS NA SUPERFÍCIE

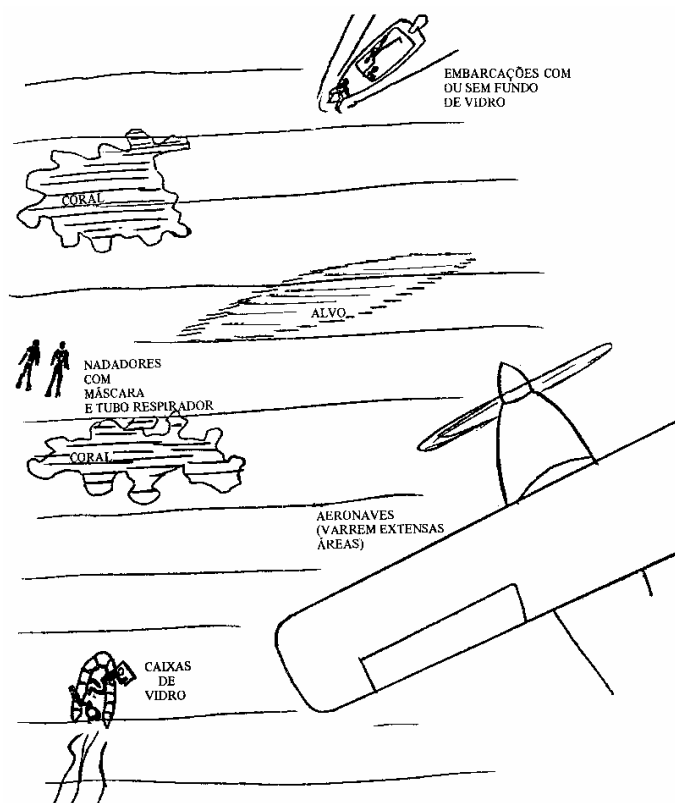


Fig. 1-5 - VARREDURA VISUAL DE SUPERFÍCIE

III) Varredura visual com TV submarina

Atualmente existem inúmeros veículos não tripulados equipados com TV submarina e outros sensores. Podem ser simplesmente rebocados ou podem possuir controle remoto, que lhes permite movimentos precisos.

Esses equipamentos já tem realizado tarefas muito complicadas, permitindo recuperar objetos pesados e em grandes profundidades.

Normalmente devem operar em águas com boa transparência, ainda que pouco iluminadas.

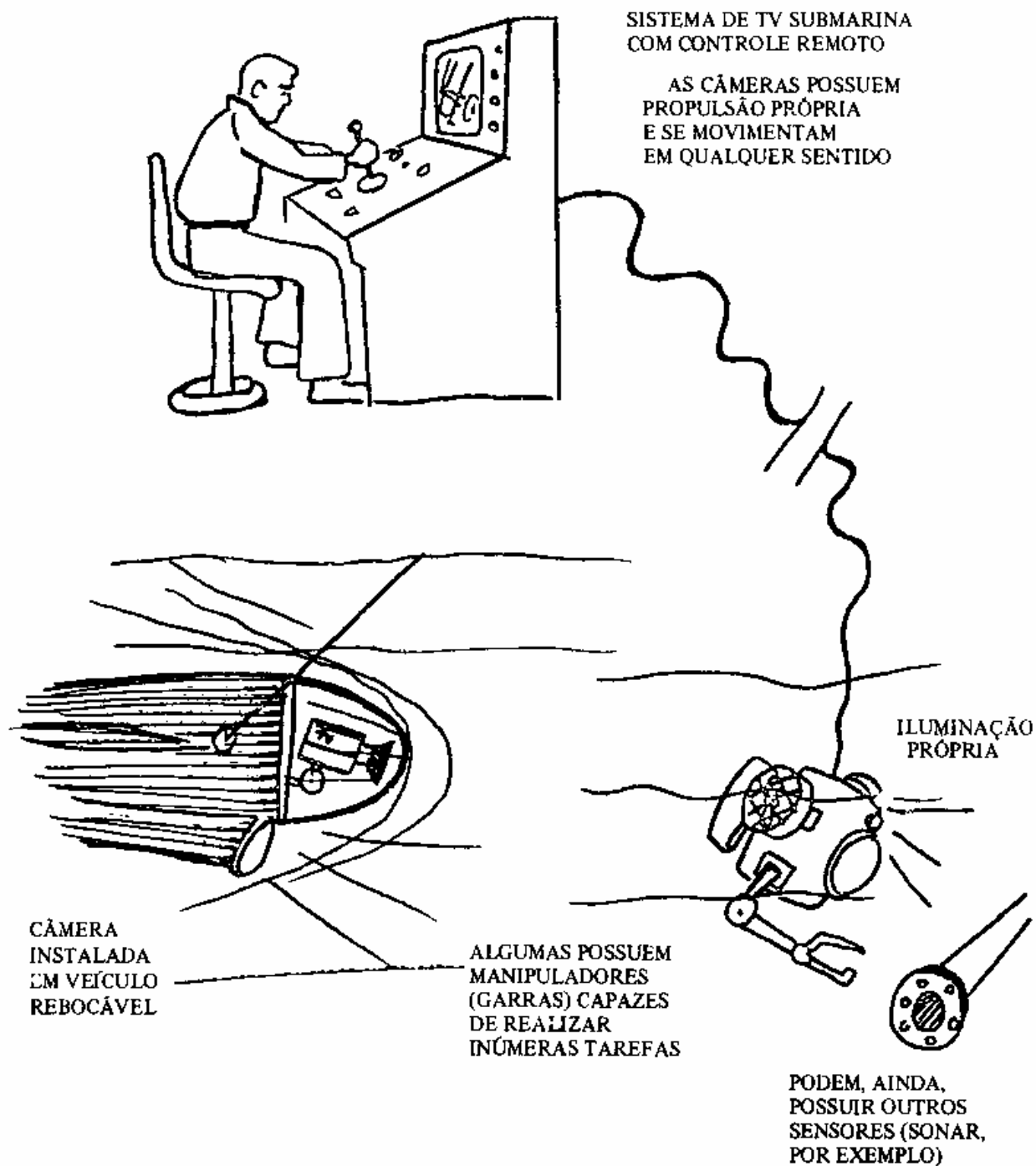


Fig. 1-6 - TV-SUBMARINA

B) Métodos Acústicos**I) Emprego de Sonares de Casco e Ecobatímetro**

O princípio de funcionamento desses equipamentos baseia-se na propagação e reflexão do som na água. Os sonares

são capazes de localizar objetos relativamente grandes, tais como, cascos soçobrados ou pedras, fornecendo sua marcação e distância. As condições de temperatura, salinidade, profundidade, tipo de fundo, afetam seu desempenho, fazendo variar seu alcance e precisão:

Os ecobatímetros que só indicam a profundidade, podem ser usados nas buscas desde que a passagem sobre o alvo registre uma variação significativa de profundidade e a área seja de fundo regular. Existem modelos portáteis que podem ser usados em embarcações miúdas.

Sendo comum a existência de ambos equipamentos nos navios de guerra, sempre se poderá cogitar o seu uso com o propósito de reduzir o emprego de mergulhadores, principalmente em buscas extensas de grandes alvos. A Figura 1.7 apresenta alguns aspectos do seu emprego.

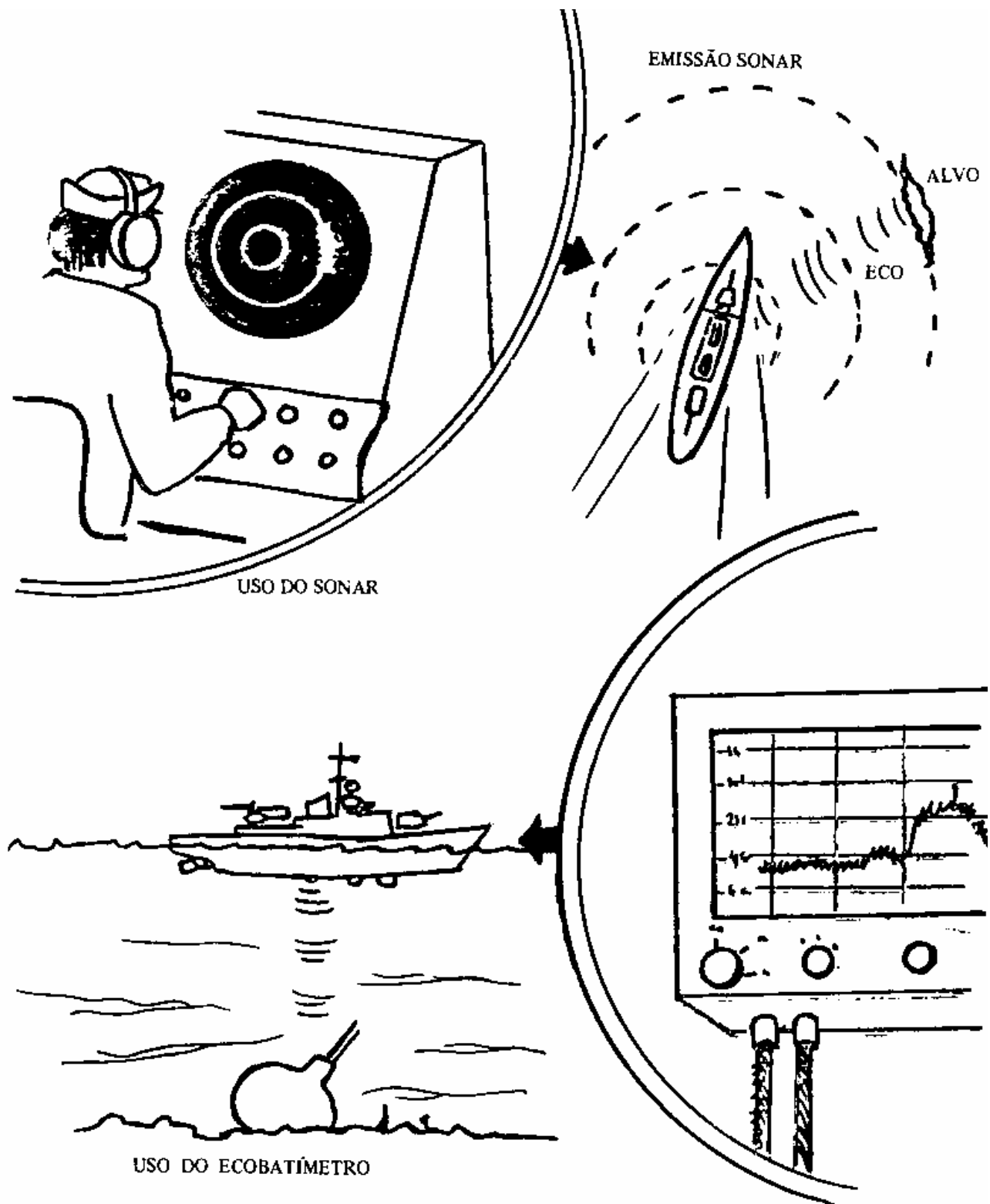


Fig. 1-7 – BUSCA SONAR E ECOBATÍMETRO

II)Emprego de Sonares de faixa lateral

Esses equipamentos são sonares de alta resolução cujos transdutores são rebocáveis. Geralmente imprimem em papel a representação gráfica dos alvos com grande precisão, o que permite classificá-los mediante interpretação das figuras registradas. Normalmente possuem um elevado poder discriminador, isto é, são capazes de distinguir dois objetos muito próximos, mesmo que de pequenas dimensões. E geral seus alcances são da ordem de 500m para cada lado e sua operação deve ser complementada por navegação de precisão.

A busca de objetos em áreas extensas, com profundidades que permitam o seu uso e onde os fundos não sejam por demais sujos, indicam sua utilização.

OSTENSIVO

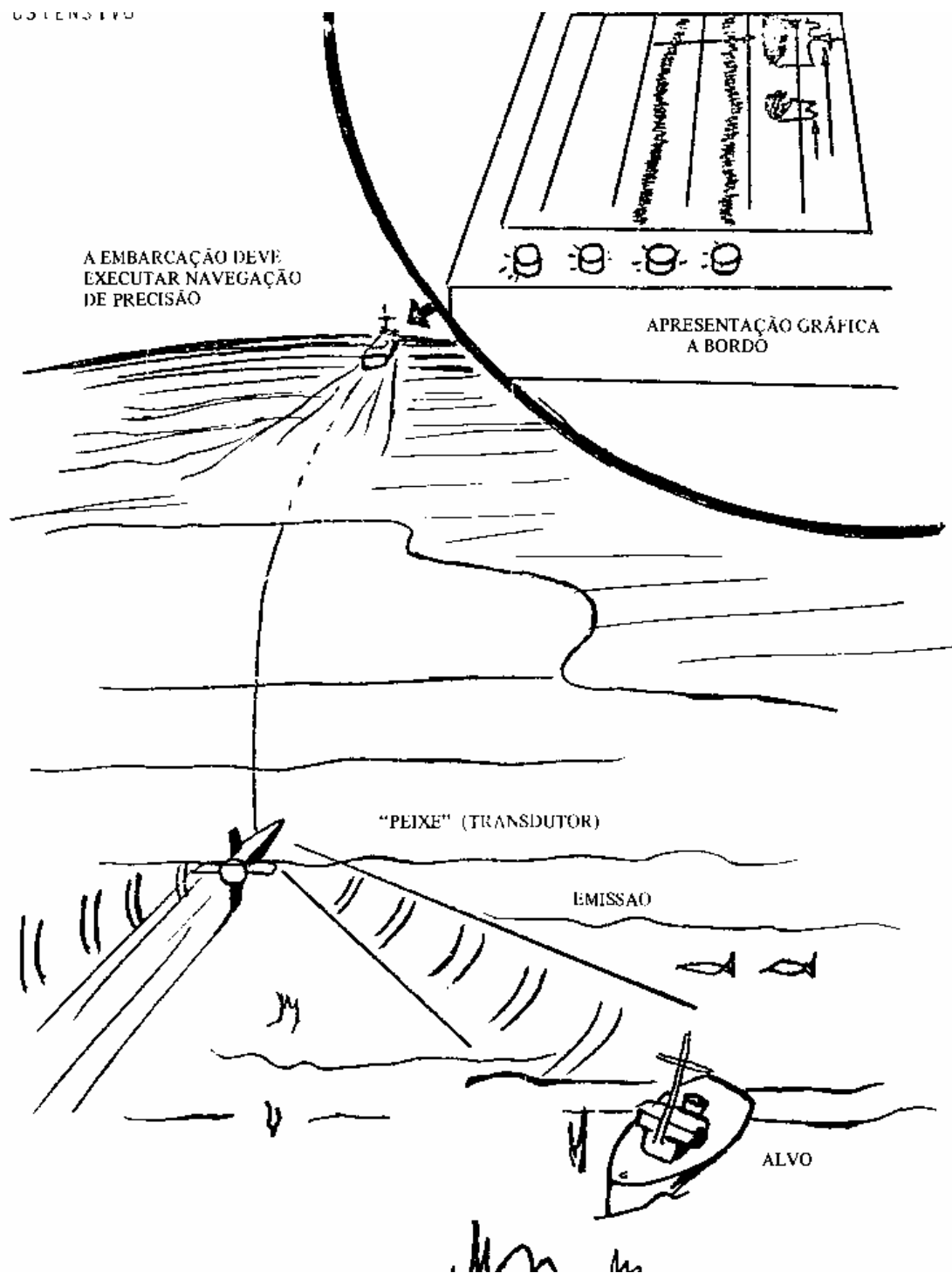


Fig. 1-8 Sonar de Faixa Lateral

c) Métodos Mecânicos

São as varreduras com garatéias, fateixas, cabos ou amarras, redes, etc. seu emprego dispensa maiores explicações e é ilustrado na Figura 1.9.

REDES DE PESCA
INDICADAS PARA FUNDOS LIMPOS,
OBJETOS DE PESO COMPATÍVEL
COM SUA RESISTÊNCIA, ESPE-
CIALMENTE OS DERIVANTES

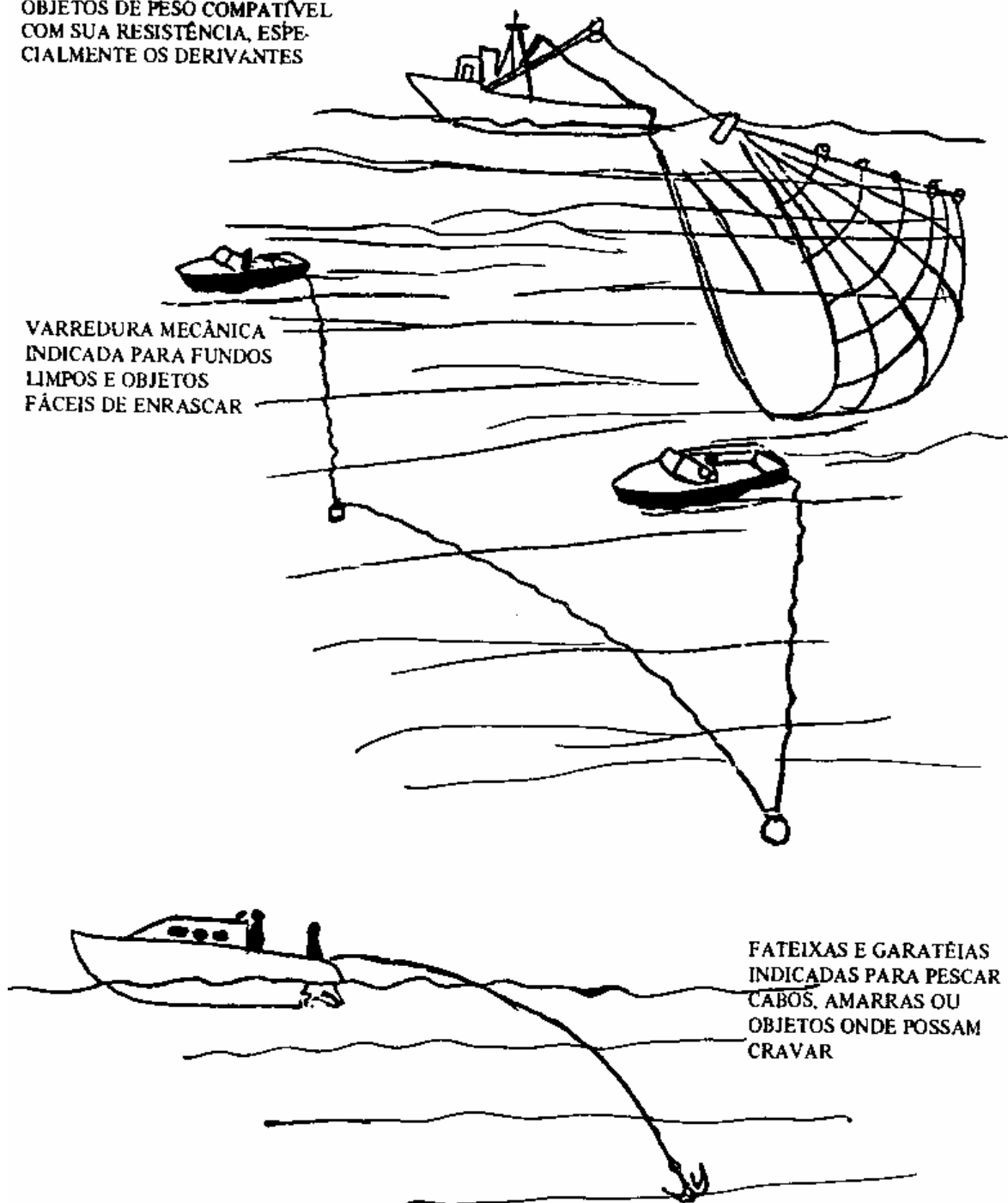


Fig. 1-9 - BUSCAS MECÂNICAS DE SUPERFÍCIE

d) Métodos Magnéticos

A localização de objetos por meio de suas propriedades magnéticas baseia-se na detecção das perturbações magnéticas que essas propriedades causam no magnetismo

terrestre local. Aparelhos especiais, os magnetômetros, registram essas perturbações, permitindo assim, a localização dos objetos.

Algumas aeronaves militares possuem esses sensores (MAD, “Magnetic Airborne Detector”) para detecção de submarinos e, para busca de grandes estruturas magnéticas, o método poderia ser usado.

Existem ainda detetores magnéticos comerciais rebocáveis para procura de objetos menores.

7.17.2-Buscas com Mergulhadores

As buscas com mergulhadores podem ser realizadas segundo os mesmos princípios daquelas que eles não são usados. Não obstante ser em geral, menor a extensão das buscas, podemos seguir a mesma seqüência adotada anteriormente para estabelecer os tipos de procura adotados. Assim, teremos:

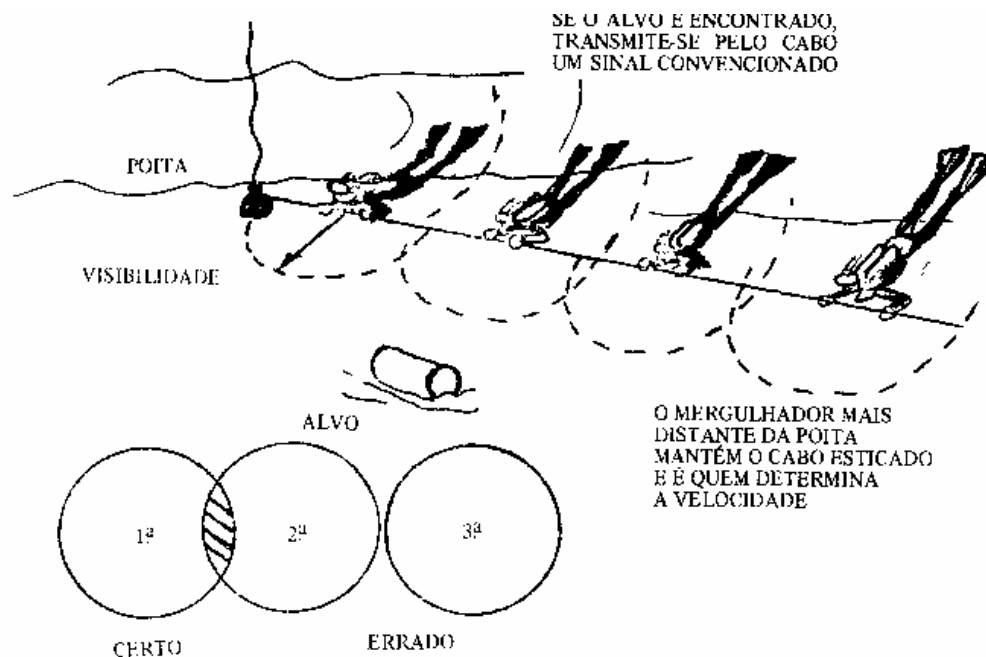
a) Métodos Visuais

É importante observar que os olhos são os principais sensores, entretanto, se a visibilidade cai próximo a zero, a busca passa de visual a tátil, sem grandes alterações de procedimento, vejamos alguns métodos:

1) Busca Circular com Linha de Distância

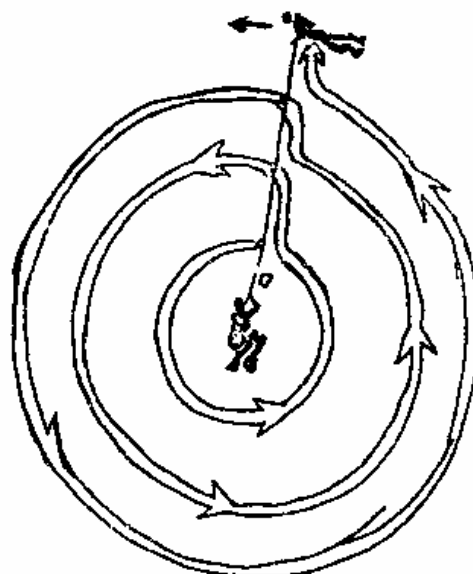
Aplicável a áreas pouco extensas objetos praticamente imóveis e com poucos mergulhadores. O centro da busca consiste em marcar com uma poita e fixar a ela uma linha de distância ao longo da qual serão distribuídos os mergulhadores. A distância entre eles será igual a largura de varredura (dobro da visibilidade).

A linha é girada em um sentido qualquer, cabendo ao homem que está no extremo oposto à poita mantê-la esticada. Se o objeto não é localizado, muda-se o centro de busca, mantendo alguma interferência entre as áreas varridas. (Ver Figura 1-10).



QUANDO O ALVO NÃO É ACHADO NAS PRIMEIRAS BUSCAS, MARCA-SE O CENTRO DAS OUTRAS DE MODO A OCORRER UMA INTERFERÊNCIA DE CERCA DE 1/3 DO RAIO.

VARIANTE: "PATRULHA CIRCULAR COM POUCOS MERGULHADORES, PODE-SE REDUZIR A VELOCIDADE E CADA UM PATRULHA UM TRECHO DO CABO.

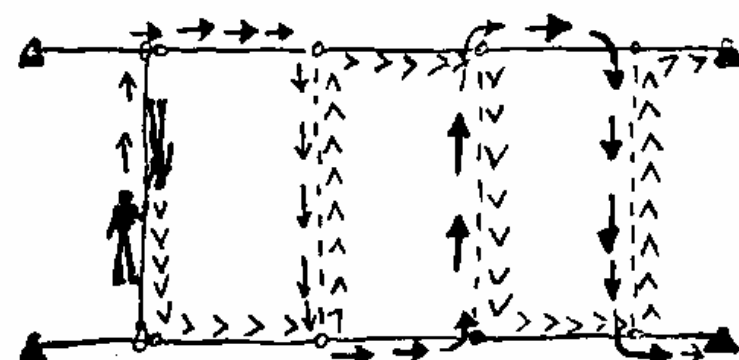
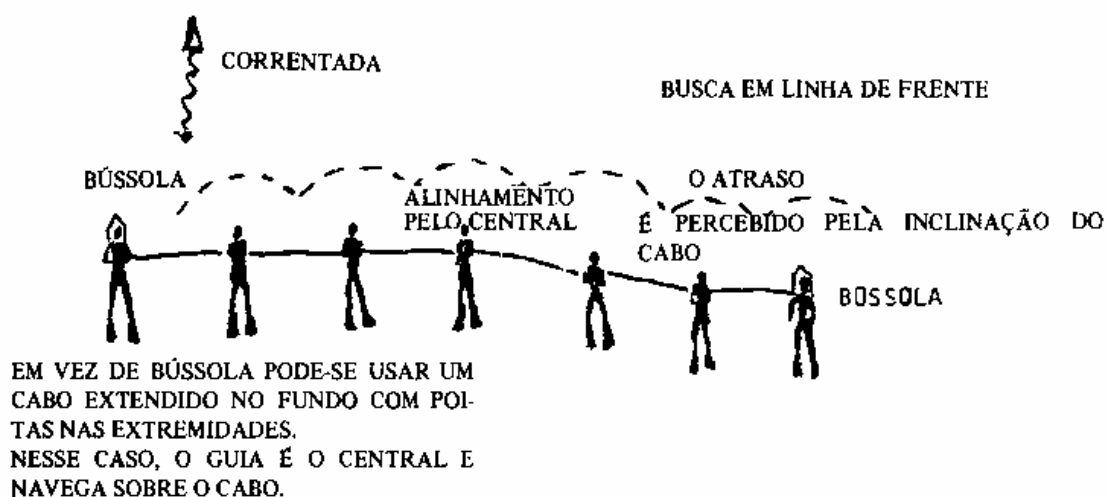


VARIANTE: ESPIRAL CRESCENTE. TODA VEZ QUE O VARREDOR CRUZA UMA DADA REFERÊNCIA, SEU DUPLO, QUE ESTÁ SOBRE A POITA, DÁ UM SINAL PELA LINHA E ELE AVANÇA UMA MARCA NO CABO. A DISTÂNCIA ENTRE AS MARCAS É IGUAL AO DOBRO DA VISIBILIDADE. PODE SER FEITO TAMBÉM COM EQUIPAMENTO DEPENDENTE.

Fig. 1-10 - BUSCA CIRCULAR

II) Buscas Orientadas

O mergulhador precisa de uma boa orientação no fundo para garantir uma varredura eficaz da área de procura. Para isso, poderá lançar mão de bússolas, linhas marcadoras ou outros artifícios.



COM APENAS UMA DUPLA PODE-SE ESTABELECEER UMA PROCURA PROGRESSIVA, NA QUAL O CABO GUIA É DESLOCADO AO LONGO DE DOIS OUTROS POITADOS.

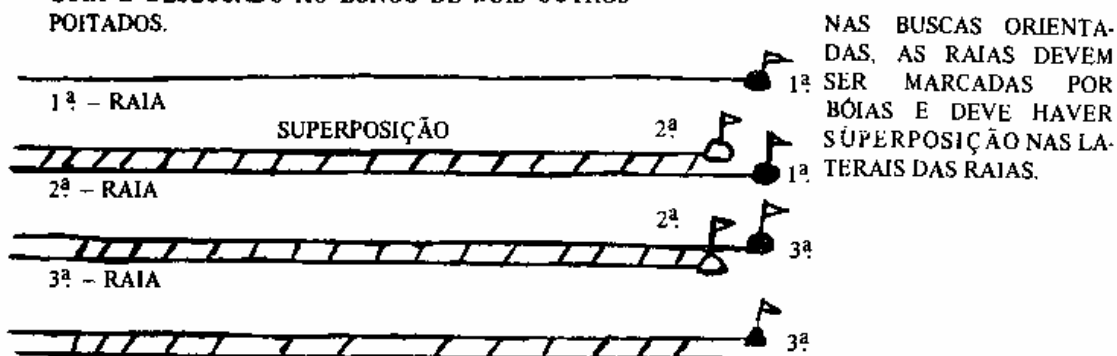


Fig. 1-11 - BUSCAS ORIENTADAS

III)Uso de veículos subaquáticos

Existe uma grande variedade de veículos rebocáveis ou auto-propulsados capazes de auxiliar uma busca visual.

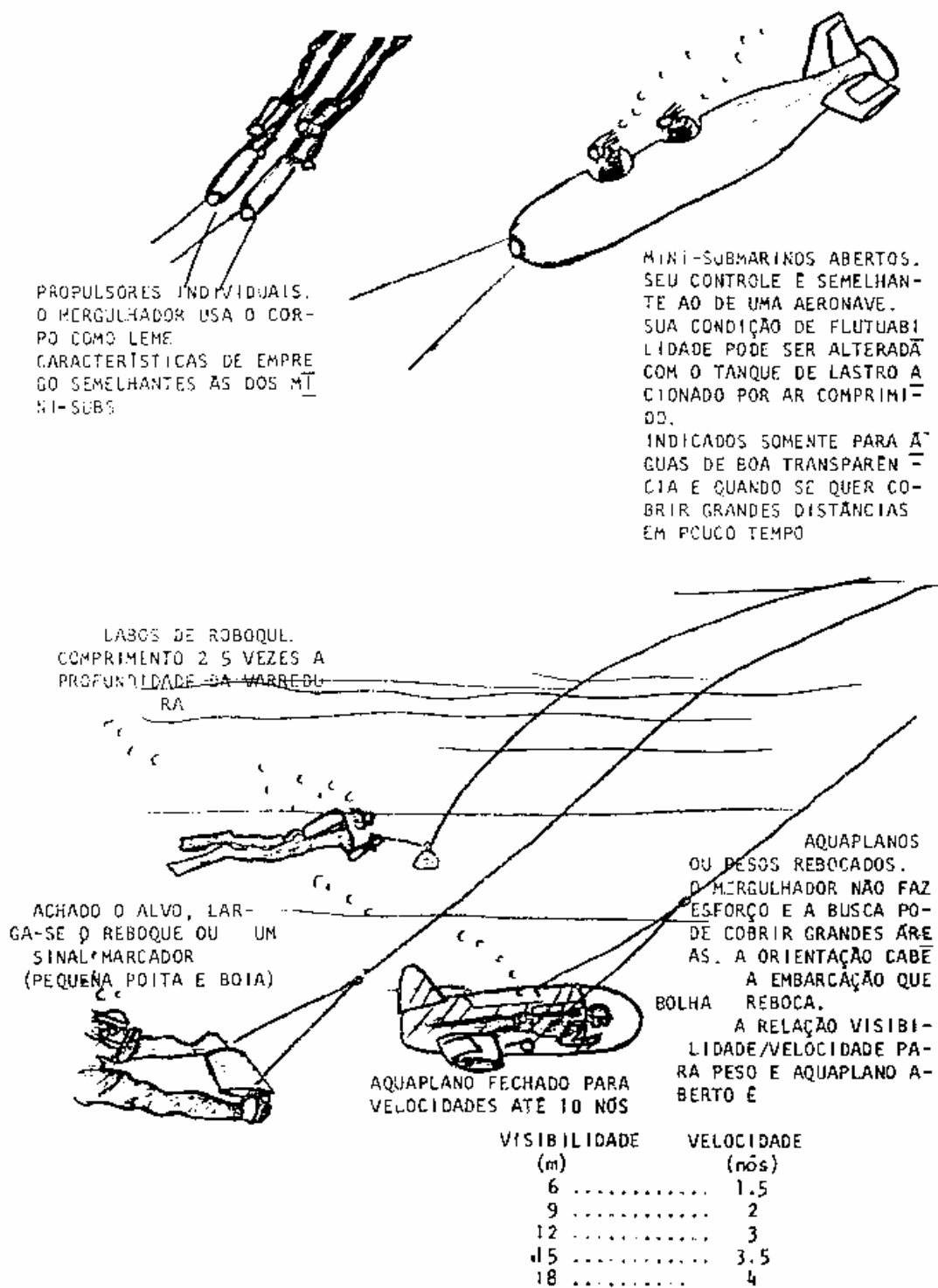


Fig. 1-12 - VEÍCULOS SUBAQUÁTICOS

Sua grande vantagem consiste em ampliar bastante a área de busca, permitindo maior velocidade e menor cansaço ao mergulhador. Em geral, há necessidades de uma boa visibilidade para seu emprego.

IV)Procuras em obras vivas de navios

Um caso particular de procuras visuais.

Muitas vezes é necessário buscar avarias ou, no caso militar, artefatos colocados pelo inimigo ao longo da carena dos navios. O procedimento a adotar varia com o número de mergulhadores disponíveis, a visibilidade, etc,

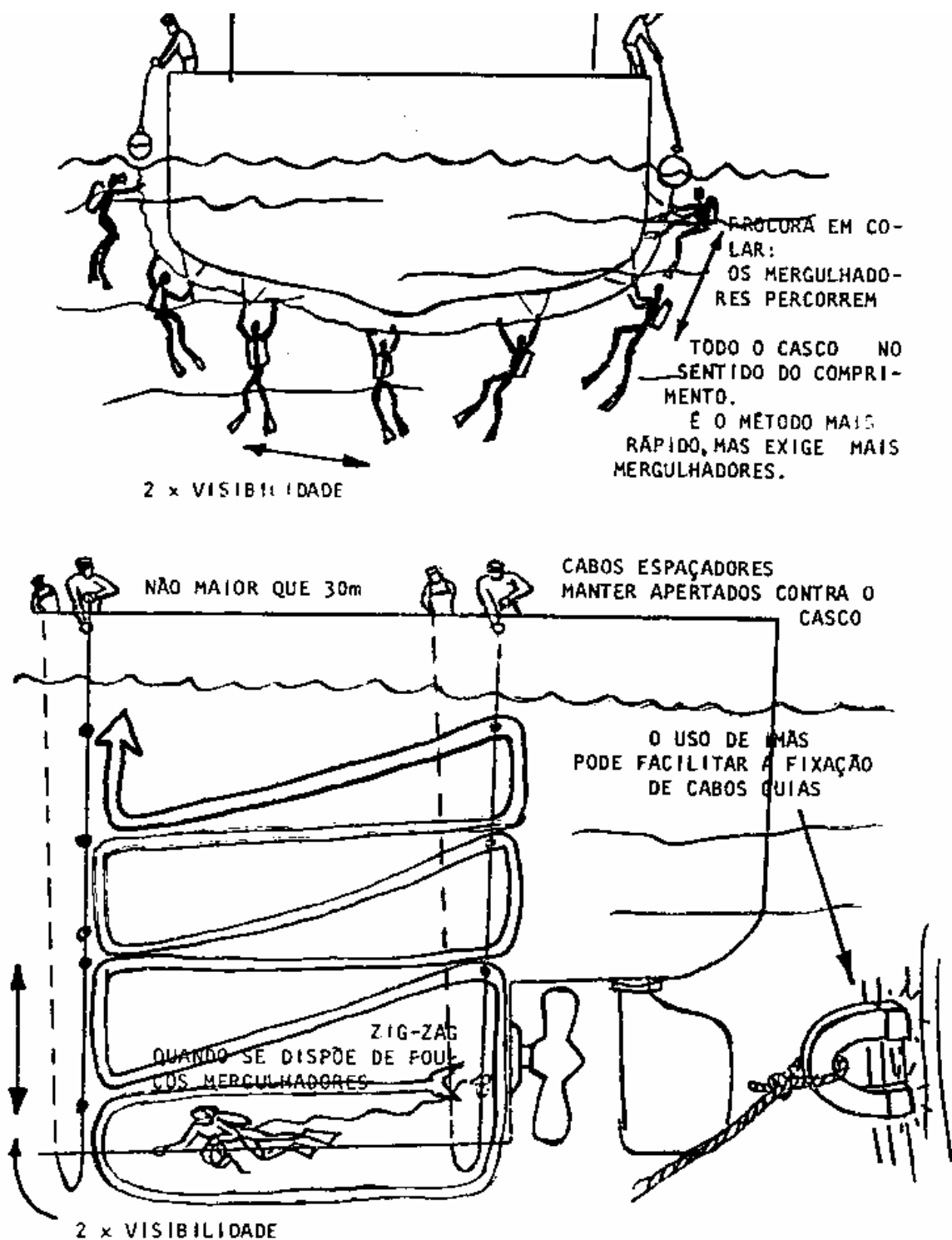


Fig. 1-13 - PROCURAS EM CASCO

b) Métodos Acústicos

Também aqui poderão ser usados os sonares portáteis ou então receptores especiais para uso com emissores de sinal ou respondedores. Em geral, sua eficiência será reduzida nos fundos sujos, isto é, aqueles com grande número de obstáculos, naturais ou não.

c) Métodos Mecânicos

São as varreduras. Para isso, são usados normalmente cabos e pesos e se aplicam, em geral, à busca de objetos nos quais tais cabos possam ficar presos (Ver Figura 1-15).

d) Métodos Magnéticos

Existem sensores portáteis comerciais baseados nas propriedades magnéticas dos alvos. Podemos também aí incluir sensores que, baseados em outras propriedades físicas da matéria, são capazes de detectar objetos metálicos para-magnéticos ou não magnéticos.

Sua aplicação mais comum é a busca de metais a curta distância, em geral enterrados em lama ou areia (Ver Figura 1.16).

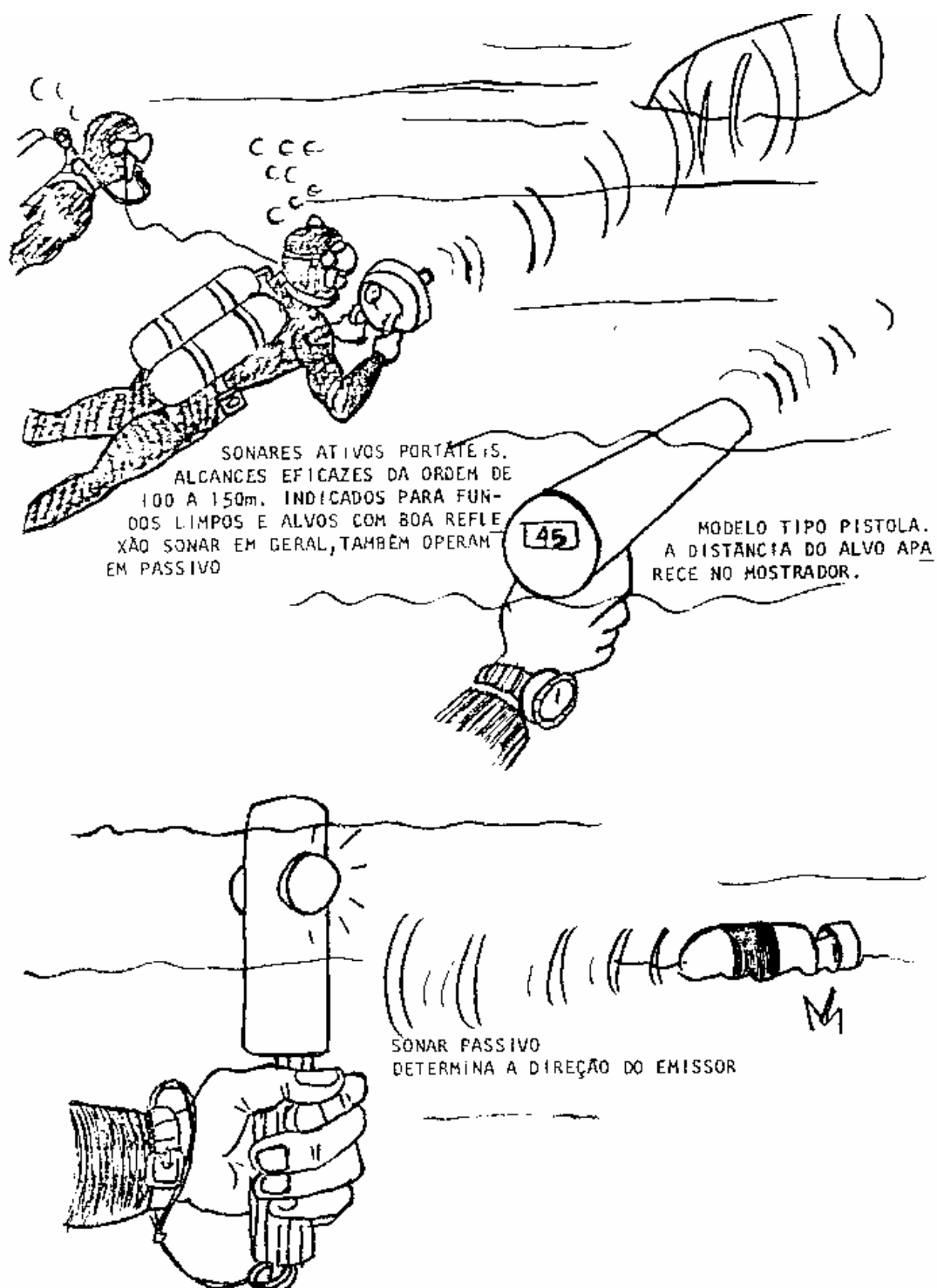


Fig. 1-14 - SONARES PORTÁTEIS

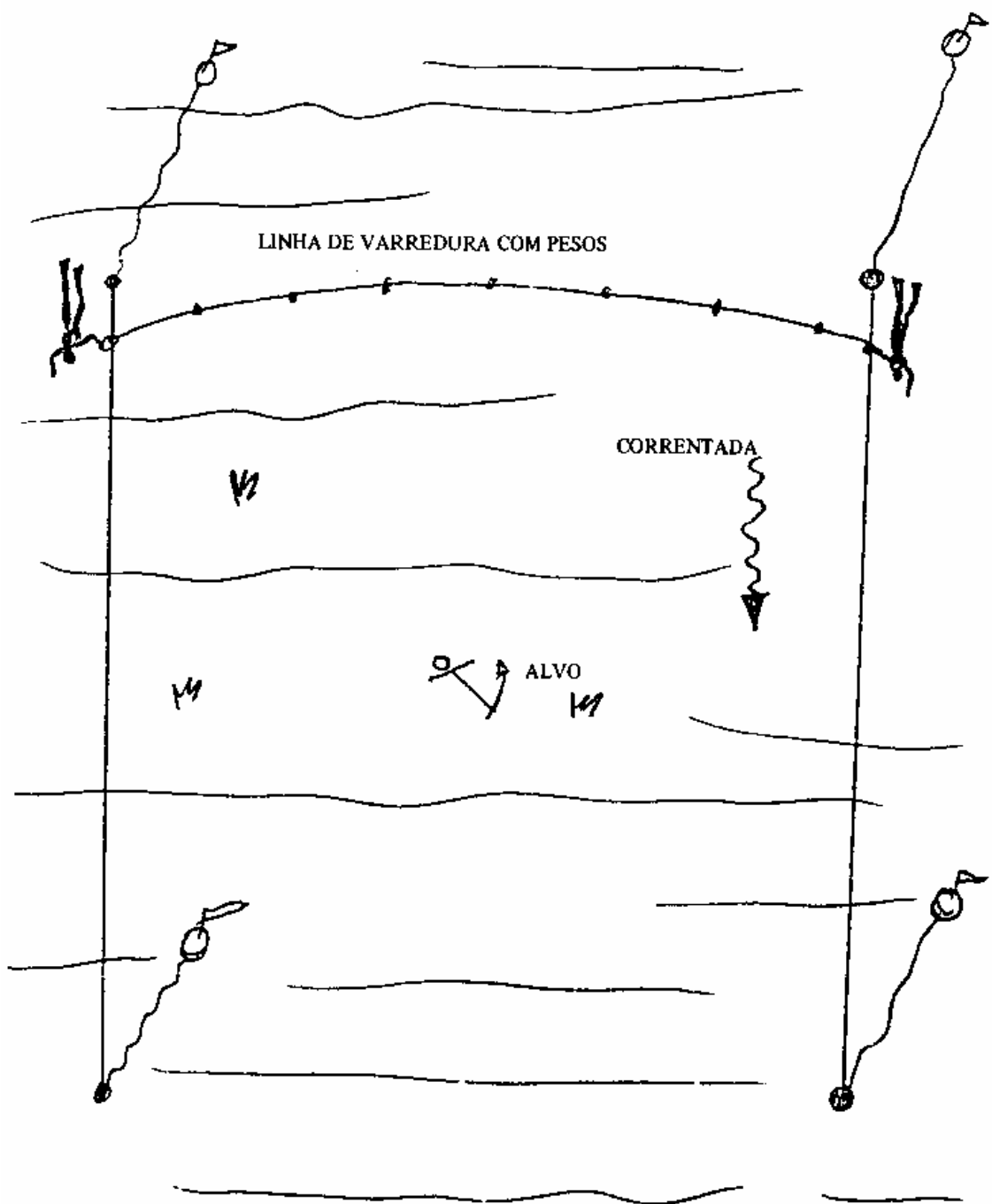


FIG. 1-15 - VARREDURA MECÂNICA

PROCURAS MAGNÉTICAS
OU COM DETETOR DE METAIS.
GRANDES OBJETOS A DISTÂNCIAS GRAN-
DES (NAVIOS A APROXIMADAMENTE 200m)
PEQUENOS OBJETOS A PEQUENAS DISTÂN-
CIAS (MOEDAS A CENTÍMETROS).

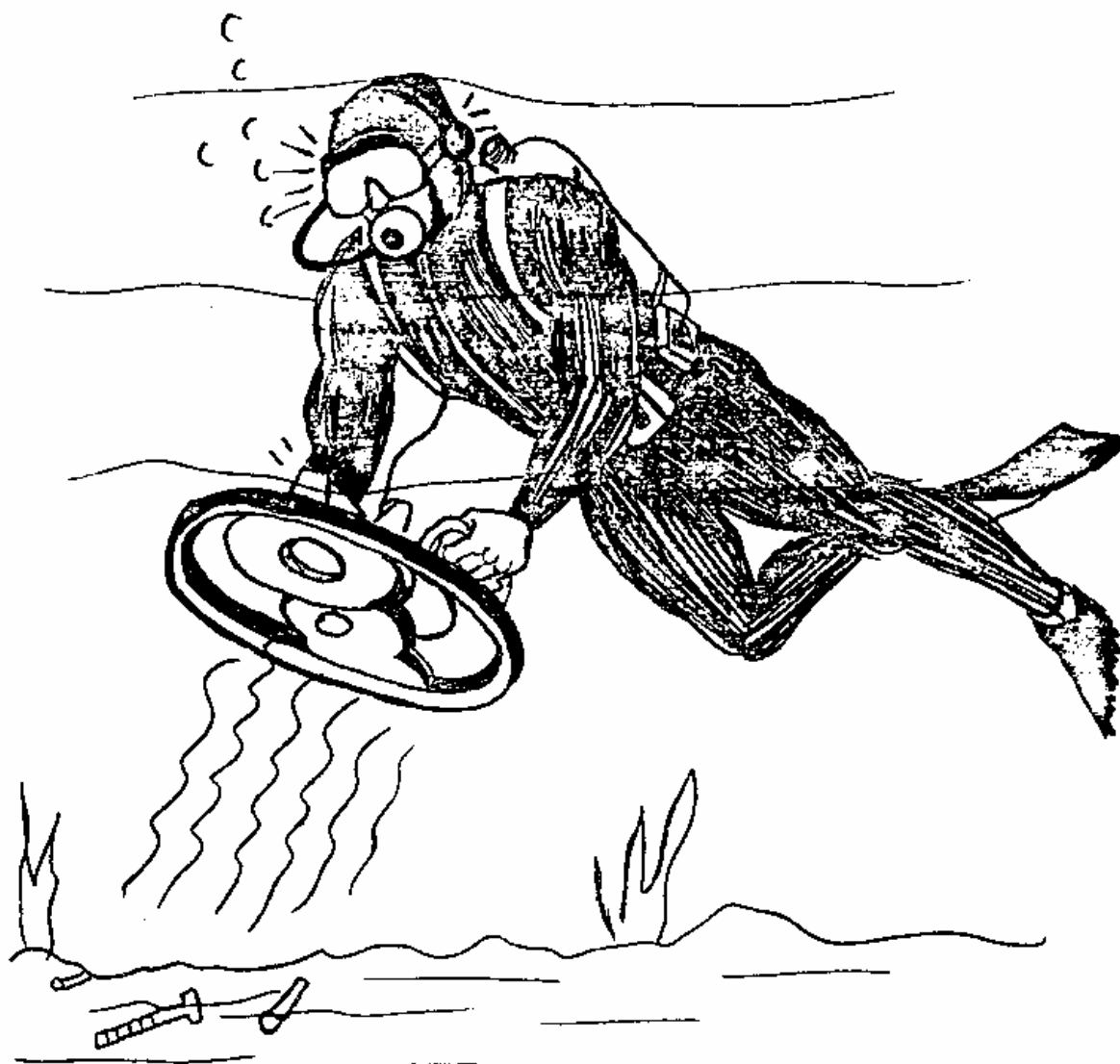


Fig. 1-16 - PROCURA COM DETETOR MAGNÉTICO
OU DETETOR DE METAIS PORTÁTIL

7.18-SELEÇÃO DO MÉTODO DE BUSCA

Para selecionar o método de busca a ser empregado, é recomendável adotar o processo de exclusão, isto é, eliminar os métodos que não são aplicáveis.

Assim, suponhamos que se pretende localizar uma baleeira de fibra de vidro, em local onde a profundidade é de 15m, com fundo de areia e cabeços de coral, visibilidade 5m, pouca correntada e área de busca com 50m de raio.

Por eliminação, excluiremos a busca visual de superfície, já que a profundidade é maior que a visibilidade. Da mesma forma, seriam eliminadas as buscas acústicas e mecânicas, devido ao fato do fundo ser sujo (cabeços de coral). Como a área é relativamente pequena, não comportando bem a procura com veículos rebocáveis, fica-se restrito as buscas com mergulhadores. O critério para a seleção final ficará, então, em função do número de mergulhadores disponíveis usando-se a busca orientada em linha de frente com muitos homens, a circular (“patrulha” ou espiral crescente) e busca orientada progressiva ou em raia, no caso de poucos mergulhadores.

Pelo que vimos, uma operação de busca desenvolver-se-á na seguinte sequência:

- Estabelecimento do “datum”, isto é, a posição provável do alvo no instante do início da busca.
- Estabelecimento da extensão da área de busca.
- Seleção do método de busca em função das características do alvo e da área de busca. E
- Busca propriamente dita.

CAPÍTULO 8

EQUIPAMENTOS DEPENDENTES

8.1 - DEFINIÇÃO

Denomina-se equipamento dependente aquele em que o suprimento de ar é feito através de mangueira, a partir da superfície.

8.2 - CLASSIFICAÇÃO

Os equipamentos dependentes são classificados em: máscaras faciais completas e capacetes. As máscaras faciais completas possuem capuz de neoprene e selo facial que mantém seco o rosto do mergulhador. O capacete é totalmente rígido e mantém completamente seca a cabeça do mergulhador, através da vedação proporcionada pelo colar. As modernas máscaras e capacetes possuem dois sistemas de respiração: fluxo direto e válvula de demanda. Existe também um sistema independente para suprimento de ar em emergência em caso de falha no suprimento de ar principal.

São também empregados na Marinha do Brasil dois equipamentos dependentes com menores recursos:

- “*Narguilé*” (válvula de demanda 2º estágio com mangueira única e linha de vida); e
- Máscara *AGA*, atualmente sendo substituída pela máscara *EXO*.

8.3 - UTILIZAÇÃO

Esses equipamentos são utilizados nos trabalhos de mergulho onde a mobilidade não seja prioridade. Constituem, por excelência, o equipamento do mergulhador profissional.

8.4 - VANTAGENS

As vantagens apresentadas vão depender do tipo de equipamento, entretanto, podemos citar as que são comuns a todos eles:

- suprimento ilimitado de ar;
- comunicação oral ou por sinais de mangueira com a superfície;
- contato físico do mergulhador com a superfície, que impede sua deriva e permite seu recolhimento em emergência;
- boa estabilidade; e
- excelente proteção física e térmica.

8.5 - DESVANTAGENS

- mobilidade limitada pelas mangueiras;
- requer fontes de ar de dimensões normalmente grandes, reduzindo a portabilidade; e
- possibilidade de enroscos.

8.6 - CONSIDERAÇÕES OPERACIONAIS

Na escolha entre a máscara facial completa e o capacete, entre outros, devemos considerar os seguintes fatores:

- profundidade;
- tipo de roupa de mergulho que será utilizada;
- necessidade de natação para a realização do trabalho;
- tipo de trabalho que será realizado;
- poluição das águas; e
- necessidade de manter seca a cabeça do mergulhador.

A profundidade do mergulho influenciará fortemente na escolha do equipamento. As máscaras faciais completas são comumente empregadas em mergulhos a pequenas profundidades por serem mais leves e fáceis de equipar. Porém, se o mergulhador tornar-se inconsciente e cair deslocando a sua máscara, o selo facial poderá ser avariado acarretando o seu alagamento. Isto não ocorrerá se o mergulhador estiver usando um capacete, que se manterá intacto em qualquer circunstância.

A natureza do trabalho a ser realizado também poderá determinar o equipamento a ser usado. Se houver necessidade de uma longa natação, como numa inspeção em uma tubulação, a máscara facial completa deverá ser escolhida, por proporcionar maior facilidade para natação que o capacete.

O capacete deverá ser utilizado em trabalhos realizados em compartimentos confinados e locais de difícil acesso, por prover maior proteção para a cabeça do mergulhador. As comunicações são consideravelmente melhores no capacete em comparação com a máscara facial completa.

O capacete também deverá ser preferencialmente utilizado em águas poluídas, onde os ouvidos e a pele deverão ser protegidos.

8.7 - LIMITES DE EMPREGO

8.7.1 - Profundidade máxima de trabalho

O mergulho dependente, utilizando ar comprimido, está limitado à profundidade máxima de 57 metros. O limite máximo será reduzido para 39 metros caso um dos fatores listados a seguir venha a ocorrer, sendo necessária a utilização dos acessórios listados no subitem 8.8.2:

- velocidade da corrente na área igual a dois nós e meio;
- altura das ondas igual a dois metros; e
- esteja prevista manobra de peso ou uso de ferramentas que impossibilitem o controle da flutuabilidade do mergulhador.

8.8 - ACESSÓRIOS UTILIZADOS

8.8.1 - Profundidade até 39 metros

- compressor de ar com características de vazão e pressão de acordo com o contido no anexo B, do ComForS-263, lubrificado com óleo mineral não detergente, dotado de filtros para separação de água, óleo, partículas e outros contaminantes. O conjunto de compressor e filtro deverá ser capaz de fornecer ar comprimido que satisfaça, a qualquer tempo, aos limites de contaminantes previstos.
- reservatório de ar comprimido, construído e testado de acordo com Norma da ABNT (Tabela “A” da NBR 12274) ou equivalente, que atenda aos seguintes requisitos:
 - ter volume interno mínimo de 80 (oitenta) litros;
 - ser testado hidrostaticamente a cada 5 (cinco) anos;
 - sofrer limpeza e inspeção visual interna anualmente; e
 - ser dotado de manômetro, válvula de segurança regulada para 10% acima da pressão de trabalho do reservatório, válvula de retenção na admissão do ar comprimido, dreno e janela de inspeção.
- umbilical básico, sem emendas, composto por uma mangueira de ar com diâmetro interno mínimo de 8,0 mm e comprimento máximo de 100 metros, com pressão de trabalho mínima compatível com a pressão de trabalho do reservatório de ar comprimido, resistente à tração equivalente ao içamento de 100 Kg e linha de vida constituída por cabo especial com carga de trabalho igual ou superior a 150 Kg, com mosquetões de desengate rápido;
- suspensório de segurança com alça para içamento e tirantes entre as pernas do mergulhador;
- profundímetro e faca de segurança;

- roupa apropriada, capacete, máscara facial completa (*full face*) ou válvula reguladora, cinto de pesos e demais itens de uso individual; e
- cilindro para suprimento de emergência com volume interno mínimo de cinco litros e pressão de trabalho igual ou superior a 150 Kg/cm².

8.8.2 - Profundidade até 57 metros

Além dos acessórios utilizados para mergulhos até 39 metros, tornam-se obrigatórios os seguintes itens:

- comunicação entre o mergulhador e o controle na superfície, através do umbilical, por meio de cabos de comunicação blindados;
- dispositivo para acompanhar a profundidade do mergulhador pelo controle na superfície (pneufatômetro);
- câmara de recompressão, capaz de aplicar as tabelas de tratamento de acidentes de mergulho apropriadas, a uma distância que não exceda 1 (uma) hora de viagem desde o local de mergulho, considerando o meio de transporte disponível na área;
- sistema de controle de mergulho; e
- quando a profundidade for superior a 40 m ou o tempo de descompressão for superior a 20 minutos, é obrigatória a utilização de sino aberto para mergulho (sinete) e uma câmara de recompressão no local e presença de médico especializado em mergulho.

OBSERVAÇÃO: O mergulho com exposição extrema implicará autorização do Comandante de Operações Navais para sua realização.

8.9 - APOIO ADEQUADO - EQUIPE MÍNIMA

Equipe mínima de 06 mergulhadores qualificados distribuídos da seguinte forma:

- Supervisor;
- Mergulhador;
- Guia do mergulhador;
- Mergulhador reserva;
- Guia do mergulhador reserva; e
- Carta / Console / Fonia.

8.10 - QUALIFICAÇÃO MÍNIMA EXIGIDA

Ser qualificado em mergulho com equipamento dependente, em curso reconhecido pela Marinha do Brasil para os demais equipamentos.

8.11 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os acessórios usados com equipamentos dependentes são basicamente os mesmos do equipamento autônomo. Precisamos então conhecer os principais equipamentos e alguns acessórios ainda não vistos.

8.11.1 - Comparação do capacete com a máscara facial completa

a) Vantagens do capacete

- mantém a cabeça seca e diminui o risco de infecção nos ouvidos em águas poluídas, principalmente em mergulho de saturação;
- são mais confortáveis de serem usados em mergulhos de longa duração, principalmente nos saturados;
- provê proteção física integral para a cabeça;
- permite uma melhor comunicação oral;
- adapta-se melhor ao sistema de recuperação de gás; e
- permite a adaptação de câmara de televisão.

b) Vantagens da máscara facial

- é mais leve e mais fácil para se equipar, podendo ser feito rapidamente e com pouca ajuda;
- permite uma grande mobilidade com a cabeça;
- permite maior facilidade para natação; e
- normalmente é mais barata.

8.11.2 - Equipamento dependente com válvula reguladora 2º estágio (“narguilé”)

O conjunto respiratório consta de um umbilical ligado a um segundo estágio de válvula reguladora de mangueira única do equipamento autônomo. O umbilical consiste de uma mangueira com o diâmetro externo de 9/16” por 5/16” interno (padrão de oxigênio), a qual é casada uma linha de vida (normalmente uma linha de adriça ou cabo de 1/4”). No terminal da mangueira é roscado uma adaptação destinada a receber o segundo estágio da válvula reguladora de mangueira única. Não provê proteção facial e não possui comunicação fonia com a superfície, devendo ser empregado em fainas leves à semelhança do equipamento autônomo, respeitando-se seus limites.

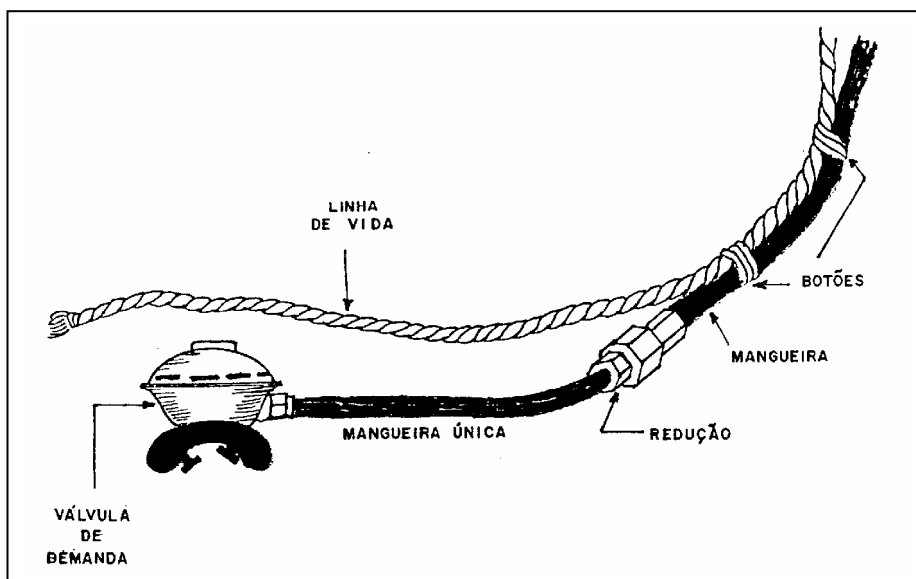


Fig. 8-1

"Narguilé"

8.11.3 - Máscara facial completa AGA Divator MK II

A AGA desenvolveu uma máscara facial com pressão de segurança (pressão positiva) para trabalhos em atmosferas tóxicas como combate a incêndio e operação de salvamento. Há duas versões desta máscara com válvulas de demanda destinada ao mergulho, uma para mergulho amador e outra para mergulho profissional.

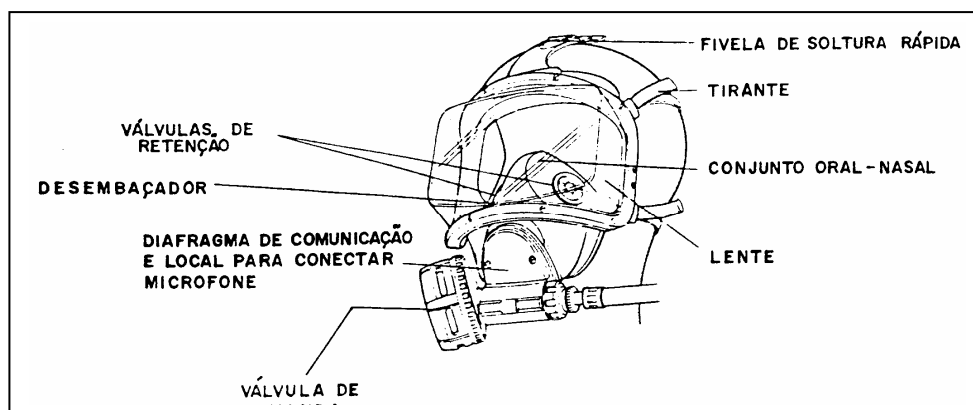


Fig. 8-2 Máscara AGA

A máscara é confeccionada em borracha e possui um conjunto oral-nasal com compensador de ouvidos. A lente é plana com laterais opacas para evitar distorções óticas e reflexos indesejáveis.

A pressão positiva deverá estar sempre presente para permitir a drenagem automática

se a máscara sair de posição. Ela também melhora a performance do selo facial.

A aranha permite a sua fixação através da ajustagem de seus cinco tirantes em fivelas de aço inox de soltura rápida.

A máscara é fácil de ser vestida e pode ser usada com a maioria das roupas de mergulho. Existe a possibilidade de instalação de um sistema de comunicação através de microfones e um transmissor. Ela também poderá ser utilizada, de maneira similar ao “narguilé”, em mergulhos dependentes.

a) Válvula de Demanda

A válvula de demanda foi projetada para fornecer uma pressão de segurança de aproximadamente 20 milímetros de coluna d'água (0,002 bar) no interior da máscara. Esta pressão será automaticamente fornecida quando o mergulhador inspirar pela primeira vez. Desta forma,

ficará assegurado o seu fornecimento mesmo que o mergulhador esqueça de comandá-la através da chave de pressão de segurança, localizada por trás da válvula de demanda, ou se a posição da chave for alterada acidentalmente.

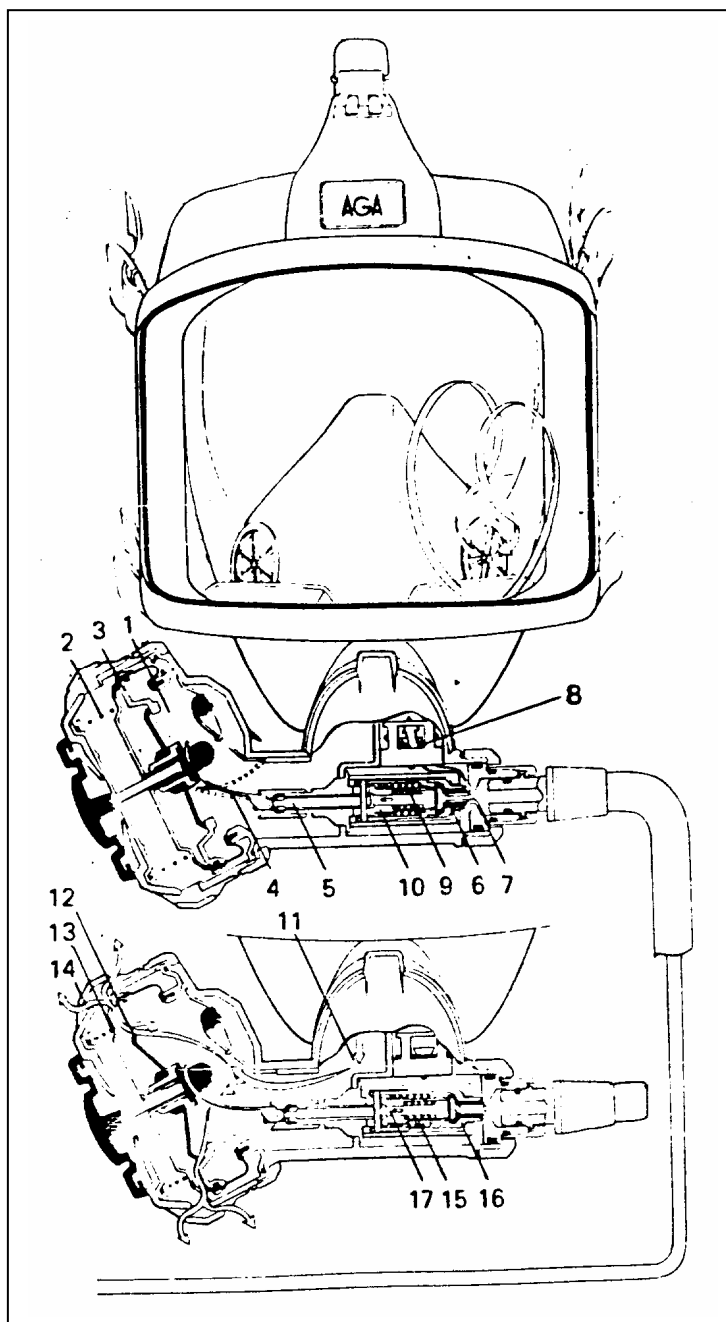


Fig. 8-3

Máscara Facial AGA Divator MK-II

A pressão de segurança reduz o risco de alagamento da máscara, muito importante em águas poluídas, e é mantida independente do consumo de ar do mergulhador. Se a água, ainda assim, penetrar no equipamento, ela poderá ser retirada pressionando o botão de desalagamento.

Quando a máscara for retirada do rosto, a chave da pressão de segurança deverá ser deslocada para baixo. Nesta posição, a válvula de demanda estará fechada.

O diagrama da válvula de demanda da Máscara Facial *AGA Divator MK II* é mostrado na figura 8-3.

b) Funcionamento da válvula de demanda

Durante a Inspiração, a pressão no interior da máscara e da válvula de demanda (1) diminuirá em relação a pressão da câmara de baixa pressão (2). O diafragma (3) deslocará a alavanca (4) que empurrará o êmbolo para a direita, deslocando o cone da válvula, retirando-o da sede. O ar fluirá pelo interior da válvula e seguirá para a máscara, fluindo sobre a lente e para o conjunto oral-nasal.

Tão logo a inspiração esteja encerrada, a alavanca (4) voltará para a sua posição original, o cone da válvula (6) retornará para a sede auxiliado pela mola (9), impedindo a entrada do ar. A pressão da mola poderá ser ajustada.

Durante a exalação, o ar será expelido para água (11), saindo pela válvula de descarga (12). O disco selante (13) será deslocado e o ar exalado passará pelos orifícios da peça de proteção do diafragma.

A válvula de demanda foi também projetada para atuar como uma válvula de segurança. Se a pressão intermediária (11 bar no primeiro estágio original do equipamento) se aproximar de 14 bar, o balancim (16) e o êmbolo da válvula serão deslocados. A força da mola crescerá e o êmbolo (17) será puxado para trás empurrando a alavanca (5), permitindo a saída do ar até que a pressão caia para aproximadamente 11 bar.

No conduto de inspiração existe uma válvula de retenção para evitar que a água penetre no mecanismo da válvula, onde poderá congelar, impedindo o êmbolo de se movimentar.

8.11.4 - Máscara facial completa *KMB-18 (Kirby Morgan Band)*

É provavelmente a máscara facial completa mais usada no mundo. Ela possui válvula de demanda, válvula de fluxo direto, sistema de comunicação e permite a adaptação de

uma ampola de emergência. O fluxo de ar é direcionado para a lente da máscara, evitando que ela embace.

A descarga principal está localizada abaixo da válvula de demanda. Se a máscara alagar, a água poderá ser expulsa através da descarga principal, pressionando-se o botão de desalagamento localizado na válvula de demanda ou abrindo a válvula de fluxo direto.

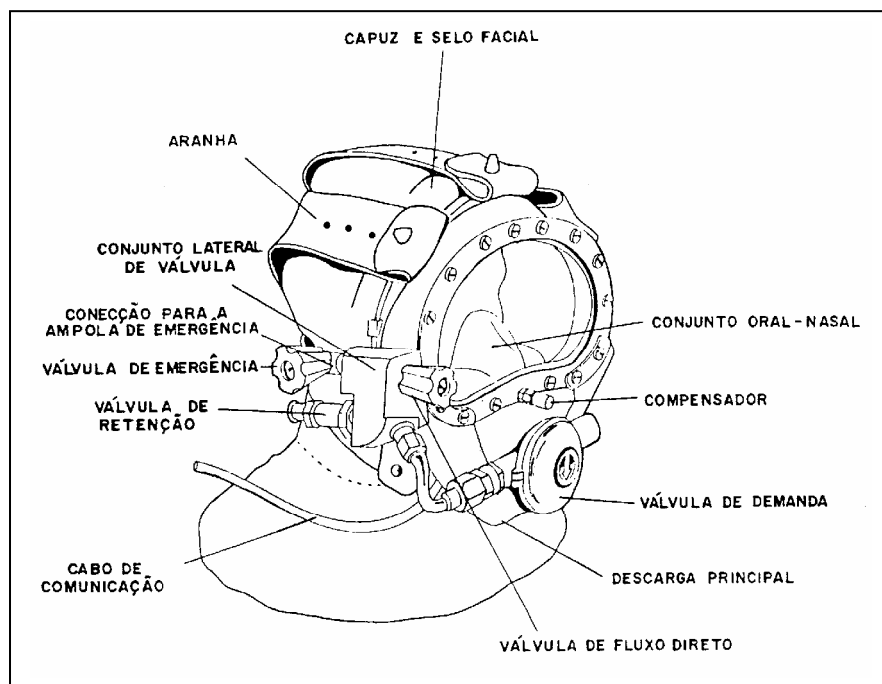


Fig. 8-4

Máscara KMB-18

O ar é fornecido pela superfície através do umbilical. Além da mangueira de ar principal, o umbilical possui um cabo de comunicação e mangueira para o pneumômetro. Em emergência, o ar poderá ser suprido pela ampola de emergência ou pela mangueira do pneumômetro colocada por dentro da máscara.

O conjunto lateral de válvulas foi aprimorado. Foi acrescentado um deflector de ar que dirige a mistura do gás sobre o visor para impedir o embaçamento que se forma na lente devido ao calor e a umidade do mergulhador.

As bolhas de ar da descarga da válvula de demanda saem lateralmente sem prejudicar a visão do mergulhador. O selo facial foi aperfeiçoado, proporcionando maior conforto.

A diferença entre os modelos 18-A e 18-B é que, na primeira, o umbilical passa pelo

peito do mergulhador, na segunda, pelo ombro, além de possuir uma saída de baixa pressão no conjunto lateral de válvulas para ser utilizada com roupa seca.

a) Principais componentes

I) Armação

Fabricada em plástico não corrosivo e não condutor de eletricidade; na armação estão fixadas: a lente, a válvula de demanda, o conjunto lateral de válvulas, o compensador e conjunto oral- nasal.

II) Lente

Fabricada em resina de policarbonato (lexan[®]) com ¼ da polegada de espessura e 200 vezes mais resistente do que a lente de uma máscara comum, selada com um “o-ring” de borracha e fixada por um aro de metal com 15 parafusos. A lente poderá ser rápida e facilmente removida para manutenção ou troca.

III) Compensador

Peça de metal forrada com neoprene, que o mergulhador poderá operar pelo lado de fora da máscara para bloquear o nariz e compensar os ouvidos e os seios faciais.

IV) Conjunto lateral de válvulas

Funciona como um piano, direcionando o suprimento principal de ar ou o suprimento de ar de emergência, através da válvula de emergência e/ ou fluxo direto para o interior da máscara.

V) Válvula de retenção

Localizada na admissão do conjunto lateral de válvulas, impede o fluxo inverso na ocorrência de uma queda de pressão no suprimento de ar.

VI) Válvula de demanda

Poderá ser ajustada manualmente para se adequar às diferentes pressões e condições de trabalho. Para mergulhos profundos, as molas no interior da válvula poderão ser trocadas para ajustarem-se à alta densidade do gás. Girando o regulador de fluxo da válvula de demanda no sentido anti-horário, ela aumentará o fluxo de ar até alcançar o fluxo direto.

VII) Válvula de fluxo direto

Localizada no conjunto lateral de válvulas, provê fluxo direto para o interior da máscara através de seu deflector. Será usada em caso de avaria da válvula de

demanda, alagamento ou embaçamento da lente.

VIII) Conjunto oral nasal

Reduz o espaço morto no interior da máscara, evitando a elevação da taxa de CO₂. Provê local para fixação do microfone do sistema de comunicação, abriga o compensador e possui uma válvula de retenção tipo disco de borracha.

IX) Descarga principal

Uma simples válvula tipo disco de borracha com uma cobertura de metal, localizada na base da máscara.

X) Capuz e selo facial

São fixados na armação de plástico por um aro de metal. O selo facial é feito de espuma de neoprene e adapta-se facilmente ao contorno do rosto do mergulhador. O capuz possui alojamentos para dois alto-falantes do sistema de comunicação. Os alojamentos se comunicam com a máscara para permitir a equalização das pressões no seu interior. Existem furos na parte superior do capuz para permitir a saída do ar que passa pelo selo facial. Se estes furos forem cobertos pela aranha, a máscara poderá adquirir uma indesejável flutuabilidade positiva.

XI) Aranha

Peça de borracha com tirantes que serve para fixar, firme e rapidamente, a máscara na cabeça do mergulhador.

b) Manutenção

I) Antes do mergulho

- proceda inspeção visual;
- prenda firmemente o capuz na armação com aro de fixação;
- verifique se todas as válvulas e o compensador estão trabalhando normalmente;
- conecte a ampola de emergência e verifique todas as funções da máscara;
- verifique se a válvula de retenção está funcionando corretamente, fechando a válvula de fluxo direto e abrindo a válvula de emergência;
- feche a válvula de emergência;
- drene o umbilical conectando-o em seguida a máscara;
- conecte o cabo de comunicação;
- verifique se há vazamentos utilizando espuma de sabão;
- verifique as comunicações;

- verifique todas as funções da máscara; e

- informe o comandante do equipamento ao Superfície.

II) Entre mergulho

- proceda à

- limpe a m

III) Após o mer

- solte o cap

- limpe o ir

secar. Não

- informe q

IV) Semanalme

- inspecione

- inspecione e lubrifique o compensador;

- inspecione a válvula de demanda, de modo especial o seu diafragma;

- lubrifique com silicone (pasta) o diafragma;

- pressurize o sistema de respiração e verifique as condições de funcionamento da válvula de demanda; e

- teste a válvula de retenção.

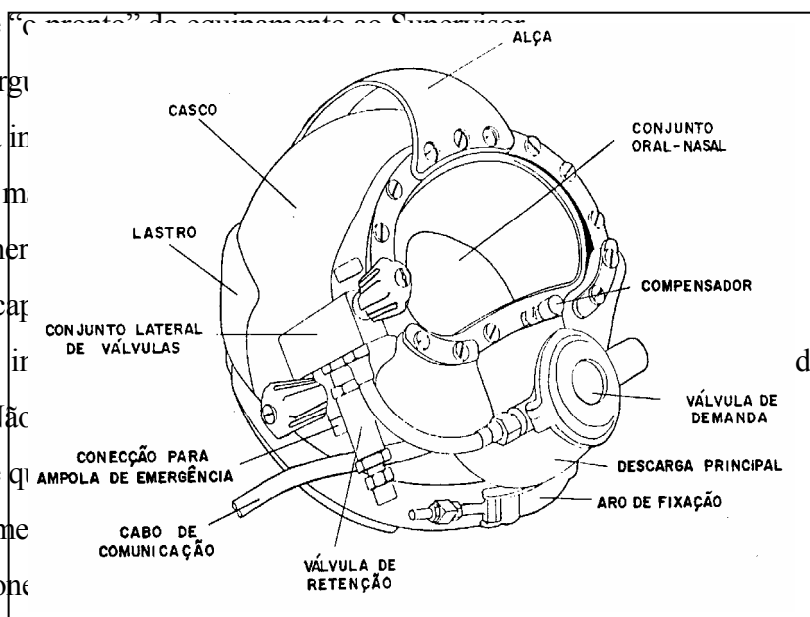


Fig. 8-5

8.11.5 - Capacete (Kirby Morgan Superlite 17 A/B)

É derivado da máscara facial completa KMB-10. O capacete é confeccionado em fibra de vidro e resina de poliéster. Tem a vantagem de manter seca a cabeça do mergulhador e proporciona maior proteção contra impactos. O interior do capacete é revestido com um capuz de espuma. O selo de pescoço, localizado no colar do equipamento, impede a entrada de água no seu interior. O capacete pesa aproximadamente 10,8 Kg (24 libras) e possui flutuabilidade negativa de 0,9 Kg (2 libras). Peso extra pode ser adicionado se houver necessidade.

Para equipar-se, o mergulhador veste inicialmente o colar, que ficará apoiado em seu ombro e, em seguida, o capacete, que será então encaixado no colar e fixado pelo fechamento do atracadador do aro de fixação e passagem do pino de segurança.

Existe um selo de pescoço especial para ser usado em águas frias e com roupa de água quente.

A diferença entre o modelo 17-A e o 17-B é que no primeiro, o umbilical passa pelo peito, no segundo, pelo ombro.

A manutenção do equipamento é similar à adotada para a máscara facial *KMB-18*.

a) Principais componentes

A maioria dos componentes do capacete *Superlite 17 A/B* são similares e tem as mesmas funções dos existentes na máscara facial completa *KMB*. Citaremos apenas os diferentes.

I) Casco do capacete

Confeccionado em fibra de vidro e resina de poliéster.

II) Lastro

De bronze polido, em número de três para compensar a flutuabilidade positiva do capacete.

III) Alça

Usada para transportar o capacete e como suporte para lanterna ou câmera de TV.

IV) Colar

É constituído pelo **corselete** (impede que o capacete seja removido acidentalmente e evita que o selo de pescoço atue como um fole, por influência da respiração do mergulhador), **selo de pescoço** (confeccionado em neoprene (rubatex[®]), adapta-se ao contorno do pescoço do mergulhador, impedindo a entrada de água no interior do capacete) e **aro de fixação** (fixa o capacete ao colar, comprimindo o selo de pescoço contra o “*o-ring*” da base do capacete).

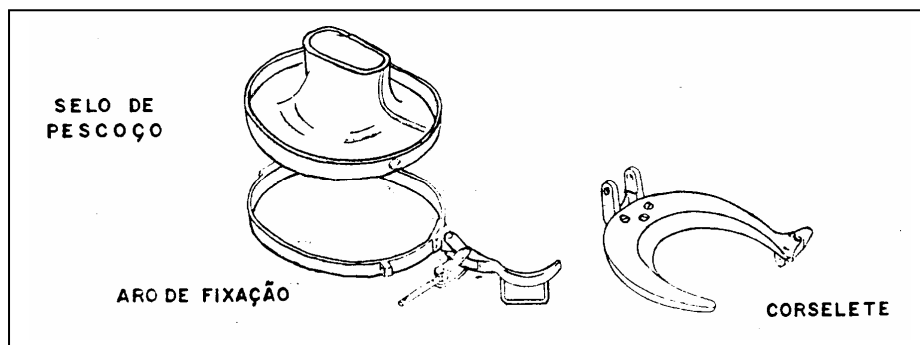


Fig. 8-6

Colar

ROUPAS DE MERGULHO

8.11.6 - Roupa Molhada

É confeccionada em espuma de neoprene e bastante utilizada para mergulhos esportivos e trabalhos de mergulho em pequenas profundidades, não sendo normalmente empregada em mergulhos profundos.

O aumento da profundidade provoca a sua compressão e perda de seu isolamento térmico. Na superfície é desconfortável e tende a ser fria ou quente, conforme a temperatura ambiente.

8.11.7 - Roupa Seca

É derivada da roupa seca de lona utilizada com o capacete *Sieb Gorman* de 1840. Ela mantém o mergulhador totalmente seco através dos selos existentes em torno das extremidades. É normalmente usada sobre um macacão de algodão (*wooly bear*), que provê isolamento térmico e absorve o suor. O ar deve circular livremente dentro da roupa para evitar que, com o aumento da pressão, ela comprima o corpo do mergulhador diminuindo a sua flutuabilidade e mobilidade, além de provocar dolorosos barotraumas cutâneos.

A roupa seca é normalmente confeccionada em espuma de neoprene prensado ou trilaminado e reforçada com borracha e outros materiais sintéticos, possuindo um sistema que permite inflá-la e esfogá-la.

O ar existente entre a roupa e o corpo do mergulhador proporciona um ótimo isolamento térmico.

Quando o mergulhador estiver respirando mistura heliox, o isolamento térmico será diminuído por causa da alta condutividade térmica do gás Hélio.

O mergulhador deverá ter um cuidado especial para evitar uma subida a “balão”. Isto

poderá ocorrer quando a roupa for demasiadamente inflada, forçando uma subida descontrolada, podendo, algumas vezes, ficar completamente imobilizado.

8.11.8 - Roupa de Água Quente

Empregada em mergulho profundo, normalmente é vestida sobre uma fina roupa de neoprene (*undersuit*) e possui um suprimento de água quente fornecido por um aquecedor, localizado na superfície.

A água quente passa através de finos tubos dispostos por sobre a roupa, fluindo pela “*undersuit*”, antes de sair junto aos pulsos e tornozelos.

A temperatura da água pode ser controlada na superfície ou pelo mergulhador, através de uma válvula de admissão da água quente localizada na própria roupa.

Em virtude da perda de calor no umbilical, a água deverá deixar o aquecedor em elevada temperatura. Uma falha no termostato do aquecedor poderá causar problemas de queimadura. O mergulhador deverá assegurar-se de que a descarga de sua roupa esteja funcionando corretamente. Pequenas queimaduras também poderão ocorrer nos pulsos e tornozelos, onde há um grande fluxo de água quente.

Em casos extremos de longa exposição à água em elevada temperatura, pode ocorrer exaustão pelo calor.

A válvula de admissão de água quente deverá ser objeto de constante manutenção a fim de evitar avarias por corrosão ou acúmulo de sal.

8.12 - CINTO DE PESOS

A quantidade de pesos que o mergulhador deverá portar dependerá da roupa, do equipamento que estiver usando, do trabalho que irá realizar e de sua condição física. Se ele estiver usando roupa seca, estará apto a controlar a sua flutuabilidade inflando ou esfo-gando-a.

Para trabalhos no fundo do mar, o mergulhador necessitará possuir flutuabilidade negativa. Para trabalhos a meia água, onde terá que nadar para manter-se em posição, é indicado a flutuabilidade neutra.

Em trabalhos de mergulho com equipamento dependente, cintos com fivela de soltura rápida não deverão ser utilizados, pois o mergulhador estará em contato direto com a superfície e poderá ser trazido por meio do umbilical.

Há também a possibilidade de que o cinto com fivela de soltura rápida abra accidentalmen-

te, ocasionando a perda do lastro. Isto poderá resultar em uma subida descontrolada à superfície, com o risco do mergulhador ser acometido de Síndrome de Hiperdistensão Pulmonar (SHP).

Normalmente o cinto de pesos já é adaptado ao suspensório.

8.13 - COMUNICAÇÕES

São realizadas através de um intercomunicador ligado ao cabo elétrico do umbilical e conectado à máscara ou capacete do mergulhador. O sistema permite a comunicação “superfície/mergulhadores”, “mergulhadores/superfície” e “mergulhador/mergulhador”. Devido às distorções nas vozes dos mergulhadores, uma fraseologia padrão é adotada para permitir uma clara compreensão, mesmo em condições adversas.

8.14 - PAINEL DE CONTROLE DE MERGULHO

Permite monitorar da superfície a profundidade do mergulhador e controlar a quantidade de gás disponível e sua pressão de fornecimento.

O painel de controle admite duas fontes de ar (primária e secundária). A fonte primária de ar pode ser um compressor de baixa ou média pressão (0 a 150 psi e 151 a 600 psi, respectivamente), dependendo da profundidade de trabalho. Esta possui uma válvula reguladora que permite o ajuste da pressão no valor desejado para a realização do mergulho. Para equipamento com válvula de demanda, a pressão de fornecimento na superfície deverá ser de 150 a 180 psi acima da pressão ambiente (prof. de trabalho). A 30 metros por exemplo, a pressão mínima necessária será de 210 psi.

A fonte secundária de ar, utilizada para emergência, poderá ser constituída por um compressor de alta pressão ou ampolas de ar de alta pressão com válvula redutora. Esta possui uma válvula de retenção que impedirá a queda brusca do suprimento de ar se houver falha em outra parte do sistema.

Um sistema de válvulas permite que o supervisor determine o acionamento do suprimento reserva de ar em uma emergência.

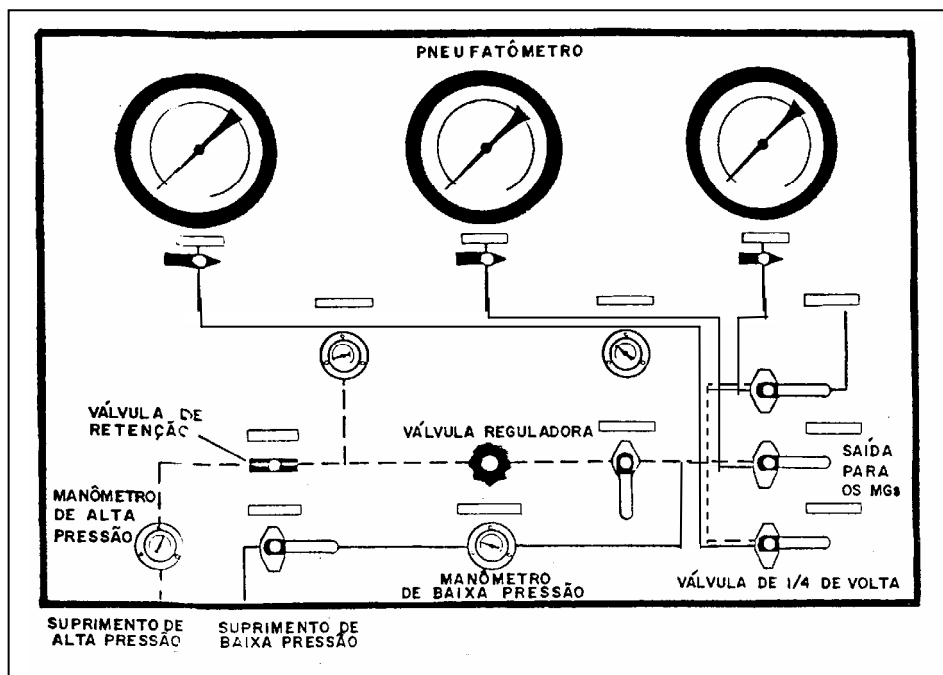


Fig. 8-7

Painel de Controle

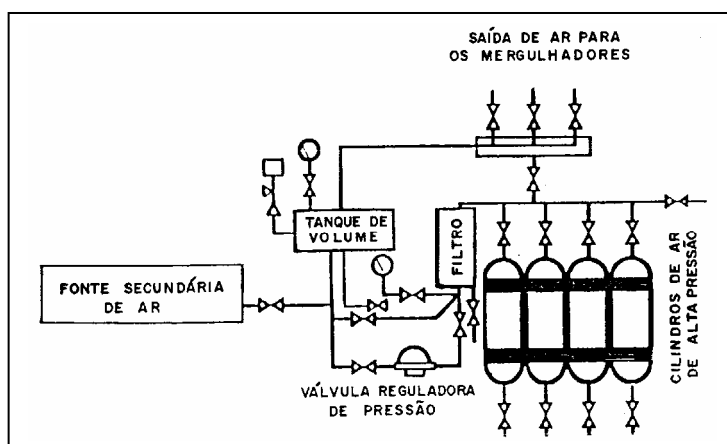


Fig. 8-8

Diagrama
esquemático de um
sistema de
suprimento de ar
provido por ampolas
de alta pressão

A profundidade alcançada pelo mergulhador será indicada continuamente pelo pneufatômetro, constituído de manômetro graduado em metros ou pés, ligado a uma fonte de ar e a uma mangueira que é casada ao umbilical, tendo uma extremidade livre na altura do peito do mergulhador.

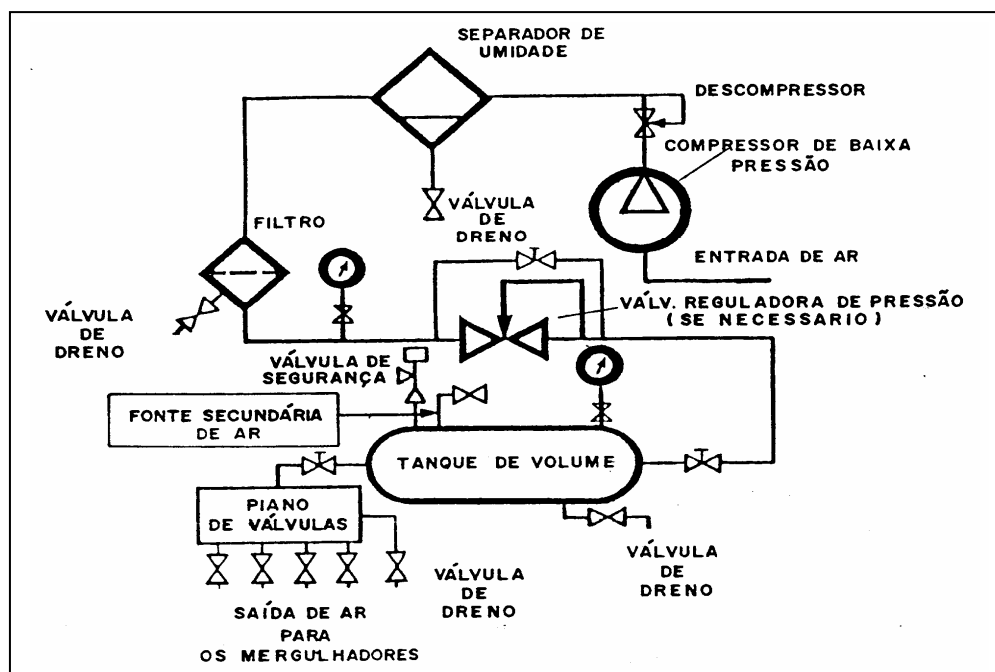


Fig. 8-9

Diagrama esquemático dos principais componentes de um sistema de suprimento de ar provido por um compressor de baixa pressão

8.15 - CÂMARA DE RECOMPRESSÃO

Vaso resistente à pressão, destinado a pressurizar mergulhadores para tratamento de acidentes descompressivos ou para realização de descompressão na superfície.

A câmara de recompressão é dividida em antecâmara e câmara principal. A antecâmara tem duas funções: permitir a entrada e a saída da câmara principal sem alterar a sua pressão. Devido ao seu pequeno volume, ela poderá ser pressurizada rapidamente. Esta facilidade será particularmente importante para a realização de descompressão na superfície, quando o mergulhador deverá ser pressurizado a uma pressão equivalente a 40 pés de profundidade em 30 segundos.

Ambas as câmaras possuem idênticos sistemas para ar e oxigênio. O oxigênio é respirado através de máscaras conhecidas com *BIBS* ("Built in Breathing System"), localizadas no interior das duas câmaras. Os *BIBS* possuem válvulas de demanda e conjunto oral-nasal.

O gás exalado pelo mergulhador possui uma alta percentagem de oxigênio. Para evitar o crescimento da taxa de oxigênio no interior da câmara e o conseqüente alto risco de incêndio, os *BIBS* são normalmente projetados com válvulas de descarga externas.

A válvula de descarga é uma válvula de demanda que trabalha de maneira inversa. Ela abre quando o mergulhador exala, permitindo que o ar flua para fora da câmara. É necessário manter uma perfeita vigilância na taxa de oxigênio da atmosfera da câmara.

A taxa de oxigênio não deverá exceder a 23%. Quando estiver realizando operação com oxigênio, a câmara

deverá ser ventilada por 2 minutos a cada 5 minutos. Se

a operação for com ar, a ventilação será feita por 1 minuto a cada 5 minutos, a fim de evitar o crescimento da taxa de gás carbônico.

Para ventilar, basta abrir simultaneamente as válvulas de admissão e descarga, permitindo que o ar circule no interior da câmara sem alterar a pressão interna.

A pressão do oxigênio para o interior da câmara varia entre 75 a 125 psi.

Toda câmara deverá possuir um programa regular de manutenção, ser inspecionada e testada para verificação de vazamentos a cada dois anos ou após a realização de reparo. Teste hidrostático deverá ser realizado a cada cinco anos (1,5 vezes a pressão de trabalho).

A lista de verificação pré-mergulho deverá ser preenchida toda vez que a câmara for usada.

Mergulhos que exijam descompressão não deverão ser programados, independentemente do equipamento usado, se não houver câmara de recompressão em condições de operar e à disposição, a menos de uma hora de distância do local do mergulho, usando o meio de transporte mais rápido existente no local.

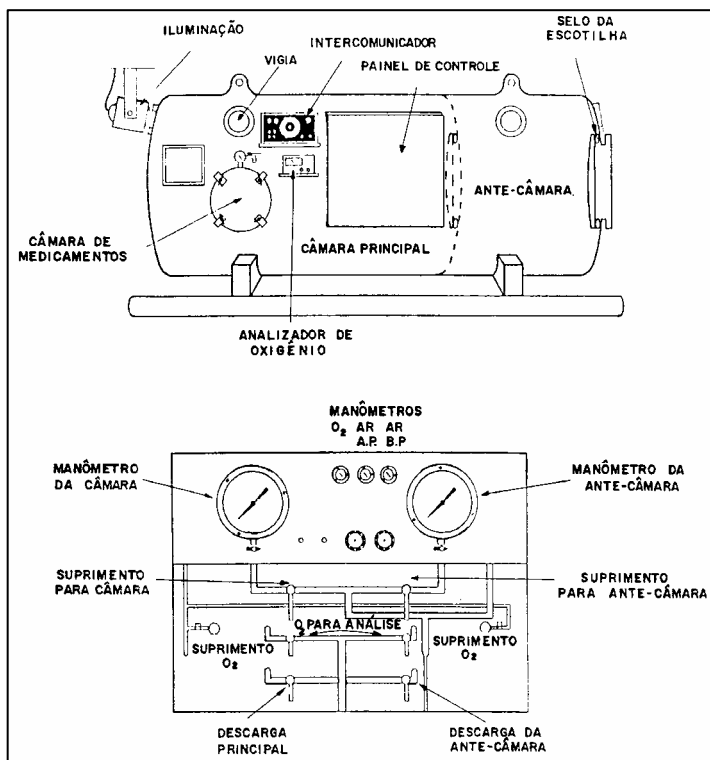


Fig. 8-10

Câmara de recompressão e seu painel de controle

8.15.1 - Precauções Contra Incêndio

- Não é permitido óleo ou graxa no interior da câmara; à exceção da graxa de silicone usada em dobradiças e selos;
- Sempre que possível, as conexões elétricas deverão ser externas. Todas as conexões internas deverão ser de baixa voltagem e dentro de caixas a prova de fogo;
- Somente tinta a prova de fogo poderá ser usada. Antes de entrar na câmara, verifique se o mergulhador está portando cigarros, fósforos, isqueiros ou qualquer material inflamável, que sua roupa esteja limpa. Retire os sapatos;
- Todo cuidado deverá ser tomado para não deixar sujeira ou traços de graxa que possam colocar o mergulhador em risco; e
- Nunca use, sob pressão, roupas que possam causar descarga de eletricidade estática.
- Exija que a câmara esteja sempre rigorosamente limpa.

8.16 - SINO ABERTO

Devido às dificuldades criadas pelas vagas e os perigos causados por hélices e sistemas de posicionamento dinâmico dos navios, o sino aberto é amplamente empregado em alto-mar.

Além de proporcionar a passagem com segurança através de áreas perigosas, o mesmo provê uma base segura para a realização de trabalhos e descompressão.

Na eventualidade de um acidente ou falha do equipamento, o mergulhador poderá retornar rapidamente ao sino ou ser socorrido pelo mergulhador que se encontra no mesmo.

O umbilical do sino é composto de mangueiras de ar e água quente, cabos para energia elétrica, comunicações e mangueira do pneufatômetro.

Se o umbilical for avariado, o ar poderá ser fornecido pelas ampolas de ar localizadas em suas laterais. Esta é uma fonte adicional de ar para o mergulhador, além de sua ampola de emergência.

O umbilical do mergulhador é normalmente aduchado do lado de fora do sino. Se os dois mergulhadores estiverem trabalhando ao mesmo tempo, eles deverão evitar que seus umbilicais se enrosquem. O desenroscos e posterior recolhimento do umbilical poderá aumentar consideravelmente o tempo de fundo.

É perigoso movimentar o sino com os umbilicais desaduchados. Eles poderão prender-se em alguma parte do navio ou em algum obstáculo no fundo do mar e puxar o mergulhador para fora do sino. A corrente de segurança deverá estar sempre passada quando o sino

for movimentado.

O ar poderá ser fornecido ao mergulhador pelo umbilical do sino ou por suas ampolas de ar de alta pressão.

Quando o sino é mergulhado, a água comprime o ar que se encontra no seu interior. A válvula de pressurização será usada para expulsar a água, evitando o alagamento total, criando uma atmosfera na parte superior.

Normalmente o umbilical possui apenas uma mangueira para o pneumômetro. Se ambos mergulhadores estiverem trabalhando, a mangueira do pneumômetro deverá ser usada pelo mergulhador que estiver trabalhando na maior profundidade.

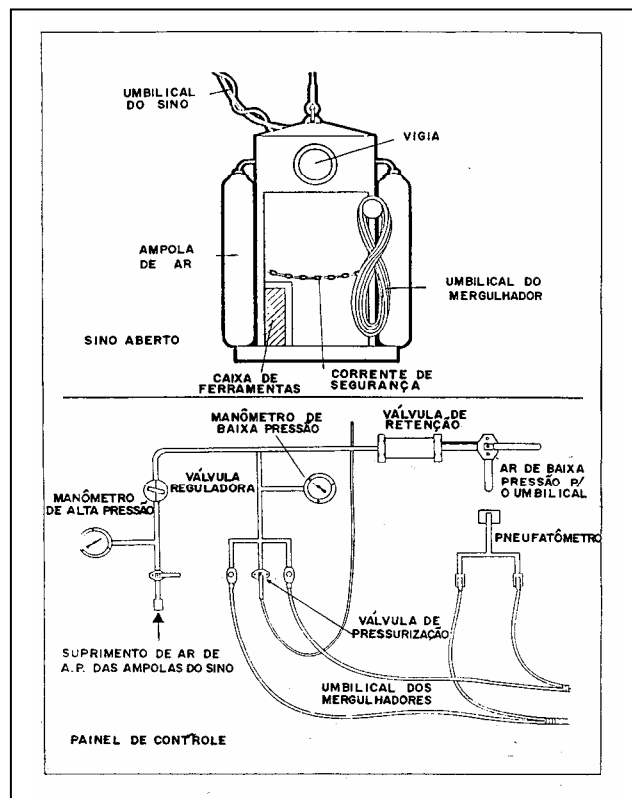


Fig. 8-11

Sino Aberto

Antes da realização de um mergulho, o sino deverá ser inspecionado através do preenchimento de sua lista de verificação e os procedimentos de emergência deverão estar perfeitamente entendidos.

A realização de um mergulho com a utilização do sino aberto apresenta as seguintes vantagens:

- facilidade para entrar e sair da água;
- segurança para a realização de descompressão;
- menor comprimento de umbilical do mergulhador;
- rapidez no socorro por outro mergulhador;
- facilidade para recolhimento de mergulhador acidentado;
- reserva de ar para emergência;
- facilidade para transporte de ferramentas; e
- luz adicional para realização de trabalho.

8.16.1 - Lista de Verificação do Sino Aberto

Verificar se:

- as válvulas de interceptação das ampolas de alta pressão do sino estão abertas;
- as ampolas de alta pressão estão carregadas com a pressão adequada;
- as válvulas do sino estão operando normalmente e na posição correta;
- comunicações e luzes do sino estão operando normalmente;
- as ferramentas para a execução do trabalho estão a bordo do sino;
- o guincho do sino está operando normalmente; e
- o cabo guia do sino está corretamente posicionado.

8.17 - COMPRESSORES

Os compressores são necessários para fornecer ar de alta pressão para carregar ampolas, bancadas de ampolas de ar de alta pressão e ar de baixa pressão para fornecimento direto ao mergulhador.

Em geral, o ar é comprimido em estágios até a pressão desejada. O ar é também resfriado entre os estágios e a umidade e partículas de óleo são removidas por intermédio de drenos.

Um filtro químico remove gases indesejáveis como o monóxido de carbono, assim como algum resto de umidade ou óleo.

O compressor é acionado por um motor elétrico ou a combustão (diesel ou gasolina).

O compressor é classificado pelo volume de ar que ele comprime por minuto e pela pressão máxima na qual o ar é comprimido (Baixa - 0 a 150 bar / Média – 151 a 600 bar / Alta – 601 bar em diante). Por exemplo, uma “rate” de 5 pés cúbicos por minuto à 200 bar significa que uma ampola de 80 pés cúbicos, levará 16 min para ser enchida à 200 bar.

8.17.1 - Compressores de alta pressão

O diagrama esquemático de um compressor de alta pressão é mostrado na figura 8-12.

Trata-se de compressor de 3 estágios com radiador a ar entre os estágios. Compressores maiores como o *William & James 175* podem ter radiadores a água.

No segundo e terceiro estágios exis-

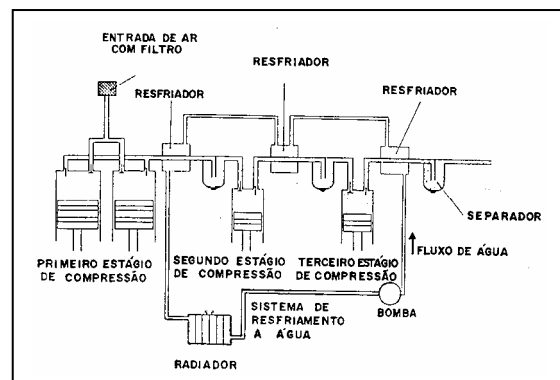


Fig. 8-12

Compressor de Alta Pressão

tem válvulas de segurança, evitando uma super pressurização do sistema.

Reguladoras de pressão garantem o funcionamento do compressor com máxima eficiência.

O compressor poderá ser operado manualmente e possuir variados tipos de controles automáticos. Pressostatos desligarão o compressor a uma pressão pré-estabelecida, normalmente 200 bar.

Pressostatos ligarão o compressor quando a pressão estiver abaixo de determinado valor e desligarão quando a pressão subir. Enorme cuidado deverá ser tomado quando se trocar filtros ou efetuar alguma manutenção em compressores de acionamento automático. Eles deverão ser previamente desalimentados.

Os procedimentos operacionais variam de compressor para compressor mas, em geral, são:

a) Antes de ligar

- verificar os níveis de óleo no compressor e no motor antes de operá-lo;
- verificar o nível de água no sistema de resfriamento, se for o caso; e
- acionar os drenos de óleo e água.

b) Partindo

- abrir todos os drenos. O compressor nunca deverá ser acionado com alguma pressão;
- verificar se as válvulas de distribuição (saída) estão nas posições corretas;
- ligar o motor;
- verificar as pressões de óleo e desligá-lo caso elas não atinjam os valores previstos em 30 segundos;
- fechar as válvulas de dreno; e
- quando a pressão estiver maior que a pressão da ampola ou da bancada, abrir as válvulas lentamente. Nunca permita uma contra-pressão no compressor.

c) Em funcionamento

- verificar as pressões;
- verificar as pressões de óleo;
- manobrar os drenos; e
- verificar os filtros.

d) Parando

- fechar a válvula na ampola ou bancada;
- drenar o ar do compressor, protegendo os ouvidos; e
- desligar o motor.

8.17.2 - Compressores de baixa pressão

O diagrama esquemático de um compressor de baixa pressão é mostrado na figura a seguir.

Compressores de baixa pressão são operados seguindo os mesmos princípios básicos dos de alta, mas normalmente possuem dois estágios.

Os mesmos procedimentos operacionais deverão ser seguidos.

O compressor envia o ar comprimido para um tanque de volume e um pressostato abrirá quando a pressão de trabalho for atingida. O compressor então não comprimirá até que a pressão no tanque comece a diminuir e atinja um valor pré-determinado, acionando-o, então, automaticamente.

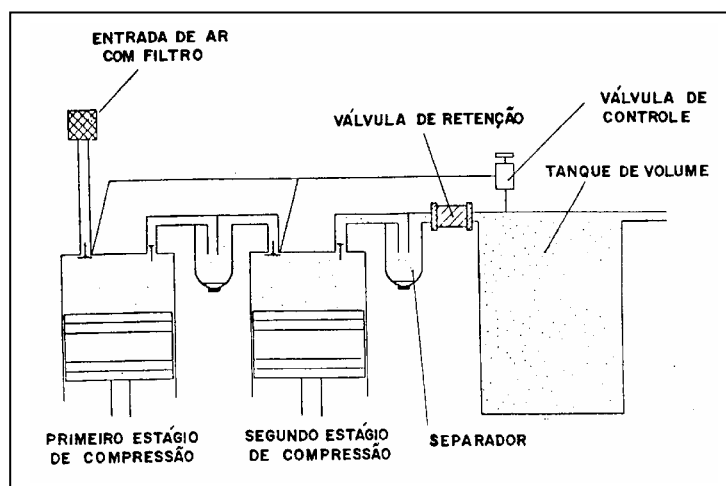


Fig. 8-13

Compressor de Baixa Pressão

8.17.3 - Sistema de filtros

O ar fornecido aos mergulhadores deverá estar abaixo dos seguintes limites de pureza:

Gás Carbônico – 1.000 ppm (0,1%).

Monóxido de Carbono – 20 ppm.

Partículas e vapores de óleo – 5 mg/m³

O ar deverá estar livre de qualquer odor ou contaminação por poeira ou partículas metálicas. Também não deverá conter qualquer substância tóxica ou irritante.

A qualidade do ar deverá ser testada a cada três meses ou a qualquer tempo em caso

de dúvida quanto à pureza do ar e sempre que houver algum acidente/incidente.

O monóxido de carbono poderá ocorrer no suprimento de ar se a admissão do compressor for colocada próximo da exaustão do motor ou ser produzido pelo próprio compressor por falha mecânica.

O posicionamento correto da admissão e a manutenção adequada do compressor poderão evitar ambos os problemas, mas os efeitos do envenenamento por monóxido de carbono são tão graves, que é comum passar o suprimento de ar por filtros químicos como uma precaução adicional. O mesmo filtro removerá também qualquer traço de óleo, vapor d'água ou partículas de poeira.

A figura 8-14 mostra um filtro típico, com detalhes quanto ao seu funcionamento.

Na admissão existem filtros para impedir que partículas de poeira ou limalha sejam levadas ao compressor.

8.17.4 - Análise do ar

A pureza do ar fornecido será mais convenientemente verificada no próprio local de utilização, através de um tubo-teste de amostras.

O tubo contém substâncias que mudarão de cor quando em contato com o contaminante cuja presença estiver sendo verificada.

Os tubitos *Dräger* são largamente empregados como tubos-teste e necessitam da bomba *Dräger* para operar. A quantidade de ar admitida dentro do tubito deverá ser precisa e apenas a bomba acima citada é adequada.

a) Antes de usar um tubito

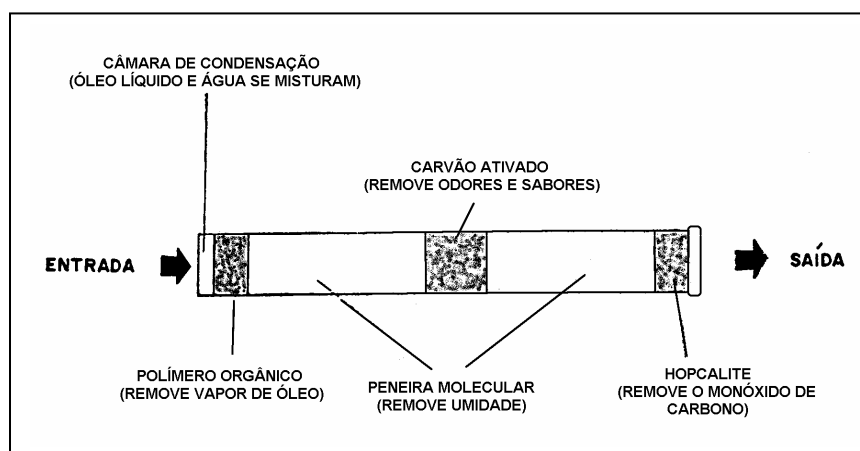


Fig. 8-14

Filtro

- verificar se o tubito é o apropriado. Não se pode testar gás carbônico com um tubito de monóxido de carbono;
- verificar a validade do tubito;
- verificar o funcionamento da bomba colocando um tubito, ainda não quebrado para uso na bomba e comprimindo-a em seguida. Se a bomba inflar, há vazamentos que deverão ser reparados antes de empregá-la.

b) Usando o tubito

- quebrar as pontas do tubito, inserindo-o na bomba. A seta deverá apontar para a mesma;
- encher um balão com ar do compressor;
- colocar a extremidade do tubito dentro do balão e comprimir a bomba totalmente. Ao inflar, ela aspirará o ar para o interior do tubito. É importante permitir que a bomba encha naturalmente. Forçá-la a encher mais rapidamente levará a uma falsa leitura;
- acionar a bomba pelo número de vezes indicado em cada tubito através do símbolo "N = 1" ou "N = 5"; e
- ler a quantidade de contaminante na escala de cores. Verifique no manual o nível de contaminação.

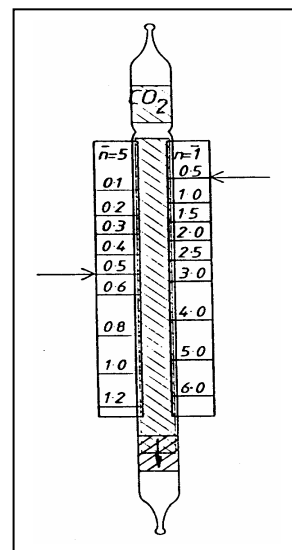


Fig. 8-15

Tubito

8.17.5 - “Rack” de ampolas

É um conjunto de ampolas grandes, interligadas através de um plano de válvulas e redes.

Cada ampola tem sua válvula individual que é interligada através das redes e do plano a duas válvulas mestras.

As ampolas possuem normalmente um volume de 50 litros. O “rack” mais empregado é o de dezesseis ampolas e possui um volume total de 800 litros ou 0,8 m³. A uma pressão de 200 bar, significa uma quantidade de 160 m³ de ar.

Um super “rack”, é mais usado em mergulhos com mistura do que a ar e possui sessenta e quatro ampolas.

O “rack” é usado para fornecer ar diretamente ao mergulhador através de um umbilical ou como apoio a um compressor de baixa pressão. Também poderá ser empregado para carregamento de ampolas pelo sistema de cascata.

a) Código de Cores

Um sistema de código de cores é usado para identificar gases armazenados em ampolas.

Um mergulhador poderá estar trabalhando em um local que também disponha de mistura heliox, oxigênio puro e outros gases usados para corte e solda submarina. Uma conexão errada ao suprimento de ar poderá matar o mergulhador. Portanto, todos deverão conhecer o código de cores.

Não é provável que uma bancada de ar, normalmente separada das de misturas, venha conter algo que não seja o ar. Todavia, se houver a menor dúvida, a bancada deverá ser analisada.

Devemos lembrar que o código de cores apenas indica o que deveria estar na bancada e não o que realmente está na bancada.

Gás	Corpo da ampola
Ar comprimido para mergulho	Azul e amarelo
Ar comprimido industrial	Azul
Acetileno	Bordô
Dióxido de carbono	Alumínio
Hélio	Alaranjado
Hidrogênio	Amarelo
Nitrogênio	Cinza
Oxigênio para mergulho ou industrial	Preto
Oxigênio medicinal	Verde

8.17.6 - Mangueiras e conexões

Todas as mangueiras e conexões deverão ser específicas para o uso com alta pressão ou baixa pressão. Sob nenhuma circunstância, uma conexão para baixa pressão poderá ser empregada numa linha de alta pressão. Ela poderá suportar por algum tempo, porém, cedo ou tarde, quebrará ou explodirá causando ferimentos ou morte.

a) Mangueiras

Mangueiras podem ser feitas de material emborrachado, trançado com arames especiais ou simplesmente de materiais sintéticos leves como o “*Synflex*”.

Conexões tipo tornel são normalmente usadas nas extremidades das mangueiras para impedir as torções das mesmas.

As mangueiras deverão ser manuseadas com folga suficiente para permitir a sua movimentação quando sob pressão. Elas deverão ser aduchadas em áreas safas

evitando as fontes de calor, torções e pequenas cocas.

b) Conexões

Existe uma imensa variedade de conexões apropriadas às mais diversas funções. É essencial que as conexões usadas nos sistemas sejam compatíveis com as pressões existentes.

Após o uso continuado, especialmente quando apertadas em excesso, mangueiras e conexões poderão apresentar fissuras por fadiga. Elas deverão ser constantemente inspecionadas e substituídas quando necessário.

Conexões tipo *JIC* (“*Joint Industrial Council*”) são empregadas em mangueiras de alta pressão. O selo é obtido pelo assentamento cônico, sem a necessidade de selantes.

Conexões tipo *NPT* (“*National Pipe Taper*”) possuem uma rosca a ser selada.

Luvras são usadas para conectar redes de cobre. O selo será obtido pela compressão da junção, quando a conexão for apertada. Será necessário o uso de selantes.

O selante “*teflon*” será normalmente enrolado na rosca antes de conectá-la ele também funcionará como lubrificante, bastando dar apenas uma volta na rosca. Quantidades excessivas de “*teflon*” poderão ser conduzidas pelas redes, entupindo válvulas ou redutoras.

Em redes que trabalham com O₂ acima de 21% é proibido o uso de “*teflon*” devido ao risco de explosão.

Deve-se ter o cuidado para não apertar as conexões em demasia. O “*Loctite*®” também é utilizado nas roscas para obter selo.

8.17.7 - Válvulas

a) Válvulas de ¼ de Volta

São usadas apenas para controle do fluxo de ar. Podem ser abertas e fechadas rapidamente e a posição da haste indicará imediatamente a sua situação. Se a haste estiver alinhada com a rede, a válvula estará aberta. Se estiver perpendicular à rede, ela estará fechada.

Não deverão ser usadas em redes de oxigênio, já que descarga de eletricidade estática e a fricção, causada pela operação das válvulas, poderão causar ignição em contato com oxigênio puro.

b) Válvulas Agulha

Permite um ajuste fino no controle do fluxo de ar, mas não indicam se a válvula está fechada ou aberta.

Quando uma válvula agulha está totalmente aberta, a prática manda fechá-la em um quarto de volta. Assim ela estará livre para girar em qualquer sentido e definitivamente aberta.

c) Válvulas de Retenção

Como o nome indica, o fluxo de gás é permitido apenas em um único sentido e são usadas em capacetes, painéis de controle de mergulho e câmaras hiperbáricas.

d) Válvulas Redutoras ou Reguladoras

Estas válvulas limitam a pressão do ar que passa por elas. Poderão ser pré-ajustadas, como as do primeiro estágio da válvula de mangueira única, ou ajustáveis, como as dos painéis de controle.

A pressão de saída também poderá ser ajustada por uma linha-piloto. Ela garante que se a redutora estiver ajustada para 10 bar, o ar passará a uma pressão 10 bar superior a pressão do interior de sua câmara.

8.18 - PROCEDIMENTOS DE MERGULHO

Os procedimentos de mergulho e conjuntos de “*check-list*” foram feitos e relacionados ao longo de muitos anos de experiência na atividade de mergulho. Eles abrangem situações como condições adversas para o mergulho, avarias nos equipamentos e falha humana.

É absolutamente vital que se cumpram os procedimentos corretamente. O descuido com os procedimentos, muitas vezes por mergulhadores experientes, culminam em incidentes ou acidentes fatais.

8.18.1 - Pessoal qualificado

Deverá sempre haver pessoal qualificado para compor uma equipe mínima para que a operação possa ser conduzida com segurança.

Deverá existir pelo menos um mergulhador reserva, pronto e equipado para entrar na água. O “pronto” não significa apenas totalmente equipado, mas, estar sem restrições para descompressão e não estar envolvido em nenhuma outra faina como parte do grupo de apoio na superfície.

8.18.2 - Suprimento de ar

Além do ar necessário ao mergulho, deverá haver ar suficiente para o uso em emergência.

Isto incluirá a ampola de emergência do mergulhador, suprimento reserva na superfície e suprimento para a câmara de recompressão.

O suprimento de ar do mergulhador reserva ou de qualquer outro mergulhador na água, não poderá ser comprometido na eventualidade da perda de suprimento de ar por um determinado mergulhador. Também deverá existir oxigênio suficiente para tratamento hiperbárico.

O ar a ser fornecido ao mergulhador deverá estar dentro dos padrões estabelecidos no item 8.18.3. A pressão de fornecimento na superfície deverá estar de acordo com os valores abaixo:

a) “Narguilé” e Máscara AGA

5.3 a 8.3 Kg/cm² (80 a 125 psi), acima da pressão ambiente.

b) Máscara Facial Completa KMB – 18

5.3 a 12 Kg/cm² (80 a 180 psi), acima da pressão ambiente.

c) Capacete KM SUPERLITE 17 A/B

7.6 a 15 Kg/cm² (115 a 225 psi), acima da pressão ambiente. Pressão ótima igual a 11,6 Kg/cm² (170 psi) acima da pressão ambiente.

Obs.:

- Foi considerado para cálculo: 1Kg/cm² = 15 psi.
- As pressões acima estão indicadas de acordo com o manual do fabricante.
- Os equipamentos KMB estão equipados com molas para mergulhos a ar. Para mergulhos com misturas deverão ser utilizadas molas especiais, de modo a permitir maiores pressões de fornecimento.

8.18.3 - Listas de verificação (“Check-Lists”)

As listas de verificação deverão ser cumpridas de maneira bastante cuidadosa.

Deve-se atentar para que a familiarização natural com as listas de verificação não leve a um descuido na sua condução. Isto sempre será potencialmente perigoso e já resultou em acidentes fatais.

Certifique-se de que as listas de verificação foram conduzidas apropriadamente. Elas são uma exigência de uma equipe bem conduzida.

8.18.4 - Gás

Gás é um termo genérico usado para designar misturas gasosas como o ar, oxigênio ou misturas heliox que serão usados em operações de mergulho.

Na Marinha do Brasil, o termo gás é normalmente empregado para descrever misturas gasosas diferentes do ar. Os procedimentos descritos neste manual para a utilização de ar também são válidos para outras misturas.

8.18.5 - Ar em alta pressão

O ar em alta pressão é potencialmente perigoso. Uma conexão mal fixada ou quebrada poderá soltar-se e causar graves ferimentos ou mesmo a morte. Um terminal de mangueira ao soltar-se tem força suficiente para quebrar pernas e costelas.

Sempre utilize as conexões e mangueiras apropriadas.

Verifique sempre as condições das mangueiras e conexões antes de usá-las em uma faina. Em especial, verifique se existem rachaduras por fadiga nos terminais das mangueiras e conexões.

Amarre as extremidades da mangueira em um ponto fixo para evitar que ela chicoteie, caso a conexão venha a se soltar.

Orienta as mangueiras de forma segura e sã.

Nunca abra ou feche uma válvula sem autorização do Supervisor.

Abra a válvula lentamente, a uma distância segura (alcance do braço), sem olhar diretamente para ela.

Proteja os ouvidos ou tape-os, ao efetuar uma drenagem de ar. Existe o risco de redução da acuidade auditiva após longos períodos de exposição a um nível elevado de ruído.

Nunca faça brincadeiras com ar em alta pressão. Um jato de ar pode causar danos físicos irreversíveis como a cegueira.

Ao lidar com misturas, nunca interligue uma fonte sem analisá-la previamente. O indicador da bancada poderá estar errado e uma mistura fornecida incorretamente poderá matar. Verifique sempre que necessário.

8.18.6 - Ar em baixa pressão

O ar em baixa pressão poderá ferir ou matar de forma semelhante o ar em alta pressão. Portanto, os mesmos cuidados e medidas deverão ser usados para o ar em baixa pressão.

8.18.7 - Oxigênio

O oxigênio, especialmente em alta pressão, apresenta um risco adicional de explosão.

Ele é extremamente reativo. Uma compressão, associada a um rápido fluxo de oxigênio, poderá levar a um momentâneo aumento de temperatura no interior de uma rede de até 1.000 °C. Nesta temperatura o metal fundirá em uma atmosfera com oxigênio puro, ocorrendo uma combustão com a velocidade de uma explosão. Já ocorreram inúmeros acidentes como este, ocasionando sérias queimaduras e mortes. Para reduzir este risco, é norma comum, quando possível, reduzir a pressão do oxigênio na bancada para valores inferiores a 600 psi (40 bar).

Nunca fume ao lidar com o oxigênio. Verifique se todas as conexões estão limpas para o uso de oxigênio. Isto significa estarem livres de óleo, graxa e sujeira.

Reduza ao máximo o uso de mangueiras flexíveis e utilize apenas as que forem especialmente designadas para oxigênio e que estejam convenientemente limpas.

Nunca use aço inoxidável nas redes ou conexões. O aço inox é corroído pelo oxigênio em alta pressão.

Não utilize selantes como o "teflon". Uma tira de "teflon" solta dentro de uma rede poderá gerar calor por atrito, o que propiciará o desprendimento do gás venenoso fosgênio, caso o "teflon" se queime. O "Loctite®" (cola para juntas não flexíveis) é inflamável em contato com o oxigênio até estar completamente seco. Isto poderá levar até 24 horas em baixas temperaturas.

Os manômetros utilizados nas redes devem ser secos, isentos de glicerina.

Nunca utilize válvulas de um quarto de volta. Ao abri-las pode-se gerar calor por compressão suficiente para causar ignição em uma atmosfera de oxigênio.

Válvulas de um quarto de volta poderão ser utilizadas no meio das redes para fechamento em emergência. Elas deverão ser mantidas abertas e travadas para evitar o uso indevido.

Após manusear o oxigênio, não fume e evite aproximar-se de fumantes ou fogo por 15 minutos pelo menos. Poderá haver algum resquício de oxigênio em suas roupas, que entrarão em combustão facilmente.

8.18.8 - Preparação dos equipamentos

Todas as peças ou partes dos equipamentos de mergulho são essenciais. O mergu-

lhador deverá estar seguro quanto a sua utilização e perfeito funcionamento.

Todo equipamento deverá ser inspecionado visualmente e testado nos seus diversos modos de operação, antes do início de qualquer mergulho. A válvula de retenção deverá ser testada antes do primeiro mergulho.

A ampola de emergência deverá ter sua pressão medida e sua válvula aberta, de modo que a simples operação da válvula de emergência libere o suprimento de ar para o mergulhador. O intercomunicador deverá ser testado em ambas as direções e os compressores acionados e postos em carga até estarem aquecidos.

8.18.9 - Preparo do mergulhador

Esta fase inclui a instrução específica sobre a tarefa a executar e o ato de equipar-se propriamente dito.

Independente do equipamento usado, a seqüência normal é a seguinte:

- vestir a roupa (se for o caso);
- colocar o suspensório;
- colocar o cinto de pesos;
- colocar os acessórios;
- colocar a máscara (normalmente com auxílio do Guia)
- testar as comunicações, se for o caso. Cada mergulhador será chamado por uma cor ou um número.

8.18.10 - Entrando na água

A entrada na água dependerá da situação, sendo desejável entretanto, que o mergulhador desça por uma escada ou estrado ao invés de saltar, embora isso também seja admitido.

8.18.11 - Procedimento na água

a) Na superfície

O mergulhador verificará outra vez o equipamento, testará as comunicações e sinalizará para a superfície quando pronto. Esses sinais serão por fonia e por puxões na mangueira (obrigatório), de acordo com os “Sinais Padrão de Mergulho”, relacionados no item 8.18.12. Os Guias não deverão permitir a descida do mergulhador sem que este tenha sinalizado corretamente.

As comunicações orais deverão seguir a “Fraseologia Padrão”, constante no item 8.18.14.

b) Descendo

Todo cuidado deverá ser tomado nessa fase, principalmente no controle da descida, devendo os guias interrompê-la por determinação do Supervisor ou por sinal do mergulhador. Não deverá ser ultrapassada a velocidade de 22,5 m/min (75 pés/min).

c) No fundo

Ao chegar ao fundo, o mergulhador comunicará à superfície através da fonia ou sinais padrões de mangueira, após ventilar o equipamento, aumentando momentaneamente o fluxo de ar, iniciará o trabalho.

d) Voltando à superfície

Na volta, o mergulhador deverá ser trazido pelo Guia, devendo apenas ajudá-lo um pouco, já que cabe a ele controlar a velocidade de subida, conforme determinação do Supervisor. Nos mergulhos com descompressão, não é boa norma informar o tempo das paradas ao mergulhador.

8.18.12 - Sinais padrão de mergulho

SINAL (PUXÕES)	DA SUPERFÍCIE	DO MERGULHADOR
1	- PARE (Se em movimento) - TUDO BEM?	- PARE (De pagar mangueira)
2	- DESÇA	- FOLGAR MINHA MANGUEIRA
3	- PREPARAR PARA SUBIR	- PRONTO PARA SUBIR - COLHER MANGUEIRA
4	- SUBA	- PUXE-ME PARA CIMA
2 – 1	- ENTENDIDO - RESPONDA A FONIA	- ENTENDIDO - RESPONDA A FONIA
3 – 2	- VENTILAR	- MAIS AR
4 – 3	- CIRCULAR	- MENOS AR
1 – 2 – 3		- MANDE UMA MARCA
5		- MANDE UM CABO SOLTEIRO
2 – 1 – 2		- MANDE UMA PRANCHETA

Utilizados somente em caso de emergência.

2 - 2 - 2		- ESTOU ENROSCADO E PRECISO DE AUXÍLIO
3 - 3 - 3		- ESTOU ENROSCADO MAS POSSO SAFAR-ME
4 - 4 - 4		- EMERGÊNCIA, PUXE-ME IMEDIATAMENTE

8.18.13 - Sinais de procura

SINAL (PUXÕES)	DA SUPERFÍCIE	DO MERGULHADOR
7	- VOCÊ INICIARÁ UMA PROCURA. OS SINAIS QUE SE SEGUEM SÃO DE PROCURA.	

1	- PARE. PROCURE ONDE ESTÁ	
2 FOLGA	- AFASTE-SE NO SENTIDO DA MANGUEIRA	
2 TESA	- APROXIME-SE NO SENTIDO DA MANGUEIRA	
3	- DE FRENTE PARA A MANGUEIRA, ANDE PARA A DIREITA.	
4	- DE FRENTE PARA A MANGUEIRA, ANDE PARA ESQUERDA.	
7	- FIM DE PROCURA	

OBS.: Todos os sinais devem ser respondidos para afirmar seu correto entendimento, exceto 4 - 4 - 4 que exige ação imediata por indicar que o mergulhador encontra-se em situação de emergência.

8.18.14 - Fraseologia padrão

SUPERVISOR	GUIAS	CARTA	FONIA	CONSOLE	MERGULHADOR
	PRESSÃO DA AMPOLA RESERVA DE VERMELHO __PSI/BAR (Após medir a pressão da ampola).				
PRESSÃO DA AMPOLA RESERVA DE VERMELHO __PSI/BAR.					
		PRESSÃO DA AMPOLA RESERVA DE VERMELHO __PSI/BAR.			
CONSOLE PRESSÃO?					

				PRESSÃO ____ PSI/BAR.	
PRESSÃO ____ PSI/BAR					
	AR PARA VERMELHO.				
AR PARA VERMELHO.					
				AR PARA VERMELHO (Comunica o ar).	
	VERMELHO EM AR (coloca-se o capacete ou a máscara, ajusta o equipamento e segurando a mão do MG, mostra as válvulas de fluxo direto e de emergência e o mosquetão de soltura rápida).				
VERMELHO EM AR.					
	VERMELHO PRONTO E EQUIPADO.				
VERMELHO PRONTO E EQUIPADO (inspeciona o MG verificando se está corretamente equipado).					
REGULAR FONIA DE VERMELHO.					
			VERMELHO EXPERIÊNCIA FONIA?		
					VERMELHO FORTE E CLARO / FRACO COMPREENDE-SE.
			SUPERFÍCIE FORTE E CLARO.		
			FONIA DE VERMELHO SAFO.		
SUPERVISOR	GUIAS	CARTA	FONIA	CONSOLE	MERGULHADOR
FONIA DE VERMELHO SAFO.					
VERMELHO SEGUIR PARA A ESCADA.					
	VERMELHO SEGUIR PARA A ESCADA (bate uma vez na cabeça do MG, ajuda a se levantar e, segurando o umbilical o conduz a escada)		VERMELHO SEGUIR PARA A ESCADA.		
					VERMELHO SEGUIR PARA A ESCADA.
VERMELHO PASSAR A BORDA.					
			VERMELHO PASSAR A		

			BORDA.		
					VERMELHO PASSAR A BORDA (desce até que a água cubra o capacete).
					VERMELHO NA ÁGUA
			VERMELHO NA ÁGUA.		
VERMELHO NA ÁGUA.					
VERMELHO TESTAR EQUIPAMENTO.					
			VERMELHO TESTAR EQUIPAMENTO.		
					VERMELHO TESTAR EQUIPAMENTO (ajusta e testa o equipamento quanto a possíveis vazamentos e regula o fluxo de ar).
					EQUIPAMENTO DE VERMELHO SAFO.
			EQUIPAMENTO DE VERMELHO SAFO.		
EQUIPAMENTO DE VERMELHO SAFO.					
VERMELHO SEGUIR PARA O ESTRADO / CABO DE FUNDO.					
			VERMELHO SEGUIR PARA O ESTRADO / CABO DE FUNDO.		
					VERMELHO SEGUIR PARA O ESTRADO / CABO DE FUNDO.

SUPERVISOR	GUIAS	CARTA	FONIA	CONSOLE	MERGULHADOR
					VERMELHO NO ESTRADO / CABO DE FUNDO, PRONTO PARA DEIXAR A SUPERFÍCIE.
			VERMELHO NO ESTRADO / CABO DE FUNDO, PRONTO PARA DEIXAR A SUPERFÍCIE.		
VERMELHO NO ESTRADO / CABO DE FUNDO, PRONTO PARA DEIXAR A SUPERFÍCIE.					
ATENÇÃO EQUIPE: GUIAS, FONIA, CONSOLE, CARTA,					

GUINCHO.					
VERMELHO DEIXAR A SUPERFÍCIE (comanda a descida do estrado fazendo o sinal para o operador do guincho/guias).					
	“SINAL PADRÃO” (2 PUXÕES).		VERMELHO DEIXAR A SUPERFÍCIE.		
					VERMELHO DEIXAR A SUPERFÍCIE.
					VERMELHO DEIXOU A SUPERFÍCIE.
			VERMELHO DEIXOU A SUPERFÍCIE.		
VERMELHO DEIXOU A SUPERFÍCIE.					
CARTA: MARQUE A HORA.					
		MARQUE A HORA. A HORA É ____:- ____.			
A HORA É ____:- ____.					
CONSOLE: PROFUNDIDADE?					
				PROFUNDIDADE ____ PÉS/M. (informa constantemente a profundidade ao supervisor).	
PROFUNDIDADE PÉS.					
					VERMELHO OK / PARE PARA VERMELHO (conforme o caso).
					VERMELHO CHEGOU AO FUNDO.
SUPERVISOR	GUIAS	CARTA	FONIA	CONSOLE	MERGULHADOR
			VERMELHO CHEGOU AO FUNDO.		
VERMELHO CHEGOU AO FUNDO.					
CONSOLE: PROFUNDIDADE?					
				PROFUNDIDADE ____ PÉS/M.	
PROFUNDIDADE PÉS ou M.					
CARTA: PROFUNDIDADE ____ PÉS ou M + FCP: 0 a 100 = 1; 101 a 200 = 2; 201 a 300 = 4; e 301 a 400 = 7.					
		PROFUNDIDADE ____ PÉS			

		ou M + FCP: 0 a 100 = 1; 101 a 200 = 2; 201 a 300 = 4; e 301 a 400 = 7.			
VERMELHO: VENTILAR, VENTILAR.					
	“SINAL PADRÃO” (3 – 2).		VERMELHO: VENTILAR, VENTILAR.		
					VERMELHO: VENTILAR, VENTILAR.
CIRCULAR VERMELHO, CIRCULAR.					
	“SINAL PADRÃO” (4 – 3)		CIRCULAR VERMELHO, CIRCULAR.		
					CIRCULAR VERMELHO, CIRCULAR.
VERMELHO DEIXAR O ESTRADO / CABO DE FUNDO GUIADO POR AMARELO.					
			VERMELHO DEIXAR O ESTRADO / CABO DE FUNDO GUIADO POR AMARELO.		
					VERMELHO DEIXAR O ESTRADO / CABO DE FUNDO GUIADO POR AMARELO.
CONSOLE: ATENÇÃO À PROFUNDIDADE DE VERMELHO.					
				PROFUNDIDA- DE PÉS ou M.	
PROFUNDIDADE PÉS/M.					
SUPERVISOR	GUIAS	CARTA	FONIA	CONSOLE	MERGULHADOR
VERMELHO: RETORNAR PARA O ESTRADO / CABO DE FUNDO GUIADO POR AMARELO.					
			VERMELHO: RETORNAR PARA O ESTRADO / CABO DE FUNDO GUIADO POR AMARELO.		
					VERMELHO: RETORNAR PARA O ESTRADO / CABO DE FUNDO GUIADO POR AMARELO.
					VERMELHO NO ESTRADO / CABO DE FUNDO.
			VERMELHO NO ESTRADO / CABO		

			DE FUNDO.		
VERMELHO NO ESTRADO / CABO DE FUNDO.					
VERMELHO: VENTILAR, VENTILAR.					
	“SINAL PADRÃO” (3 - 2)		VERMELHO: VENTILAR, VENTILAR.		
					VERMELHO: VENTILAR, VENTILAR.
CIRCULAR VERMELHO, CIRCULAR.					
	“SINAL PADRÃO” (4 - 3)		CIRCULAR VERMELHO, CIRCULAR.		
					CIRCULAR VERMELHO, CIRCULAR.
VERMELHO: PREPARAR PARA DEIXAR O FUNDO.					
	“SINAL PADRÃO” (3 PUXÕES)		VERMELHO: PREPARAR PARA DEIXAR O FUNDO.		
					VERMELHO: PREPARAR PARA DEIXAR O FUNDO.
					VERMELHO PRONTO PARA DEIXAR O FUNDO.
			VERMELHO PRONTO PARA DEIXAR O FUNDO.		
VERMELHO PRONTO PARA DEIXAR O FUNDO.					
CONSOLE: PROFUNDIDADE?					
SUPERVISOR	GUIAS	CARTA	FONIA	CONSOLE	MERGULHADOR
				PROFUNDIDADE PÉS/M.	
PROFUNDIDADE PÉS/M.					
CARTA: PROFUNDIDADE PÉS/M.					
		PROFUNDIDADE PÉS/M.			
CARTA: INFORMAR TABELA E ESQUEMA PARA MINUTOS.					
		TABELA _____ ESQUEMA _____ TEMPO ATÉ A 1ª PARADA ____:____ MINUTOS.			
TABELA _____ ESQUEMA _____ TEMPO ATÉ A 1ª PARADA ____:____ MINUTOS.					

ATENÇÃO EQUIPE: GUIAS, CONSOLE, FONIA, CARTA, GUINCHO.					
VERMELHO: DEIXAR O FUNDO.					
	“SINAL PADRÃO” (4 PUXÕES)		VERMELHO: DEIXAR O FUNDO.		
					VERMELHO: DEIXAR O FUNDO.
					VERMELHO DEIXOU O FUNDO.
			VERMELHO DEIXOU O FUNDO.		
VERMELHO DEIXOU O FUNDO.					
CARTA: TEMPO DE FUNDO __: __ MINUTOS (para, zera os cronômetros para acompanhar a velocidade de subida do MG).					
		TEMPO DE FUNDO __: __ MINUTOS.			
CONSOLE: PROFUNDIDADE?					
				PROFUNDIDADE __ PÉS ou M. (informa constantemente).	
VERMELHO: PARADA PARA DESCOMPRESSÃO.					
			VERMELHO: PARADA PARA DESCOMPRES- SÃO.		
					PARADA PARA DESCOMPRESSÃO.
SUPERVISOR	GUIAS	CARTA	FONIA	CONSOLE	MERGULHADOR
VERMELHO: PREPARAR PARA DEIXAR A PARADA.					
			VERMELHO: PREPARAR PARA DEIXAR A PARADA.		
					PREPARAR PARA DEIXAR A PARADA.
					VERMELHO PRONTO PARA DEIXAR A PARADA.
			VERMELHO PRONTO PARA DEIXAR A PARADA.		
VERMELHO PRONTO PARA DEIXAR A PARADA.					
VERMELHO DEIXAR A PARADA.					
			VERMELHO		

			DEIXAR A PARADA.		
					VERMELHO DEIXAR A PARADA.
					VERMELHO CHEGOU A SUPERFÍCIE.
	VERMELHO CHEGOU A SUPERFÍCIE.		VERMELHO CHEGOU A SUPERFÍCIE.		
VERMELHO CHEGOU A SUPERFÍCIE.					
VERMELHO: SEGUIR PARA A ESCADA.					
			VERMELHO: SEGUIR PARA A ESCADA.		
					VERMELHO: SEGUIR PARA A ESCADA.
VERMELHO: PASSAR A BORDA.					
			VERMELHO: PASSAR A BORDA.		
					VERMELHO: PASSAR A BORDA.
VERMELHO: SEGUIR PARA O BANCO.					
			VERMELHO: SEGUIR PARA O BANCO.		
					VERMELHO: SEGUIR PARA O BANCO.

SUPERVISOR	GUIAS	CARTA	FONIA	CONSOLE	MERGULHADOR
	Observação: Ao chegar ao banco o guia dá duas batidas na cabeça do MG para ele sentar-se, e o mais rápido possível, retira a máscara ou capacete e pergunta: VERMELHO OK?				
					VERMELHO OK.
VERMELHO OK.					
	FECHAR AR DE VERMELHO.				
FECHAR AR DE VERMELHO.				FECHAR AR DE VERMELHO (e fecha-se o ar para vermelho).	

OBSERVAÇÕES:

- O mesmo procedimento é adotado em relação aos demais mergulhadores;

- A descida, que não deve exceder a velocidade de 75 pés por minuto, é controlada pelo **supervisor**, que ao deslocar o estrado para a superfície da água, dá a partida nos dois cronômetros. Esses cronômetros só serão parados quando o estrado deixar o fundo para iniciar a subida (parar, zerar e partir);
- Durante a descida e a subida, o operador do console dará constantemente a profundidade ao **supervisor**, enquanto opera alternadamente os dois controles do pneumômetro;
- O mergulhador durante a descida, ao compensar os ouvidos, comunicará à superfície: **“vermelho ok”**, se tudo estiver bem. O operador fonia não responde a esta informação deixando a comunicação livre para o outro mergulhador. Caso o mergulhador tenha problemas dirá: **“pare para vermelho”**, e dará um puxão no umbilical;
- No caso de problemas o supervisor interrompe imediatamente a descida, manda içar o estrado cerca de 10 pés e aguarda que o mergulhador com problemas dê **“ok”**; se a demora for tal que comprometa o esquema de mergulho planejado ou se o problema ocorrer mais vezes, o mergulho deverá ser abortado;
- No caso da descida ser no sino, caberá ao mergulhador **amarelo** o controle da bolha. Se houver um terceiro mergulhador, verde por exemplo, caberá a este o controle;
- Durante a faina de mergulho os guias utilizam os sinais padrão de mergulho para transmitir as ordens do supervisor;
- O supervisor repete todas as mensagens e informações que receber. Isto significa que ele está "ciente" da mensagem ou informação recebida; e
- O operador fonia ao informar ao supervisor sobre uma mensagem recebida do mergulhador, deverá fazê-lo calcando a tecla **“to talk”** do intercomunicador. Isto permite que o mergulhador saiba que sua mensagem foi recebida e corretamente entendida.

CAPÍTULO 9

PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA

9.1 - EQUIPAMENTO AUTÔNOMO

9.1.1 - Perda de fornecimento de ar

Se o mergulhador perder o seu fornecimento de ar, ele deverá acionar a válvula de reserva e retornar imediatamente à superfície seguido pelo seu dupla.

Se o ar da ampola terminar após o acionamento da válvula de reserva, ele deverá trocar bocal com o dupla.

O mergulhador familiarizado com a troca de bocal irá superar com facilidade a tendência ao pânico nestas ocasiões. Existirá sempre o risco que a troca de bocal entre os mergulhadores termine em luta pela válvula reguladora.

É vital que o mergulhador exale o ar respirado se tiver que realizar uma subida livre. A tentativa de reter o ar nos pulmões durante a subida irá causar uma Síndrome de Hiperdistensão Pulmonar (SHP).

9.1.2 - Perda da máscara facial

Um mergulhador experiente não terá dificuldade em respirar sem a máscara.

Em águas frias, ele poderá ter a frequência respiratória aumentada, associada a um choque térmico e sofrer fortes dores de cabeça.

Se ele puder recuperar a máscara, poderá continuar o mergulho normalmente, mas se não puder fazê-lo ou sentir qualquer dificuldade, deverá retornar à superfície.

9.1.3 - Resgate de um mergulhador inconsciente

Um mergulhador poderá ficar inconsciente na água por causa da impureza do ar respirado da ampola, falta de ar na ampola, crescimento da taxa de CO₂, ou afogamento.

Ele poderá também ser vítima de ferimentos tais como cortes ou fraturas de ossos.

As situações poderão variar enormemente e somente poderão ser corretamente contornadas se seguirmos os procedimentos abaixo:

- um mergulhador inconsciente estará incapaz de exalar quando for trazido para a superfície e se ele for puxado pela linha de vida, quando usando equipamento dependente, há um risco considerável de Síndrome de Hiperdistensão Pulmonar (SHP);
- a menos que haja um atraso imprevisto, o mergulhador reserva deverá ser capaz de alcançar o mergulhador acidentado em poucos segundos. Ele deverá segurá-lo pelas

costas, tomando o cuidado para apertar o seu peito durante a subida, para que exale o ar respirado;

- o resgate usando somente a linha de vida, sem a ajuda do mergulhador reserva, deverá ser a última medida a ser tomada;
- na superfície da água será muito difícil determinar se o mergulhador inconsciente está respirando ou não. A respiração boca-a-boca poderá ser iniciada na água (superfície) se o mergulhador estiver usando equipamento autônomo, desde que esta medida não provoque atraso no resgate;
- a manobra de ressuscitação cárdio-respiratória (massagem cardíaca e respiração boca-a-boca) deverá ser iniciada imediatamente, quando o mergulhador estiver no convés.
- a inconsciência é um sintoma de asfixia ou SHP. O mergulhador deverá ser transportado para a câmara de recompressão e se não apresentar sinais de recuperação durante esta fase, deverá ser comprimido a 50 metros (165 pés), de acordo com a tabela de tratamento apropriada;
- a manobra de ressuscitação cárdio-respiratória deverá prosseguir durante o transporte do mergulhador, assim como na câmara. Caso não seja possível, pelo menos realizar a respiração boca-a-boca enquanto ele estiver sendo transportado e reiniciar a massagem cardíaca quando estiver deitado na câmara;
- se o mergulhador estiver consciente e respirando, um pequeno atraso é admitido para trazê-lo à superfície a fim de imobilizar um membro quebrado ou estancar um sangramento e removê-lo da água sem agravar o seu estado. Em todos os casos, um médico deverá ser chamado assim que possível.

9.1.4 - Mergulhador preso no fundo

Haverá sempre o risco de que a natural apreensão do mergulhador cause um aumento de sua frequência respiratória e o correspondente risco de crescimento da taxa de CO₂.

Ele deverá concentrar-se no controle de sua respiração, avisar a superfície de sua situação e tentar se livrar sozinho. Deverá também evitar movimentos bruscos e excesso de esforço.

A menos que ele possa se soltar rapidamente, o Supervisor deverá providenciar e assegurar o fornecimento de ar para o mergulhador, para depois tentar soltá-lo.

Um mergulhador preso no fundo poderá ficar um tempo excessivo mergulhado, sendo

necessário o uso de tabelas de exposições extremas para descompressão.

9.2 - EQUIPAMENTO DEPENDENTE

9.2.1 - Perda do fornecimento de ar

O mergulhador receberá o ar da superfície por intermédio de um compressor de baixa pressão ou de um grupo de ampolas de alta pressão com válvula redutora. O mergulhador deverá carregar uma ampola de emergência, quando estiver usando a máscara *KMB* ou capacete *Superlite*.

O mergulhador fará contato com a superfície através do intercomunicador e deverá estar familiarizado com os Sinais Padrão de Mergulho que serão utilizados em caso de avaria do equipamento.

Em condições normais existe ar suficiente na ampola de emergência para que o mergulhador volte à superfície com segurança (máscara *KMB* ou capacete *Superlite*).

Qualquer que seja o equipamento que estiver usando, o mergulhador não deverá perder tempo para retornar à superfície.

Se estiver usando equipamento com válvula de demanda, ele deverá garantir que a válvula de fluxo direto esteja fechada para ter ar suficiente para uma subida segura.

Se o mergulhador não estiver recebendo ar da ampola de emergência, ele deverá abrir a válvula de fluxo direto, pois a avaria poderá estar ocorrendo na válvula de demanda do seu equipamento.

Neste caso, ou se este estiver usando um capacete de fluxo livre, o mergulhador terá pouco tempo de fornecimento de ar. Ele deverá retornar o mais rapidamente possível à superfície e exalar o ar durante a subida.

Se as válvulas de admissão e descarga de ar do capacete de fluxo livre estiverem fechadas, ele reterá no interior de seu capacete ar suficiente para permitir uma subida segura.

Um fornecimento extra de ar poderá ser providenciado introduzindo a mangueira do pneumômetro no interior da máscara ou do capacete e pedindo a superfície para que mantenha a válvula de ar do pneumômetro aberta.

Se o mergulhador for obrigado a omitir alguma parada para descompressão, ele deverá ser tratado como vítima de Doença Descompressiva, mesmo que não apresente sintomas (tratamento preventivo).

9.2.2 - Quebra da lente ou do capacete

Se o mergulhador bateu com força suficiente para quebrar a lente ou capacete, ele pro-

vavelmente estará inconsciente e não poderá se “safar” sozinho. O mergulhador reserva deverá resgatá-lo conforme descrito anteriormente. A experiência mostra que qualquer tentativa do mergulhador reserva em fornecer ar para o interior do capacete avariado, consumirá tempo e será ineficiente.

Se o mergulhador estiver consciente, ele poderá ainda estar apto para respirar através de sua válvula de demanda. Se isto for impossível, ele deverá abrir a válvula de fluxo direto. Se estiver usando um capacete de fluxo livre, ele deverá abrir a válvula de admissão e a válvula de descarga totalmente e tentar respirar.

Em ambos os casos ele deverá retornar a superfície imediatamente.

9.2.3 - Resgate de mergulhador ferido

Os procedimentos são, de uma forma geral, os mesmos descritos anteriormente.

O intercomunicador permitirá ao Supervisor saber se o mergulhador está respirando ou, se a situação permitir, se ele poderá ser puxado para a superfície pelo umbilical. Em caso de dúvida, o Supervisor deverá assumir que o mergulhador não está respirando e não deverá puxá-lo pelo umbilical, enviando, assim, o mergulhador reserva para socorrê-lo.

O capacete e a máscara facial completa tornam a respiração boca-a-boca na água inexecutável, mas ela deverá ser iniciada tão logo seja possível. Isto poderá ocorrer no estrado ou no sino.

9.2.4 - Mergulhadores presos no fundo

Os procedimentos são os mesmos descritos anteriormente. Fontes extras de ar serão providas por sua ampola de emergência e mangueira do pneumômetro, enquanto não chegar auxílio da superfície.

9.3 - SINO ABERTO

Como norma geral o mergulhador cumprirá os mesmos procedimentos previstos para o mergulho dependente, retornando para o sino ao invés da superfície. Mesmo em uma situação de emergência, o mergulhador deverá se preocupar em aduchar o seu umbilical, antes do içamento do sino.

Um umbilical desaduchado poderá transformar um incidente em sério acidente.

9.3.1 - Perda de suprimento de ar

Ao retornar ao sino, o mergulhador deverá informar à superfície e, em seguida, trocar o suprimento da ampola de emergência para o suprimento das ampolas do sino.

O sino, então, será içado pelo procedimento normal.

9.3.2 - Perda de comunicações

O mergulhador deverá retornar ao sino, que por sua vez, será preparado para o içamento. Como o umbilical do mergulhador não segue para superfície por estar conectado diretamente ao sino, não será possível a comunicação usando os Sinais Padrão de Mergulho. Poderá ser tentada a comunicação através da válvula de descarga do sino. Quando prontos, os mergulhadores efetuarão um número pré-determinado de descargas.

Após um tempo estipulado, normalmente alguns minutos, o sino será içado, cumprindo as paradas de descompressão necessárias.

É essencial que os mergulhadores e a equipe de superfície combinem e conheçam perfeitamente os procedimentos a serem cumpridos no sino.

Se houver alguma dúvida ou confusão, o Supervisor enviará o mergulhador reserva.

9.4 - DESCOMPRESSÃO NA SUPERFÍCIE

Para efetuar a descompressão com segurança, os mergulhadores e a equipe de superfície deverão estar bem adestrados e familiarizados com a operação da câmara de recompressão.

9.4.1 - Atraso em colocar o mergulhador na câmara

Se o intervalo de superfície for excedido, os mergulhadores deverão ser tratados como se tivessem doença descompressiva, mesmo que assintomáticos.

9.4.2 - Falta de suprimento de oxigênio

A descompressão deverá continuar pela tabela de descompressão na superfície usando ar (TDSA), considerando o tempo decorrido na tabela de descompressão na superfície usando oxigênio (TDSO) até a interrupção do fornecimento.

CAPÍTULO 10

SEGURANÇA NO MERGULHO

10.1 - SEGURANÇA NO MERGULHO

Todos os mergulhos são potencialmente perigosos e o mergulhador deverá estar atento, todo o tempo, para minimizar os riscos.

De uma forma geral, isto poderá ser alcançado por um cuidadoso planejamento, preparação para o mergulho, fiel obediência aos procedimentos e correta utilização das comunicações.

10.1.1 - Planejamento

Todas as operações de mergulho deverão ser precedidas de um planejamento cuidadoso e detalhado, elaborado pelo mergulhador mais antigo, a ser consubstanciado em documento que deverá ser do conhecimento de todos os integrantes da equipe de mergulho, em especial de seu supervisor. Também deverão tomar conhecimento deste documento as pessoas envolvidas, diretamente ou indiretamente, na operação de mergulho.

As seguintes etapas servirão de subsídios para o planejamento:

- definição dos objetivos;
- coleta e análise dos dados;
- estabelecimento das tarefas operacionais;
- seleção da técnica de mergulho;
- seleção dos equipamentos e suprimentos;
- seleção da equipe de mergulho;
- estabelecimento de procedimentos e precauções de segurança;
- estabelecimento de procedimentos de emergência;
- estabelecimento de evacuação médica;
- preparação final do mergulho; e
- realização da operação.

É obrigatória a realização de “*briefing*” para a equipe de mergulho e estações diretamente envolvidas.

10.1.2 - Preparação para o mergulho

Antes de ir para a água, o mergulhador deverá assegurar-se de que:

- está fisicamente preparado para o mergulho. Uma dor muscular, cansaço, sono ou má alimentação poderá comprometer a execução da tarefa;
- seu equipamento individual está em boas condições e funcionando perfeitamente;
- está qualificado para o uso dos equipamentos a serem empregados no mergulho;
- tem conhecimento das condições do meio (profundidade, visibilidade, corrente e temperatura);
- tem pleno conhecimento do trabalho a ser realizado, dos perigos específicos e das normas de segurança;
- foi alertado quanto aos problemas e perigos que poderão surgir; e
- conhece os procedimentos de segurança.

10.1.3 - Procedimentos de mergulho

Cada membro da equipe de mergulho deverá conhecer e obedecer fielmente os procedimentos de mergulho.

Após um grande número de mergulhos, haverá uma tendência em relaxar estes procedimentos. Nestas ocasiões é que os acidentes costumam ocorrer. Por isso é determinante uma total seriedade no cumprimento das normas de segurança, até o encerramento do último mergulho.

10.1.4 - Comunicações

Os mergulhadores manterão o Supervisor informado de suas ações durante todo o tempo em que estiverem na água.

Se eles possuírem qualquer dúvida sobre as condições em que estarão trabalhando, deverão informar ao Supervisor imediatamente.

Em uma emergência, como a perda do suprimento de ar, o mergulhador poderá ter dificuldade para falar ou ser ouvido. Se necessário, ele deverá gritar e sinalizar para obter auxílio. A vaidade e o orgulho deverão ser esquecidos nestas ocasiões.

Durante uma operação de mergulho, todos os membros da equipe deverão saber o que os mergulhadores estão fazendo e em que estágio da operação eles se encontram.

Nas trocas de funções ou rendições de serviço, o elemento que está sendo rendido passará todas as informações para quem o está rendendo.

10.2 - CONDIÇÕES ADVERSAS PARA O MERGULHO

10.2.1 - Correntes

Os mergulhadores poderão encontrar fortes correntadas em rios ou fortes correntes de

maré no mar. Nesta situação, um elevado esforço poderá ser necessário para se manter numa posição conveniente ao trabalho, acelerando a sua respiração e elevando rapidamente a taxa de gás carbônico no organismo.

Especial atenção deverá ser dada aos umbilicais que poderão ser arrastados pela corrente, enroscando-se em alguma obstrução, aumentando o risco ao mergulhador.

Somente nos casos extremos, os mergulhadores poderão ser puxados para superfície, sino ou estrado, pelo umbilical.

Há três tipos de correntada:

- Rios ou correntes oceânicas principais.
- Correntes de maré, causadas pelo fluxo e refluxo das marés.
- Correntes de fundo, normalmente com sentido diverso das de superfície.

Os dois primeiros casos são razoavelmente previsíveis permitindo algum planejamento. O último não está nas cartas e ocorrem a qualquer tempo.

Nestas condições, quando planeja-se um mergulho, a primeira consideração é o momento mais adequado. Procure planejar para o período em que a corrente estiver mais fraca. Em seguida, vem o equipamento. Um mergulhador autônomo será muito mais afetado por correntes do que um outro mergulhador utilizando equipamento dependente. Por último, a escolha do método de acesso ao local de trabalho. Se a corrente for mais forte na superfície, pode-se atingir o local de trabalho lançando-se o mergulhador à montante e fazendo com que mergulhe lentamente por um cabo de fundo. Seu recolhimento será efetuado pelo pessoal da superfície. Quando houver correntes muito fortes, poderá ser utilizado um sino aberto com cabos guia.

Quando houver uma correntada forte no local de trabalho, o mergulhador necessitará de ajuda para movimentar-se, requerendo “cabos de fundo” onde for possível instalá-los. O mergulhador deverá procurar posicionar-se a jusante do objeto de trabalho, recebendo desta forma alguma proteção contra corrente, diminuindo o esforço. Ao se mergulhar em locais com forte correntada, deve-se prestar especial atenção para a fadiga do mergulhador, procurando reduzir o esforço ao estritamente necessário à realização do trabalho.

10.2.2 - Mar agitado

Mergulhadores na superfície serão afetados pelas vagas. Neste caso, o problema será passar à superfície com segurança. Isto poderá ser feito de três maneiras:

- um estrado de mergulho poderá ser usado para levar e trazer os mergulhadores das águas mais profundas, normalmente mais calmas;
- o sino aberto poderá ser empregado com o mesmo objetivo; e
- utilizar uma área de acesso ao mar denominada “*Moon-Pool*”, que constitui-se em uma passagem no centro do navio, através do qual um sino com mergulhadores poderá ser lançado.

Existirá também o risco dos mergulhadores serem lançados contra uma estrutura e ficarem sujeitos a uma considerável variação de pressão devido ao movimento entre a crista e o cavado da onda sobre suas cabeças. Isto poderá afetar a descompressão se eles estiverem realizando a parada dos 3 metros (10 pés) na água e, em casos extremos, causar manifestação de síndrome de hiperdistensão pulmonar (SHP).

10.2.3 - Mergulho em canais, diques, portos e represas

Há uma série de problemas que poderão ocorrer, em separado ou simultaneamente, ao efetuar-se este tipo de mergulho.

Em hipótese alguma os mergulhadores devem retirar a máscara ou bocal quando mergulhados sob cascos de navio ou instalações que apresentem bolsões de ar (gases). A concentração de gases tóxicos pode ser tal que provoque a inconsciência imediata dos mergulhadores com conseqüente afogamento e morte.

a) Diferença de pressão

Ocorrerá quando o nível de água de um lado de uma porta-batel ou represa for maior do que o outro.

Se houver um vazamento, a água passará do lado mais alto para o mais baixo, o que poderá sugar os mergulhadores contra a parede. Portas-batel quando abertas, poderão arrastar os mergulhadores causando ferimentos graves, quando não fatais.

As seguintes regras deverão ser seguidas:

- sempre mergulhe no lado em que a água estiver mais baixa;
- esvazie um lado se necessário;
- certifique-se que as portas-batel estejam fechadas e trancadas; e
- informe o pessoal da manobra, supervisores de cais ou diques, que você está mergulhando e saia da água, imediatamente, se houver quaisquer movimentos das portas.

b) Baixa visibilidade

Na maioria dos portos, canais, etc., a visibilidade no fundo é bem reduzida. Deve-se marcar o ponto de trabalho com um cabo de fundo de forma a encontrá-lo facilmente. Contudo, todo o cuidado é necessário.

c) Material abandonado no fundo

Na maioria dos portos existe no fundo do mar uma grande quantidade de material abandonado, que poderá prender o mergulhador. Novamente a regra é ser cuidadoso. Tente retornar pelo mesmo caminho que entrou e se, de qualquer jeito, ocorrer o enrasque, deve-se usar movimentos lentos e suaves na tentativa de se libertar. Mantenha sempre a calma e pense antes de executar qualquer movimento. Nestas áreas nunca pule para entrar na água. Uma haste ou estaca próximo a superfície poderá causar sérios ferimentos.

d) Mergulho junto a navios

Existem três riscos principais ao se mergulhar junto à navios:

- o hélice ao movimentar-se poderá sugar o mergulhador, causando ferimentos fatais. Sempre informe ao Comandante, Chefe de Máquinas e Oficial de Serviço quando for mergulhar. Se possível coloque o leme na posição desacoplado, deixando uma mensagem escrita, junto aos controles, do tipo: “Não opere, mergulhadores na área”;
- os planos de distribuição ao longo do casco deverão ser consultados. As aspirações por apresentarem risco de sucção, deverão estar desligadas, colocando-se avisos junto às respectivas máquinas; e
- alguns navios possuem sistemas de proteção catódica instalados. Em certas circunstâncias eles poderão eletrocutar os mergulhadores. Deverão, portanto, ser desligados.

Nas fainas de mergulho poderá existir uma série de armadilhas para mergulhadores desavisados ou displicentes. A maioria delas pode ser evitada pelo uso do bom senso.

e) Mergulho junto a oleodutos em teste

Os mergulhadores não deverão aproximar-se a menos de 100 metros de oleodutos submetidos a testes pneumáticos.

Durante testes hidrostáticos, os mergulhadores poderão trabalhar nas proximidades

do oleoduto, mas não deverão executar nenhuma faina nos mesmos.

Recomenda-se que ao se detectar um oleoduto defeituoso, ou sob suspeita de apresentar alguma avaria, os mergulhadores não se aproximem a menos de 100 metros, até que a pressão tenha sido reduzida para 80% da maior pressão a que ele vem sendo submetido, desde que o defeito foi detectado.

Cuidados especiais deverão ser tomados quando a pressão do oleoduto for reduzida para uma pressão menor que a ambiente, já que a diferença de pressão poderá ser perigosa para os mergulhadores.

f) Navio com Sistema de Posicionamento Dinâmico (SPD)

A maioria dos modernos navios de mergulho mantem-se posicionado por meio de um Sistema de Posicionamento Dinâmico.

A posição do navio é continuamente monitorada por um computador instalado a bordo, que corrige qualquer movimento acionando de maneira apropriada o "*thruster*" (hélice especial direcional).

Um navio dotado com este sistema poderá manter a posição com a precisão de 1 metro, mesmo em severas condições de mar.

O Sistema de Posicionamento Dinâmico poderá ser perigoso para os mergulhadores.

O "*thruster*" poderá ser acionado a qualquer momento, havendo risco de que os mergulhadores ou seus umbilicais sejam sugados por ele.

Para minimizar este problema, deve-se ter atenção ao comprimento dos umbilicais, de maneira a dificultar que os mergulhadores se aproximem do "*thruster*". Deverá ser utilizado o "*moon pool*", estrado de mergulho ou sino, assim como alarmes no compartimento de controle de mergulho quando o Sistema de Posicionamento Dinâmico entrar em funcionamento.

10.3 - REGRAS GERAIS DE SEGURANÇA

Além de todos os cuidados específicos para prevenir os acidentes de mergulho, a grande diversidade de equipamentos e sistemas, as características físicas das instalações de mergulho, bem como os diferentes tipos de tarefas executadas pelos mergulhadores, requerem que a atenção e cuidado sejam sempre pontos importantes.

É preciso, portanto, que todos estejam cientes de que deverão ser observadas normas mínimas de segurança para garantir a boa condução de uma faina, mesmo por aqueles não

envolvidos diretamente na equipe.

As regras gerais de segurança apresentadas a seguir, não abrangem todas as situações possíveis, contudo, representam uma síntese obrigatória a qual toda a equipe de mergulho deverá estar atenta:

- segurança é uma atitude. Todos deverão saber e constantemente pensar a respeito da segurança para proteger a si próprio e aos outros. Todos deverão estar todo tempo alertas e prestar atenção ao que fazem. Não há substituto para a vigilância;
- os procedimentos de segurança requerem a eliminação de brincadeiras, correrias e outras atividades não produtivas nas proximidades de máquinas, equipamentos, painéis e estações de mergulho. Tais procedimentos poderão ser extremamente perigosos e causar sérios acidentes;
- qualquer componente de uma equipe que veja um outro componente deixando de cumprir uma norma de segurança deverá alertá-lo, chamando sua atenção para os riscos e, caso necessário, adotar providências disciplinares cabíveis;
- quaisquer acidentes, ainda que menores e que não tenham causado ferimentos, deverão ser imediatamente comunicados ao Supervisor de Mergulho;
- infecções poderão ocorrer a partir de pequenos ferimentos na pele se não cuidados apropriadamente. Não os negligencie;
- tenha todos os procedimentos para casos de incêndio bem conhecidos. Esteja bem familiarizado com suas atribuições para essas ocorrências. Conheça também todos os outros procedimentos de emergência e sua atribuição particular nesses casos;
- cuidado ao descer ou subir escadas, andaimes e plataformas;
- ao levantar objetos, faça-o com cuidado para evitar problemas de coluna. Ao levantar objetos pesados flexione as pernas e procure manter as costas eretas próximo da vertical. Não tente levantar objetos mais pesados que sua capacidade. Se precisar de ajuda não hesite em pedir;
- óculos, capacetes, máscaras e luvas deverão ser sempre utilizados em atividades que produzam ameaça aos olhos, mãos e rosto, tais como operar esmeril, manobras de cabos de aço, solda elétrica e etc.. Não deixe de usá-las por falta de hábito ou orgulho;
- cuidado com chão escorregadio. Caso tenha derramado óleo ou outra qualquer substância que possa causar escorregões, limpe imediatamente. Caso não possa pessoalmente limpar a área, comunique imediatamente ao Supervisor de Mergulho;

- não deixe objetos em escadas, plataformas ou lugares altos dos quais possam cair e causar acidentes;
- não jogue lixo, cigarro ou quaisquer outros objetos em locais que não sejam apropriados para esse fim. Apague sempre o cigarro antes de jogá-lo fora;
- mantenha o seu local de trabalho limpo e arrumado. Evite acúmulo de material desnecessário;
- não mantenha guardados ou estocados materiais de fácil combustão, como óleo, gasolina, solvente, etc., em locais quentes, expostos diretamente ao sol ou sujeitos à fagulhas;
- não opere nenhum equipamento, máquina, painel, etc., sem autorização. Conheça as normas de operação e segurança para cada um deles. Em caso de dúvida, pergunte;
- em todas as operações, siga sempre os procedimentos adotados e do conhecimento dos demais. Em caso de dúvida, recorra ao Supervisor de Mergulho. Apresente a ele suas sugestões;
- qualquer equipamento encontrado avariado ou com mal funcionamento deverá ser reportado ao Supervisor de Mergulho. Esses cuidados também deverão ser observados com relação à segurança das operações;
- evite atitudes ou ações que possam constituir perigo para si mesmo e para os outros;
- tenha sempre sua atenção voltada para o trabalho que estiver executando;
- utilize sempre a ferramenta própria ao trabalho a realizar;
- cuidado ao transportar ferramentas com pontas afiadas e cortantes. Ao passá-las para outros, faça-o com cuidado para evitar acidentes. Não carregue material demais em suas mãos. Use caixas de ferramentas apropriadas. Evite sujar o punho de ferragens com graxa ou óleo para evitar que elas escorreguem e causem acidentes;
- cuidado ao operar sistemas hidráulicos ou pneumáticos das câmaras para evitar esmagar os dedos ou mãos;
- mantenha suas ferramentas afiadas quando for o caso. Não teste o fio da ferramenta com seus dedos;
- O uso de chaves de boca comuns são sempre preferíveis ao uso de chaves de boca ajustável. Essa última, tende a abrir podendo escorregar causando danos ao material ou mesmo acidentes;
- quando usando facas ou outro objeto cortante, faça o corte no sentido de afastamento

de seu corpo. Esteja certo de estar afastado suficientemente dos outros;

- cuidado com choque elétrico. Um choque com 115 V poderá ser fatal. É importante saber também que a amperagem é fator mais importante que a voltagem;
- inspecione sempre antes de usar cabos e extensões elétricos. Verifique o isolamento e, se necessário, substitua as partes avariadas;
- tenha atenção e não negligencie o aterramento de máquinas e equipamentos;
- cuidado com luvas, panos ou roupas que possam ser enroladas em motores em funcionamento. Cuidado com o uso de anéis e cordões;
- inspecione sempre as proteções de correias e polias. Não tente reparar ou ajustar sem estar perfeitamente certo e seguro de que a máquina não seja alimentada;
- após utilizar um equipamento, não se afaste até que o motor esteja completamente parado. Isso irá prevenir acidentes com outras pessoas;
- nunca tente lubrificar, limpar ou ajustar equipamento ou máquinas em funcionamento;
- se um equipamento estiver com defeito, não tente utilizá-lo até que o reparo apropriado seja realizado;
- tenha sempre atenção à ventilação e/ou resfriamento de motores, compressores, etc. para evitar superaquecimento que poderá produzir gases oriundos da vaporização de óleos, lubrificantes, etc.;
- verifique sempre se os locais onde estão instalados compressores estão bem ventilados. Garanta que o compressor não aspire gases da descarga de motores;
- não substitua o óleo usado nos compressores por outros tipos. A substituição de lubrificantes poderá atender ao equipamento, contudo, poderá trazer sérios problemas ao ar ou gás de mergulho;
- siga sempre as instruções do fabricante do equipamento antes de operá-lo. Verifique o óleo, tensão e outros requisitos adequados à cada um deles antes do início da operação;
- fique atento ao funcionamento dos equipamentos. Ruídos estranhos, vazamentos de óleo, etc. indicam avaria e requerem ser imediatamente avaliados;
- atenção para efetuar o dreno dos gases comprimidos nos compressores;
- use cinto de segurança sempre que for trabalhar em locais altos e sem proteção;
- mantenha sempre sua saúde em boa forma. Pratique exercícios. Tenha uma vida saudável;
- estudos estatísticos provam que a maioria dos acidentes de mergulho são resultados da

falta de conhecimento, adestramento ou instruções a respeito da operação. Apenas uma pequena minoria de acidentes pode ser debitada a falhas mecânicas, portanto, é imperativo que todos estejam cientes e bem familiarizados com as instruções do mergulho, da instalação e dos procedimentos a serem adotados;

- nenhum mergulhador com infecção ou inflamação das vias respiratórias e com dificuldades para compensar ouvidos ou seios da face deverá insistir no mergulho. Qualquer medicação anteriormente tomada deve ser comunicada ao Supervisor;
- todos equipamentos de mergulho, tais como capacetes, máscaras, etc., deverão ter sua manutenção em dia. Todo reparo deverá ser realizado imediatamente;
- todos os mergulhadores deverão estar com seu exame de saúde (psicofísico) em dia e com prazo de validade que cubra o período da operação a ser iniciada;
- um mergulhador deverá estar atento para sintomas de acidentes de mergulho por cerca de 12 horas após um mergulho sem descompressão e pelo menos 24 horas após um mergulho com descompressão;
- nenhum mergulhador deverá efetuar viagens aéreas por um período mínimo de 24 horas após um mergulho com descompressão;
- esteja sempre seguro de usar as ampolas de armazenamento corretamente. Não utilize as mesmas ampolas para gases diferentes a cada vez que for realizar um armazenamento. Certifique que sejam tomados os cuidados necessários a eliminação de gases residuais;
- fique sempre atento à vazamentos de gás, ainda que aparentemente pequenos. Comunique a sua localização imediatamente ao Supervisor;
- verifique a pressão de trabalho das ampolas, tanques, etc., antes de pressurizar de modo a não exceder nunca essa pressão;
- nunca permita que vasos sob pressão sejam submetidos à grandes variações de temperatura. Evite, principalmente, o superaquecimento que acarretará o aumento da pressão interna, podendo exceder os limites do material;
- esteja sempre seguro de que as válvulas de segurança estejam sempre instaladas, reguladas e funcionando adequadamente; e
- nunca negligencie as regras de segurança, não superestime a sua capacidade de lidar com os problemas e esteja sempre “*VIGILANTE*”.