

**ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS  
ACADEMIA REAL MILITAR (1811)  
CURSO DE CIÊNCIAS MILITARES**

**Gerson Ribeiro Portes**

**A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE MERGULHO  
PARA AS ATIVIDADES DE MERGULHO AUTÔNOMO NO EXÉRCITO  
BRASILEIRO**

**Resende  
2022**



APÊNDICE II AO ANEXO B (NITCC) ÀS DIRETRIZES PARA A  
GOVERNANÇA DA PESQUISA ACADÊMICA NA AMAN

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DIREITOS AUTORAIS DE  
NATUREZA PROFISSIONAL

AMAN  
2022

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DIREITOS AUTORAIS DE NATUREZA  
PROFISSIONAL**

**TÍTULO DO TRABALHO:** A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS  
DE MERGULHO PARA AS ATIVIDADES DE MERGULHO AUTÔNOMO NO EXÉRCITO  
BRASILEIRO

**AUTOR:** GERSON RIBEIRO PORTES

Este trabalho, nos termos da legislação que resguarda os direitos autorais, é considerado de minha propriedade.

Autorizo a Academia Militar das Agulhas Negras a utilizar meu trabalho para uso específico no aperfeiçoamento e evolução da Força Terrestre, bem como a divulgá-lo por publicação em revista técnica da Escola ou outro veículo de comunicação do Exército.

A Academia Militar das Agulhas Negras poderá fornecer cópia do trabalho mediante ressarcimento das despesas de postagem e reprodução. Caso seja de natureza sigilosa, a cópia somente será fornecida se o pedido for encaminhado por meio de uma organização militar, fazendo-se a necessária anotação do destino no Livro de Registro existente na Biblioteca.

É permitida a transcrição parcial de trechos do trabalho para comentários e citações desde que sejam transcritos os dados bibliográficos dos mesmos, de acordo com a legislação sobre direitos autorais.

A divulgação do trabalho, em outros meios não pertencentes ao Exército, somente pode ser feita com a autorização do autor ou da Direção de Ensino da Academia Militar das Agulhas Negras.

Resende, 23 de agosto de 2022

Cad Gerson Ribeiro Portes

**Gerson Ribeiro Portes**

**A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE MERGULHO  
PARA AS ATIVIDADES DE MERGULHO AUTÔNOMO NO EXÉRCITO  
BRASILEIRO**

Monografia apresentada ao Curso de  
Graduação em Ciências Militares da  
Academia Militar das Agulhas Negras  
(AMAN), como requisito parcial para  
obtenção do título de **Bacharel em  
Ciências Militares**

Orientador: 1º Ten Eng André Pereira **Sacomani**

Resende  
2022

Dados internacionais de catalogação na fonte

P849i PORTES, Gerson Ribeiro

A importância da manutenção dos equipamentos de mergulho para as atividades de mergulho autônomo no Exército Brasileiro. / Gerson Ribeiro Portes – Resende; 2022. 74 p. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: André Pereira Sacomani

TCC (Graduação em Ciências Militares) - Academia Militar das Agulhas Negras, Resende, 2022.

1.Mergulho 2.Manutenção 3.Equipamentos 4.Segurança I.  
Título.

CDD: 355

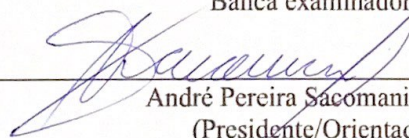
Gerson Ribeiro Portes

**A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE MERGULHO  
PARA AS ATIVIDADES DE MERGULHO AUTÔNOMO NO EXÉRCITO  
BRASILEIRO**

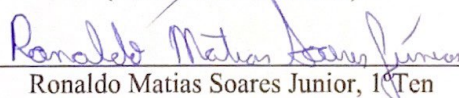
Monografia apresentada ao Curso de  
Graduação em Ciências Militares, da  
Academia Militar das Agulhas Negras  
(AMAN, RJ), como requisito parcial para  
obtenção do título de **Bacharel em  
Ciências Militares**.

Aprovado em 17 de Agosto de 2022:

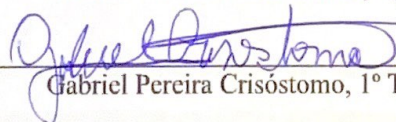
Banca examinadora:



André Pereira Sacomani, 1º Ten  
(Presidente/Orientador)



Ronaldo Matias Soares Junior, 1º Ten



Gabriel Pereira Crisóstomo, 1º Ten

Resende  
2022

Dedico este trabalho primeiramente à Deus, que me esforçou e me guiou, não deixando faltar a força e a fé, nos momentos em que esmoreci, tampouco a coragem para seguir em frente, me entusiasmando e me conduzindo até o presente momento. Dedico também aos meus pais, que me educaram, me apoiaram me ajudaram a chegar até aqui. Dedico à minha noiva, que me incentivou e não me deixou desistir. Ao meu irmão que, junto à minha família, parentes e entes queridos, sempre estiveram me apoiando e orando por mim.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente à Deus, por ter me guiado e me feito chegar até aqui, me enchendo de força e de coragem para enfrentar os desafios pelos quais passei. Me encheu de fé em todas as adversidades, me fazendo acreditar na vitória final. Nunca me abandonou. Em todos os momentos que precisei e clamei, esteve pronto a me ajudar.

Agradeço aos meus pais e meu irmão, que sempre foram meus apoiadores e nunca deixaram de acreditar em mim. Sempre oraram por mim e me fizeram acreditar na realização deste sonho que é se formar Oficial do Exército Brasileiro. Eu os amo muito.

Agradeço à minha noiva, que esteve comigo em todos os momentos, sempre ao meu lado, me incentivando e me apoiando, não deixando desistir e enchendo de ânimo. Esteve comigo em todas as dificuldades, mesmo que não de corpo presente. Amo muito você.

Agradeço a todos os profissionais que tiveram alguma, desde a menor até a mais alta, influência em minha formação. Me ensinaram muito, com suas palavras, seus gestos, suas atitudes e, maiormente, com seus exemplos.

Agradeço àqueles que me ajudaram a ultimar esta pesquisa e concluir mais esta etapa da minha formação. Sozinho eu não conseguiria.

## RESUMO

### **A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE MERGULHO PARA AS ATIVIDADES DE MERGULHO AUTÔNOMO NO EXÉRCITO BRASILEIRO.**

AUTOR: Gerson Ribeiro Portes  
ORIENTADOR: André Pereira Sacomani

O mergulho é uma atividade já bastante difundida, em constante desenvolvimento e amplamente utilizada pelas Forças Armadas e Forças Auxiliares, no que tange à busca de material, pessoal e infiltração. Por ser uma atividade que oferece riscos à saúde dos mergulhadores, bem como exige certos cuidados quanto ao manuseio e preparação de material, deve ter seus procedimentos sempre bem coordenados e fiscalizados – a fim de prover segurança ao mergulhador. É comum o ser-humano se esquecer de procedimentos básicos, quando executa atividades, ainda que perigosas, mas que se tornaram um hábito – negligenciando, por vezes, a sua saúde e integridade física. Entretanto, estes procedimentos básicos – como a verificação do estado de conservação dos equipamentos, a data ou período da última manutenção e como estavam armazenados – não devem ser negligenciados antes, durante, tampouco depois do mergulho. Por isto, a presente pesquisa elucidou o tema mergulho, restringindo-se a abordar o seguinte assunto: determinar como o estado de conservação dos equipamentos utilizados no mergulho pode influenciar a execução destas atividades. O objetivo deste trabalho é ratificar a importância da manutenção dos equipamentos de mergulho para a segurança das atividades de mergulho, assim como, meio de promoção da saúde e segurança do mergulhador. Para tal, foi utilizado o método de pesquisa bibliográfica, a fim de levantar informações que fundamentassem essa pesquisa, sucedido pela execução de entrevista e questionário, para confirmar e corrigir os conhecimentos obtidos, além de colher experiências de outros mergulhadores. Como resultado, foram apresentados diversos danos e avarias que podem ocorrer com o material de mergulho, doenças e enfermidades que podem acometer os mergulhadores, assim como, abordados alguns cuidados para a prevenção ou correção destas avarias e doenças. Por fim, com a análise dos dados obtidos, concluiu-se que a manutenção dos equipamentos é de suma importância para a execução do mergulho com segurança, preocupando-se com a saúde daqueles que fazem uso destes materiais.

Palavras-Chave: Mergulho, Manutenção, Equipamentos, Segurança, Cuidados e Saúde



## **RESUMÉN**

### **LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE BUCEO PARA LAS ACTIVIDADES DE BUCEO AUTÓNOMO EN EL EJÉRCITO BRASILEÑO.**

AUTOR: Gerson Ribeiro Portes  
ASESOR: André Pereira Sacomani

El buceo es una actividad ya extendida, en constante desarrollo y muy utilizada por las Fuerzas Armadas y Fuerzas Auxiliares, en lo que respecta a la búsqueda de material, personal e infiltración. Al ser una actividad que presenta riesgos para la salud de los buceadores, así como requiere ciertos cuidados en el manejo y preparación del material, sus procedimientos deben estar siempre bien coordinados y supervisados - con el fin de brindar seguridad al buceador. Es común que el ser humano olvide procedimientos básicos al realizar actividades, aunque sean peligrosas, pero que se han convertido en un hábito, descuidando en ocasiones su salud e integridad física. Sin embargo, estos procedimientos básicos, como comprobar el estado de conservación del equipo, la fecha o el período del último mantenimiento y cómo se almacenaron, no deben descuidarse antes, durante o después de la inmersión. Por tal motivo, la presente investigación dilucidó el tema del buceo, limitándose a abordar el siguiente tema: determinar cómo el estado de conservación de los equipos utilizados en el buceo puede influir en la ejecución de estas actividades. El objetivo de este trabajo es ratificar la importancia del mantenimiento de los equipos de buceo para la seguridad de las actividades de buceo, así como un medio de promoción de la salud y seguridad del buceador. Para ello se utilizó el método de investigación bibliográfica, con el fin de recopilar información que sustentó esta investigación, seguido de la ejecución de una entrevista y cuestionario, para confirmar y corregir los conocimientos obtenidos, además de recopilar experiencias de otros buzos. Como resultado, se presentaron varios daños y mal funcionamiento que pueden ocurrir con el material de buceo, enfermedades y padecimientos que pueden afectar a los buzos, así como algunas precauciones para la prevención o corrección de estos mal funcionamiento y enfermedades. Finalmente, con el análisis de los datos obtenidos se concluyó que el mantenimiento del equipo es de suma importancia para la ejecución de la inmersión de forma segura, preocupándose por la salud de quienes hacen uso de estos materiales.

Palabras claves: Buceo, Mantenimiento, Equipo, Seguridad, Cuidado y Salud

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Sino de Halley .....	17
Figura 2: Traje de mergulho de Lethbridge.....	17
Figura 3:Escafandro 1819.....	18
Figura 4: Escafandro 1837.....	19
Figura 5: Máscara .....	24
Figura 6: Snorkel .....	24
Figura 7: Cilindro .....	25
Figura 8: Colete Equilibrador .....	26
Figura 9: Roupa de Neoprene.....	27
Figura 10: Cinto de Lastro.....	28
Figura 11: Nadadeira .....	29
Figura 12: Torneira.....	29
Figura 13: Regulador 1º e 2º estágios.....	30
Figura 14: Computador de Mergulho .....	31
Figura 15: Profundímetro .....	32
Figura 16: Relógio de Mergulho .....	32
Figura 17:Compressor de Ar .....	33

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>HISTÓRIA DO MERGULHO.....</b>	<b>16</b>
3.1	EVOLUÇÃO.....	16
3.2	MERGULHO AUTÔNOMO.....	19
3.3	MERGULHO CONTEMPORÂNEO .....	20
3.4	MERGULHO NO EXÉRCITO BRASILEIRO .....	21
3.5	MERGULHO NA ENGENHARIA .....	22
<b>4</b>	<b>EQUIPAMENTOS DE MERGULHO .....</b>	<b>23</b>
4.1	EQUIPAMENTOS DE MERGULHO AUTÔNOMO .....	23
4.1.1	Máscara .....	23
4.1.2	Snorkel .....	24
4.1.3	Cilindro .....	25
4.1.4	Colete Equilibrador .....	25
4.1.5	Roupa Isotérmica .....	26
4.1.6	Cinto De Lastro .....	27
4.1.7	Nadadeira .....	28
4.1.8	Torneira.....	29
4.1.9	Válvula Reguladora.....	29
4.1.9.1	1º Estágio.....	30
4.1.9.2	2º Estágio.....	30
4.1.10	Manômetro .....	31
4.1.11	Computador .....	31
4.1.12	Profundímetro.....	31
4.1.13	Relógio De Mergulho .....	32
4.1.14	Compressores De Ar-Comprimido.....	33
4.2	ACIDENTES RELATIVOS AO USO DE EQUIPAMENTOS .....	34
4.2.1	Barotrauma Facial .....	34
4.2.2	Hipotermia.....	34
4.2.3	Narcole Por Nitrogênio.....	35
4.2.4	Barotrauma Cutâneo.....	35
4.2.5	Afogamento.....	36

4.2.6	Intoxicação Por Monóxido De Carbono .....	36
4.2.7	Patologias Provocadas Por Subida Súbita.....	37
4.2.7.1	Hiperextensão pulmonar.....	37
4.2.7.2	Doença Descompressiva.....	38
<b>5</b>	<b>MANUTENÇÃO .....</b>	<b>39</b>
5.1	MANUTENÇÃO PREVENTIVA .....	40
5.2	MANUTENÇÃO PREDITIVA .....	41
5.3	MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	42
5.4	CLASSIFICAÇÃO .....	42
5.5	PLANO DE MANUTENÇÃO.....	44
<b>6</b>	<b>MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE MERGULHO .....</b>	<b>47</b>
6.1	CUIDADOS COM A MÁSCARA .....	49
6.2	CUIDADOS COM O SNORKEL.....	50
6.3	CUIDADOS COM O CILINDRO .....	50
6.4	CUIDADOS COM O COLETE EQUILIBRADOR.....	53
6.5	CUIDADOS COM A ROUPA TÉRMICA.....	54
6.6	CUIDADOS COM O CINTO DE LASTRO .....	54
6.7	CUIDADOS COM A NADADEIRA .....	55
6.8	CUIDADOS COM A TORNEIRA .....	56
6.9	CUIDADOS COM VÁLVULA REGULADORA .....	57
6.10	CUIDADOS COM INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO .....	58
6.11	CUIDADOS COM O COMPRESSOR DE AR.....	59
6.12	CUIDADOS GERAIS.....	63
<b>7</b>	<b>ENTREVISTAS .....</b>	<b>64</b>
7.1	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS .....	64
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>72</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>74</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Durante a formação do futuro Oficial da arma de Engenharia, na Academia Militar das Agulhas Negras, uma das mais importantes disciplinas ministradas é o mergulho, pois esta é a que o capacita a executar diversas atividades subaquáticas, tais como o reconhecimento de leitos de rios, reconhecimento das condições de uma ponte com infraestrutura submersa, assim como o resgate e a reflutuação de materiais, perdidos ou avariados, em cursos d'água. Porém, antes de detalhar este assunto, faz-se necessário explicar que esta atividade é executada, em grande parte das vezes, na forma de mergulho autônomo, ou seja, o mergulhador leva consigo sua própria fonte de respiração, contendo ar atmosférico ou outra mistura gasosa, envasado em alta pressão em recipientes próprios, mais comum o uso de cilindros, o que o possibilita permanecer imerso por bastante tempo – tempo esse que é determinado pelo tipo de mistura gasosa contida no cilindro.

Visto que se trata de uma atividade inerente ao engenheiro e que este poderá executar diversas atividades dessa natureza no corpo de tropa, é de extrema importância para o Exército que o futuro oficial da Arma de Engenharia absorva os conhecimentos e expertises oferecidos, e que mais tarde lhe serão exigidos. Seja no ministrar de instruções e adestramento de sua tropa, seja na execução de missões reais, a segurança do militar e de sua tropa, a quantidade de dotação de material necessária, além da correta utilização deste material, bem como a conclusão das operações e missões estará intimamente relacionada ao grau de conhecimento que o militar detém e sua habilidade de transmiti-lo e aplicá-lo.

Tendo em vista o emprego dos militares de Engenharia na execução de atividades de mergulho, é indispensável que o militar mantenha seus conhecimentos sempre atualizados e um contínuo adestramento – para que quando seus serviços sejam requisitados, possa ser empregado de imediato na atividade em que seja necessário. Para que isso ocorra, a disponibilidade de material de engenharia, mais especificamente os materiais utilizados nas atividades de mergulho, é crucial para o adestramento da tropa, da garantia do sucesso das operações, bem como para o pronto emprego dos militares.

A fim de obter mais conhecimento nesta área, é possível que o militar realize o Estágio de Mergulho a Ar e Resgate, estando ainda na Academia Militar das Agulhas Negras ou já incorporado aos corpos de tropa, ministrado no Centro de Instrução de Operações Especiais, localizado em Niterói-RJ, o militar se qualifica a executar mergulhos em maiores profundidades, busca e resgate de pessoal e apoio às instruções que envolvem cursos d'água. Além disso, a atividade de mergulho também é realizada, no âmbito do Exército Brasileiro,

pelos militares que pertencem a tropas especiais, como é o caso dos Força Especiais e os Precursores Paraquedistas, que são aptos a se infiltrar em território inimigo, realizar reconhecimentos e destruições subaquáticas, além de outras atividades – se utilizando do sistema de circuito fechado, em que o ar resultante da respiração é tratado quimicamente e reutilizado pelo mergulhador.

Quanto à aquisição de materiais, o tipo de processo utilizado pelo Exército Brasileiro possui algumas peculiaridades que o atrapalham e o tornam enfadonho, burocrático e demorado, tais como preço, tempo para conclusão do processo e entrega do pedido, assim como a avaliação da qualidade e especificidade dos insumos, assim que chegam às unidades.

Além disso, não bastasse a pouca quantidade de materiais disponíveis para uso na maioria das Organizações Militares, o manuseio desses materiais por vezes é executado sem o devido cuidado, que, quer por falta de experiência quer por falta de capacitação dos militares envolvidos neste serviço, acarreta a diminuição de equipamentos em condições de pronto emprego, para a utilização a serviço dessas unidades.

Por isso, é de extrema importância que estes equipamentos sejam mantidos periodicamente, de preferência preventivamente, para a garantia da disponibilidade de material para utilização dos militares e, conseqüentemente da operacionalidade do Exército. Outrossim, uma vez estando em plenas condições de ser utilizados, estes materiais serão peças-chave na garantia da segurança dos mergulhadores que colocarão suas vidas em risco, no momento em que fizerem uso desses equipamentos.

Assim, cabe salientar os seguintes questionamentos: De que forma a correta manutenção dos equipamentos de mergulho influencia na quantidade de materiais, orgânicos das unidades de engenharia, disponíveis para pronto emprego? Como essa manutenção interfere ou influencia na segurança do mergulhador? Além dessas questões, é necessário enfatizar a necessidade de se conhecer os métodos corretos de execução de manuseio, transporte, alocação e conservação dos materiais de mergulho utilizados no Exército, a fim de proporcionar melhor utilização e a garantia, e seu possível acréscimo, do tempo de vida útil destes materiais.

Alicerçado nessas questões, esta obra busca fundamentos e argumentos relativos ao universo da manutenção para solucioná-las e abrir o caminho a ser seguido por aqueles que se identificarem com essa atividade e tiverem apreço ao equipamento que, por vezes, será o responsável pela continuidade dos trabalhos, das operações e da vida do operador.

À medida que a pesquisa se desenvolver, será possível esclarecer as questões supracitadas e verificar os corretos processos de manutenção, bem como a importância desta prática para o bom andamento das atividades de mergulho e a conclusão de tarefas, bem como

o cumprimento das diversas missões que necessitam de se utilizar deste meio de emprego militar, além da prorrogação de aquisição de novos materiais e a consequente capacitação dos militares para operá-los.

O conteúdo deste trabalho foi organizado de acordo com os seguintes tópicos:

- I. Apresenta um breve histórico da atividade de mergulho, sua evolução e como se encontra atualmente.
- II. Apresenta os equipamentos mais utilizados no mergulho autônomo, atualmente, e os possíveis acidentes decorrentes de possíveis falhas ou panes nestes aparelhos.
- III. Explicita os assuntos relativos à manutenção, de modo geral, assim como suas formas de execução e o planejamento para tal.
- IV. Relaciona a manutenção com a atividade de mergulho, elencando os escalões de manutenção, abordando a ordem de execução de manutenção, bem como os cuidados a serem tomados em relação ao uso e manuseio dos equipamentos – tanto antes quanto após a execução do mergulho.
- V. Aborda as informações e experiências obtidas nas entrevistas e pesquisas, realizadas no fim da elaboração deste trabalho, bem como analisa os dados obtidos.

Por fim, foi realizada uma breve conclusão com considerações finais.

Assim, esta pesquisa foi elaborada de acordo com a metodologia de pesquisa bibliográfica, recorrendo a normas e manuais, assim como legislações vigentes. Para a coleta de dados, foi executada uma pesquisa de campo, a fim de identificar as condições de uso e armazenamento dos equipamentos, além de ter sido realizadas pesquisas com militares que possuem experiências diversas nesta área, bem como desempenharam funções-chave e executaram missões reais, relacionadas a área de mergulho.

Esta pesquisa justifica-se pela necessidade da determinação de causa e efeito relacionada à manutenção dos equipamentos e a operacionalidade do Exército Brasileiro – representado por suas unidades e tropas. Por isso, há a necessidade, também, de comprovar a hipótese na qual se baseia este trabalho, seja ela: A correta execução da manutenção dos equipamentos de mergulho promove a operacionalidade da tropa, a quantidade mínima de dotação de uma tropa e principalmente a segurança para a vida do mergulhador.

Dessa maneira, baseado em conhecimentos acadêmicos e empíricos, será apresentada uma conclusão que, com os argumentos e informações apresentados neste trabalho, objetiva contribuir para a doutrina da Engenharia do Exército Brasileiro, no que diz respeito à manutenção específica dos materiais de mergulho, bem como a mentalidade de conservação dos materiais caros à estas atividades, inerentes ao engenheiro.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A pesquisa foi construída visando apresentar e constatar, em conformidade com a literatura vigente, a resposta para o seguinte problema de pesquisa: A influência da manutenção dos equipamentos de mergulho no bom funcionamento das atividades de mergulho executadas pelos militares do Exército Brasileiro.

Tomando por base o princípio de que os recursos obtidos são escassos e a vida orgânica de uma OM de engenharia gera altos custos, conservando-se os materiais, tanto não serão necessárias novas aquisições antes do prazo previsto, quanto este prazo pode ser prorrogado – se executada uma correta manutenção.

Considerando que esta situação está presente nas unidades de Engenharia por todo o Brasil, esta pesquisa se destina a responder aos seguintes questionamentos: Qual a importância da correta execução da manutenção dos equipamentos de mergulho? Existe relação entre a manutenção e a segurança do mergulhador? A manutenção exerce alguma forma de influência sobre a vida útil dos equipamentos e a operacionalidade da tropa?

Tendo em vista a pouca literatura voltada a este assunto em específico, além da pequena quantidade de pesquisas elaboradas, até este momento, nesta área do conhecimento, este trabalho será dedicado a solucionar estas questões, além de fomentar a mentalidade de manutenção e aumentar a atenção dedicada esta área da Engenharia.

Quanto ao nível de profundidade, será realizada uma pesquisa descritiva – com vistas a obter, analisar e correlacionar os materiais, as informações e as experiências que se relacionem à manutenção, operacionalidade e segurança, e baseiem uma possível atualização e incrementação da doutrina de engenharia vigente. Serão alvos desta pesquisa a rotina e frequência de manutenção executadas, como ocorrem e sua relação as demais variáveis decorrentes desta prática.

Este trabalho será elaborado com a execução de uma pesquisa de campo e realização de entrevistas e preenchimento de formulários, o que constitui uma pesquisa quantitativa, com o objetivo de compreender a interação e relação existente entre as variáveis supracitadas, tendo como objeto de estudo as ações tomadas por um grupo em específico, os mergulhadores, utilizando-se da contribuição de outrem, no que diz respeito à percepção destes participantes sobre as peculiaridades da atividade.



Para o procedimento de coleta de informações, será executada uma pesquisa bibliográfica, analisando fontes secundárias que versam sobre este assunto, como a leitura de normas de regulamentação e manuais de campanha do Exército Brasileiro e de outras Forças Armadas, além de Forças Auxiliares e Forças Armadas Estrangeiras, para a obtenção de informações oficiais, informações estas colocadas em prática em diversos ambientes e corporações, as quais servem de base para a execução de cursos de capacitação e recapacitação de mergulhadores.

Ademais, com o objetivo de colher experiências e perspectivas, será executado um formulário que servirá de base para uma entrevista com outros militares que já exerceram função de chefe de seção de mergulho, participaram de missões reais – no que tange ao uso do equipamento de mergulho do âmbito da Engenharia – e outros que tiveram muita intimidade com essa atividade.

Contudo, para que seja possível abordar aspectos referentes ao tema proposto anteriormente, faz-se necessário, primeiro, a ambientação do leitor quanto ao desenvolvimento do mergulho durante a história da humanidade, quais são as atividades de mergulho executadas no Exército Brasileiro, quais os equipamentos utilizados e quais os principais tipos e formas de acidentes a que estão suscetíveis aos mergulhadores.

A seguir, serão abordados temas relativos à prática do mergulho, sua história, atividades, equipamentos e seus cuidados necessários, além de informações atreladas à manutenção, suas formas de execução, seus escalões e etapas de execução, com a finalidade de proporcionar os conhecimentos necessários a auxiliar no cumprimento da missão de fomentar argumentos que possam elucidar a teoria em que se embasa esta pesquisa e comprovar a hipótese já apresentada.

Os assuntos serão abordados em capítulos, descrevendo tema a tema, em sequência, de forma que estejam relacionados entre si, tratando cada um de uma parte do tema geral, aprofundando gradativamente nestas áreas do conhecimento, atingindo o objetivo de, ao final, obter êxito na comprovação da relação existente entre a manutenção e o mergulho.

### 3 HISTÓRIA DO MERGULHO

A curiosidade sempre foi um elemento latente na personalidade do ser humano, sendo por vezes a força de locomoção e evolução desta espécie, fazendo com que em diversos momentos executasse atividades inicialmente não naturais, mas que com o passar do tempo se tornaram comuns. Herança genética ou não, o homem sempre teve o desejo de ir além, de conquistar o inalcançável, o ímpeto de se dispor a desbravar ambientes ainda não habitados, chegar a lugares ainda não explorados, dominar os ambientes por onde passa e realizar tarefas visualizadas na natureza sendo executadas por outros animais.

#### 3.1 EVOLUÇÃO

Vendo seu reflexo no espelho que a superfície das águas formava e os animais que habitavam aquele outro ambiente, submerso, profundo, inexplorado, o desejo de ir além do mundo cotidiano da superfície foi surgindo e o homem, pouco a pouco, começava a se aventurar na profundidade das águas. Não há como afirmar com exatidão quando o homem começou a praticar o mergulho, porém com alguns registros históricos pode-se estimar a época em que algumas atividades ocorreram. Segundo o MANUAL DE OPERAÇÕES DE MERGULHO, de 2006, p.21, foram encontradas, em escavações realizadas, ornamentos de madrepérolas datadas de 4500 a 1500 a. C., assim como, joias e incrustações de pérolas provenientes de épocas similares.

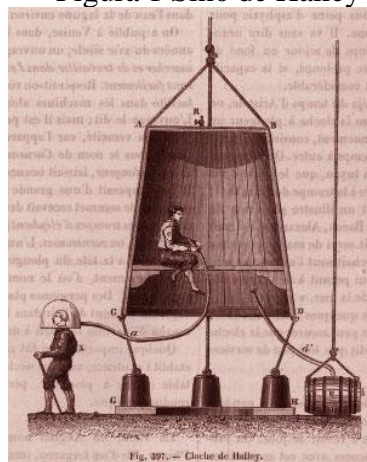
O mergulho livre foi se desenvolvendo como prática satisfatória para o homem, sendo utilizado para a pesca submarina, procura de objetos e ou pedras que fossem apreciáveis, até que se iniciou a busca por permanecer mais tempo submerso, pois, inicialmente desprovido de aparatos, submergia utilizando-se apenas de sua capacidade respiratória para permanecer submerso. A crescente utilização dessa técnica em atividades profissionais, quer para a pesca e o comércio quer para a guerra, fez com que surgisse a intenção, e conseqüente necessidade de criar aparatos destinados a aumentar a autonomia humana quando em ambiente submerso.

Com o passar do tempo, a tecnologia acompanhou a evolução humana e, com esforços de muitos intelectuais, surgiu, na Grécia, o primeiro dispositivo destinado a aumentar o tempo do mergulho. Visando trazer mais conforto à prática desta atividade, era provido de uma cavidade cheia de ar atmosférico, onde era possível entrar com até metade do corpo. Este aparato antigo, seria o ancestral de outro, conhecido pelas próximas gerações como sino de mergulho. Há relatos do filósofo Aristóteles sobre a utilização deste

Naquela época, se utilizava na Grécia, um aparato para submergir e permanecer debaixo d'água, que denominavam de “Lebeta”, que era um primitivo sino de mergulho. Aristóteles havia mencionado em seus escritos sobre a “Lebeta”, da seguinte forma: “Trata-se de uma espécie de sino cheio de ar, colocado em posição invertida, de forma cônica, em cujo interior, uma vez submergida, coloca-se a cabeça e a parte superior do corpo do mergulhador.” (MANUAL DE OPERAÇÕES DE MERGULHO,2006, p.23).

Após anos de evolução, os pesados sinos de mergulho que já haviam sido desenvolvidos, foram aprimorados pelo astrônomo Edmund Halley, em 1690, que desenvolveu seu projeto de sino (Figura 11) equipado com câmaras, como tambores, situadas abaixo da estrutura, a fim de que os mergulhadores pudessem recuperar o fôlego e guardar objetos encontrados no fundo do mar – o que tornou possível ao seu criador permanecer até 4 horas submerso. Devido à falta de liberdade e à mobilidade restrita oferecida pelo sino, continuaram os esforços para melhorar este dispositivo. Foi então que em 1715 John Lethbridge desenvolveu uma espécie de traje de mergulho (Figura 2), composto por um tonel de madeira revestido de couro e furos na estrutura, envolvidos com couro, por onde passavam os braços e um visor de vidro, destinado à visão do mergulhador no fundo das águas (U.S. Navy Diving Manual, SS521-AG-PRO-010, 2016).

Figura 1 Sino de Halley



Fonte:<https://cabinedotempo.com.br/historia-2/cabine-de-curiosidades/cabine-de-curiosidades-42-curiosidades-historicas-dos-anos-de-1717-ate-1733/>

Figura 2: Traje de mergulho de Lethbridge



Fonte:<https://www.tricurioso.com/2018/12/13/conheca-a-curiosa-historia-da-primeira-maquina-de-mergulho/>

Anos depois, a constante iniciativa de aprimoramento dos equipamentos de mergulho acarretou a crescente evolução dos trajes próprios para mergulho, com o objetivo de unir a mobilidade, liberdade e autonomia, de modo que ficasse cada vez mais ergonômico. Após diversas tentativas decorrentes da rivalidade entre franceses, ingleses e alemães, em 1819 August Siebe, um engenheiro alemão chegou a um resultado bastante satisfatório e inovador para a época – o escafandro (Figura 3 e 4).

Tal equipamento dispunha de uma vigia dianteira e sua parte inferior se apoiava sobre os ombros do mergulhador; o ar era bombeado da superfície e recebido através de uma válvula anti-retrocesso, inventada por ele, enquanto o ar expelido era liberado de forma natural, pela parte inferior. Com isso dotava o mergulhador de um aceitável equilíbrio de pressão e uma respiração bastante cômoda. Este equipamento tinha o inconveniente de obrigar o mergulhador a manter-se em posição ereta, pois qualquer inclinação do casco não permitia a saída do ar que correspondia à entrada de água em seu interior, limitando a liberdade de movimentos (MANUAL DE OPERAÇÕES DE MERGULHO,2006, p. 30)

Figura 3:Escafandro 1819



Fonte: <https://www.brasilmergulho.com/o-nascimento-do-mergulho-autonomo/>

Siebe, motivado pelo sucesso de seu antigo trabalho, continuou desenvolvendo sua pesquisa, e com o passar do tempo, aprimorando seu protótipo inicial. Ao longo dos anos foi desenvolvendo seu projeto e em 1837 chegou à conclusão de seu primeiro traje de mergulho, batizado por ele assim, sendo a junção de traje e casco (Figura 5), o qual era constituído de 1 visor frontal e 2 laterais, proporcionando maior visibilidade ao operador, bem como um sistema de alimentação de ar e de ajuste, projetados pelo próprio engenheiro. Sua realização foi um marco histórico para a atividade de mergulho, além de ser um sucesso tremendo, motivo pelo qual foi empregado por diversas marinhas militares ao redor do globo. O escafandro tornou-se

o símbolo da exploração subaquática, e por ter sofrido poucas alterações até hoje, pode ainda ser encontrado em uso (MANUAL DE OPERAÇÕES DE MERGULHO,2006, p.32).

Figura 4: Escafandro 1837



Fonte: [http://www.techdiving.com.br/biblioteca/artigos/hist\\_temposescaf.htm](http://www.techdiving.com.br/biblioteca/artigos/hist_temposescaf.htm)

### 3.2 MERGULHO AUTÔNOMO

Ao longo do tempo, os trabalhos que objetivavam evoluir a atividade de mergulho tiveram o foco voltado, novamente, para a autonomia do mergulhador, uma vez que o traje desenvolvido por Siebe dependia de uma mangueira ligada a superfície, um compressor e uma válvula para que o operador do traje pudesse se manter submerso. A fim de aprimorar os sistemas já existentes, a execução do mergulho, os trabalhos dele advindos, assim como aumentar a mobilidade do operador, Benoist Rouquayrol desenvolveu, em 1866, um aparato cuja finalidade era prover ao mergulhador uma fonte móvel de suprimento de ar atmosférico, não necessitando de ligação à superfície tampouco de compressor durante o mergulho.

Assim surgiu o sistema de circuito aberto, o Aparelho de Respiração Subaquático Autônomo, que provinha ao mergulhador o seu suprimento de ar por meio de ar comprimido armazenado em recipientes como garrafas, carregados pelo mergulhador junto ao regulador que distribuía o ar em pressão compatível com a suportada pelo aparelho respiratório do ser humano. Porém, como os compressores à época eram limitados e os recipientes não aguentavam a pressão necessária, este sistema se desenvolveu com o tempo, até chegar no modelo disponível hoje (U.S. Navy Diving Manual, SS521-AG-PRO-010, 2016).

Advindo da evolução deste sistema, surgiram os sistemas de circuito aberto, circuito semiaberto e circuito fechado. Porém esta pesquisa se aterá a analisar somente os equipamentos utilizados no sistema de circuito aberto. O sistema de circuito aberto, Aparelho de Respiração Subaquático Autônomo, se aprimorou muito ao longo do tempo, porém, a mais importante mudança ficou a cargo de um marinheiro francês apelidado de Le Prieur, atualizando-se de um regulador destinado a tornar o ar, armazenado a alta pressão, respirável.

O regulador era acoplado sobre a garrafa e tinha duas câmaras: uma de pressão ambiente pela qual penetrava a água e outra de baixa pressão; entre ambas as câmaras eram ajustada uma membrana que fazia o papel de equilibrador de pressão, da qual saía o tubo de suprimento de ar. O aparelho tinha um manômetro que facilitava ao mergulhador um suprimento de ar adicional, quando o regulador não enviava o suficiente. Para solucionar a falta de um visor, pela primeira vez se utilizou um sistema de visão submarina por meio de uma grande máscara facial, por cuja borda inferior era expelido o ar expirado (MANUAL DE OPERAÇÕES DE MERGULHO, 2006, p. 39).

Posteriormente, procurando melhorar o aparelho antes desenvolvido, o marinheiro Jacques-Yves Cousteau e o engenheiro Emile Gagnan, dois franceses, otimizaram, ainda mais, o funcionamento do sistema, ao aprimorar a parte final deste, introduzindo melhorias no regulador, sistema este que ficaria conhecido como Aqua-Lung, uma junção de anos de progresso, sendo hoje o sistema mais conhecido no mundo todo. (U.S. Navy Diving Manual, SS521-AG-PRO-010, 2016, p. 1-10).

### 3.3 MERGULHO CONTEMPORÂNEO

O mergulho foi por muito tempo utilizado apenas na atividade militar, nas muitas guerras que houveram desde as batalhas entre Atenas e Sparta, e trabalhista, como a voltada para o comércio de objetos e joias, assim como nas escavações, manutenções subaquáticas. Entretanto, parte da sociedade que usufruía da atividade do mergulho era restrita, sendo poucos os que tinham acesso a ela. Foi então que, com o passar do tempo esta atividade foi sendo difundida, a fim de que mais pessoas pudessem ter acesso ao mergulho e ter a experiência ímpar de contemplar o imenso universo existente abaixo das muitas águas. SEGUNDO O MANUAL DE OPERAÇÕES DE MERGULHO, 2006, p.33, só em 1916, com a publicação do filme 20.000 léguas submarinas, é que o grande público passou a ter mais contato com este novo mundo, o submarino, pois foi o primeiro a difundir amplamente esta atividade. Ainda assim, a grande massa da população mundial se familiarizou com o fundo do mar somente em 1954, produzido pelos estúdios Disney – o qual mostrando cenas submarinas nunca antes vistas.

No Brasil, o mergulho já era realizado pelos índios nas primeiras eras da história tupiniquim, prática desenvolvida por anos a fio, sendo uma herança cultural, a ponto de serem descritos por diversos autores como mergulhadores exemplares. Entretanto, em se tratando de mergulho militar, este foi plenamente desenvolvido e exercido pela Marinha do Brasil, instruindo e adestrando seus militares, sobretudo no que tange à desativação de artefatos explosivos. O nível de capacitação e aperfeiçoamento destes militares cresceu à medida que foram sendo requisitados e empregados nas mais diversas atividades subaquáticas, os tornaram referência técnica nacional neste assunto (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p.24).

Após muito progresso e depois de diversas adequações e melhorias, o mergulho desenvolveu-se como atividade turística, sendo empregado em diversas áreas, desde a exploração do fundo do mar, assim como para a visita à naufrágios de embarcações militares de diversas guerras e embarcações de transporte civil, além de ser utilizado também em explorações de cavernas, subterrâneas e lagos.

### 3.4 MERGULHO NO EXÉRCITO BRASILEIRO

Conforme explícito no manual CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 1-5, os mergulhadores do Exército utilizam as modalidades de Mergulho Autônomo e/ou Mergulho Dependente, de acordo com o seu grau de especialização e as necessidades impostas pelas missões. O mergulho dependente é a modalidade de mergulho na qual não é necessário que o mergulhador carregue consigo seu suprimento de ar, sendo este disponibilizado desde a superfície, por meio de mangueiras. Conforme o CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 1-3, temos: 1.3.13 Mergulho Dependente é a modalidade em que o suprimento de mistura respiratória é fornecido diretamente da superfície por meio de mangueiras, tendo como fonte o uso de compressores ou cilindros de armazenamento de alta pressão instalados na superfície.

Cabe ressaltar que, quanto ao mergulho autônomo, este pode dividir-se, quanto ao tipo de equipamentos utilizados, em circuito aberto, circuito fechado e circuito semifechado. No circuito fechado, todo gás resultante da respiração do mergulhador é absorvido pelo aparelho e reciclado, não havendo qualquer descarte de gases no meio. Contudo, no circuito semifechado, parte dos gases são expelidos para o meio aquático. Assim, esses dois modelos de equipamentos são caracterizados pela pouca profundidade até onde podem chegar, tendo em vista prorrogar o

tempo submerso, devido às possíveis doenças gasosas decorrentes do mergulho, a furtividade, o sigilo e a discrição. Os equipamentos de mergulho de circuito aberto, entretanto, são caracterizados por expelir no meio aquático todo o gás resultante da respiração do mergulhador, o que promove bastante bolhas e ruídos que denunciam a posição, além de proporcionar o alcance de maiores profundidades, e a possível permanência nestas, e a execução de outros tipos de missão, como busca e salvamento, por exemplo (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIRO, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p. 183 e 184).

Na atualidade, o mergulho no Exército também é executado por tropas especiais, como os Comandos, os Forças Especiais e os Precursores Paraquedistas, que se utilizam de equipamentos de mergulho autônomo, circuito aberto e fechado, no que diz respeito do uso desta técnica para fins de infiltração, incursões e reconhecimentos em terreno inimigo. Além disso, também é utilizado pelos militares que concluem o Estágio de Mergulho a Ar e Resgate, para a execução de busca e resgate de material e pessoal, assim como o planejamento de mergulhos, fazendo uso dos equipamentos de mergulho autônomo e livre.

### 3.5 MERGULHO NA ENGENHARIA

Dentro das atividades de engenharia, o mergulho consta como uma das principais, devido ao grau de capacitação exigido do executor, ao grau de risco oferecido e à importância desta atividade para o sucesso das missões delegadas a esta Arma. Dentre os trabalhos executados pelos mergulhadores de Engenharia, destacam-se os apoios à transposição de curso d'água, o reconhecimento do leito de curso d'água, de infraestrutura e do estado de conservação de pontes, instalação e neutralização de cargas explosivas e o resgate de materiais submersos ou naufragados (MANUAL C 5-34, VADE-MÉCUM DE ENGENHARIA, 1996, p.14-8).

Em se tratando da divisão estratégica das tropas, a menor fração de engenharia é denominada Grupo de Engenharia, sendo este o elemento básico de engenharia, o qual, com a junção de três grupos resulta em um Pelotão de Engenharia de Combate. Esta fração é destinada a cumprir missões em proveito dos escalões superiores, executando trabalhos diversos característicos da Arma de Engenharia. Há, porém, um pelotão designado a apoiar os demais, para que estes possam cumprir suas missões em sua maior eficiência. No que tange à atividade de mergulho, é missão deste Pelotão, o Pelotão de Apoio de Engenharia, de acordo com o Manual de Campanha O APOIO DE ENGENHARIA NO ESCALÃO BRIGADA, 2000, p. 5-6, que deve reforçar os demais Pelotões de Engenharia de Combate com materiais de mergulho autônomo, além de executar trabalhos subaquáticos e destruições subaquáticas.



## **4 EQUIPAMENTOS DE MERGULHO**

Conforme abordado no tópico anterior, a evolução da atividade de mergulho trouxe consigo o desenvolvimento de diversos equipamentos, fazendo com que, pouco a pouco, diversos materiais entrassem em desuso, vindo a ser substituídos por outros mais tecnológicos e eficazes. Essa transição revolucionou a prática de mergulho, proporcionando mais conforto aos mergulhadores e cada vez mais eficiência aos trabalhos executados por eles.

Fato é que, à medida que se desenvolveram os equipamentos de mergulho, as técnicas em que estes eram utilizados se diversificaram, fazendo com que seus usos e aplicações se ampliassem e começassem a ser aplicados nos mais diversos áreas. Atualmente, existem alguns sistemas de mergulho, o que permite que estes sejam classificados em tipos ou classes de mergulho, como o de circuito aberto, circuito fechado e o de mergulho dependente.

Entretanto, tendo em vista o objetivo, o universo em que está inserido e o público a que se destina, esta pesquisa procurará se ater àqueles equipamentos utilizados no sistema de mergulho autônomo, circuito aberto, tendo em vista que, com a utilização de equipamentos, este é o tipo de mergulho mais utilizado, seja em práticas recreativas seja em práticas profissionais – sobretudo no Exército Brasileiro.

### **4.1 EQUIPAMENTOS DE MERGULHO AUTÔNOMO**

A seguir, serão apresentados os equipamentos de mergulho utilizados no sistema de mergulho autônomo, circuito aberto, priorizando aqueles que são encontrados mais comumente ou em maior quantidade nas unidades de Engenharia que executam esta atividade. Além disso, serão abordados também algumas patologias decorrentes de algumas panes, mau funcionamento dos equipamentos ou mau uso por parte dos mergulhadores.

#### **4.1.1 Máscara**

A máscara de mergulho é responsável por manter os olhos do mergulhador longe do contato com a água, mantendo uma pequena quantidade de ar entre eles, promovendo conforto ao mergulhador e plena visibilidade quando se encontra imerso. A boa fixação e aderência da máscara (Figura6) ao rosto garante facilidade na manobra de compensação entre a pressão interna e externa ao corpo (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIRO, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p. 178).

Figura 5: Máscara



Fonte: <https://letsdive.com.br/mascara-de-mergulho/>

#### 4.1.2 Snorkel

O snorkel ou respirador permite ao mergulhador inalar ar atmosférico quando este ainda se encontra na superfície da água, podendo se deslocar, horizontalmente, visualizando o interior das águas, sem que seja preciso levantar a cabeça. Este tubo de polímero possui em sua extremidade uma parte mais maleável, em formato ergonômico, que é mordida suavemente, somente para a fixação na boca, de modo a proporcionar maior conforto e estabilidade na mordida. É recomendável que seja feita a escolha de modelos mais simples, para que, os muitos dispositivos e aparatos não sejam pontos de possível entrada de água. Além disso, não é recomendado mergulhar utilizando este equipamento em ambientes onde haja escombros ou enroscos, de modo que este não agarre e venha a ser danificado, perdido ou cause danos ao mergulhador (MANUAL OPERAÇÕES DE MERGULHO, 2006, p.109)

Figura 6: Snorkel



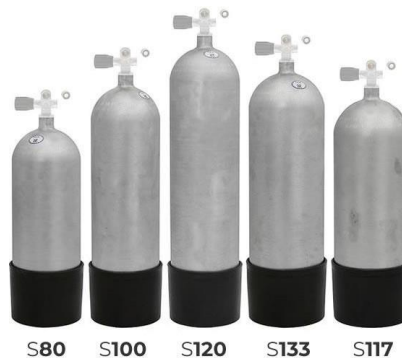
Fonte: <http://mascaraesnorkel.blogspot.com/2013/11/mascara-e-snorkel-escolhendo-um-bom.html>

### 4.1.3 Cilindro

O cilindro é utilizado para o armazenamento de ar atmosférico ou outras misturas gasosas, que serão transportadas pelo mergulhador, o qual fará uso destas para se manter submerso. Quando confeccionado em liga metálica de aço-carbono ou aço-liga, este equipamento recebe uma proteção anticorrosiva, o que propicia, cada vez mais, a utilização do alumínio para esta produção.

O cilindro deve passar por tratamento térmico, a fim de torna-los capazes de suportar as constantes diferenças de pressão entre o meio interno e externo. Feito isso, são submetidos a testes hidrostáticos, no período de 5 em 5 anos, a fim de averiguar a sua eficácia e atestar a validade deste em suportar a pressão exercida em suas paredes internas. Neste teste, são aplicadas pressões de 150% da pressão de trabalho, sendo de 10% as deformações aceitáveis. Após serem realizados os testes, e o cilindro ter sido aprovado, é gravada, no topo, próximo ao gargalo, uma marcação com diversas informações como: pressão de trabalho, o órgão de inspeção e as datas de fabricação e do teste hidrostático (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIRO, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p. 185).

Figura 7: Cilindro



Fonte: <https://oceanhub.com.br/2020/05/30/como-escolher-o-melhor-cilindro-para-os-seus-mergulhos/>

### 4.1.4 Colete Equilibrador

O Colete Equilibrador é um equipamento de segurança que visa manter a correta flutuabilidade do mergulhador, quando se encontra submerso. O colete é constituído de bolsas e espaços que são cheios de ar, à medida que o mergulhador aperta o botão de inflar, por meio de uma mangueira ligada ao primeiro estágio, junto à traqueia, ou que o enche com a força do seu próprio pulmão (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIRO, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p. 198).

Figura 8: Colete Equilibrador



Fonte: <https://letsdive.com.br/como-escolher-regulador-mergulho/>

#### 4.1.5 Roupas Isotérmica

Este equipamento é destinado a se comportar como um isolante térmico entre o mergulhador e o meio aquático, diminuindo a perda de temperatura do corpo para a água – que é um excelente condutor térmico – mantendo a temperatura corporal mais estável, retardando um possível quadro de hipotermia. Além disso, a roupa também oferece proteção física ao corpo, contra o contato com algum ser vivo subaquático, abrasão e arranhões.

As roupas de mergulho são classificadas, de acordo com suas características, em três tipos: Úmida, Semi Seca e Seca. A roupa úmida é a mais utilizada, sendo destinada ao uso em águas com temperaturas acima de 17°C, podendo ser confeccionada em Neoprene com espessuras variando de 2 a 12 mm. Nestas roupas, uma fina camada de água entra, fica em contato com o corpo do mergulhador e entra em equilíbrio térmico, o que a deixa em temperatura agradável para executar as atividades (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIRO, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p. 205).

A roupa semisseca é destinada a temperaturas entre 14° e 23°C, por ser confeccionada em peça única de Neoprene de 6 a 7mm, possuir um zíper que, se fechado, não permite a entrada de água. No momento em que o mergulhador entra na água, esta consegue passar pela roupa, mas a circulação entre o meio interno e externo é mínima. Além disso, o contato direto entre o Neoprene e a pele do mergulhador, nas extremidades de seu corpo, proporciona uma vedação bem melhor, implicando a este que, no início do mergulho, deixe a água entrar pelo zíper aberto, para que não seja lesionado (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIRO, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p. 207).

A roupa seca, por outro lado é mais utilizada em ambientes onde a temperatura é muito baixa, abaixo de 10°C ou não é aceitável que o mergulhador tenha contato com a água por estar contaminada. Por necessitar de treinamento específico, esta roupa só é utilizada por mergulhadores experientes e com elevado grau de especialização. Além da roupa, existem os acessórios que visam proteger as partes do corpo que esta não cobre, como mãos, pés e cabeça. Geralmente são fabricados com o mesmo material das roupas de mergulho, com acréscimo de alguns detalhes que fortificação o material, sobretudo na região das plantas dos pés (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIRO, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p. 208).

Figura 9: Roupa de Neoprene



Fonte: <https://aguarara.com.br/produtos/macacao-mergulho/>

#### 4.1.6 Cinto De Lastro

Destinado a auxiliar no controle da força resultante entre o empuxo exercido pela água sob o corpo do mergulhador e a gravidade, este equipamento é composto por um cinto, com fivela de engate e desengate ágil, fixado à cintura do mergulhador sem restringir a respiração e os movimentos das pernas. Neste cinto é preso, uma quantidade de pesos, denominados lastros, os quais são distribuídos uniformemente, de modo a não acumular peso em um lado do corpo do mergulhador e vir a prejudicar seus movimentos. A quantidade de lastros é calculada conforme o peso de cada mergulhador, geralmente 10% de seu peso corporal, levando em consideração também o trabalho a ser executado e o ambiente em que será executado o mergulho – haja vista que os tipos de água possuem densidade diferentes.

Além disso, o cinto de lastros também serve de equipamento de segurança, pois, uma vez liberado, o mergulhador perderá o peso extra que carrega e aumentará seu empuxo, fazendo com que suba à superfície imediatamente. O uso deste equipamento é realizado em conjunto com o colete equilibrador, garantindo ao executante o controle de sua flutuabilidade – por meio do gerenciamento da sua massa e controle da respiração (MANUAL DE OPERAÇÕES DE MERGULHO, 2006, p. 106).

Figura 10: Cinto de Lastro



Fonte: <https://locatudobrasil.com.br/produto/cinto-de-lastro-com-10-kg/>

#### 4.1.7 Nadadeira

A nadadeira é a principal responsável pelo movimento de deslocamento do mergulhador, quando este se encontra na superfície ou submerso. Com o auxílio da nadadeira, o mergulhador consegue poupar energia para se locomover, visto que, a grande extensão do equipamento o ajuda a executar menos movimentos para vencer a inércia, além de proporcionar muito mais propulsão ao movimento executado. Assim, com o mínimo de energia gasta o máximo de rendimento é alcançado.

Caso o mergulhador vá executar algum trabalho rápido, que não requeira grandes deslocamentos, o ideal é utilizar nadadeiras curtas e de palmas largas. Entretanto, caso o desejado seja um deslocamento longo e queira executar o percurso com mais velocidade, o ideal é utilizar nadadeiras longas com palmas estreitas (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIRO, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p. 180).

Figura 11: Nadadeira



Fonte: <https://www.brasilskindiver.com.br/artigos/84-como-escolher-corretamente-sua-nadadeira>

#### 4.1.8 Torneira

Destina-se a manter o ar comprimido ou a mistura gasosa armazenada no interior do cilindro e liberá-la à medida que é acionada. Este aparelho permite a passagem do conteúdo do cilindro, controlando o fluxo de ar que entra, durante a recarga do cilindro, e que sai, direcionando o ar para a válvula reguladora, para o uso do mergulhador. Há duas torneiras padronizadas para o uso em cilindros de mergulho, a Yoke e a Deustche Industrie Norm, mas conhecida como DIN, sendo possível ao mergulhador utilizar a que preferir. Contudo, devido a seu sistema de construção, a torneira DIN é a mais recomendada por oferecer maior segurança.

Figura 12: Torneira



Fonte: <https://letsdive.com.br/como-escolher-regulador-mergulho/>

#### 4.1.9 Válvula Reguladora

Esta válvula tem a função de diminuir a pressão em que o ar sai do cilindro e torná-lo respirável de acordo com a pressão em que se encontra e conduzi-lo até o mergulhador por meio

de uma mangueira. O regulador pode ser de mangueira única ou dupla, porém este último tem sido abandonado ao longo do tempo, sendo difícil encontra-lo à venda. O regulador de mangueira única é constituído de duas peças interligadas por uma mangueira, o 1º e o 2º estágios (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p. 190).

#### 4.1.9.1 1º Estágio

Este equipamento é acoplado à torneira do cilindro e é responsável por diminuir a alta pressão, vinda do cilindro, para uma pressão de 10 ATM. É fabricado com o uso de três sistemas de sistemas de funcionamento, o de diafragma, o pistão simples e o pistão balanceado.

#### 4.1.9.2 2º Estágio

É este dispositivo que fica em contato direto com a boca do mergulhador, recebendo suprimentos, gasosos da mangueira vinda do primeiro estágio, e repassando para o mergulhador, abaixando a pressão de 10 ATM até uma pressão respirável – de acordo com a profundidade em que ele se encontra. Este equipamento é disponibilizado em pares, para que um seja o regulador 2º estágio principal e outro seja um reserva. Quando o mergulhador puxa o ar, há a criação de diferença de pressão entre o interior da boca e o meio externo, a pressão da água ativa um mecanismo interno, abre a alavanca e libera a passagem de ar.

O processo inverso é análogo. Porém, se o segundo estágio for solto na água, como este não estará sendo utilizado, a água ocupará seu interior, sendo facilmente expulsa quando pressionado o botão central, purga, do segundo estágio ou soprar ar em seu interior (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p. 192)

Figura 13: Regulador 1º e 2º estágios





#### 4.1.10 Manômetro

Aparelho medidor responsável por registrar a pressão de ar comprimido ou mistura gasosa. O manômetro deve apresentar boa visibilidade e a mangueira deve estar em condições de ser utilizados. Há dois tipos de sistemas de funcionamento, mas o mais utilizado é o Submersível, que é conectado a uma saída de pressão junto ao primeiro estágio, possibilitando a leitura a qualquer instante da pressão constante no cilindro (MANUAL DE OPERAÇÕES DE MERGULHO, 2006, p.112)

#### 4.1.11 Computador

São utilizados como itens adicionais, complementares à atividade de mergulho, uma vez que são capazes de gerar dados ao mergulhador. Embora proporcione maior conforto e praticidade, não deve ser utilizado para planejar e executar um mergulho – tendo em vista que cada fabricante faz uso de tabelas e algoritmos diferentes. Ainda assim, os computadores fazem um arredondamento matemático no momento em que estão calculando o mergulho e isso interfere diretamente no tempo de fundo e nas paradas que o mergulhador necessita fazer para que não apresente nenhum quadro de doença descompressiva (MANUAL DE OPERAÇÕES DE MERGULHO, 2006, p.114).

Figura 14: Computador de Mergulho



Fonte: <https://suportebasicodevida.com.br/computadores-de-mergulho/>

#### 4.1.12 Profundímetro

Este equipamento é constituído de um visor que mostra, em escala graduada em pés ou metros, que visa marcar qual a profundidade do mergulhador, enquanto este estiver mergulhando. Geralmente, o profundímetro é anexado ao mesmo console em que é acoplado o manômetro, ou seja, o mergulhador consegue acessar as duas informações no mesmo

equipamento, dando praticidade e conforto ao mergulho. Além disso, o profundímetro também possui a característica de ser um equipamento de segurança, pois com ele é possível delimitar a região exata de altura onde deve ser feita a operação. (MANUAL DE OPERAÇÕES DE MERGULHO, 2006, p.112)

Figura 15: Profundímetro



Fonte: <https://www.nauticexpo.com/pt/prod/aquatec/product-45276-527781.html>

#### 4.1.13 Relógio De Mergulho

Este relógio possui, além da função de registrar o tempo em que o mergulhador permanece no fundo, o tempo das paradas de descompressão necessárias para que os gases pressurizados se dissolvam novamente na corrente sanguínea. Diferentemente de quaisquer outros, muitos destes relógios, graças a um minicomputador acoplado, possuem a capacidade de registrar o início e término do mergulho e as profundidades máxima e atual. Para suportar os usos extremos que o mergulho requer, o relógio deve suportar ser submergido até 100 metros, para isso, deve ser construído em caixa metálica (MANUAL OPERAÇÕES DE MERGULHO, 2006, p.111).

Figura 16: Relógio de Mergulho



Fonte: <https://www.unibanco.pt/blog/tecnologia/os-melhores-relogios-de-mergulho/>

#### 4.1.14 Compressores De Ar-Comprimido

Dos equipamentos já citados, este é, talvez, o mais importante, pois sem ele o mergulho autônomo não seria possível, já que não haveria possibilidade de um mergulhador ser imerso em meio aquático sem que houvesse a garantia de seu suprimento de ar. Ademais, o compressor de ar-comprimido, para emprego em atividade de mergulho, é um material de engenharia, cujas características o diferem de outros compressores, dado as peculiaridades que possui.

Este equipamento transforma a energia, derivada da queima de combustíveis ou da rede elétrica, em trabalho, tendo a capacidade de captar o ar atmosférico e filtrá-lo, retirando as impurezas, partículas sólidas e humidade do ar, para proporcionar uma maior qualidade ao ar disponibilizado ao mergulhador, para que assim, somente após esse processo, o ar seja pressurizado e injetado no cilindro – estando disponível ao mergulhador.

Os compressores que se utilizam de combustão interna para gerar trabalho, gradativamente caíram em desuso. Isto é altamente recomendado, haja vista que, mesmo havendo um sistema de filtragem, o ar captado é impregnado com componentes químicos, resultantes da queima dos combustíveis. O ar contaminado, dependendo da concentração, pode gerar intoxicação, levando, no pior dos casos, ao óbito do mergulhador (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p.7-6).

Quanto às particularidades deste compressor, pode-se destacar uma característica que o diferencia bastante dos utilizados para impulsionar ferramentas, que é o cuidado com a pureza do ar que será injetado no cilindro, já que este precisa ser o mais puro possível. O sistema de lubrificação deste equipamento é elaborado de forma que o ar-comprimido nunca seja contaminado pelo óleo lubrificante. Por isso, é indispensável que haja o cuidado de não se utilizar um compressor comum para encher um cilindro de mergulho (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p.7-7).

Figura 17: Compressor de Ar



## 4.2 ACIDENTES RELATIVOS AO USO DE EQUIPAMENTOS

A prática do mergulho é uma atividade extremamente satisfatória e gratificante, porém, sendo realizada em ambiente não natural para o ser humano, como qualquer outra atividade deste tipo, envolve riscos a sua saúde, riscos estes que aumentam a possibilidade de ocorrência de acidentes.

Desde a regularização de pressão auricular até o afogamento, os acidentes de mergulho provocam resultados que podem ser irreversíveis, deixando sequelas que podem evoluir até a morte do mergulhador. Por isso, não importa o quão experiente seja, o mergulhador deve se certificar de que seus equipamentos estão em boas condições de conservação e estão apropriados para o uso, além de estar sempre reciclando conhecimento e revendo as normas de segurança.

Os acidentes ocorridos no mergulho são causados por dois fatores: devido ao ambiente aquático e devido à variação da pressão de trabalho a que o mergulhador é submetido. Dentre as diversas patologias decorrentes da atividade de mergulho e dos acidentes nela ocorridos, esta pesquisa será restrita a abordar àquelas provenientes da falha, mau funcionamento ou danos que os equipamentos venham a apresentar.

### 4.2.1 Barotrauma Facial

Esta patologia é resultado do excesso de pressão exercido pelo meio aquático sobre a face do mergulhador, provocando edemas nos olhos, sangramento no nariz e hemorragia nas conjuntivas. Este acidente pode ocorrer caso a máscara não apresente aderência correta à face do mergulhador, necessitando maior pressão para que esta vede, ou não permita a passagem de ar para toda a máscara, quando este é exalado pelo nariz, a fim de equalizar a pressão entre a parte interna e externa da máscara (MANUAL DE MERGULHO AUTÔNOMO, CORPO DE BOMBEIROS DE GOIAS, 20??, p.53-54).

### 4.2.2 Hipotermia

Dependendo da temperatura da água em que está mergulhando, a espessura e o tipo de roupa isotérmica que ele está utilizando, a temperatura corporal do mergulhador pode baixar, seja por perda hídricas no pulmão, devido a sequidão da mistura respiratória, seja pela pele.

Com essa perda de calor, o organismo começa a gerar pequenos tremores e vasoconstrição a fim de reter calor, chegando ao máximo quando a temperatura corporal chega a 35°C.

Pouco a pouco, além da sensação de frio, abaixo de 32.2°C, os tremores cessam e outros sintomas como a confusão mental, perda de coordenação e alucinações começam a ser observadas, podendo evoluir para a parada cardiorrespiratória. Além disso, a hipotermia predispõe o afogamento e a doença descompressiva (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p.4-13).

Por isso, é muito importante averiguar as condições de conservação da roupa isotérmica antes de iniciar o mergulho, bem como, constatar a eficiência deste equipamento para isolar a temperatura da água. Além disso, é importante averiguar as condições climáticas e a possível temperatura encontrada no mergulho, a fim de utilizar a roupa adequada para cada mergulho.

#### **4.2.3 Narcose Por Nitrogênio**

Também denominada Embriaguez das Profundezas, a narcose é provocada quando devido à profundidade em que o mergulhador se encontra, a pressão parcial de Nitrogênio, no sangue é elevada a ponto de contaminar o sistema nervoso central. Desta forma, o mergulhador começa a apresentar dificuldade em cumprir missões simples e a ser descuidado no que se refere às normas de segurança e os perigos que o cercam – o que pode gerar a morte (MANUAL DE OPERAÇÕES DE MERGULHO, 2006, p.73).

Caso o profundímetro apresente falha, durante o mergulho, e não registre corretamente a que profundidade o mergulhador se encontra, pouco a pouco a pressão parcial do nitrogênio irá subir, provocando a narcose. Por isso, é de suma importância realizar a verificação das condições de conservação, assim como a manutenção periódica de todos os equipamentos de mergulho, sobretudo os de medição, a fim de que o mergulhador mergulhe com segurança, ciente das possibilidades de seu equipamento, não vindo a se surpreender com a falha de algum equipamento, e, no pior dos casos, vir a perder sua vida.

#### **4.2.4 Barotrauma Cutâneo**

Este tipo de barotrauma, diferentemente dos outros, é causado, por culpa do próprio mergulhador, a partir do momento em que este utiliza a sua roupa térmica de forma inadequada, utilizando-a em tamanho desproporcional – o que propicia a permanência de uma pequena quantidade de ar entre a roupa e a pele do mergulhador. Assim, além de desconfortável, esta

roupa gerará um perigo para o mergulhador, pois, uma vez mergulhando, seu corpo estará submetido a uma pressão maior e a bolha de ar, formada entre a roupa e a sua pele, geralmente em regiões onde há dobras como cotovelos e joelhos, não se desfará, ocasionando equimoses, lesões cutâneas, ao mergulhador, quando este emergir (MANUAL DE MERGULHO AUTÔNOMO, CORPO DE BOMBEIROS DE GOIAS, 20??, p.54).

#### **4.2.5 Afogamento**

O afogamento pode ocorrer de diversas maneiras, seja por falta de controle das faculdades mentais, ocasionado pela hipotermia, seja pela asfixia, provocada pela intoxicação por outros gases. Contudo, caso o sistema de transmissão da mistura gasosa venha a apresentar falhas, quer uma interrupção ou estrangulamento da mangueira, quer a pane do 2º estágio, com a falta de ar, o mergulhador tende a respirar involuntariamente, vindo a inspirar água, quando está em busca de ar.

Portanto, é fundamental a conferência das condições de uso dos materiais que serão usados, para que estes não venham a sabotar a execução das missões de mergulho. Conferir o estado de conservação dos reguladores, o teste hidrostático, assim como a pressão e o volume contidos no cilindro é indispensável para dar início à execução do mergulho.

#### **4.2.6 Intoxicação Por Monóxido De Carbono**

Assim que uma missão de mergulho começa, um dos primeiros preparativos é selecionar os equipamentos que irão na missão, e encher os cilindros que servirão de subsídio para a missão. Porém, no momento em que os cilindros são cheios, deve-se adotar diversos procedimentos de segurança, dentre eles, o de não realizar a recarga do cilindro próximo de garagens, estacionamentos e outros locais em que a qualidade do ar envasado à pressão venha a ser duvidosa.

No momento da recarga, todos os gases em volta do compressor de ar serão absorvidos e envasados, formando uma mistura gasosa similar a que se encontra no ar atmosférico. Entretanto, caso não haja o controle da atividade, será adicionado a esta mistura o mais letal de todos os gases: o Monóxido de Carbono, pois não tem cheiro, gosto e tampouco cor, ligando-se à hemoglobina, impedindo-a de realizar o transporte do oxigênio para os tecidos (MANUAL DE OPERAÇÕES DE MERGULHO, 2006, p.78).

Por isso, é de fundamental importância que a recarga dos cilindros seja executada em área específica e arejada, além de ser coberto das intempéries como sol e chuva, a fim de garantir que a mistura gasosa seja a melhor. Além disso, é muito importante que, no momento da recarga, as viaturas, carros e até mesmo fumantes sejam afastadas do local, para que o ar atmosférico, captado para encher o cilindro, possua a mínima qualidade possível, propiciando a quantidade mínima de gases derivados da queima de carbono para ser utilizada na respiração do mergulhador.

#### **4.2.7 Patologias Provocadas Por Subida Súbita**

A subida súbita ocorre quando, por acontecer alguma pane no equipamento ou por necessidade do mergulhador, este emerge de modo acelerado, desde o fundo. Porém, dependendo da profundidade em que se encontrava e o tempo de fundo, o mergulhador pode vir a apresentar sintomas de doenças descompressivas – tendo em vista os gases que antes estavam solubilizados na corrente sanguínea, pela interferência da pressão externa, ou hiperextensão pulmonar, tendo em vista a capacidade pulmonar do mergulhador.

##### **4.2.7.1 Hiperextensão pulmonar**

Dentre os acidentes de mergulho existentes, os mais graves são as doenças descompressivas e a hiperextensão pulmonar, por se relacionarem à respiração e à variação de pressão a que o mergulhador é submetido. Uma vez submerso, a hiperextensão ocorre quando o mergulhador inspira a mistura gasosa contida no cilindro, a uma profundidade relativamente grande, e sobe, em direção à superfície sem exalar. Esse ar ou mistura gasosa, uma vez estando nos alvéolos pulmonares do mergulhador, irá ganhar volume, à medida que a profundidade aumentar, provocando o rompimento destes (ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 5-1).

Caso o mergulhador esteja a uma determinada profundidade e seu equipamento apresente falha, quer por falta de ar no cilindro, não denunciada pelo manômetro, quer por obstrução da válvula reguladora, a primeira reação do mergulhador será emergir. Porém, caso o mergulhador esteja sozinho ou não consiga chegar até um de seus camaradas e solicitar ar, para que consiga executar esta manobra de emergência em segurança, deve subir exalando o ar, sempre, cuidando para que todo o ar seja expelido, garantindo sua saúde.

A causa mais comum de lesões relacionadas à expansão excessiva dos pulmões é o esgotamento do suprimento da mistura respiratória, causado na maioria das vezes pelo mau gerenciamento de gás, que faz com que o mergulhador ao invés de reagir de acordo com o seu treinamento, entre em pânico e faça uma subida rápida retendo gás comprimido em seus pulmões (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p. 52).

Assim, cabe ressaltar a importância que há no bom planejamento do mergulho, assim como a verificação constante da quantidade de ar ou mistura gasosa ainda disponível para a execução da atividade. Caso o material apresente falha, o procedimento mais seguro é suspender o mergulho imediatamente, subir a superfície e, caso seja necessário, providenciar a substituição do equipamento, planejar um novo mergulho e, só então, imergir novamente.

#### 4.2.7.2 Doença Descompressiva

Durante a execução do mergulho, à medida que a profundidade aumenta, cresce também a quantidade de nitrogênio, presente no ar ou mistura gasosa respirado, que é absorvida pelo organismo. Conforme se acumula, o nitrogênio forma micro bolhas que se espalham por todo o tecido corporal e circulação sanguínea. Dependendo de seu tamanho, a bolha pode ocasionar o bloqueio do fluxo sanguíneo para o cérebro e levar o mergulhador a óbito.

Assim, para que não ocorra esse tipo de acidente, durante a fase de planejamento será necessário que seja calculado o tempo de fundo, referente a quanto tempo o mergulhador permanecerá em determinada profundidade, calcular quantas paradas de descompressão deverão ser executadas, assim como a que profundidade o mergulhador deverá permanecer, conservar a velocidade adequada de subida, para que consiga passar a ocupar outra profundidade respeitando o tempo de transição entre elas, além de verificar quanto tempo deverá permanecer na superfície antes de imergir novamente. Esse procedimento permite que o gás dissociado da circulação sanguínea volte a se solubilizar e não venha a gerar danos à saúde do mergulhador (MANUAL DE MERGULHO AUTÔNOMO, CORPO DE BOMBEIROS DE GOIAS, 20??, p.65).

Tendo em vista os males causados pela Doença de Descompressão, é importantíssimo verificar as condições de conservação do equipamento de mergulho, assim como checar se a manutenção foi corretamente executada, para que ele ofereça tranquilidade e segurança ao mergulhador no que se refere a executar os procedimentos corretos de subida em segurança.



## 5 MANUTENÇÃO

Com a utilização dos equipamentos nas diversas atividades a que eles são destinados, o desgaste dos materiais empregados é algo comum e esperado, variando em grau e intensidade de acordo com o tempo e a forma de emprego. Por isso, a manutenção é o meio pelo qual é possível garantir que este desgaste seja o menor possível, tendo como objetivo retardar a deterioração do material, garantindo, ou até prolongando, a vida útil prevista pelo fabricante.

Este processo natural pode acarretar falhas e panes devido à deterioração prematura, acidental ou programada do material, fazendo com que sejam necessárias ações para prevenção contra efeitos indesejáveis. Dessa forma, serão executadas ações com vistas a evitar que alguma dessas falhas ocorra, contribuindo quer para que algum material não se torne descartável ou inservível quer para a substituição de algum equipamento avariado por outro em boas condições.

Assim, pode-se definir a manutenção como sendo um conjunto de ações destinadas a proporcionar a plena utilização do material, em todo o período de tempo para o qual foi destinado, garantindo que quando esta condição venha a ser interrompida, seja reestabelecida o mais rápido possível. É também um grupo de procedimentos sistemáticos com vistas a otimizar as características, propriedades e condições de uso originais dos equipamentos, evitando o descarte ou ineficiência do material, diminuindo, conseqüentemente, os custos (MANUAL DE ENSINO, GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO, 2017, p.3-1).

Dentre as atividades executadas para alcançar os objetivos supracitados, destacam-se as destinadas a inspecionar, verificar, testar, reparar, recuperar e substituir os materiais e equipamentos, além de realizar o tratamento de falhas, e, quando necessário, sejam modificadas as condições originais e implementadas melhorias, a fim de que não haja a reincidência das mesmas panes apresentadas e haja um aumento na operacionalidade (MANUTENÇÃO DO MATERIAL DE ENGENHARIA, 2000, p. 1-1).

3.7.6 Tais atividades devem ser executadas, sistematicamente, por quem opera o equipamento e por quem executa a sua manutenção, através do cumprimento dos padrões de operação e manutenção dos equipamentos, incluindo os padrões de limpeza, lubrificação, inspeção, recuperação, substituição de peças, teste funcional, dentre outros. 3.7.7 Por sua vez, as atividades de melhoria dos equipamentos visam a melhorar suas condições originais de operação, desempenho e confiabilidade intrínseca, através da incorporação de modificações ou alterações no seu projeto ou configuração original. O objetivo destas atividades é atingir novos patamares de operacionalidade para os equipamentos. As atividades de melhoria requerem ações específicas, tanto técnicas quanto gerenciais, que resultam na modificação de padrões e procedimentos existentes (MANUAL DE ENSINO, GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO, 2017, p.3-9 e 3-10).

De acordo com o MANUAL DE MANUTENÇÃO DO MATERIAL DE ENGENHARIA, T 5-505, 2000, p. 1-3, no item 1-5, as atividades de manutenção do material de engenharia compreendem a conservação, reparação e recuperação, dentre as quais ressaltam-se: a limpeza, a utilização adequada do equipamento, o reabastecimento ou o repletamento de combustível, óleos, lubrificantes e água, a troca de componentes ou peças de reposição, as inspeções de rotina, a calibragem de pneumáticos e as ajustagens, reapertos e regulagens periódicas. No que diz respeito às atividades supracitadas, as que se relacionam à atividade de mergulho devem ser executadas, sobretudo, as inspeções rotineiras, troca ou reposição de componentes, limpeza, utilização correta do equipamento e regulagens periódicas, o que proporcionará ao material de mergulho plenas condições de ser empregado.

Tendo em vista a grande gama de tarefas realizadas para que seu propósito seja atendido, a manutenção é classificada e dividida, quanto à finalidade de seus serviços, em três grandes áreas ou vertentes, sejam elas: corretiva, preditiva e preventiva. Esta diferenciação entre o emprego visa a atender objetivos diferentes, utilizando-se de ferramentas e métodos diferentes, contudo, por vezes se interceptam e mesclam suas atividades e finalidades, fazendo com que um serviço executado de acordo com a teoria da manutenção preditiva, por exemplo, também propicie benefícios intrínsecos à manutenção preventiva.

## 5.1 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção preventiva é aquela destinada a verificar sistematicamente o funcionamento dos equipamentos, dentro de um período de tempo previamente estabelecido, com a finalidade de correção de eventuais falhas que venham a ocorrer, antes que estas acarretem defeitos ainda maiores. Assim, há a garantia de que o equipamento continuará em boas condições de conservação e funcionamento (MANUTENÇÃO DO MATERIAL DE ENGENHARIA, 2000, p. 1-3).

Esta manutenção vale-se de tarefas periódicas, em geral, de pouca complexidade técnica, executadas com a finalidade de reduzir a queda de desempenho ou avaria dos materiais, devendo ser executadas obrigatoriamente, envolvendo a participação de todos os componentes do setor de manutenção. Em princípio, aparenta ser mais onerosa em relação à manutenção corretiva, haja vista que envolve a troca de peças e componentes antes mesmo de atingirem seu tempo limite de vida útil, entretanto, analisando-se o custo total, além do tempo e desgaste total do equipamento, a manutenção preventiva acaba por ser menos onerosa. Exemplificando este procedimento, pode-se citar a troca do 1º estágio ou a troca de um colete avariado, o que,

inicialmente produzirá um ônus, porém, a longo prazo, garantirá que o equipamento continue em funcionamento e não acarrete a possível troca de outros materiais.

Em suma, ao ser adotada a manutenção preventiva, há uma diminuição das falhas e panes nos equipamentos, assim como as paradas imprevistas, o que propicia maior disponibilidade destes e o controle sobre as pausas efetuadas. Além disso, este tipo de manutenção pode ser dividido em dois outros tipos, tendo finalidades distintas e bem executadas.

3.7.10.6 De forma mais detalhada, a manutenção preventiva pode ser dividida em manutenção preventiva por tempo e manutenção preventiva por estado. A manutenção preventiva por tempo compreende os serviços preventivos estabelecidos através de programação, definidos por unidade calendário (dia, semana, etc) ou por unidade não calendário (horas de funcionamento, quilometragem rodada, consumo de combustível, etc). A manutenção preventiva por estado compreende os serviços preventivos executados em função da condição operacional do equipamento (reparos de defeitos, preditiva por monitoramento de parâmetros, preditiva por acompanhamento estatístico, revisão geral, etc) ((MANUAL DE ENSINO, GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO, 2017, p.3-12).

## 5.2 MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva, por outro lado, diz respeito às ações e procedimentos com vistas a realizar inspeções periódicas, a fim de, averiguando o nível de desgaste e a deterioração prevista do material, determinar qual o melhor momento para executar a troca ou reparação de algum equipamento. A exemplo disto, há a inspeção e possível troca de O-rings de vedação nos encaixes dos terminais do 1º estágio, o teste hidrostático realizado nos cilindros, a medição da rosca dos cilindros, para determinar o nível de desgaste e possível descarte deste equipamento ou o nível de desgaste das mangueiras dos reguladores.

Compreende, ainda, acompanhar a quantidade de corpos suspensos nos fluidos, procedimento a ser realizado em um compressor de ar-comprimido, por exemplo, assim como a vistoria dos equipamentos utilizados quanto a identificar líquidos indesejáveis e corpos estranhos presentes nas diversas partes dos equipamentos, como óleo em roupas de Neoprene ou detritos nas partes de borracha do manômetro de mergulho. A manutenção preditiva é a principal aliada à continuidade do ciclo de utilização e funcionamento de um material, como também a principal mediadora entre o pleno funcionamento do equipamento e a realização de uma manutenção corretiva (MANUTENÇÃO DO MATERIAL DE ENGENHARIA, 2000, p. 1-3).

### 5.3 MANUTENÇÃO CORRETIVA

A manutenção corretiva tem como objetivo reparar ou recuperar qualquer equipamento ou parte deste, para que, assim que possível, este tenha características originais restauradas e seja repostado em condições de ser empregado. Este tipo de manutenção é executado apenas quando o equipamento já apresentou alguma falha e possui condições de ser mantido, podendo ser classificada como planejada ou não planejada.

De acordo com o MANUAL DE ENSINO, GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO, 2017, p. 3-1, a manutenção corretiva planejada é aplicada em equipamentos que por alguma razão estão apresentando desempenho abaixo do esperado, conforme decisão técnica, quando este equipamento é objeto de análise no contexto de uma manutenção preditiva. De outro modo, a manutenção corretiva não planejada é executada com vistas a corrigir determinada falha, resultado de um incidente aleatório, quando não há tempo de preparo do serviço – o que pode, no futuro, gerar custos adicionais de manutenção e prejuízo às operações.

**3.7.9.4** Algumas considerações importantes para a aplicação da manutenção corretiva: d) um aspecto de vital importância, mesmo em se aplicando a manutenção corretiva, é o esforço para a identificação das causas das falhas, de modo a evitá-las e eliminar a sua reincidência inesperada; e e) no processo decisório para a aplicação da manutenção corretiva, torna-se necessária a classificação dos equipamentos, em função da sua importância operacional (criticidade): Classe "A" (equipamento cuja parada interrompe significativamente a operacionalidade); Classe "B" (equipamento cuja parada por algum tempo não interrompe significativamente a operacionalidade); e Classe "C" (equipamento cuja parada não interrompe significativamente a operacionalidade) (MANUAL DE ENSINO, GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO, 2017, p. 3-11).

Conforme o trecho do manual supracitado, a importância de executar corretamente a manutenção corretiva, não é superior à identificação das falhas que provocam a interrupção do emprego do material. A partir dos dados obtidos nessa verificação, serão tomadas as devidas providências para que estas falhas sejam evitadas e, conseqüentemente, diminuídas a probabilidade e possibilidade de reincidência.

### 5.4 CLASSIFICAÇÃO

Uma vez identificadas as falhas mais recorrentes, poderá ser confeccionada uma classificação cuja finalidade será de enumerar e classificar, em ordem de prioridade, quais materiais devem ser mantidos primeiro, em caso de falhas, ou que requerem maior atenção

quanto à inspeção periódica. Tendo em vista que possuem maior importância para a atividade, uma vez fora de serviço, estes materiais comprometerão a utilização de todo o equipamento. Como exemplo de materiais desta natureza pode-se citar a torneira do cilindro, os O-rings de vedação e a válvula 1º estágio, os quais, uma vez avariados, comprometem todo o mergulho, sendo inclusive alguns dos materiais sobressalentes que uma equipe de mergulho leva consigo para uma missão.

As atividades de manutenção, no âmbito militar, são divididas em três categorias, delegando a cada uma delas atribuições e responsabilidades a fim de otimizar e distribuir os serviços que necessitem ser executados. Segundo o MANUAL DE MANUTENÇÃO DE MATERIAIS DE ENGENHARIA, as três categorias de manutenção são: Orgânica, de Campanha e de Retaguarda. A manutenção orgânica destina-se a atividades de caráter preventivo, sendo a sua execução, inclusive, de responsabilidade do Comandante da Organização Militar.

Conforme previsto nas NORMAS ADMINISTRATIVAS RELATIVAS AO MATERIAL DE ENGENHARIA, NARMENG, 2018, p. 4-2, Art. 34. Escalão de Manutenção é o grau ou amplitude de trabalho requerido nas atividades de manutenção, em função da complexidade do serviço a ser executado. Qualquer escalão de manutenção deve ser capaz de executar as tarefas de manutenção atribuídas ao escalão inferior. Esta classificação tem como objetivo auxiliar na distribuição de tarefas bem como na divisão hierárquica de responsabilidades, com a finalidade de organizar e regularizar as atividades de manutenção.

Por isso, sendo executada pelos usuários dos equipamentos, na mesma unidade que detém o controle do material, abrange os serviços de inspeção, limpeza, guarda adequada, substituições de peças, além de outros que não necessitem de mão-de-obra especializada – constituindo o 1º Escalão, ou nível, de manutenção, caracterizado pelos serviços de conservação dos equipamentos. Ainda que não sejam requeridos profundos conhecimentos, a manutenção orgânica é a que deve deter maior atenção, pois a redução da vida útil do equipamento é decorrente da má execução desta manutenção.

Ainda segundo neste manual, o 2º Escalão seria aquele que abrange as atividades de manutenção relativas à substituição de peças, pequenos reparos e ajustes, além de prestar assistência técnica e realizar levantamento de informações necessárias à execução da manutenção preditiva. A execução das atividades que compõem este escalão, é de responsabilidade dos militares que possuem um nível maior de qualificação, em relação aos equipamentos a ser mantidos. Em se tratando dos equipamentos de mergulho, o pessoal mais indicado a executar esta tarefa seria aquele constituído pelos mais experientes nesta

atividade, e por aqueles que possuem cursos de manutenção civil ou formados no estágio de manutenção de equipamentos de mergulho, ministrado no Centro de Instrução de Engenharia, em Araguari, Minas Gerais.

A manutenção de Campanha é voltada a serviços de reparação e substituição de peças, componentes e materiais, cuja execução é provida pelos órgãos de apoio de manutenção, tendo seu trabalho complementado por organizações civis de comprovada credibilidade. Consiste em atividades voltadas à manutenção corretiva, a fim de reestabelecer as condições de uso do material, abrangendo o 3º escalão de manutenção, que age também em complementação do 2º escalão, além do 4º escalão, o qual possui uma maior disponibilidade de peças de reposição e aparelhos de medição (MANUTENÇÃO DO MATERIAL DE ENGENHARIA, 2000, p. 1-5).

No que se refere à manutenção dos equipamentos de mergulho, em 3º e 4º escalões, estes serviços são executados por militares capacitados a executar serviços desta natureza, de troca e ou reparação de componentes internos de equipamentos, como é o caso dos reguladores 2º estágio e manômetros. Esses militares realizam serviços de extrema qualidade e de suma importância, fazendo uso do conhecimento adquirido no estágio de manutenção, visto que a atividade de mergulho no Exército é uma atividade relativamente moderna, e o conhecimento de manutenção de equipamentos de mergulho é ainda incipiente.

A manutenção de Retaguarda é aquela executada por unidades militares com alto nível de especialização, que atendam à necessidade de manutenção em um nível bem profundo, cujo trabalho é complementado por entidades civis. Esta é constituída pelo 5º Escalão, destinadas a manutenções de grande vulto, que tem como objetivo revitalizar os materiais, serviço este que, tendo em vista a logística vigente, não se aplica aos materiais de mergulho, já que esses equipamentos quando apresentam grandes avarias ou elevado grau de deterioração, são descartados e substituídos por novos.

## 5.5 PLANO DE MANUTENÇÃO

O Planejamento da Manutenção deve ser realizado todos os anos, sendo respeitado o limite entre os escalões de manutenção, com vistas a aumentar a disponibilidade, assim como, a vida útil dos materiais atendidos. Caso haja, no futuro, algum exercício, instrução ou adestramento, o qual, pelo uso, venha a provocar a execução de manutenção, esta necessidade deve ser planejada junto à manutenção em si, antes da referida atividade ocorrer. Este planejamento pode propiciar a manutenção preventiva ou preditiva de determinados equipamentos, aumentando o rendimento e disponibilidade de material, além de não ser

necessária a manutenção corretiva – o que seria mais vantajoso para o detentor do material (NORMAS ADMINISTRATIVAS RELATIVAS AO MATERIAL DE ENGENHARIA, NARMENG, 2018, Art.40, p. 4-4).

De acordo com o Art.41, das NORMAS ADMINISTRATIVAS RELATIVAS AO MATERIAL DE ENGENHARIA, NARMENG, 2018, p. 4-4, as organizações militares detentoras de equipamento de engenharia devem confeccionar um quadro de manutenção preditiva, preventiva e corretiva, a fim de organizar e otimizar a execução de manutenção destinada aos equipamentos utilizados. Dessa forma, será possível monitorar, fiscalizar e aprimorar a manutenção, atentando, também, para a modernização dos equipamentos, tendo como objetivo a economia de custos operacionais, a padronização e aprimoramento da aparelhagem de mergulho utilizada pela tropa.

Estes planejamentos ou planos de manutenção tem como finalidade orientar e direcionar a execução das atividades, regularizando e averiguando as condições de conservação dos aparelhos, o que resulta em maior praticidade – economizando insumos necessários e horas de mão de obra. Além disso, após confeccionado o plano, os próximos serviços de manutenção serão executados com base no histórico das atividades já realizadas, registradas, e, periodicamente, revisadas e otimizadas, tomando por base as lições aprendidas tanto em operações quanto no ato de manter o material.

Assim, a realização de inspeções rotineiras e vistorias técnicas será facilitada, à medida que os materiais, obedecendo a uma ordem de manutenção, apresentarão melhores condições de ser empregados, possibilitando a vistoria do período em que foram mantidos bem como a que serviços foram submetidos – o que indicará seu estado de conservação previsto e as prováveis condições de uso dos aparelhos de mergulho. Com isso, a implementação de um plano é vista de forma positiva e coerente, por proporcionar diversas melhorias no processo de manutenção, na disponibilidade do material de mergulho e consequente aumento na segurança dos usuários destes dispositivos.

Porém, a dinâmica de utilização dos equipamentos de mergulho, a natureza das missões e o ambiente em que são empregados, a necessidade de manutenção em diversos momentos de uma operação ou instrução, além da necessidade de condução de material sobressalente para a execução das missões tornam esta atividade peculiar. Deste modo, é possível que a implantação de um plano que balize ou determine o processo de manutenção a ser executado, compreendendo os diferentes níveis de atividades e processos a ser realizados, venha a dificultar e burocratizar o desenvolvimento dos serviços de manutenção. Além do que, caso cada mergulhador possuísse seu próprio equipamento de mergulho e se tornasse responsável por

realizar a manutenção de 1º e 2º escalão, bem como mantê-lo em condições de uso e conservação, o processo de manutenção seria grandemente otimizado.

Com isso, analisando as variáveis supracitadas, é indispensável que sejam realizados mais estudos nessa área a fim de determinar a validade e a real importância, ou não, de que sejam realizados planos de manutenção dos equipamentos de mergulho, uma vez que há pouca literatura disponível, que trate deste assunto. Por isso, é de fundamental importância que este tema seja alvo de pesquisa, com a finalidade de atestar empírica e teoricamente a necessidade de adaptação ou confecção dos planos de manutenção de equipamentos de engenharia aos equipamentos de mergulho.

Ademais, todas as atividades de manutenção executadas nos equipamentos de mergulho, devem ser registradas, continuamente, em relatórios especificamente preparados para tal – assegurando, assim, o controle de todo serviço que porventura já tiver sido realizado. Tais registros devem ser disponibilizados quando houver inspeções, visitas técnicas, revisões e vistorias dos materiais de mergulho. É recomendado que se utilize um livro histórico para registrar as manutenções já executadas em cada um dos principais equipamentos que compõem o sistema de equipamento de mergulho (NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA PARA ATIVIDADES SUBAQUÁTICAS, NORMAM-15/DPC, 2016, p. 9-1).



## 6 MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE MERGULHO

Quando analisamos as atividades militares executadas pelo Exército Brasileiro, muitas se sobressaem por proporcionar experiências ímpares àqueles que as experimentam, que marcam o militar até mesmo quando este deixa as fileiras verde-oliva. Como exemplo pode-se citar o paraquedismo, o montanhismo e as operações de patrulhamento ostensivo, as quais exigem bastante do militar, mas lhe proporcionam imensa satisfação por fazê-las.

A atividade de mergulho, porém, sempre se destaca por proporcionar mais satisfação e maior bem estar aos militares que a executam. Esta característica comumente observada nos praticantes de mergulho pode ser justificada seja pelo contato com a natureza e a vida aquática seja pela sensação de conseguir recuperar algum equipamento e, até mesmo, vidas humanas – mesmo que sejam variados e de alto grau de risco os danos oferecidos à saúde do militar.

Porém, a manutenção dos equipamentos de mergulho utilizados, assim como qualquer outra manutenção, deve ser executada com tanto esmero e apreço quanto a atividade de mergulho em si, a fim de que os materiais disponíveis para pronto emprego, nas mais diversas unidades, continuem nestas condições e aqueles que serão empregados possam, ao término das atividades, voltar a ser empregados novamente.

De acordo com a utilização dos aparatos de mergulho em missões e adestramentos da tropa que os emprega, é natural que ocorra o desgaste dos materiais que os compõem, vindo a retirar estes dispositivos de uso, diminuindo, dessa forma, a quantidade de material disponível para pronto emprego. Dessa forma, os aparatos utilizados nas atividades de mergulho, sendo equipamentos de engenharia, devem atender ao disposto no capítulo anterior desta pesquisa e obedecer às diversas diretrizes e regulamentações acerca da manutenção destes equipamentos.

Haja vista que a composição desses materiais é, em grande parte, constituída de derivados de petróleo, a depender do ambiente em que são empregados, a deterioração de suas partes e segmentos pode vir a ser agravada. Isto se deve ao fato de, em alguns ambientes aquáticos, possivelmente haver a presença de compostos químicos, sejam decorrentes de

degradação natural e decomposição de matéria orgânica seja por liberação de dejetos e poluentes na água, que podem reagir com os materiais, provocando a aceleração da deterioração do material. Quando em atuando nestes ambientes, deve-se fazer uso de roupa apropriada para este fim, de modo que ofereça maior proteção ao mergulhador (NORMA DE MERGULHO Nº 01/NORMERG, 2017-2018, p.13)

Além disso, uma vez que estes contaminantes tenham entrado em contato com os dispositivos de mergulho, caso não sejam tomadas as devidas providências a este respeito, estes

poluentes podem vir a ocasionar sérios danos à saúde dos mergulhadores que os utilizarem. Por isso, com o uso recorrente dos equipamentos, devem ser adotados alguns cuidados, gerais e específicos, dependendo da origem ou do destino dos materiais, com o objetivo de garantir a segurança e a saúde do mergulhador, assim como proporcionar a garantia de sucesso e a segurança da operação ou instrução (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p.232).

Os cuidados relativos aos dispositivos de mergulho são destinados a mantê-los nas mesmas condições em que foram fabricados, garantindo que se conservem as características originais dos equipamentos, e que estas se mantenham assim durante a execução de todo o mergulho. Executados, assim, será garantida a segurança do mergulhador, assim como o sucesso da atividade a que este se propôs. As atividades de manutenção e limpeza dos materiais, assim como os cuidados que as envolve, deve ser executada pelos também pelos mergulhadores que utilizam os equipamentos (MANUAL DE OPERAÇÕES DE MERGULHO, 2006, p. 86).

Estas medidas são executadas antes do mergulho, vistoriando as condições de uso e estado de conservação, assim como a possibilidade de emprego dos materiais, e após o mergulho, vistoriando possíveis danos e avarias causados ao material, bem como a lavagem, limpeza, posterior secagem e armazenamento dos equipamentos utilizados na atividade em questão. De acordo com o capítulo XII do CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 12-14, que versa sobre a segurança do mergulho, no subitem 12.4.3.44 Todos os equipamentos de mergulho, tais como capacetes, máscaras, etc. deverão ter sua manutenção em dia. Todo reparo deverá ser realizado imediatamente após a avaria. Dessa forma, os equipamentos estarão sempre em condições de ser empregados, quer em missões urgentes que venham a surgir quer em adestramentos já programados.

Tendo em vista as condições de operação dos equipamentos de mergulho e a exposição às intempéries climáticas a que estão submetidos, como calor, águas sujas, objetos cortantes, abrasivos, dentre outros, as avarias causadas a estes equipamentos são elevadas. Por isso, é necessário que sejam tomados alguns cuidados simples com relação a armazenamento e utilização de todos os equipamentos de mergulho em geral. Sejam eles:

- 1) Armazene os equipamentos em local seco, fresco e arejado, protegidos dos raios solares.
- 2) Durante a operação não deixe os equipamentos expostos ao Sol desnecessariamente.
- 3) Após o uso lave os equipamentos com água doce corrente, escove-os, (se necessário aplique pouco sabão neutro e deixe de molho), secando-os na sombra.
- 4) Após o uso fique atento a reparos e ajustes. É importante ter a mão: silicone líquido e spray, talco industrial, peças de reposição e ferramentas.
- 5) Para os equipamentos não serem danificados por transporte incorreto, sempre use bolsas ou

preferencialmente caixas plásticas, pois ficarão protegidos e melhor acondicionados. (MANUAL DE OPERAÇÕES DE MERGULHO, 2006, p.123)

De acordo com o capítulo 8 do MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p.282, o qual versa sobre segurança nas operações de mergulho, aqui se encaixam as práticas de segurança que dizem respeito à manutenção do equipamento, seguindo as orientações do fabricante, e a conferência do mesmo antes das operações. Por isso, contribuindo para a segurança da operação e do próprio mergulhador, os equipamentos devem ser conferidos e inspecionados antes da execução do mergulho, a fim de evitar acidentes e garantir o sucesso da operação

A depender do emprego específico de cada dispositivo e da função que desempenham durante o mergulho, serão alterados os cuidados necessários a manter o correto funcionamento destes, tendo em vista que a constituição dos componentes é diferente. A seguir, serão abordados alguns cuidados específicos, executados ou antes ou após a conclusão do mergulho, destinados aos aparelhos que compõem o equipamento de mergulho.

## 6.1 CUIDADOS COM A MÁSCARA

A máscara de mergulho deve possuir boa aderência ao rosto do mergulhador e proporcionar uma vedação perfeita, garantindo que não será preciso aplicar força excessiva nas tiras da máscara para que não entre água durante a atividade. Para isso, com vistas a manter as características originais, antes de mergulhar deve-se lavar a máscara para retirar resíduos que possivelmente tenham ficado impregnados nas lentes, além de aplicar antiembaçante nas lentes e lavar com, a fim de proporcionar completa visibilidade ao mergulhador.

Por outro lado, após o uso, deve ser realizada a lavagem com água doce corrente, sendo facultativo deixá-la de molho em água com detergente, para uma posterior escovação e retirada de resíduos. Após isso, deve-se deixar secar à sombra e armazenar em embalagem apropriada, geralmente disponibilizada pelo fabricante, apoiada sobre a armação das lentes ou de pé com a lente para a frente, em local fresco e arejado (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p.178).

**2.2.2** Máscara: as novas possuem uma película protetora nas lentes que, senão retirada, fazem com que a máscara embace. É importante lavá-las com detergente neutro, não abrasivo, antes de usar. Após a utilização, deve-se lavar as máscaras com água limpa e deixá-las secando à sombra. Tanto o transporte quanto o armazenamento do material de mergulho deverá ser realizado dentro de recipiente adequado, a fim de evitar deformações. A máscara deverá ser armazenada em local arejado para evitar a

formação de fungos, que aparecem sob a forma de pontos pretos, espalhando-se pelo silicone e deixando-a sem condições de uso. Caso isto ocorra, a máscara deverá ser posta de molho em água clorada por 30 minutos e, após isto, deverá ser lavada com sabão ou detergente neutro e água corrente. Em caso de armazenamento por longos períodos, deverá ser borrifado *spray* de silicone (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 2-7).

A execução correta destes procedimentos contribui para que a máscara continue em condições ideais de uso, garantindo seu correto funcionamento durante o mergulho. Isto possibilita a realização da manobra de valsalva e correta equalização da pressão externa e interna à máscara, prevenindo a ocorrência de barotrauma facial, promovendo a segurança do mergulhador e da operação, além de garantir o sucesso da missão.

## 6.2 CUIDADOS COM O SNORKEL

Como os materiais utilizados na confecção do snorkel são similares aos materiais da máscara, os cuidados e atitudes destinados a conservar o material são os mesmos. O que difere os dois equipamentos é a posição de armazenamento, em que, o snorkel deve ser guardado em posição horizontal. Atenção especial deve ser destinada ao elo de polímero que une o snorkel, de alguns fabricantes, à máscara, o qual devido a composição e espessura do material, se rompe facilmente. Além disso, dependendo do modelo, há válvulas destinadas a auxiliar o mergulhador na respiração, às quais devem ser destinados serviços de manutenção específicos, segundo orientação do fabricante (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p.180).

## 6.3 CUIDADOS COM O CILINDRO

Antes e durante o mergulho, deve-se atentar para que o cilindro seja corretamente anexado ao colete, pois caso fique posicionado muito acima do fim do colete, pode bater na cabeça do mergulhador, gerando traumas e lesões. Além disso, deve ser averiguada a data do último teste hidrostático, verificando se está dentro do prazo limite, assim como a pressão de trabalho. É recomendado que no momento em que for armazenado, o cilindro contenha, no mínimo 7bar/100psi. Como meio de garantir que o ar seja o mais puro possível, o local de reabastecimento do cilindro deve ser afastado de garagens, pátios e locais de trânsito de veículos, garantindo, desta forma, que não ocorrerá a captação, tampouco a possível

intoxicação, do mergulhador, por gases contendo carbono (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 2-10).

**2.3.1.6** A possibilidade de recarga com ar contaminado é pequena, mas existe, e o mergulhador deve ficar atento quanto a isso. Caso o ar tenha um odor ruim ou sabor estranho, ele não deve ser utilizado. Com a utilização de um lenço branco é possível verificar se o ar está contaminado ou não no momento em que a torneira for aberta, colocando o lenço junto à saída de ar da torneira do cilindro (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 2-10).

Como o cilindro é fabricado em material metálico, o maior inimigo encontrado é a corrosão, pois, resulta na retirada de material das paredes do cilindro, que ficam suspensas no ar a ser respirado. Por este motivo, deve-se atentar para não realizar a diminuição brusca de pressão interna do cilindro, já que isto aumenta o acúmulo de umidade interna no cilindro, o que propicia a corrosão. Esta corrosão pode gerar resíduos que venham entupir a torneira e o regulador, além de enfraquecer as paredes do cilindro. Deve-se atentar, também, à entrada de água ou maresia pela torneira, devendo mantê-la sempre fechada quando não estiver em uso.

Além disso, não se deve esvaziar o cilindro até a sua totalidade, diminuindo a pressão nas paredes internas – pois isto facilita a degradação das paredes e o aumento de resíduo suspenso no interior do cilindro – assim como não se deve guardá-lo vazio, o que ocasiona o aumento de umidade em seu interior. Caso o cilindro venha a ficar cheio mais de seis meses, deve ser recarregado novamente, para que o ar não fique com gosto metálico decorrente da suspensão de poderes. Para a proteção mecânica, deve-se instalar telas de nylon ou cintas de tecido emborrachado (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p.188).

O mergulhador deve atentar para utilizar, durante o mergulho, somente o ar conduzido no cilindro, por ele mesmo, ou em casos de emergência, o de seu dupla. Em alguns mergulhos em ambientes fechados, pode ocorrer a presença de bolhas de ar aprisionado. O mergulhador não deve fazer uso deste ar, pois, neste local pode haver algum animal em decomposição, produzindo, deste modo, o gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), que é tóxico ao corpo humano (NOTA DE AULA DE MERGULHO AR E RESGATE, 2018, p.73).

Quanto às condições de conservação do cilindro, deve ser realizado, periodicamente, o teste hidrostático, cuja finalidade é avaliar a capacidade do cilindro de admitir, sob condições de segurança, a pressão de trabalho sob a qual estará sujeito quando utilizado. Haja vista que se trata de um teste específico, que segue regras e normas particulares, deve ser realizado por entidade capacitada e certificada. Por isso, as unidades que fazem uso deste equipamento devem

se programar para que, quando necessário realizar este teste, para este fim, seja feita a contratação de empresa credenciada e reconhecida, por meio de procedimento legal prévio (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 7-7).

Além da execução do teste, que consiste em injetar, na parte interna do cilindro, água em alta pressão – o que provoca expansão de volume do cilindro, devendo este retornar ao estado original uma vez cessada a injeção de água – deve ser realizada a limpeza interna do cilindro, removendo toda corrosão que de alguma forma tenha ocorrido no interior do cilindro. De acordo com a variação de volume, desenvolvida pelo cilindro, é diagnosticado se o cilindro apresenta ou não condições de se manter em uso, observando as condições de segurança. Assim, no planejamento de manutenção do material deve ser levado em consideração o prazo de validade deste teste, cuja duração é de 5 anos (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 7-7).

**7.6.2** Independente das inspeções periódicas, os cilindros devem ser inspecionados sempre que

- houver suspeita de contaminação;
- forem expostos a temperaturas elevadas;
- forem detectados sinais de mau funcionamento das válvulas;
- ficar sem uso por mais de 6 meses;
- houver dano no exterior do cilindro;
- o selo de segurança for rompido;
- houver barulho dentro do cilindro;
- o ar apresentar cheiro ou gosto ruim; e
- não houver histórico sobre o cilindro (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 7-7).

Os cilindros devem ser submetidos à inspeção visual, que deve ocorrer todo ano, para os cilindros recarregados até 5 vezes por semana, a cada 4 meses, para os cilindros recarregados até 10 vezes por semana, e mensalmente, para os cilindros recarregados mais que 10 vezes por semana. Durante a inspeção, deve-se examinar os fios de rosca do gargalo, atentando-se para fissuras, resíduos e danos aos fios, podendo ser necessário remover incrustações na região do gargalo, caso o cilindro seja de alumínio (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 7-8).

De acordo com o CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 7-8, item 7.6.3.3, faz-se necessária a observação do interior do cilindro, procurando por umidade, óleo, pontos de oxidação, oxidação acentuada e odores. Esta observação tem como objetivo a análise inicial do interior do cilindro a fim de detectar deformidades e alterações nas características originais deste equipamento, de forma que, caso

haja algo indevido, seja feita a manutenção necessária. Ainda conforme este manual, caso seja encontrado quantidade grande de pontos de oxidação ou área de elevada oxidação, o cilindro deve ser destinado à inspeção com o uso de ultrassom.

Sendo observado indícios ou algum sinal que indique que o cilindro se encontra inservível ou que a sua utilização incorrerá em risco à saúde do mergulhador ou à segurança da instrução, este deve ser submetido a um novo teste hidrostático. Dessa forma, caso o resultado do teste seja negativo, este cilindro deve ser substituído por outro que esteja em melhores condições de uso. Desta forma, será preservada a segurança de todos aqueles que manuseiam este material, além de promover segurança à execução do mergulho e zelar pela saúde do mergulhador (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 7-8).

Após a execução dos testes e inspeções, antes de recolocar o registro, ou torneira, de volta no gargalo do cilindro, é necessária a aplicação de uma pasta antieletrólise. Com isso, ainda que os materiais da torneira e do cilindro sejam diferentes, a probabilidade de ocorrer a eletrólise será nem menor, diminuindo a deterioração do material encontrado. Assim, ao final da inspeção, deve-se realizar um registro de inspeção em uma ficha de cilindro, sendo mais indicado a utilização de uma ficha para cada cilindro (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 7-8).

#### 6.4 CUIDADOS COM O COLETE EQUILIBRADOR

O colete é um dos dispositivos mais importantes do equipamento de mergulho, já que é o responsável por auxiliar no controle de flutuabilidade do mergulhador. Por isso, deve-se atentar criteriosamente às especificações de cada fabricante, registradas em manuais, quanto aos cuidados com seus produtos. Um procedimento a ser executado antes da entrada do mergulhador, equipado com o colete, na água, é verificar se o colete não está completamente cheio, pois pode ocasionar danos às válvulas de exaustão e às soldas (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 2-8).

Por ser constituído de muitos espaços, o colete deve ser lavado com água doce em todos os bolsos, zíperes e repartições que possuir, após um mergulho, para retirar corpos sólidos que estejam alojados. A fim de retirar os possíveis resíduos internos, bem como a água salgada, deve ser cheio de água doce, até completar, no mínimo, metade de seu volume total, inflado totalmente e agitado com robustez – para que a água passe por toda a área interna do colete.

Após isso, deve-se retirar toda a água, pelo botão de desinflar da traqueia e repetir o processo. Depois, deve-se deixá-lo secar à sombra, inflá-lo totalmente somente com ar e colocá-lo para secar com a traqueia voltada para baixo, por cerca de uma hora, em ambiente arejado e à sombra – para que saia toda a água – retirando todo o ar, após isso. Por fim, deve-se encher parcialmente o colete, de modo que as paredes internas sejam preservadas pelo pouco ar entre elas, e ser armazenado em cabides específicos, destinados aos materiais de mergulho. Ademais, deve-se lubrificar, com graxa de silicone, as partes de borracha e engates, bem como, hidratar com silicone (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS, MERGULHO BOMBEIRO MILITAR, 2018, p.200).

## 6.5 CUIDADOS COM A ROUPA TÉRMICA

Tendo em vista que a roupa tem a função de proporcionar a retenção de calor no corpo do mergulhador, e que esta é crucial para o mergulhador suportar as temperaturas a que fica submetido quando submerso, é de suma importância a manutenção deste equipamento. Para executar a manutenção, a roupa deve ser lavada em água doce corrente ou posta de molho na água por até 24h, a fim de retirar o sal retido na roupa. A secagem deve ser feita à sombra, colocando a roupa em cabide próprio para equipamentos de mergulho, o que garantirá a secagem da parte interna primeiro e depois a externa. Nunca dobrar a roupa para armazenar. Após a secagem, armazenar a roupa em cabides próprios, a fim de manter a roupa esticada, pois, caso contrário, aparecerão rugas e vincos, que posteriormente podem se tornar rachaduras, diminuindo a vida útil da roupa, ou acarretar um barotrauma cutâneo. O zíper da roupa deve receber lubrificação com spray de silicone, para que este não venha a falhar devido a ocorrência de sujeira ou cristais de sal (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 2-8).

## 6.6 CUIDADOS COM O CINTO DE LASTRO

Voltando a atenção ao material com o qual o cinto é confeccionado, observa-se que é constituído de linhas trançadas entre si, aumentando a resistência do cinto. Uma vez que não seja feita a correta manutenção, pode ocorrer o acúmulo de micro-organismos entre a trama, sobretudo se utilizados em água salgada ou poluída. Por isso, ao concluir um mergulho, o cinto deve ser lavado com água doce corrente, contribuindo, com isso, para o não ressecamento da fita, devendo secar à sombra e armazenado em local seco e arejado. Além disso, por se tratar



de material sintético e fibroso, caso as pontas das fitas entrem em contato com algum material áspero e venham a desfiar, devem ser cortadas e queimadas, evitando que se deteriore, a fim de manter o comprimento da fita e prolongar o tempo de uso. Ademais, tendo em vista o peso e formato dos lastros, estes devem ser armazenados em local específico, mantendo distância dos demais equipamentos, para que não causem danos aos outros materiais (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 2-7).

## 6.7 CUIDADOS COM A NADADEIRA

As nadadeiras possuem função especial, pois proporcionam a propulsão do mergulhador enquanto este se encontra em ambiente aquático. Por sofrer grande esforço nas partes que se ligam ao tornozelo do mergulhador, assim como, distribuir e potencializar esta força, o material deve estar em condições de suportar a carga aplicada. Esta região deve ser alvo de atenção especial, uma vez que ao colocar ou retirar os pés das nadadeiras, é possível que ocorra o rompimento ou o rasgo do material que envolve o calcanhar, ocasionado pela truculência deste movimento, resultado de desleixo com o equipamento, pela pequena espessura do material que a constitui ou o desgaste do equipamento.

As condicionantes de armazenamento das nadadeiras são similares às das máscaras, uma vez que são confeccionadas em materiais similares. Entretanto, as nadadeiras devem ser armazenadas em posição horizontal, evitando armazenar umas sobre as outras – de modo que não ocorram deformações. Caso seja estritamente necessário o armazenamento de forma empilhada, a utilização de protetores é fundamental, já que estes conservarão as condições normais de utilização, sem deformidades.

Com vistas à não propiciar a proliferação de fungos nas máscaras, estas devem ser armazenados em locais arejados, mantendo as condições de uso do material. Ocorrendo os pontos pretos, deve-se deixar de molho em água clorada por 30 minutos e ser lavadas, após isso, com sabão ou detergente neutro, com água corrente. Tendo em vista o material das nadadeiras, quando o armazenamento se estender por longos períodos, deve-se aplicar sobre estas, um spray de silicone (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 2-7).

## 6.8 CUIDADOS COM A TORNEIRA

A torneira é a porta de saída do ar, a alta pressão, sendo a responsável por alimentar o sistema de suprimento de ar comprimido do equipamento de mergulho. Por isso, caso haja alguma falha neste dispositivo, todo o sistema ficará comprometido, o que potencializa a atenção que deve ser destinada a ele quando da inspeção pré-mergulho e da manutenção – visto que a segurança da atividade está intimamente ligada ao correto funcionamento do equipamento, sobretudo o de fornecimento de ar.

Dentre os dois sistemas de abertura de ar, o mais seguro é o sistema DIN. Considerado o mais confiável e utilizado em larga escala nos trabalhos e mergulhos técnicos em todo o mundo, este sistema é confeccionado de modo que o regulador de primeiro estágio com rosca seja ajustável à torneira do cilindro, além de tanto o o-ring, anel de vedação constituído de polímero, quanto o assento fiquem no primeiro estágio. Entretanto, um dos problemas mais comuns, ocorridos na torneira, é a presença de o-ring gasto, o que pode ocasionar desde um pequeno e constante vazamento durante o mergulho até vazamentos grandes, que venham a comprometer a continuidade e segurança da atividade. Além disso, grandes vazamentos podem acontecer devido ao uso ou deslocamento do o-ring de seu lugar definido, vindo a impossibilitar o correto encaixe do regulador na torneira. Por isso, os o-rings devem ser trocados periodicamente, proporcionando o perfeito encaixe dos aparelhos e correto funcionamento do equipamento (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 2-12).

**2.3.2.6** Outro problema comum nas torneiras do cilindro ocorre quando o mergulhador entra na água com ela fechada ou parcialmente fechada. Isto pode acontecer se, após preparar o equipamento para verificar o suprimento de ar ou funcionamento do regulador, o mergulhador fechar a saída de ar e não purgar a pressão. O manômetro ainda irá registrar como pleno e as mangueiras terão pressão suficiente para algumas respirações. O mergulhador ao iniciar o mergulho terá a impressão de que está tudo normal, pois conseguirá respirar duas ou três vezes, porém, logo em seguida, irá faltar ar. O mergulhador pode abrir parcialmente a torneira para verificar a pressão e esquecê-la meio aberta e mergulhar dessa maneira. Pode ocorrer, ainda, que uma torneira esteja emperrada, parecendo estar aberta, quando, de fato, está parcialmente aberta. Para evitar isso, deve-se despressurizar o regulador durante a inspeção no equipamento (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 2-12).

Para evitar a ocorrência deste problema, que pode causar acidentes e até afogamentos, comprometendo a segurança da atividade e saúde do mergulhador, é imprescindível que seja feita, na inspeção pré-mergulho, a conferência das torneiras do cilindro, verificando se estão

abertas. Caso haja alguma dúvida durante o mergulho, o manômetro deve ser conferido de imediato, pois, à medida que o mergulhador realiza o ciclo de respiração, a pressão registrada por este aparelho varia, facilitando a conferência do correto funcionamento do circuito de ar do equipamento.

## 6.9 CUIDADOS COM VÁLVULA REGULADORA

Os reguladores desempenham função de suma importância, diminuindo a pressão do ar contido no cilindro em ar respirável. Por isso devem estar com a manutenção sempre em dia, tendo como objetivo prover o suprimento de ar do mergulhador e a continuidade do mergulho. Cuidados básicos como o correto armazenamento dos reguladores 1º e 2º, evitar deixar que o material tenha contato com o solo, atentar para o correto manuseio parafusos do 1º estágio, para que não se quebrem ou venham a travar quando em contato com a torneira do cilindro, são alguns dos procedimentos a que se deve atentar quando manuseando este equipamento.

**2.3.3.7** A maioria dos problemas de funcionamento dos reguladores estão relacionados à falta de cuidado na conservação e manutenção constante do material. No período entre as manutenções, sais e minerais, bem como outros detritos, podem se acumular nas peças do regulador, criando uma resistência à respiração ou fazendo com que as válvulas apresentem vazamentos. Geralmente, os fabricantes especificam que os reguladores devem ser revisados a cada dois anos (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 2-15).

Como é constituído de diversos dispositivos, há alguns procedimentos especiais aos quais o mergulhador deve se atentar, a fim de manter a vida útil do equipamento, devido às particularidades deste. Problemas como vazamentos ocorrentes, vindos do segundo estágio, são comuns e, normalmente, são solucionados com pequenos ajustes executados no segundo estágio ajustável, sendo necessário o envio do equipamento para revisão caso isto não solucione o problema. Persistindo o vazamento, enxaguar e purgar o segundo estágio seria uma outra solução aplicável, devendo, caso o vazamento ainda persista ou seja no primeiro estágio, realizar manutenção nas válvulas (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 2-15).

Outro problema comum acontece quando o mergulhador, no momento da inspiração, inala ar junto a um pouco de água. Isto acontece quando a válvula de exaustão do segundo estágio não veda completamente a passagem de água, quando há algum rasgo, por menor que seja, no bocal. Outro motivo seria, por excesso de força na mordida, a degradação ou falta dos mordedores no bocal, que são pequenas peças de plástico destinadas a dar conforto e firmeza

para permanecer com o bocal na boca – o que ocasiona brechas e facilita a entrada de água junto ao ar, na respiração. Antes de realizar o mergulho, deve-se verificar o estado de conservação dos mordedores, trocando-os caso seja necessário, verificar se as válvulas de exaustão estão assentadas corretamente, além de checar o bocal, para averiguar se este não se encontra solto ou frouxo – colocando uma abraçadeira que o segure junto ao segundo estágio, caso necessário (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 2-16).

Durante a execução do mergulho, pode-se sentir uma maior dificuldade na respiração. Isto pode ser ocasionado pela má regulagem ou desajuste do regulador, que oferece uma respiração pesada, requerendo maior esforço do mergulhador, implicando maior fadiga no ato da respiração. A primeira solução seria realizar ajustes no segundo estágio ajustável, para correta regulagem. Caso não seja eficaz, faz-se necessária a manutenção do regulador (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 2-16).

## 6.10 CUIDADOS COM INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Assim como os outros aparelhos que compõem o equipamento de mergulho, os instrumentos de medição são imprescindíveis para que o mergulhador consiga concluir sua atividade. Haja vista que estes dispositivos o auxiliam e o direcionam na condução do mergulho, a segurança do mergulhador e da atividade está intimamente ligada à correta utilização destes aparatos. Seja no notificar da quantidade de ar restante no cilindro seja na marcação de quantos metros foram alcançados, estes aparelhos fornecem dados ao mergulhador, sem os quais a atividade não poderia ser conduzida e realizada como o é.

Para que funcionem de acordo com a finalidade para a qual foram projetados, estes equipamentos requerem alguns cuidados e procedimentos específicos. O manômetro, por exemplo, requer bastante cuidado quanto à sua aferição, cabendo ao mergulhador ser cuidadoso para que, durante o mergulho, não fique solto e não seja arrastado pelo fundo do meio aquático, já que isto pode fazer com que o material se enrosque e quebre, assim como pode vir a provocar trincas e rachaduras no aparelho. Dessa forma, deve-se verificar este aparato antes do mergulho, a fim de constatar se há a presença destas avarias e, caso haja, realizar a troca do equipamento (MANUAL DE OPERAÇÕES DE MERGULHO, 2006, p.112).

Os problemas envolvendo manômetros, em sua maioria, são ocasionados por deixar o equipamento frouxo e arrastando, em vez de deixá-lo preso ao equipamento de mergulho

completo. Quando submerso, o manômetro pode bater no fundo do ambiente aquático, em rochas ou outros obstáculos, vindo a propiciar avarias precoces na mangueira do equipamento. Além disso, as falhas nos manômetros ocorrem devido à mangueira que o alimenta e as conexões entre ela os equipamentos, sendo ocasionadas pelos muitos finos o-rings presentes entre estas conexões, podendo acarretar vazamentos se não substituídos em manutenções regulares. Por isso, deve-se atentar para o estado de conservação dos o-rings, conexões, mangueiras, verificando aténs e após o mergulho ser concluído, averiguando o desgaste da mangueira e possíveis avarias no material, substituindo ou mantendo assim que possível (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 2-17).

Todos os cuidados e medidas a serem executados em relação ao manômetro, devem ser executados da mesma forma quando se trata do profundímetro – já que este equipamento tem funcionamento similar àquele. Visto isso, as inspeções de rotina devem atentar para os tópicos vistos anteriormente, além de conduzir material sobressalente para o local de mergulho, para que, caso algum material apresente avaria durante o mergulho, esta pane seja sanada e a atividade prossiga sem maiores problemas (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 3-3).

Os computadores de mergulho mais modernos são aprimorados tecnologicamente a tal ponto que lhes permite centralizar funções e integrar outros aparelhos, reduzindo a quantidade de equipamentos necessários à execução do mergulho. Exemplo disso é a possibilidade do mergulhador fazer uso de um manômetro digital, presente em computadores de mergulho, o que possibilita obter informações como cálculo de tempo de mergulho, limite não descompressivo, dentre outras. Porém, mesmo possuindo alta precisão, caso o computador venha a apresentar pane e não funcione de alguma forma, suas informações serão negadas – sendo impossível, nesse caso, ter acesso às informações a respeito do suprimento de ar (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 2-17).

## 6.11 CUIDADOS COM O COMPRESSOR DE AR

Dentre os diversos modelos de compressor de ar disponíveis no mercado, o compressor para atividades de mergulho se destaca por possuir características distintas dos utilizados para alimentar máquinas e ferramentas pneumáticas. O compressor fabricado para ser empregado no mergulho, possui sistemas que propiciam o controle sobre a qualidade e a pureza do ar

comprimido gerado por ele – haja vista que este ar será inalado por pessoas. Ademais, o sistema de lubrificação deste compressor, específico para mergulho, possui particularidades que garantem que o ar comprimido não contenha óleo. Por isso, tendo em vista os motivos apresentados, os compressores comuns não devem ser utilizados para a recarga de cilindros de mergulho – visto que a saúde, bem como a vida do mergulhador, depende da execução dos cuidados abordados (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 7-6).

O ar comprimido inalado durante o mergulho é resultante do trabalho do compressor. Este ar é armazenado em um reservatório, dentro do compressor, o qual não permite que este retorne à câmara de compressão por meio de válvulas. Neste ponto, tubulações ligam os sistemas, formando uma rede ou caminho por onde circula o ar comprimido, até este ser injetado no cilindro. Para que o compressor não perca em eficiência e eficácia, deve-se atentar para a vedação das tubulações – para que não haja vazamentos (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 7-6).

Durante o funcionamento do compressor, deve-se manter a atenção constante à pressão de trabalho, não permitindo que esta venha a exceder a pressão máxima de carga do cilindro – a qual fica gravada no corpo do cilindro. A ultrapassagem dessa pressão pode danificar os componentes do compressor, além de provocar a ocorrência de acidentes graves, devido à explosão do cilindro ou rompimento da mangueira que o alimenta. Por isso, este processo deve ser executado por pessoal experiente e capacitado, trabalhando para manter a temperatura do cilindro constante em 21° C, imergindo-o em água durante toda a recarga (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 7-4).

**7.3.9** Ao recarregar um cilindro devem ser tomados os seguintes cuidados, em compressor:

- nunca abrir uma válvula que está em alta pressão, até que se verifique que as demais estão corretamente posicionadas;
- sempre abrir as válvulas vagarosamente;
- nunca deixar uma válvula totalmente aberta. Após abri-la totalmente, girar no sentido oposto um quarto de volta;
- nunca dar partida em um compressor sob carga. Verificar se a válvula de descarga está aberta antes de dar partida;
- verificar se o ar a ser fornecido pelo compressor está com pressão maior que a do cilindro, antes de abrir a válvula de interceptação. Isso evita que o cilindro pressione o ar dentro do compressor; e
- o cilindro que é carregado rapidamente se aquece em demasia, isso pode provocar a necessidade de carregar novamente o cilindro quando este for resfriado (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 7-4).

A fim de garantir que o ar captado para a recarga do cilindro seja da melhor qualidade possível, deve-se instalar um filtro especial, contendo carvão ativado, inclusive, junto à entrada de ar do compressor, livrando-o de qualquer substância tóxica, irritante ou nociva à saúde do mergulhador. Além disso, deve-se ter o controle da concentração de oxigênio presente no ar comprimido no cilindro, a qual deve estar entre 20% e 22% - buscando reproduzir a concentração presente no ar atmosférico (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 7-4).

**7.4.3** O sistema de admissão de ar coleta do ambiente o ar que será injetado no cilindro. Deve possuir um sistema de filtragem em perfeitas condições de funcionamento, a fim de evitar que sejam inseridas partículas sólidas e outros contaminantes no ar que será respirado pelo mergulhador (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 7-6).

Os compressores são divididos em sistema de admissão, motor, pistões e tubulações. Em se tratando dos motores deste equipamento, há os motores elétricos, que utilizam a energia elétrica para gerar trabalho, e os motores à combustão, que utilizam, para isto, a queima de combustível fóssil. Como os motores à combustão geram gases tóxicos, nocivos à saúde, os compressores que fazem uso destes motores estão caindo em desuso – os quais, devido ao risco que oferecem, não devem ser empregados (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 7-6).

Como exemplo destes gases há o monóxido de carbono, que é resultado da queima incompleta de derivados de petróleo e ao ser introduzido no cilindro, contamina o todo o ar-comprimido – propiciando diversos malefícios ao mergulhador que o inala. Por isso, a fim de determinar a concentração deste gás, presente no ar a ser usado no mergulho, deve ser instalado, na saída do compressor, um analisador de monóxido de carbono, prezando pela saúde do mergulhador e pela segurança da operação – já que, uma vez detectada concentração acima do permitido, deve ocorrer o descarte do conteúdo do cilindro, sendo este recarregado (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 7-5).

A instalação dos compressores de misturas respiratórias, sobretudo os de ar, deve ocorrer em locais apropriados para tal, observando-se a disposição destes, no ambiente, de modo que não aspirem os gases dos escapamentos de seus próprios motores, tampouco da combustão de motores de veículos, praças de máquinas, porões. Além disso, devem ser dispostos de modo a não aspirarem gases do ambiente em que se encontram, onde exista a possibilidade de contaminação (NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA PARA ATIVIDADES SUBAQUÁTICAS, NORMAM-15/DPC, 2016, p. 11-4).

Os compressores devem ser instalados em um ambiente onde ocorra a captação de ar de qualidade, o qual deve ser fresco e limpo. Se instalado em um ambiente impróprio, o compressor pode aspirar ar poluído por gases produzidos na queima de combustíveis fósseis ou resultantes de decomposição. Este processo também pode ocorrer caso o compressor esteja funcionando em más condições de uso ou com avarias, vindo a realizar, em seu motor, a queima de óleos lubrificantes – o que reitera a importância que a manutenção exerce sobre as atividades de mergulho (NOTA DE AULA DE MERGULHO AR E RESGATE, 2018, p.72).

Segundo o CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 12-13, item 12.4.3.34, deve-se prezar pela ventilação e resfriamento dos motores dos compressores, evitando o superaquecimento, reduzindo a produção de gases oriundos da vaporização de lubrificantes. Uma vez superaquecido, devido ao constante funcionamento e ausência de ventilação, o compressor pode aspirar estes gases e inseri-los no cilindro, que, se inalados pelo mergulhador podem causar intoxicação. Somente devem ser utilizados lubrificantes próprios para o compressor em questão, pois, ainda que atenda ao equipamento, outro lubrificante prejudica a qualidade do ar ou mistura gasosa utilizada no mergulho. Deve-se, ainda, efetuar o escape ou dreno dos gases residuais contidos nos compressores, após o uso.

Tendo em vista a verificação e avaliação da qualidade do ar a ser inalado pelo mergulhador, devem ser retiradas amostras periódicas de ar comprimido gerado pelo compressor em análise. Este período compreende o intervalo de 6 meses, durante o qual o compressor estará apto a ser utilizado, até que seja realizado um novo teste de pureza. Caso haja suspeita de contaminação, este intervalo se altera para entre 4 e 8 meses, ou quando há revisão do sistema (U.S. NAVY DIVING MANUAL, SS521-AG-PRO-010, 2016, p. 4-9).

Caso algum compressor seja suspeito de produzir ar contaminado ou tenha falhado em alguma análise de amostra, este compressor deve ser inutilizado, até que seja realizada a correção da origem do problema ou seja obtida análise de ar satisfatória. Assim, adotando essas medidas, ocorrerá a prevenção de acidentes de mergulho, como a intoxicação por gás nocivo à saúde ou ar contaminado. Além disso, para cada compressor de ar em uso, deve ser mantido em arquivo o relatório de análise de ar mais recente, devendo ser catalogado e dividido por número de série do compressor (U.S. NAVY DIVING MANUAL, SS521-AG-PRO-010, 2016, p. 4-9).

Tendo em vista a quantidade de componentes e o tempo de vida útil dos componentes do compressor, é de extrema importância que o plano de manutenção seja seguido e praticado, obedecendo aos prazos de manutenção, utilizando, para isto, o material definido pelo fabricante do equipamento – sobretudo filtros e lubrificantes. Como os compressores são diferentes entre



si, os cuidados e diretrizes específicas a serem adotadas estão descritas no manual do fabricante, cabendo ao mergulhador, que faz uso deste dispositivo, estudar com afinco os manuais, a fim de operar, da melhor forma possível, os equipamentos disponíveis nas unidades (CADERNO DE INSTRUÇÃO DE ATIVIDADES ESPECIAIS DE MERGULHO, 2018, p. 7-7).

Devido ao processo de aquisição vigente no Exército Brasileiro, o qual é coberto pelas regras da administração pública, os compressores disponíveis nas unidades, onde é praticado o mergulho, são de modelos e fabricantes diferentes. Esta diversidade acaba dificultando o processo de manutenção, pois, mesmo sendo os mesmos aparelhos, são constituídos de componentes diferentes, que fazem jus a diretrizes e procedimentos de manutenção diferentes.

Devido à grande variedade de modelos de equipamentos de mergulho, o processo aquisitivo de peças de reposição, contrato para execução de manutenção e o descarte de equipamentos ficam muito prejudicados, gerando burocracia desnecessária, retardando a manutenção e a aquisição de novos materiais. Portanto, caso houvesse a padronização de modelos de compressores específicos a serem adquiridos ou a limitação a uma quantidade bem pequena de fabricantes distintos, haveria maior possibilidade de chegar à solução das avarias, além de conferir mais presteza e celeridade ao processo administrativo que envolve os serviços.

## 6.12 CUIDADOS GERAIS

Como visto nos tópicos anteriores, a armazenagem do material, bem como a secagem, exerce grande influência no que tange à conservação do material. por isso, após o término do mergulho, os equipamentos devem ser lavados, sobretudo os utilizados em águas salgadas ou poluídas e dispostos à sombra, para secar completamente. Após ser concluído o tempo de secagem, os materiais devem ser armazenados em locais arejados, com temperatura ambiente não elevada, abrigados de intempéries climáticas, estando dispostos de forma a promover a ventilação entre eles.

Ademais, deve-se atentar para as condições de conservação do material, zelando pelo cumprimento do prazo de execução de manutenção – previsto no manual do fabricante ou no plano de manutenção. Com isso, com base nos argumentos já expostos, faz-se necessária a constante observação e cuidado quanto às circunstâncias de emprego do material de mergulho, assim como as diretrizes, orientações e procedimentos a serem adotados nas inspeções e avaliações do material. Dessa forma, com o material em plenas condições de uso, estará preservada a segurança da operação de mergulho, além de zelar pela saúde do mergulhador e de todos os que lidam com os materiais de mergulho.

## 7 ENTREVISTAS

Tendo em vista ratificar as constatações já apresentadas e corroborar para a confirmação das assertivas já realizadas, foi elaborado um questionário onde os militares que já desempenharam alguma função relativa ao mergulho, que realizaram missões reais com este equipamento ou que possuem experiência ou especialização nessa área, pudessem expor suas opiniões acerca da manutenção dos equipamentos de mergulho e a influência que exerce.

Neste questionário foram realizadas perguntas objetivas, de múltipla escolha, e perguntas subjetivas, discursivas, cada qual com um objetivo diferente, quer levantar dados quantitativos relativos à determinada prática ou atividade, quer colher informações e aprendizados de mergulhadores mais experientes. Foram realizadas questões com as seguintes temáticas:

- I. Influência da manutenção dos equipamentos de mergulho no sucesso das missões;
- II. Importância da difusão da mentalidade de manutenção voltada ao mergulho;
- III. Como a manutenção afeta a vida útil do material;
- IV. Com qual nível de importância os mergulhadores enxergam a manutenção dos equipamentos de mergulho;
- V. Como é avaliado o estado de conservação dos materiais;
- VI. Qual o grau de conhecimento sobre manutenção dos mergulhadores que responderam;
- VII. Existência de pessoal capacitado para executar a manutenção;
- VIII. Importância de verificar o estado dos materiais antes de mergulhar; e
- IX. Necessidade de manutenção periódica.

A partir dos dados obtidos nas entrevistas e no questionário, foi feita a análise das respostas bem como estabelecida a relação com as informações abordadas durante o trabalho. Dessa forma, buscou-se comprovar a veracidade dos fatos abordados durante a execução desta pesquisa, realizando conexões entre os conteúdos, chegando-se aos seguintes resultados que seguem abaixo:

### 7.1 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

De acordo com a pesquisa realizada, tendo como universo os militares de engenharia que possuem experiência relacionada à atividade de mergulho, sendo o espaço amostral de 19 militares, foi comprovada a real importância que a tese apresentada no início do trabalho possui para o mergulho, assim como a contribuição que esta pode gerar para a literatura de mergulho, no que tange a manutenção, e a preservação dos materiais.

Com relação às informações colhidas junto à primeira questão disponibilizada na entrevista, o primeiro resultado importante obtido, foi que para 84,2% dos militares

entrevistados, a manutenção dos equipamentos de mergulho exerce grau máximo de influência no sucesso da execução das missões. Por outro lado, 15,8% dos que responderam à pesquisa, alegaram que é grande a influência da manutenção, porém não é o aspecto mais influente – no que tange à possibilidade de emprego da tropa – quando se trata sucesso da missão.

A partir desses dados pode-se inferir que, para aqueles militares que utilizam os materiais de mergulho, a manutenção exerce papel principal na garantia de que os materiais estarão disponíveis para ser empregados tão logo seu uso se faça necessário. Logo, a certeza de que os materiais estarão disponíveis para pronto emprego está intimamente relacionada à execução do ciclo de manutenção dos equipamentos.

Dando continuidade à entrevista, foi abordado com os militares a provável influência ou alguma importância presente em difundir, entre os militares que fazem uso dos equipamentos de mergulho, quer os que operam quer os que executam a manutenção. Foi unânime a resposta obtida. Todos os entrevistados concordaram que, sem dúvidas, é de extrema importância a difusão desta prática, bem como a criação do hábito e da mentalidade de manutenção àqueles que têm contato com estes materiais.

A manutenção destes materiais é de suma importância, devendo ser internalizada e fixada no DNA do militar que lida com estes dispositivos – a qual deve ser prática constante e natural. Desta forma, com base na experiência e conhecimento de militares que utilizam rotineiramente esses equipamentos e conhecem as principais demandas e maiores dificuldades referentes aos materiais de mergulho pode-se afirmar que, esta prática deve ser um hábito.

Em seguida, foi solicitado ao entrevistado que respondesse com sinceridade, de acordo com a experiência e conhecimentos que este adquiriu com os anos de tropa e as atividades que executou, se de alguma forma as condições de armazenamento e de manutenção influenciavam na vida útil, do material, estipulada pelo fabricante. Como resposta ao pedido, foi observado unanimidade positiva, ou seja, todos os que responderam afirmaram que as condições de armazenamento podem acarretar consequências positivas ao material, desde que sejam observadas corretamente.

Ainda com relação a este item, foi respondido, por um entrevistado, que as condições de armazenamento nivelam a durabilidade e confiabilidade do material, e que a falta de conhecimento específico faz com que o material seja mal acondicionado. Por outro lado, outro entrevistado informou que o local de acondicionamento destes materiais deve ser aerado e protegido do sol, a fim de não reduzir a vida útil do material. Foi constatado, ainda, que este armazenamento pode influenciar diretamente na deterioração do material, provocando um desgaste prematuro, a ponto de torná-lo inutilizável.

De acordo com outro entrevistado, o local de armazenamento e a forma em que os materiais são dispostos nivelam sua confiabilidade e durabilidade. Cabe ao responsável pela manutenção, segundo um entrevistado, se basear no manual do fabricante e seguir estritamente as recomendações e diretrizes por este estabelecidas. Por fim, para outro entrevistado, é necessário investir em pessoal capacitado para realizar o manuseio dos materiais de mergulho.

Segundo avaliação dos entrevistados, quando questionados sobre o estado de conservação dos materiais de mergulho, encontrados nas unidades de engenharia, somente 25% das respostas obtidas indicaram que estes equipamentos estão em estado muito bom de conservação. Porém, 50% das respostas apontaram como estando em bom estado de conservação os materiais, estando regular para os outros 25% de respostas obtidas.

Observa-se, com a análise destas respostas, que, a manutenção é sim executada, ainda que em escalas de intensidade e regularidade diferentes, mas poderiam ser melhor administradas. Caso fossem, não haveria nenhum material em estado regular de conservação e todos estariam em muito bom ou até mesmo excelente estado de conservação. Por isso, como observado, é cada vez mais importante que os materiais sejam bem mantidos, após o mergulho, e regular e periodicamente, após armazenados.

Foi perguntado também a respeito do nível de importância atribuído, pelos mergulhadores, à manutenção. Como resposta, 31,6% das respostas apontaram que os mergulhadores consideram importante a execução da manutenção, 21,1% atribuíram à esta prática a qualidade de indispensável e para os outros 31,6% dos entrevistados, os mergulhadores enxergam a manutenção dos equipamentos de mergulho como algo extremamente importante. Isto deixa claro que, ainda que aquém do necessário, pouco a pouco vem sendo disseminada e cobrada a execução da manutenção destes materiais e crescendo o grau de consideração atribuído à esta atividade.

Todavia, um dado preocupante é que, para 15,8% dos militares que responderam à pesquisa, os mergulhadores enxergam a manutenção como sendo necessária, somente – o penúltimo nível de resposta estabelecido na entrevista. Com isso, observa-se que a manutenção, para alguns, ainda não é considerada importante tanto quanto deveria, reiterando a importância de incutir nos mergulhadores a responsabilidade que possuem para com a conservação dos equipamentos de mergulho e a influência que a manutenção exerce na conservação e disponibilidade destes materiais.

Em prosseguimento à pesquisa, os militares foram questionados a respeito do estado de conservação dos materiais de mergulho encontrados nas unidades de Engenharia. Como resposta, 5,3% dos entrevistados afirmaram estar em estado excelente, 10,5% alegaram se

encontrar em ótimo estado, 21,1% classificaram como estando em muito bom estado de conservação e 42,1% atribuíram a classificação de bom, para os materiais com que tiveram contato. Estes são dados muito positivos, os quais deixam claro que há sim quem trabalhe e se preocupe com a conservação destes meios que são tão caros à Engenharia.

Os outros 21,1%, por outro lado, afirmaram que os equipamentos estão em estado regular de conservação, o que é preocupante, pois, como são equipamentos relativamente caros e bastante utilizados, deveriam ser melhor mantidos. Estes dados explicitam a necessidade clara que há em aumentar a quantidade de pessoal capacitado e melhorar cada vez mais a capacitação destes militares, para realizar a manutenção destes materiais, fazendo com que o estado de conservação destes materiais melhore sensivelmente.

Conforme pergunta desta mesma entrevista, 10,5% dos entrevistados afirmaram ser peritos sobre esta área específica, 26,3% possuem grau de conhecimento avançado e 31,6% possuem grau de conhecimento intermediário. Este grau de conhecimento pode ter sido alcançado por meio de cursos e especializações de mergulho, que abordassem este assunto, ou cursos especificamente de manutenção. Os outros 31,6% dos entrevistados, entretanto, só possuem conhecimento básico a respeito da manutenção dos equipamentos, que pode ter sido obtido empiricamente ou por meio de instruções básicas de mergulho.

Quando questionados sobre a qualificação dos militares integrantes das unidades de engenharia, à qual pertenciam, no que diz respeito à manutenção destes materiais, 70,6% dos entrevistados afirmaram que haviam, sim, pessoal especializado nesta área de interesse. Este é um dado muito interessante, e positivo, pois reflete a preocupação crescente com a capacitação e especialização dos militares que executam atividades voltadas ao mergulho, sobretudo no que se refere ao aprimoramento técnico-profissional do pessoal responsável pelas atividades de manutenção a ser realizada nos equipamentos.

Ainda que seja positivo saber que há muitos militares capacitados, distribuídos pelas unidades de engenharia, estes dados não são de todo satisfatório, pois, os outros 11,8% de entrevistados, por outro lado, informaram não haver, em suas unidades, pessoal capacitado a manter estes dispositivos. Esses dados deixam claro que, ainda que haja pessoal especializado, ainda não são suficientes para satisfazer as demandas de manutenção existentes nos mais diversos quartéis de engenharia. Os outros entrevistados não estavam servindo em unidades de engenharia ou outras unidades com meios e pessoal voltados ao mergulho.

Por isso, é de extrema importância que sejam encaminhados cada vez mais militares a realizar o Estágio de Manutenção de Equipamentos de mergulho, ministrado no Centro de Instrução de Engenharia, sediado em Araguari-MG, a fim de que sejam preenchidas as lacunas

de pessoal capacitado e especializado a realizar esse tipo de manutenção. Somado a isso, seria muito interessante e importante que mais militares, que ministram estes estágios, realizassem cursos e estágios, voltados a esta área, quer em instituições e corporações militares quer em entidades civis, como empresas e escolas, para que, dessa forma, seja acrescida a capacitação desses instrutores, aumentando o nível e a qualidade do conhecimento fornecido aos alunos.

Em outra parte desta entrevista foi questionado se a falta da manutenção correta, não executada nos equipamentos de mergulho, ofereceria algum risco à segurança do mergulhador que se utilizasse deste material. Como resposta, alguns militares destacaram as prováveis falhas nos equipamentos, que podem ocorrer abaixo da água, ocasionando perda de ar prematura, por pane nos equipamentos, provocando medidas a fim de evitar o pior, que seria afogamento e morte, exigindo ações como subida de emergência, comprometendo o sucesso da missão, ou em casos extremos, gerando doenças respiratórias que podem evoluir e, conseqüentemente, levar o mergulhador a óbito.

Como exemplo disso, foram citadas as possíveis falhas nos equipamentos responsáveis por fornecer ar, em que este ar contido pode estar contaminado e vir a causar intoxicação no mergulhador – acarretando doença respiratória, e possível óbito. Há, ainda, a possibilidade de falha no fornecimento de ar, ocasionado por rompimento de o-rings, avarias ou rompimento em mangueiras ou no diafragma do regulador, além de panes na traqueia ou o rompimento das válvulas do colete equilibrador e perda de flutuabilidade em caso de infladores mal mantidos.

Ainda conforme esta questão da entrevista, o controle de flutuabilidade pode ser comprometido caso o profundímetro esteja avariado ou apresente falha, podendo acarretar ao mergulhador uma doença descompressiva, haja vista a perda de controle da taxa de gases nocivos dissolvida na corrente sanguínea. É possível que ocorra o enchimento indiscriminado do colete, no fundo, promovendo a perda de controle do mergulhador sobre a flutuabilidade, forçando-o a subir subitamente, ocasionado uma embolia traumática pelo ar.

Por último, podem ocorrer pequenas falhas, que, no final, podem comprometer o cumprimento da missão, e em último caso, provocar efeitos irreparáveis, podendo acarretar o óbito do mergulhador. Desde nadadeira ressecada que gera dores nos pés e possível lesão ao mergulhador, falta de roupa de proteção adequada ou rasgos na roupa, que ocasionem hipotermia ou barotraumas cutâneos, respectivamente, a um pequeno vazamento do 2º estágio, que pode vir a zerar o ar do mergulhador. Estas, a princípio, pequenas panes podem tomar proporções gigantescas e gerar conseqüências irreparáveis, tanto ao material quanto à vida do mergulhador.

Com base nisso, é cada vez mais importante que sejam executadas, periodicamente, manutenções, em todos os níveis e escalões, nos equipamentos que são constantemente utilizados pelos mergulhadores – a fim de que sejam dirimidos os níveis de probabilidade de ocorrência de acidentes. Deve-se atentar, também, para o prazo de validade de cada equipamento, respeitando o desgaste natural de cada material, prevendo a sua manutenção em tempo oportuno, para que não seja necessária a substituição prematura deste equipamento e realizar a substituição deste quando houver a oportunidade.

Foi questionada a necessidade da execução desta manutenção periódica nos materiais, e a resposta foi unanimemente positiva. Todos os entrevistados acreditam ser de extrema importância a realização de manutenção em um determinado período de tempo, controlando e registrando os serviços já executados e quais ainda cabem ser executados. Para a maioria esmagadora, senão a totalidade dos materiais de mergulho, possuem especificações do fabricante a respeito do prazo de manutenção a ser realizada – que deve ser seguida e serve de norte para balizar ações a executar com outros materiais.

Para outro militar, o mergulhador deve executar esta manutenção, em 1º escalão, já após o mergulho, e o 2º escalão fica a cargo do pessoal especializado e responsável – sem esquecer do material já armazenado, que também carece de manutenção. Há, também, materiais que necessitam de diferentes formas de manutenção, podendo se aplicar, dependendo da situação, manutenção preditiva, corretiva, preventiva – como é o caso dos que possuem componentes internos, como o compressor de ar e regulador.

Assim, pode-se afirmar que a manutenção executada periodicamente produz resultados muito positivos, pois, além de promover a disponibilidade de material a ser empregado a qualquer momento, também aumenta a probabilidade de o material não apresentar falhas, durante o uso, e continuar sendo empregado – garantindo o sucesso da missão. Por isso, é de suma importância que sejam elaborados planos de manutenção ou sejam estabelecidos metas e objetivos a serem alcançados, de modo que todos os materiais disponíveis para pronto emprego, sejam utilizados em plena capacidade – sem oferecer risco de vida aos militares que se utilizam destes.

Quando perguntados sobre a importância de ser executada, pelo mergulhador, a verificação do estado de conservação e manutenção de seu equipamento antes de imergir, os entrevistados responderam de forma enfática como sendo de extrema importância esse procedimento. Para aqueles que responderam, este procedimento não só evita panes durante a execução da atividade, como também evita que o mergulho tenha que ser abortado ou suspenso após iniciado. É, sem dúvida, a inspeção de maior importância no mergulho, pois

o mergulhador, habilitado, deve possuir conhecimento sobre o funcionamento de seu material e como identificar possíveis falhas em seu equipamento.

Esta prática evita, também, que haja perda demasiada de ar respirável abaixo da linha de superfície, o que reduziria o tempo de fundo e comprometeria a conclusão da missão. Além disso, esta verificação primária seria responsável por evitar possíveis lesões às quais o mergulhador está sujeito quando submerso – como o barotrauma cutâneo e as doenças descompressivas. O mergulhador precisa saber o mínimo de manutenção para realizar uma inspeção primária antes do mergulho e entregar para o detentor da carga o equipamento com a manutenção mínima, pós operação, já realizada.

Foi exposto por outro militar que o mergulhador faz parte da cadeia de manutenção, devendo deixar seu material em condições de ser empregado novamente tão logo deixa o meio aquático, sendo responsável por realizar manutenção preventiva pós mergulho. Ainda para este mergulhador, o usuário dos materiais de mergulho é o responsável direto por verificar as condições de conservação e manutenção de forma mais detalhada e não deve se eximir desta responsabilidade – haja vista que ele mesmo utilizará o material posteriormente.

Ao final da entrevista foi solicitado aos militares que responderam às perguntas que deixassem algum comentário, expondo alguma experiência ou fato ocorrido em suas carreiras relacionados a esta área do mergulho. Foi observado que grande parte dos comentários se dirigia às formas e locais de armazenamento dos materiais de mergulho, disponíveis em suas unidades.

Alguns comentários diziam que os materiais estavam em estado de deterioração quase irreversível, outros que os materiais ficavam expostos a poeira, calor excessivo e pouca ventilação. Esses problemas foram solucionados com a mudança do local de armazenamento dos materiais, assim como a mudança na forma em que estes estavam dispostos nestes locais.

Outro comentário destacou a grande importância que possui o Estágio de Manutenção de Equipamentos de Mergulho, haja vista que capacita os militares das unidades de engenharia que possuem material de mergulho, assim como as outras unidades onde esta atividade é desempenhada. Para este militar, que já havia sido Instrutor Chefe do Centro de Instrução de Engenharia, este estágio é de grande importância, devendo ser difundido e empregado todo o conhecimento adquirido nele, melhorando as técnicas de manutenção aplicadas, por estes profissionais capacitados e por aqueles a quem estes ensinam, nos equipamentos de mergulho.

Para outro militar, é importante que militares tanto militares de carreira como temporários participem do estágio de manutenção, pois, na visão deste militar, a alta rotatividade em algumas guarnições acaba abrindo claros de militares capacitados para realizar a manutenção. Outro militar informou que, em um mergulho não planejado, de emergência, em



que teve que utilizar equipamento de outro órgão público, que não o Exército Brasileiro, e em outra oportunidade, em que mesmo o material sendo mantido previamente, ainda assim, nessas situações, o material apresentou falhas e vazamentos. Segundo ele, os problemas e incidentes ocorridos poderiam ter sido facilmente solucionados caso as manutenções previstas fossem realizadas.

Por fim, um aspecto presente em muitas, senão todas, as unidades que possuem este material disponível para uso, e que atrapalha e posterga a realização da manutenção, quando esta se faz necessária, é o processo de aquisição da administração pública em vigor. Como não se pode delimitar a marca que se quer comprar, a não ser por meios e caminhos bem específicos, por vezes se torna necessário adquirir material já existente na unidade, por este ser de marca diferente daqueles já disponíveis da marca dos outros componentes.

Isto provoca uma situação muito delicada, pois, por vezes há equipamentos necessitando da realização de manutenção, mas não há peças e componentes necessários para a execução do serviço pelo simples fato de que os equipamentos não são do mesmo fabricante. Por isso, seria de extrema valia padronizar os equipamentos de mergulho a ser adquiridos pelas unidades que se utilizam deles, a fim de uniformizar os equipamentos disponíveis para a prática do mergulho – promovendo a melhoria e celeridade ao processo de manutenção dos componentes.

## 8 CONCLUSÃO

Tendo em vista os fatos que aqui foram expostos e as experiências aqui apresentadas, os dados de manual aqui elucidados, assim como os conhecimentos adquiridos durante a execução desta pesquisa e a elaboração deste trabalho, conclui-se que a manutenção dos equipamentos de mergulho é, de fato, de extrema importância para as atividades e operações que fazem uso dos materiais de mergulho – sendo essencial a vida orgânica das Organizações Militares que dispõem destes materiais.

A partir dos fatos que foram observados ao longo desta pesquisa e os dados que foram colhidos, bem como o conhecimento e a experiência de outros militares que estão há mais tempo envolvidos com esta atividade, é possível concluir que em todas as atividades de mergulho, a manutenção dos equipamentos nelas utilizados exerce papel principal – já que garante a disponibilidade de utilização do material e que estes se mantenham em perfeito funcionamento enquanto estiverem sofrendo demanda por parte do operador.

É possível, ainda, afirmar que a manutenção é protagonista no que diz respeito a garantir que o material não ofereça riscos à saúde do militar que fizer uso destes equipamentos, pois, uma vez em condições de ser empregado, será menor a probabilidade do material apresentar algum comportamento nocivo àquele que o estiver operando. Com isso, o material bem mantido, dentro do prazo de validade estipulado pelo fabricante, terá menor probabilidade de trabalhar de forma que apresente algum risco à saúde ou integridade física do mergulhador.

Porém, para isso, cabe ao militar que fizer uso dos equipamentos, realizar a manutenção prevista, que lhe cabe, assim que finalizar o mergulho – não importando as condições a que o mergulhador estiver sujeito quando terminar o mergulho. Caso este esteja impossibilitado de realizar a manutenção, assim que for encerrada a atividade, deve-se escalar outro militar para fazê-la ou realizar este serviço tão logo seja possível.

Esta manutenção prévia, mesmo que sumariamente ou superficial, é executada limpando os equipamentos de restos ou dejetos orgânicos que possivelmente estejam na água, retirando a água salgada de dentro dos componentes – caso tenham sido imersos neste meio – ou lavando para tirar o sal dos componentes de borracha. Isto garante que sejam retirados agentes, ora presentes nos equipamentos, que acelerariam a deterioração prematura do material. Além disso, uma vez já livres desses agentes, a armazenagem será melhor executada – devendo aguardar somente que estes materiais sequem e não haja a presença de água no interior do material.

Da mesma forma que os cuidados executados antes de armazenar os materiais, o local de armazenagem é de extrema importância, pois, caso seja escolhido um local não adequado,

onde sejam negligenciadas as condições ideais de armazenamento – como a ventilação adequada, pouca exposição ao calor ambiente e longe de garagens e locais onde há trânsito de automóveis – a deterioração deste material será acelerada de forma que este material venha a se tronar inservível bem antes do tempo previsto. Por isso, cresce de importância a escolha ideal dos locais de armazenagem, para que os materiais disponíveis para pronto emprego permaneçam nestas condições, sem que haja o descarte prematuro do material.

Cabe ao militar responsável por executar a manutenção ou ao chefe da equipe responsável por esta atividade, verificar, periodicamente, a situação dos materiais que estão armazenados e, caso seja possível ou necessário, realocá-los ou movimentá-los, a fim de que não fiquem por muito tempo estáticos na mesma posição. Dessa forma os materiais não ressecarão ou apresentarão falhas por falta de manuseio. Periodicamente deve ser executada a manutenção, dentro de seus níveis e classificações, devendo o militar responsável determinar se há necessidade de realizar manutenção preditiva, corretiva ou preventiva.

Para essa ocorrer da melhor forma possível, fica evidente que o militar ou a equipe de manutenção, responsável por manter os equipamentos de mergulho em condições de uso e a pronto emprego, deve ser capacitado para exercer tal função. Por isso, é indispensável que os militares, das unidades que possuem estes materiais, realizem o Estágio de Manutenção de Equipamentos de Mergulho, a fim de se capacitarem da melhor forma e difundir os conhecimentos e habilidades adquiridos durante o estágio a todos aqueles que lidam diretamente com este material – melhorando, assim, a qualidade dos serviços prestados.

É evidente que a mentalidade de manutenção, em se tratando de outros materiais, é bem difundida no âmbito do Exército Brasileiro, porém, é observado que muitos ainda não se interessam por se aprofundar nesta área – quando voltada ao mergulho. É indispensável, que, pouco a pouco, a mentalidade de manutenção relacionada aos equipamentos de mergulho seja inculcada e difundida a todos os que fazem uso deste material – haja vista que muitos componentes são de polímero, outros de metal e vidro, além dos materiais sensíveis que compõem dispositivos maiores, como o regulador.

Por fim, conclui-se que caso houvesse uma forma diferente de aquisição, em que pudesse ser escolhida a empresa ou a marca do produto a ser adquirida, os produtos adquiridos teriam uma vida útil muito maior – haja vista que haveria mais material disponível para a realização da manutenção. Por isso, recomenda-se que seja feita, sempre que possível, a aquisição de uma só marca ou algumas poucas marcas de equipamentos de mergulho, a fim de conseguir, no futuro, fazer aquisição de material para reparo e a possível especialização dos militares a realizar manutenção de maior qualidade nos equipamentos.

## REFERÊNCIAS

DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS. **NORMAM-15: Normas da Autoridade Marítima Para Atividades Subaquáticas**. 2ª Revisão ed. Rio de Janeiro, 2016.

CORPO DE BOMBEIROS MILITARES DO ESPÍRITO SANTO. **NORMERG 01: Norma de Mergulho N° 01/NORMERG**. 1ª Edição ed. Espírito Santo: CBMES, 2017-2018.

BRASIL. DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO. **NARMENG: Normas Administrativas Relativas Ao Material De Engenharia**. 1ª Edição ed. Brasília - Df, 2018.

CORPO DE BOMBEIROS MILITARES DO ESTADO DE GOIÁS. **Manual Operacional De Bombeiros – Mergulho Bombeiro Militar**. 1ª Edição, 2018. Goiânia – GO.

CORPO DE BOMBEIROS MILITARES DO ESTADO DE GOIÁS. **Manual De Mergulho Autônomo**. 1ª Edição, 20??. Goiânia – GO.

CORPO DE BOMBEIROS MILITARES DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Coletânea de Manuais Técnicos de Bombeiros. Manual de Operações de Mergulho**. 1ª Edição, Volume 27, 2006. São Paulo – SP.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. Exército Brasileiro. Departamento de Educação e Cultura do Exército. **Manual de Ensino (EB60-ME-22.401), Gerenciamento da Manutenção** - 1ª Edição, 2017, aprovado pela Portaria nº 115 / DECEX, de 7 de junho de 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. Exército Brasileiro. Comando de Operações Terrestres. **Caderno de Instrução de Atividades Especiais de Mergulho (EB70-CI-11.418)** – Edição Experimental, 2018, aprovado pela Portaria nº 114 / COTER, de 11 de outubro de 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. **Manual de Ensino (T 5-505), Manutenção do Material de Engenharia** - 2ª Edição, 2000, aprovado pela Portaria nº 073 / EME, de 10 de julho de 2000.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. **Manual de Campanha (C 5-10), O apoio de Engenharia no Escalão Brigada** - 2ª Edição, 2000, aprovado pela Portaria nº 085 / EME, de 15 de agosto de 2000.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. **Manual de Campanha (C 5-34), Vade-Mécum de Engenharia** - 3ª Edição, 1996, aprovado pela Portaria nº 060 / EME, de 05 de julho de 1996.

UNITED STATES OF AMERICA. US Navy. **US Navy Diving Manual: SS521-AG-PRO-010**, 2016.

BRASIL. CENTRO DE INSTRUÇÃO DE OPERAÇÕES ESPECIAIS. Documentação. **Nota de Aula de Mergulho a Ar e Resgate**. 2ª Edição, 2018, Niterói – RJ