

LUIZ FERNANDO THEODORO DE CASTRO

**O ESTADO DA ARTE DOS SISTEMAS DE SALVAMENTO E
RESGATE EM SUBMARINOS:**

Práticas atuais e a possibilidade futura de modernização da
capacidade operacional no país

Trabalho de Conclusão de Curso -
Monografia apresentada ao Departamento de
Estudos da Escola Superior de Guerra como
requisito à obtenção do diploma do Curso de
Altos Estudos de Política e Estratégia.

Orientador: Eng^a Maria Cristina Françoso.

Rio de Janeiro
2018

Este trabalho, nos termos de legislação que resguarda os direitos autorais, é considerado propriedade da ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA (ESG). É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que sem propósitos comerciais e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do autor e não expressam qualquer orientação institucional da ESG

Assinatura do autor

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C355e Castro, Luiz Fernando Theodoro de.

O Estado da Arte dos Sistemas de Salvamento e Resgate em Submarinos: práticas atuais e a possibilidade futura de modernização da capacidade operacional no país / Engenheiro Naval Luiz Fernando Theodoro de Castro. - Rio de Janeiro: ESG, 2018.

144 f.: il.

Orientadora: Engenheira Maria Cristina Françaço.

Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia apresentada ao Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra como requisito à obtenção do diploma do Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia (CAEPE), 2018.

1. Salvamento e Resgate. 2. Acidentes. 3. Cápsula de Escape. 4. Submarino. I. Título.

CDD - 359.9383

A Deus, por conduzir a minha vida por planos, sempre maiores que meus sonhos.

A meus pais, Seraphim e Virgínia, cujo o exemplo de vida sempre me inspirou a ter perseverança nos objetivos pessoais.

Aos meus irmãos, amigos, e colegas de trabalho, que durante o meu período de formação contribuíram com ensinamentos e incentivos.

A minha gratidão, em especial à minha esposa Gislaine e meu filho Luiz Guilherme, pelo amor, apoio e compreensão, demonstrados como resposta aos momentos de minhas ausências e omissões, em dedicação às atividades da ESG, sem os quais o resultado atingido não seria o mesmo.

AGRADECIMENTOS

Aos meus professores de todas as épocas por terem sido responsáveis por parte considerável da minha formação e do meu aprendizado.

À minha orientadora, engenheira Maria Cristina Françoso, agradeço a paciência, dedicação, profissionalismo e a maneira sempre amiga, com que compartilhou inestimáveis conhecimentos, fundamentais para a condução deste estudo; e sobretudo pela confiança em mim depositada, no decorrer deste ano. Passei a admirar o seu entusiasmo, a forma exemplar e vibrante com que se dedica à sua profissão. Me faltarão sempre palavras para expressar toda minha gratidão.

Ao Capitão-de-Mar-e-Guerra (RM1) Caetano Tepedino Martins, membro do Corpo Permanente da Escola, pelos prestimosos aconselhamentos quanto à observância das normas previstas pela ESG concernentes à formatação do TCC e inúmeras revisões feitas ao trabalho, algumas destas em detrimento de seus momentos de descanso com a sua família.

Aos estagiários do CAEPE 2018, Turma Ética e Democracia, pelo convívio harmonioso de todas as horas, cuja amizade passou a transcender às salas de aulas. Independente dos diferentes caminhos que sigamos, os laços de amizade feitos na ESG serão para toda a vida.

Ao Corpo Permanente da ESG pelos ensinamentos e orientações que me fizeram refletir, cada vez mais, sobre a importância de se estudar o Brasil, com a firme convicção que estamos colaborando para uma Pátria maior e que valorize, cada vez mais, os filhos desta terra.

Por fim, à Marinha do Brasil, pela oportunidade dada para a realização deste curso, de grande valia para a minha formação no assessoramento de alto nível.

Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer!

Mahatma Gandhi

RESUMO

Esta monografia realiza um levantamento dos acidentes submarinos ocorridos nos últimos 50 anos no mundo, relacionando suas causas e percentuais de ocorrência. Verifica os aspectos evolutivos dos recursos técnicos empregados para o escape submarino por iniciativa da tripulação, e para o salvamento e resgate, com interferências de equipes de superfície e outros meios navais, elencando vantagens e desvantagens entre cada uma dessas técnicas empregadas pelas diversas marinhas. Ressalta a importância para a consecução de operações exitosas de salvamento, de aspectos, tais como a disponibilidade de aprestos médicos, da necessidade de interoperabilidade entre os diversos setores e meios navais para a condução de ações coordenadas que permitam o socorro em tempo hábil, bem como sobre o preparo psicológico da tripulação; particularidades que conferem ao tema escolhido, um caráter multidisciplinar. Contempla ainda reflexão acerca da atual capacitação da Marinha do Brasil para empreender ações de socorro e salvamento submarino em águas territoriais brasileiras, assim como sobre a possível necessidade de aprimoramento destes recursos, de forma a adequarem-se aos novos submarinos convencionais e de propulsão nuclear que, em futuro próximo, passarão a integrar a nossa Força de Submarinos. Por fim, delineia uma proposta de sistema de salvamento, com base no conceito de cápsula de escape para o submarino brasileiro de propulsão nuclear e propõe requisitos técnicos que poderão auxiliar o projeto e construção de um novo Navio de Socorro e Salvamento para a Marinha do Brasil.

Palavras-chave: Salvamento e Resgate. Acidentes. Cápsula de Escape. Submarino.

ABSTRACT

This monograph presents a data collection of submarine accidents that occurred in the last 50 years in the world, relating their causes and percentage of occurrence. It verifies the evolutionary aspects of the technical devices used for submarine escape based on the initiative of the crew, and for the salvage and rescue with interferences of surface teams and other naval vessels; listing advantages and disadvantages between each of these techniques used by the different navies. Emphasizes the importance of achieving successful salvage operations, such as the availability of medical assistance, the need for interoperability between the various sectors and naval resources to carry out coordinated actions to enable timely rescue, as well as on the psychological preparation of the crew; particularities that give the chosen theme a multidisciplinary character. It also evaluates the current capacity of Brazilian Navy to undertake Search and Rescue Operations in Brazilian territorial waters, as well as on the possible need to improve these resources, in order to adapt them to the new conventional and nuclear submarines, which in future will join the Brazilian Submarine Force. Finally, it outlines a proposal for a rescue system, based on the concept of an escape capsule for the Brazilian nuclear-powered submarine, and proposes technical requirements that can help the design and construction of a new Rescue and Salvage Ship for the Brazilian Navy.

Keywords: *Safety and Rescue. Accidents. Escape Capsule. Submarine.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADRO 1	Levantamento dos acidentes/incidentes ocorridos com submarinos entre o pós-guerra e o ano de 2005, não considerados na análise de TINGLE (2009).....	87
QUADRO 2	Levantamento dos acidentes/incidentes ocorridos com submarinos, posteriores ao ano de 2005 até atualidade, fora do escopo da análise de TINGLE (2009).....	88
QUADRO 3	Correlação entre as principais causas de acidentes com submarinos e percentuais de ocorrências.....	89
FIGURA 1	Histograma normalizado para submarinos afundados e fatalidades.....	95
FIGURA 2	<i>USS THRESHER</i> (SSN-593).....	96
FIGURA 3	<i>USS SCORPION</i>	96
FIGURA 4	Casco do SN russo <i>KURSK</i> (K-141) retirado do fundo do mar.....	97
FIGURA 5	Submarino Diesel-elétrico (S-42) “ <i>San Juan</i> ”.....	97
FIGURA 6	Região do desaparecimento do SB “ <i>San Juan</i> ”, no Atlântico Sul.	98
FIGURA 7	Rota descrita pelo SB “ <i>San Juan</i> ” até seu último contato com a Base.....	99
FIGURA 8	Recorded Peacetime Sinkings Worldwide.....	100
FIGURA 9	Levantamento do quantitativo de submarinos no mundo.....	101
FIGURA 10	Dados relativos a acidentes com submarinos ocorridos no período de 1946 a 2005.....	102
FIGURA 11	Gráfico distributivo das causas de acidentes submarinos.....	102
FIGURA 12	Acúmulo das ocorrências de acidentes com submarinos e fatalidades no período de 1946 a 2005.....	103
FIGURA 13	Sistema de escape alemão <i>Dräger</i>	103
FIGURA 14	Sistema de escape inglês DSEA.....	104
FIGURA 15	Sistema de escape americano <i>Momseng Lung</i>	104
FIGURA 16	Método subida livre (<i>Free Escape</i>).....	105
FIGURA 17	Ilustração da Subida Livre (<i>Free Escape</i>).....	105
FIGURA 18	Protótipo britânico para o <i>Hood Inflation System</i> utilizado no escape ou ascensão livre (<i>Free Ascent</i>).....	106

FIGURA 19	Equipamento <i>Steinke Hood</i> utilizado no método de escape ou ascensão livre (<i>Free Ascent</i>).....	107
FIGURA 20	Quadro indicativo do tempo máximo de permanência no fundo em função da profundidade para evitar a doença descompressiva.....	107
FIGURA 21	Vestimenta do tipo SEIE <i>Mark 10</i> utilizada para escape no método de flutuação rápida (<i>Free Ascent</i>).....	108
FIGURA 22	Vestimenta do tipo SEIE com balsa integrada utilizada para escape no método de flutuação rápida (<i>Free Ascent</i>).....	108
FIGURA 23	Centro de Treinamento de Escape Submarino da Royal Australian Navy (RAN), localizado na Base de Submarinos HMAS <i>Stirling</i>	109
FIGURA 24	Interior da torre de mergulho no Centro de Treinamento da <i>Royal Australian Navy</i> (RAN).....	109
FIGURA 25	Treinamento de escape pelo tubo de torpedo realizado pela Marinha Indiana.....	109
FIGURA 26	Concepção artística de escape pelo tubo de torpedo.....	110
FIGURA 27	Curvas isóbatas ao longo do litoral brasileiro.....	111
FIGURA 28	Cápsula esférica de escape dos submarinos alemães (Esfera Alemã de GABLER).....	112
FIGURA 29	Cápsula esférica alemã para escape.(Esfera de GABLER).....	112
FIGURA 30	Cápsula de Escape utilizada no submarino russo <i>Kostroma</i> , Classe " <i>Sierra I</i> ".....	113
FIGURA 31	Arranjo interno da cápsula de escape russa.....	113
FIGURA 32	Cápsula de escape utilizada no submarino russo <i>Severodvinsk</i> Classe " <i>Yansen</i> ".....	114
FIGURA 33	Cápsula de escape russa sendo testada no mar.....	114
FIGURA 34	Cápsula de escape alemã no submarino indiano da IKL Classe 209.....	115
FIGURA 35	Cápsula de escape alemã no submarino indiano sendo testada no mar.....	115
FIGURA 36	Ilustração mostrando a ejeção da cápsula de escape do K-278 com cinco tripulantes a bordo.....	116

FIGURA 37	Subida do submarino em emergência utilizando ampolas de hidrazina.....	116
FIGURA 38	<i>MacCann</i> câmara de resgate.....	116
FIGURA 39	<i>Submarine Rescue Chamber - SRC</i> (Sino de Resgate).....	117
FIGURA 40	Ilustração de operação com o SRC.....	117
FIGURA 41	DSRV-1 <i>Mystic</i> projetado pelos americanos nos anos 60 e lançado em 1970.....	118
FIGURA 42	Transporte aéreo do DSRV-1 <i>Mystic</i>	118
FIGURA 43	Vista externa do URF <i>Kockums</i> utilizado pela marinha sueca.....	119
FIGURA 44	Arranjo interno do URF <i>Kockums</i> utilizado pela marinha sueca...	119
FIGURA 45	URF <i>Kockums</i> de segunda geração.....	120
FIGURA 46	LR5 <i>Submarine Rescue Vehicle</i> (SRV) utilizado pela marinha britânica.....	120
FIGURA 47	<i>Remotely Operated Vehicle</i> (ROV) – <i>Scorpio 45</i>	120
FIGURA 48	Navio-mãe britânico A173 HMS <i>Protector</i>	121
FIGURA 49	Embarque aéreo do veículo de resgate submarino NSRS da OTAN.....	121
FIGURA 50	Ilustração da operação de resgate com o NSRS da OTAN apoiado por um MOSHIP.....	122
FIGURA 51	US Navy – Veículo de resgate submarino SRDRS.....	122
FIGURA 52	Ilustração de operação de resgate submarino com o SRDRS.....	123
FIGURA 53	Traje ADS <i>Atmospheric Diving Suit</i>	123
FIGURA 54	Veículo do tipo LR7 utilizado pela marinha chinesa para salvamento submarino.....	124
FIGURA 55	Veículo do tipo LR5K (esq.), Navio de Socorro e Salvamento sul coreano “ <i>Chung Hae Jin</i> ” (centro) e ROKS DSRV II (dir.).....	124
FIGURA 56	Veículo de resgate submarino do tipo DSAR6 e Navio de Socorro Submarino utilizados pela Marinha de Cingapura.....	124
FIGURA 57	Veículo de resgate submarino “REMORA” da marinha australiana.....	125
FIGURA 58	Representação da Capacidade de Resgate Submarino Integrado.....	125
FIGURA 59	Ilustração dos tipos de escape e resgate submarino.....	126

FIGURA 60	Submarino convencional brasileiro (S-BR).....	126
FIGURA 61	Submarino de propulsão nuclear brasileiro.....	126
FIGURA 62	Distribuição das câmaras hiperbáricas em Hospitais Navais ao longo da costa brasileira.....	127
FIGURA 63	Adestramento de escape no TTES do CIAMA.....	127
FIGURA 64	Treinamento na piscina do CIAMA.....	128
FIGURA 65	Câmara hiperbárica do CIAMA.....	128
FIGURA 66	Navio de Socorro e Salvamento NSS “Gastão Moutinho”.....	129
FIGURA 67	Navio de Socorro e Salvamento NSS “Felinto Perry”.....	129
FIGURA 68	Sino de mergulho saturado do NSS “Felinto Perry”.....	130
FIGURA 69	Arranjo do novo conceito de salvamento por cápsula, estudado para uso nos submarinos balísticos americanos da Classe “Columbia”.....	130
QUADRO 4	Distribuição de Submarinos em Operação no mundo nas diferentes marinhas.....	131
QUADRO 5	Médias de acidentes com submarinos e fatalidades ocorrida entre submarinistas no período de 1946 a 2005.....	133
QUADRO 6	Vantagens e desvantagens dos métodos de salvamento submarino: Escape x Resgate.....	134

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AJB	Águas Jurisdicionais Brasileiras
AR	A Ré
ARA	Armada da República Argentina
ASRV	<i>Australian Submarine Rescue Vehicle</i> (Veículo de Resgate Submarino Australiano)
BIBS	<i>Built in Breathing Systems</i> (Sistema de Respiração Integrado)
BID	Base Industrial de Defesa
CEA	Centro Experimental ARAMAR
CIAMA	Centro de Instrução e Adestramento Almirante Átilla Monteiro Aché
CM	Comando da Marinha
ComForS	Comando da Força de Submarinos da Marinha do Brasil
CON	Comando de Operações Navais
CPN	Centro de Projeto de Navios
CTBTO	<i>Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization</i> (Organização do Tratado de Banimento Completo de Ensaios Nucleares)
CTMSP	Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo
DCNS	<i>Directions des Constructions Navales et Services</i> (Direção de Construção Naval e Serviços)
DEN	Diretoria de Engenharia Naval
DISSUB	<i>Distressed Submarine</i> (Submarino em perigo)
DPS	<i>Dynamics Position System</i> (Sistema de Posicionamento Dinâmico)
DSAR	<i>Deep Search and Rescue</i> (Busca e Resgate Profundos)
DSEA	<i>Davis Underwater Escape Apparatus</i> (Aparelho Davis de Escape Submarino)
DSRV	<i>Deep-Submergence Rescue Vehicle</i> (Veículo de Resgate de Submersão Profunda)
EMA	Estado-Maior da Armada
END	Estratégia Nacional de Defesa

ESG	Escola Superior de Guerra
EUA	Estados Unidos da América
FA	Forças Armadas
GOCO	<i>Government Owned Contractor Operated</i> (Propriedade do Governo - Operada por Contratada)
GUPPY	<i>Great Underwater Propulsion Power</i> (Grande Poder de Propulsão Subaquática)
HF	<i>High Frequency</i> (Alta Frequência)
HIS	<i>Hood Inflation System</i> (Sistema de Insuflação de Capuz)
HTP	<i>High-Test Peroxide</i> (Peróxido de Hidrogênio)
Hz	Hertz - Unidade de Frequência
ICN	Itaguaí Construções Navais
IKL	<i>Ingenieurkontor Lübeck</i>
LARS	<i>Launch and Recovery System</i> (Sistema de Lançamento e Recuperação)
LBDN	Livro Branco de Defesa Nacional
MB	Marinha do Brasil
MCP	Motor de Combustão Principal
MD	Ministério da Defesa do Brasil
MN	Milhas Náuticas
MoD	<i>Ministry of Defence</i> (Ministério da Defesa do Governo Britânico)
MOSHIP	<i>Mother Ship</i> (Navio-mãe)
NATO	<i>North Atlantic Treaty Organization</i> (Organização do Tratado do Atlântico Norte)
NAux	Navio Auxiliar
NAVSEA	<i>Naval Sea Systems Command</i> (Comando de Sistemas Navais e Marítimos)
NSRS	<i>NATO Submarine Rescue System</i> (Sistema de Resgate Submarino da OTAN)
NSS	Navio de Socorro e Salvamento
OND	Objetivos Nacionais de Defesa

OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
PAED	Plano de Articulação de Equipamentos de Defesa
PAEMB	Plano de Articulação e Equipamento da Marinha do Brasil
PMG	Período de Manutenção Geral
PND	Política Nacional de Defesa
PROSUB	Programa de Desenvolvimento de Submarinos
RAN	<i>Royal Australian Navy</i> (Marinha Australiana)
RANS	Requisitos de Alto Nível de Sistemas
RCS	<i>Radar Cross Section</i> (Seção Reta Radar)
RN	<i>Royal Navy</i> (Marinha Inglesa)
ROKN	<i>Republic of Korea Navy</i> (Marinha da República da Coreia)
ROV	<i>Remotely Operated Vehicle</i> (Veículo operado remotamente)
RSN	<i>Republic of Singapore Navy</i> (Marinha da República de Singapura)
S-SRV	<i>Submarine Support and Rescue Vehicle</i> (Veículo de Suporte e Resgate Submarino)
SAR	<i>Search and Rescue</i> (Busca e Salvamento)
SARSUB	Search and Rescue Submarine (Busca e Salvamento a Submarinos)
SB	Submarino Convencional (diesel-elétrico)
S-BR	Submarino Convencional Brasileiro derivado da Classe Scorpène
SEIE	<i>Submarine Escape Immersion Ensemble</i> (Conjunto para Escape em Imersão de Submarino)
SMERWG	<i>Submarine Escape and Rescue Working Group</i> (Grupo de Trabalho de Fuga e Resgate Submarino)
SN	Submarino Nuclear
SN-BR	Submarino de Propulsão Nuclear Brasileiro
SOLAS	<i>Safety of Live at Sea</i> (Salvaguarda da Vida Humana no Mar)
SPAG	<i>Submarine Parachute Assistance Group</i> (Grupo de Assistência Paraquedista a Submarinos)

SRC	<i>Submarine Rescue Chamber</i> (Câmara de Salvamento Submarino)
SRS	<i>Submarine Rescue Systems</i> (Sistema de Regate Submarino)
SRDRS	<i>Submarine Rescue Diving and Recompression System</i> (Sistema para Mergulho de Resgate Submarino e Recompressão)
SRV	<i>Submarine Rescue Vehicle</i> (Veículo de Resgate Submarino)
SSN	Submarino Nuclear Americano
SSRV	<i>Submarine Support and Rescue Vessel</i> (Embarcação de Apoio e Resgate Submarino)
SUBSAFE	<i>Submarine Safety Program</i> (Programa de Segurança de Submarino)
SUBSUNK	<i>Submarine Sunk</i> (Submarino naufragado)
TUP	<i>Transfer under Pressure</i> (Transferência sob Pressão)
TTES	Tanque de Treinamento e Escape Submarino
UK	<i>United Kingdom</i> (Reino Unido)
URF	<i>Ubåts Räddnings Farkost</i> (Veículo de Resgate Submarino)
USN	<i>United States Navy</i> (Marinha dos Estados Unidos da América)
USS	<i>United States Ship</i> (Navio dos Estados Unidos)
VC	Velocidade de Cruzeiro
Vca	Tensão Corrente Alternada
Vcc	Tensão Corrente Contínua
VE	Velocidade Econômica
VMM	Velocidade Máxima Mantida
VHF	<i>Very High Frequency</i> (Frequência Muito Alta)
VOO	<i>Vessel of Opportunity</i> (Navio de Oportunidade)
VSOR	Veículo Submarino de Operação Remota
ZEE	Zona Econômica Exclusiva

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	SÚMULA HISTÓRICA DE ACIDENTES COM SUBMARINOS	23
2.1	PRINCIPAIS CAUSAS DOS ACIDENTES SUBMARINOS	24
2.1.1	Avaliação dos Riscos de Acidentes	26
2.1.2	Submarinos mais seguros	27
3	A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS SISTEMAS DE ESCAPE E RESGATE: DESCRIÇÃO E O EMPREGO DESTES MEIOS PELAS PRINCIPAIS MARINHAS DO MUNDO	29
3.1	SELEÇÃO ENTRE ESCAPE E RESGATE.....	30
3.1.1	O Escape	31
3.1.1.1	Método de Subida Livre ou Flutuação Livre (<i>Free Escape</i>).....	31
3.1.1.2	Método de Flutuação Rápida (<i>Free Ascent</i>)	33
3.1.1.3	Método utilizando a Cápsula de Escape Coletivo	35
3.1.1.4	O emprego de Ampolas de Hidrazina na Subida em Emergência	38
3.1.2	O Resgate	39
3.1.2.1	O Tempo de Resgate.....	39
3.1.2.2	Equipamentos de Resgate	41
3.1.2.2.1	<i>Sino de Resgate Submarino (SRC)</i>	41
3.1.2.2.2	<i>Veículo de Resgate de Submersão Profunda (DSRV)</i>	42
3.1.2.2.3	<i>Veículo de Resgate Submarino URF</i>	43
3.1.2.2.4	<i>Veículo de Resgate Submarino LR5</i>	45
3.1.2.2.5	<i>Veículos de Resgate Submarino NSRS e SRDRS</i>	46
3.1.2.3	Filosofia de Resgate no Século XXI	46

3.1.2.3.1	<i>Marinha dos Estados Unidos</i>	47
3.1.2.3.2	<i>Países Membros da Organização do Tratado do Atlântico Norte</i>	48
3.1.2.3.3	<i>Marinha de países dos continentes Asiáticos e Oceania</i>	48
3.1.2.4	Características de Operação com Sistemas Integrado de Resgate Submarino.....	50
3.1.2.5	Riscos associados aos Sistemas de Resgate Submarino (SRS)	51
3.2	SALVAMENTO SUBMARINO	52
3.2.1	Comparativo das vantagens entre Escape e Resgate	53
4	METODOLOGIA ATUALMENTE UTILIZADA PELA MARINHA DO BRASIL	54
4.1	OBSERVÂNCIA ÀS POLÍTICAS DE ESTADO VIGENTES.....	54
4.1.1	Plano de Articulação e Equipamento da Marinha do Brasil (PAEMB)	55
4.2	CAPACITAÇÃO DA MARINHA DO BRASIL PARA ESCAPE E RESGATE SUBMARINOS	56
4.2.1	Estrutura para Escape	57
4.2.2	Estrutura para Resgate	57
4.2.2.1	Navio de Socorro e Salvamento NSS Felinto Perry	58
5	APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS VISANDO O HORIZONTE DOS SISTEMAS DE SALVAMENTO SUBMARINO NO BRASIL E AS PERSPECTIVAS FUTURAS MUNDIAIS	61
5.1	SISTEMA DE SALVAMENTO A SER PROPOSTO PARA OS SN-BR	61
5.1.1	Proposta orientativa para elaboração de Requisitos de Alto Nível de Sistemas (RANS) para Salvamento Submarino com base no conceito de Cápsula de Escape Coletivo para o S-BR	63
5.2	SISTEMA DE SOCORRO E SALVAMENTO A SER PROPOSTO PARA OS S-BR, SB CLASSE TUPI E CLASSE TIKUNA	63

5.2.1	Proposta orientativa para elaboração de Requisitos de Alto Nível de Sistemas (RANS) para projeto e construção de um (NSS) Navio de Socorro e Salvamento Submarino	66
5.3	PERSPECTIVAS FUTURAS MUNDIAIS.....	66
6	CONCLUSÃO.....	67
	REFERÊNCIAS.....	69
	APÊNDICE A – PROPOSTAS ORIENTATIVAS PARA ELABORAÇÃO DE REQUISITOS DE ALTO NÍVEL DE SISTEMAS PARA SALVAMENTO SUBMARINO	74
	APÊNDICE B – OS QUATRO MAIORES ACIDENTES SUBMARINOS NA HISTÓRIA MUNDIAL.....	83
	APÊNDICE C – LEVANTAMENTO DOS ACIDENTES/INCIDENTES OCORRIDOS COM SUBMARINOS ENTRE O PÓS-GUERRA E O ANO DE 2005, NÃO CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE TINGLE (2009)	87
	APÊNDICE D – LEVANTAMENTO DOS ACIDENTES/INCIDENTES OCORRIDOS COM SUBMARINOS, POSTERIORES AO ANO DE 2005 ATÉ A ATUALIDADE, FORA DO ESCOPO DA ANÁLISE DE TINGLE (2009)	88
	APÊNDICE E – CORRELAÇÃO ENTRE AS PRINCIPAIS CAUSAS DE ACIDENTES COM SUBMARINOS E PERCENTUAIS DE OCORRÊNCIAS.....	89
	APÊNDICE F – CONDICIONANTES PSICOLÓGICAS QUE AFETAM A TRIPULAÇÃO DE UM SUBMARINO SINISTRADO NAS AÇÕES DE ESCAPE E RESGATE	90
	APÊNDICE G – REFERENCIAL TEÓRICO.....	92
	ANEXO A – LISTA DE ILUSTRAÇÕES	95
	ANEXO B – DISTRIBUIÇÃO DE SUBMARINOS EM OPERAÇÕES NO MUNDO NAS DIFERENTES MARINHAS.....	131

ANEXO C – MÉDIAS DE ACIDENTES COM SUBMARINOS E FATALIDADES OCORRIDAS ENTRE SUBMARINISTAS NO PERÍODO DE 1946 A 2005.....	133
ANEXO D – VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS MÉTODOS DE SALVAMENTO SUBMARINO: ESCAPE X RESGATE.....	134
ANEXO E – CONCEITO DE PROJETO COM BASE EM CONTAINER DE ESCAPE APLICADO AOS SSN DA CLASSE <i>TRIDENT</i>.....	135
ANEXO F – PROPOSTA DE ARRANJO GERAL PARA O SUBMARINO SUECO “PORPOISE” DE 1000 TONELADAS DESENVOLVIDAS POR FREDRICK GRANHOLM.....	140
ANEXO G – PROPOSIÇÃO DE PROJETO PARA UM NAVIO DE SOCORRO E SALVAMENTO DE ALTA PERFORMANCE (PROJETO ORPHEU).....	143
ANEXO H – TABELA COMPARATIVA DOS SRV/SRC.....	144

1 INTRODUÇÃO

Uma das diretrizes estabelecidas pela Estratégia Nacional de Defesa (END) (BRASIL, 2016b) visa dotar a nação de “força naval”, capaz de garantir ao país soberania em águas sobrejacentes à Plataforma Continental Brasileira, e proteção à “Amazônia Azul”.

Nesse sentido o país tem investido no Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB) (BRASIL, 2008). A consolidação deste programa, bem como de planos periféricos de capacitação que buscam o desenvolvimento dos aspectos logísticos, vinculados à segurança das atividades submarinas, irá robustecer setores da indústria nacional, sendo de importância estratégica para a defesa e o crescimento econômico nacional.

Devido ao avanço dos processos tecnológicos, a necessidade de atualizar-se é cada vez maior. Deste modo, o foco do presente trabalho monográfico está voltado para o estado da arte dos Sistemas de Escape e Resgate em Submarinos e para o domínio tecnológico imprescindível à Marinha do Brasil (MB), para a condução das operações de Busca e Salvamento (SAR), fortalecendo a Defesa Nacional. Adicionalmente, destaca uma metodologia capaz de articular os componentes necessários a essa capacitação, de forma a contribuir para o sucesso das operações e aperfeiçoamento dos sistemas de escape e resgate em submarino, no hemisfério sul.

Os sistemas e as logísticas empregados, até o final do século passado, eram contingenciados e limitados, passando a ser impulsionados, nas principais marinhas mundiais, com a tragédia do submarino Kursk, e mais recentemente com o lastimável episódio do submarino argentino *San Juan*.

Embora para os acidentes com submarinos existam diversos sistemas de resgate, nenhum deles parece abranger por completo a gama de situações que podem colocar em risco a vida de submarinistas no mar.

Restringir-se-á o presente estudo à verificação dos acidentes submarinos ocorridos nos últimos 50 anos, com o intuito de reduzir o espaço amostral, aliando-se a isto, o fato das características recorrentes na maior parte dos acidentes, que se alternam entre colisões, alagamentos, incêndios e explosões.

A dificuldade de obtenção de informações por parte das marinhas de outros países, em especial as que compõem o bloco socialista, aliada a pouca bibliografia

disponível sobre o assunto, são fatores limitadores do presente estudo, que abordará, majoritariamente, os recursos tecnológicos empregados pelos países integrantes da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) e seus parceiros globais, dentre os quais o Brasil e outros da América do Sul e Oceania.

Não são considerados nesta monografia aspectos relacionados ao salvamento do material, ou seja, o submarino propriamente dito, em face da complexidade envolvida para a realização desta atividade. Também não fazem parte deste trabalho algoritmos objetivando análises dimensionais, estruturais de propostas para meios destinados ao salvamento e resgate de submarinos, visto que poderão ser estes desdobramentos futuros deste trabalho monográfico. Tampouco não são abordados os aspectos orçamentários e financeiros, visto que um país terá o seu **Desenvolvimento** tão mais acentuado, quanto maior forem os recursos despendidos em **Segurança e Defesa**.

Para a consecução do objetivo da presente monografia foi feita vasta pesquisa documental e bibliográfica, apoiada no Referencial Teórico descrito no Apêndice G, com o propósito de levantar os acidentes submarinos, suas causas e operações de salvamento empreendidas. Foram examinados artigos científicos e publicações existentes, relacionados aos sistemas de escape e resgate de submarinos, elencando vantagens e desvantagens, identificando aqueles empregados pelas principais marinhas, e suas possíveis limitações.

Em seguida foi feita análise documental, com o propósito de destacar as metodologias atualmente utilizadas pela MB e pelas principais marinhas do mundo. Complementarmente, identificamos aspectos que permitirão apresentar propostas metodológicas confiáveis para as atividades de SAR submarino, que poderão ser aprofundadas e desenvolvidas pela engenharia nacional, com consequente fortalecimento do complexo industrial de defesa.

Neste sentido, o Ministério da Defesa (MD) e o Comando da Marinha (CM) terão a possibilidade de domínio tecnológico independente, com o aprimoramento de meios seguros destinados ao salvamento e resgate de submarino, a partir do estabelecimento de parcerias com universidades e setores da indústria nacional de defesa. É, sem dúvida, o fortalecimento do Estado brasileiro, funcionando como instrumento indutor do desenvolvimento de recursos estratégicos, imprescindíveis à soberania do país, e preparando-se para enfrentar os futuros desafios nas operações com os submarinos brasileiros, em águas profundas do Atlântico Sul.

Esta monografia nasce do seguinte problema de pesquisa: Quais os recursos tecnológicos de Salvamento e Resgate, em águas profundas, que poderão ser implementados para modernização da capacidade operacional de submarinos convencionais e nucleares, fortalecendo a Defesa Nacional?

A medida que são desenvolvidas novas capacidades submarinas e incorporadas por várias marinhas no mundo, uma questão extremamente preocupante surge, qual seja: o que pode ser feito, em caso de um acidente submerso que incapacite o submarino de retornar à superfície?

É com foco na busca de tecnologias que respondam, satisfatoriamente, à questão formulada, que o tema aborda a importância da modernização da capacidade nacional para utilização de sistemas atuais de escape e resgate em submarinos, em corroboração com as diretrizes estabelecidas na END.

Assim sendo, o aspecto — Segurança — é, por mais de uma vez, contemplado, seja no contexto da tripulação, seja na atuação dos executores externos, responsáveis pela coordenação e condução das operações de SAR. O emprego de submarinos passa a ganhar destaque na Segurança e Defesa da Amazônia Azul.

A pesquisa tem o potencial de revelar fatores primordiais sobre quais metodologias despontam entre as mais adequadas ao país. Com isso, poderemos intervir com confiabilidade e segurança em situações de naufrágio. Este entendimento vai ao encontro de uma síntese clara do pensamento do Comando da Força de Submarinos da MB (ComForS) e de seu Navio de Socorro e Salvamento K-11 FELINTO PERRY, *“Mergulhe tranquilo, estamos atentos.”*

Desta forma, este trabalho monográfico almeja contribuir com o MD e o CM. E assim, possam dispor de melhores recursos às operações de SAR, mantendo meios eficazes, programas de manutenção, treinamento contínuo. O Estado brasileiro estará capacitado para atuar nos exercícios realizados com outras nações, ou nos casos reais de acidentes ocorridos no Atlântico Sul, com a devida rapidez e segurança.

Quanto a relevância do tema, na área do **Desenvolvimento**, destacamos o incentivo que poderá ser dado à comunidade científica e à indústria naval de Defesa na condução de pesquisas para a consecução de modernos sistemas de salvamento e resgate de submarinos. A indústria naval brasileira poderá ser estimulada a projetar e construir um moderno navio de socorro e salvamento de submarinos para

o transporte de meios e coordenação das operações, à geração de empregos e a promover independência tecnológica do país.

O objetivo final é apresentar uma metodologia com novos recursos tecnológicos de salvamento e resgate, com base no uso do conceito modular de cápsula de escape coletivo, que poderão ser implementados no planejamento estratégico da MB, para a condução de operações, em águas profundas, com a nova classe de submarinos convencionais e o de propulsão nuclear, indispensáveis à Defesa Nacional.

Este propósito é atingido por meio do alcance dos seguintes objetivos intermediários: a) realizar levantamento dos acidentes submarinos ocorridos nas diversas marinhas e seus fatores condicionantes; b) verificar aspectos evolutivos dos recursos técnicos empregados no salvamento e resgate de submarinos; c) comparar vantagens e desvantagens entre as técnicas empregadas; d) avaliar a logística atualmente disponível na MB, quanto à compatibilidade e a adequabilidade, em face de outras técnicas aplicadas ao salvamento de submarinistas, bem como ao socorro de mergulhadores que atuam em atividades *offshore*; e) verificar questões de interoperabilidade entre os diversos setores e meios navais para o estabelecimento de ações coordenadas, que permitam o socorro em tempo hábil, a segurança da tripulação e da equipe de apoio, a sobrevivência na superfície e a saúde pós-resgate dos indivíduos, aumentando sobremaneira a possibilidade de êxito em operações deste tipo; e f) propor meios que propiciem maior rapidez e eficácia às operações de SARSUB, bem como uma metodologia que faça uso do conceito modular de cápsula de escape coletivo, independente de ação externa.

Em suma, este trabalho monográfico está estruturado da seguinte forma: o primeiro capítulo consiste da introdução; o segundo capítulo apresenta a súmula histórica de acidentes com submarinos; o terceiro capítulo demonstra a evolução dos sistemas de escape e resgate. No quarto capítulo, a metodologia atualmente utilizada pela MB e no quinto capítulo, propostas para aquisição e/ou projeto & construção de meios que propiciarão maior rapidez e eficácia às operações de SARSUB; bem como uma metodologia que faça uso do conceito modular de cápsula de escape coletivo, independente de ação externa. Por fim, as considerações finais como sexto capítulo.

2 SÚMULA HISTÓRICA DE ACIDENTES COM SUBMARINOS

O mar é um dos ambientes mais hostis do planeta, onde há mais de um século e meio, submarinos operam no mais absoluto silêncio das profundezas, levando tripulantes destes meios a desafiar, diuturnamente, os perigos intrínsecos ao ambiente circundante, e sujeitando-os aos riscos inerentes às suas operações.

Não obstante o grau de segurança já alcançado no projeto e construção de submarinos, resultante de evoluções tecnológicas, tais como pesquisas com materiais de alta resistência, emprego de equipamentos com tecnologia de ponta e adoção de sistemas operacionais redundantes, não foram raros acidentes envolvendo submarinos. Estes acidentes resultaram em significativo número de perda de vidas, em 150 anos de operação, como será visto neste capítulo.

Tingle (2009) analisou dados de acidentes ocorridos entre 1946 e 2005, em tempos de paz, obtendo claras evidências da diminuição da taxa de ocorrência de sinistros, decorrente das melhorias no projeto e dos sistemas de gerenciamento (FIG. 1). A análise revelou que no período de 1946 a 1974, a média anual de acidentes, numa amostragem de 500 meios em operação, foi de 0,92 submarinos, com 38 mortes anuais, em um universo de 30.000 submarinistas; enquanto que de 1975 a 2005, para a mesma amostragem de 500 submarinos, a média anual foi de 0,31 acidentes, com doze mortes anuais entre 30.000 submarinistas.

Tingle exclui de sua análise o período compreendido entre o início do século XVIII ao final da segunda guerra mundial, onde mais de 1800 submarinos foram afundados e dezenas de milhares submarinistas pereceram. Justifica tal exclusão para afastar os casos de afundamento, devido à insipiência nos projetos, como também aqueles decorrentes dos combates nas duas grandes guerras mundiais. Segundo ele, os primeiros submarinos de guerra eram notoriamente inseguros e os conflitos nas guerras ampliavam, naturalmente, os riscos para esses submarinos.

Se limitarmos a análise de Tingle ao período da guerra fria (1947-1991), quando submarinos nucleares (SN) passaram a ser empregados pelas grandes potências, em especial pelos americanos e soviéticos, observamos a média anual de 0,72 submarinos sinistrados, com vinte e sete mortes anuais, no período. São médias superiores àquelas obtidas para o período entre 1991 e 2005, no pós-guerra fria (0,22 submarinos sinistrados por ano, com vinte mortes anuais). Cabe destacar que os maiores acidentes da história com SN, vitimando grande parte da tripulação,

foram verificados durante a guerra fria. Período em que diversos experimentos a bordo, com os propelentes de torpedos foram conduzidos secretamente pelas grandes potências, sendo a causa provável de alguns dos acidentes registrados, e outros até hoje não esclarecidos como, o caso do submarino *Scorpion*. O Apêndice B descreve os quatro maiores acidentes da história ocorridos com submarinos.

2.1 PRINCIPAIS CAUSAS DOS ACIDENTES SUBMARINOS

Como já visto, as causas determinantes na maior parte dos acidentes se alternam entre colisões, alagamentos, incêndio e explosões. Tais aspectos foram examinados, em similar levantamento de dados históricos de acidentes, em tempo de paz, por Wilson (1983, p. 2), fundamentados em banco de dados oficiais e relatórios sobre investigações. Verificou-se que 37% das ocorrências foram devidas à colisão, outras 37% devidas a alagamentos decorrentes de falhas nas válvulas instaladas em aberturas do casco, estanqueidade dos escotilhões¹, mastro de esnorquel, tubos de torpedo², suspiros³, etc. Outras 26% resultaram de incêndio explosões, causas diversas ou desconhecidas. Wilson (1983, p. 2), constatou ainda, que 16 casos de acidentes, entre 1950 e 1970, cinco foram de causas desconhecidas, quatro devido a colisões, dois de alagamentos provenientes de mau funcionamento das tampas das escotilhas, dois devido a explosões e outros três devido a falhas no casco e seus sistemas. Metade destes ocorridos em profundidades, onde a fuga ou o resgate seriam difíceis de serem realizados. A (FIG. 8) apresenta uma compilação de dados históricos para acidentes, entre o início do século passado e o final dos anos 70, excluindo-se aqueles afundados em combate.

À primeira vista nos parece desalentador um índice de 50% dos acidentes para os quais não seria possível a realização de escape por parte da tripulação ou resgate efetuado por meio de ajuda externa; entretanto a constatação feita por Wilson (1983) aplica-se, tão somente, para os anos 1950 a 1970. Posteriormente, o esforço das principais nações no desenvolvimento tecnológico de sistemas aplicados a salvamento de submarinos, aliado às análises de gerenciamento de riscos,

¹ Abertura no casco do submarino para acesso de pessoal ou embarque de material.

² Dispositivos tubulares transfixados na região da proa do submarino para o lançamento de torpedos.

³ Instalações tubulares que ligam tanques à atmosfera (FONSECA, M. MAURILIO 2005).

conduziram a um expressivo aumento das chances de êxito nos casos de acidentes, justificando todos os investimentos despendidos por essas nações.

A (FIG. 9) mostra um levantamento, efetuado por Tingle (2009, p. 33), com base na publicação *Jane's Fighting Ships*, sobre o quantitativo de submarinos no mundo e das marinhas de diversos países empregando esses meios, no período de 1946 a 2005. Tingle destaca um aspecto curioso, quanto ao número de submarinos existentes no mundo, o qual atingiu um pico, em torno de 950 nos anos 90, e ao final de 2005 era inferior aos níveis do pós-segunda guerra; todavia o número de nações operando esses meios foi crescente até 2005, chegando a mais do dobro no pós-guerra, alcançando o quantitativo de 45 países.

A formação de um banco de dados confiável, sobre acidentes submarinos ao longo da história, torna-se uma tarefa bastante complexa, e quase sempre repleta de muitas incertezas. Estas são devidas à pouca transparência na divulgação de informações por parte das autoridades do país, ao qual o submarino naufragado (SUBSUNK) pertence, ou mesmo pelo completo desconhecimento. A recuperação de parte de alguns destroços, provas técnicas, acabam servindo de subsídio à engenharia forense, permitindo a elucidação de alguns dos eventos e respondendo a muitos questionamentos técnicos.

A tabela mostrada na (FIG. 10) consolida dados reunidos por Tingle (2009, p. 34) sobre acidentes ocorridos, no período compreendido entre o pós-segunda guerra e 2005. Um olhar mais atento às informações nela contidas, permite-nos inferir percentuais de 62%, 19%, 15% e 4% atribuídos a alagamento, colisão, explosão e incêndio, respectivamente. Ainda que esta análise difira daquela conduzida por Wilson (1983), em relação à moldura temporal e aos valores obtidos, evidenciou-se que as causas determinantes para os acidentes podem ser ordenadas, da maior para a menor, como sendo alagamento, colisão, explosão e incêndio; ocasionando perdas, danos materiais e em alguns casos, fatalidades.

Segundo Tingle (2009, p. 33) os gráficos de controle sobre os acidentes podem indicar variações incomuns, acima do valor normal esperado. Identificar ocorrências anormais torna-se importante, na medida em que a análise permite detectar a origem do problema, com uma visão de mitigação do risco, eliminação do perigo ou aceitação de riscos. Também, oferecem uma visão valiosa do processo, a medida que estabelecem limites aceitáveis e fornecem informações sobre as causas dos acidentes.

Em pesquisa realizada em revista DefesaNet (DEFESANET, 2011) identificamos 19 outros acidentes com submarinos, ocorridos no período (1945-2005), merecedores de destaque; todavia não foram mencionados por Tingle (2009), em sua análise. Estes acidentes complementares à análise de Tingle estão representados no Quadro 1 constante do Apêndice C.

Posteriormente a 2005 levantamos os dados de 21 outros acidentes/incidentes ocorridos com submarinos até os dias de hoje, sendo estes mostrados pelo Quadro 2, constante do Apêndice D.

Ampliando-se o espectro da pesquisa realizada por Tingle (2009) sobre acidentes com submarinos, até os dias de hoje, obtivemos os seguintes percentuais representados pela (FIG. 11) e mostrados no Quadro 3, constante do Apêndice E.

É interessante observarmos que nos últimos 13 anos não houve casos de alagamentos, o que revela uma tendência na diminuição deste tipo de ocorrência, possivelmente, fruto dos esforços empreendidos para a melhoria da segurança nos projetos e do avanço das técnicas construtivas. Por outro lado, percebemos um aumento acentuado do número de colisões verificadas neste novo século. Foram 13 ocorrências nos últimos 18 anos contra apenas oito, em 55 anos, que correspondem ao período entre o fim da segunda guerra mundial e final do século XX. Acreditamos que tal fato possa ser atribuído ao maior número de nações empregando submarinos como arma dissuasória, ao crescente tráfego marítimo mundial e também a retomada do crescimento da frota de submarinos. Atualmente existem 540 submarinos em atividade, operados por 47 nações (*IHS Markit Ltda - Jane's Fighting Ships, 2017*), com um crescimento de cerca de 6% desse número, durante a última década. O Quadro 4, constante do Anexo B, apresenta uma distribuição de submarinos em operação no mundo pelas diferentes marinhas (*GLOBAL FIRE POWER, 2017*).

2.1.1 Avaliação dos Riscos de Acidentes

Como já visto, a natureza dos acidentes é diversa e não nos surpreende que as maiores incidências foram alagamentos e colisões. Os alagamentos incorrem em diminuição da reserva de flutuabilidade⁴ do submarino, em decorrência de falha na

⁴ Reserva de flutuabilidade é definida pelo volume dos tanques de lastro do submarino, de modo a garantir a flutuabilidade da embarcação, quando na condição emersa (BURCHER, 1998)

estanqueidade das regiões afetadas por rupturas no casco ou rompimento dos selos de vedação das válvulas. Podem, também, ser ocasionados por colisões.

Os riscos de colisão envolvendo submarinos, na condição emersa, são maiores se comparados com os navios de superfície, em face da pequena silhueta exposta acima da linha d'água. Essa característica dificulta a sua visualização a distância, por outros navios. Já em sua navegação submersa, operando em velocidade moderada de patrulha, na cota de imersão⁵, os riscos de acidentes passam a ser outros, e na maioria das vezes estão correlacionados a falhas humanas ou falhas dos sistemas de propulsão, de detecção (sonar), de controle de profundidade, que podem levar o submarino, além de sua cota máxima de operação. A ultrapassagem deste limite resulta em pressões maiores aplicadas ao casco resistente e culmina com o colapso total da estrutura do submarino. Da mesma forma, o submarino quando operando submerso, na cota de esnorquel (12 - 15 metros), também estará sujeito à colisão com navios de superfície.

É importante destacar que em submarinos, qualquer falha humana ou mau funcionamento de um sistema poderá ser potencialmente fatal. Para exemplificarmos, o mau funcionamento das baterias poderá conduzir à perda de potência, com prejuízos à manobrabilidade do submarino, perda da sustentação hidrodinâmica, aumento progressivo da cota de imersão, interrupção do funcionamento do sistema de purificação de ar, limitação de funcionamento do sistema de esgoto dos tanques de lastro⁶, bem como a de outros sistemas vitais, necessários à operação e/ou sobrevivência do submarino.

2.1.2 Submarinos mais seguros

Segundo Tingle (2009, p. 37) para verificarmos se as melhorias no projeto, construção, operação ou outras razões resultaram na redução de acidentes, é preciso observar a mudança nos valores médios de acidentes ocorrida a partir do ano de 1974. Uma análise comparativa com relação aos anos anteriores, sugere que as médias dos acidentes devam ser calculadas e distribuídas considerando o ano de 1974 como ponto de referência para essas mudanças.

⁵ Cota de imersão é por definição a distância da linha que tangencia o fundo do submarino (quilha) à superfície da água (BURCHER, 1998)

⁶ Espaços no submarino que quando alagados ou esgotados permitem a sua imersão ou emersão (BURCHER, 1998).

A (FIG. 12) expressa funções de distribuições acumuladas, obtidas por Tingle, relativas aos acidentes e fatalidades ocorridos em dois intervalos de tempo examinados para a faixa de 1946 a 1974 e 1975 a 2005. O Quadro 5, constante do Anexo C, resume essas estatísticas, incluindo uma correlação dos dados acumulativos entre cada um dos períodos acima mencionados. De fato, os dados sugerem que os submarinos eram mais susceptíveis a acidentes, durante o intervalo compreendido entre 1946 e 1974 do que durante o intervalo 1975 a 2005. Tal aspecto, em conjunto com a redução, também, ocorrida no número de fatalidades, vem confirmar os avanços tecnológicos introduzidos no projeto e construção de submarinos, o emprego de técnicas de escape e resgate mais eficazes e a melhoria das condições de operação, tornando-as mais seguras, nos últimos 40 anos.

Muito embora Tingle (2009) não faça referência a registros de acidentes/incidente e fatalidades ocorridos posteriormente a 2005, foi possível verificar, com base nos levantamentos efetuados por este autor, que o índice representativo da média anual de fatalidades entre submarinistas, durante os últimos 13 anos foi de sete fatalidades por ano, ou seja, bem inferior às médias obtidas para os períodos investigados por Tingle (2009), predominantemente relativos à segunda metade do século XX. Creditamos tal redução ao progresso já alcançado na área de projeto de submarinos - desenvolvimento de modernos sistemas operacionais e adoção de redundâncias para estes sistemas - nas atividades vinculadas às inspeções e a execução de programas de garantia de qualidade, durante a construção, e aos expressivos avanços na segurança dos sistemas destinados ao escape e resgate em submarinos, no decorrer da última década. Estes sistemas serão objeto do capítulo subsequente deste trabalho.

Ao compararmos o número de sinistros e fatalidades ocorridas com submarinos e suas tripulações com outros meios navais, terrestres e aéreos, chegaremos a índices bastante reduzidos; todavia isto não implica em menor preocupação com a segurança, por parte das nações que operam esses meios, e que buscam a todo custo, independente dos elevados investimentos em sistemas de socorro e salvamento submarino, garantir a sobrevivência de seus tripulantes, em casos de acidentes. Em geral, estes quando ocorrem, vitimando a tripulação do submarino, ganham destaque na imprensa mundial, e inevitavelmente causam enorme comoção nacional, e a perda da credibilidade, expondo fragilidades das Instituições e, principalmente do Estado, de onde jamais se espera.

3 A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS SISTEMAS DE ESCAPE E RESGATE: DESCRIÇÃO E O EMPREGO DESTES MEIOS PELA PRINCIPAIS MARINHAS DO MUNDO

Como pudemos constatar no capítulo anterior, não foram raros os acidentes e incidentes envolvendo submarinos nos últimos 70 anos. De acordo com as fontes referenciadas, nas quais este trabalho se apoia, foram 66 casos de submarinos sinistrados, de diversos países no mundo, nos quais 1.397 submarinistas perderam suas vidas. Destes casos, dezoito foram dos Estados Unidos, doze da União Soviética, nove da Rússia, oito do Reino Unido, quatro da França, três da Índia, dois do Canadá e um atribuído a cada uma das seguintes nações: Argentina, Austrália, Brasil, China, Coreia do Norte, Espanha, Israel, Peru, Turquia e Ucrânia. Destacam-se como sendo as causas mais recorrentes, apontadas no Quadro 3, constante do Apêndice E, as colisões com outros navios e alagamentos. Juntas, essas duas causas acumulam um percentual de 62% dos acidentes com submarinos, em todo o mundo.

Mesmo na atualidade, o entendimento do público, em caso de acidente submarino, é que pouca coisa pode ser feita em prol de sua tripulação. No entanto a história de escapes e resgates submarinos bem-sucedidos é tão longa quanto a história dos submarinos em si; sendo o resgate do *USS Squalus*, realizado em 23 de maio de 1939, a cerca de 74m de profundidade, no qual dos 59 homens a bordo 33 foram salvos depois de 40 horas, o maior resgate da história (SENG, YIXIN e XINYUM 2010).

Destarte, vários sistemas e medidas de segurança foram sendo desenvolvidos, no decorrer do século passado para lidar com submarinos sinistrados, permitindo o escape e o resgate da tripulação em segurança. Contudo foi o desastre com o submarino nuclear *Kursk*, e mais recentemente com o submarino argentino, que fizeram com que a atenção das nações que operam esses meios, fosse voltada para a real efetividade dos sistemas empregados em salvamento submarinos; em especial para o *Deep-Submergence Rescue Vehicle* (DSRV). A abordagem do presente capítulo está direcionada para a avaliação do estado da arte desses sistemas, apresentando a evolução das tecnologias e equipamentos destinados ao escape e resgate, utilizados pelas forças navais das diferentes nações que empregam esses meios.

Segundo Guo, Guan e Peng (2005), caso um submarino afunde a profundidades maiores que 600 metros, a estrutura do casco resistente⁷, provavelmente, entrará em colapso, em um intervalo de tempo curtíssimo, não sendo mais possível a esta profundidade que a tripulação sobreviva. Com isso, qualquer tipo de salvamento aos tripulantes torna-se impraticável. De acordo com aquele autor, a profundidade máxima de mergulho da maioria dos submarinos, em todas as marinhas, é inferior a 600 metros. Portanto as atividades de escape e resgate estão restritas a profundidades inferiores a 600 metros.

Vale lembrar que nos primórdios do século XX, quando ocorriam acidentes com submarinos, não havia tecnologia para resgate submarino. Isto só viria acontecer, após dois proeminentes desastres com submarinos americanos, por meio dos dispositivos de escape inspirados no visionário comandante *Charles Bowers Momsen* (*DOCUMENTARY – SUBMARINE DISASTER*, 2017).

3.1 SELEÇÃO ENTRE ESCAPE E RESGATE

A forma com que sobreviventes poderão se salvar, em um DISSUB, basicamente, está dividida entre duas modalidades distintas: escape ou resgate.

Uma criteriosa análise de risco, por parte da tripulação confinada, em um submarino sinistrado no fundo do mar, deverá ser empreendida de forma ponderada e rápida para a escolha mais acertada entre o escape ou o resgate, propiciando maiores condições de êxito à operação. Esta escolha dependerá sempre das características do sistema de salvamento do submarino envolvido, das condições psicológicas da tripulação abordadas no Apêndice F e de circunstâncias tais como:

- a) Diminuição do oxigênio a bordo;
- b) Deterioração da atmosfera devido ao aumento de dióxido de carbono presente no ambiente (CO₂);
- c) Contaminação do ar por gases tóxicos,
- d) Integridade do submarino;
- e) Existência de compartimentos alagados a bordo;
- f) Impossibilidade em manter o submarino pressurizado;
- g) Profundidade da área do sinistro; e

⁷ Casco resistente é a estrutura estanque, em forma cilíndrica, fabricada em aço de alta resistência para suportar à pressão de mergulho do submarino.

h) Esperança de poder contar com salvamento externo.

Para avançarmos em nossas considerações faz-se necessário, estabelecermos a diferenciação entre esses dois conceitos, que será descrita nos subitens 3.1.1 e 3.1.2 deste capítulo.

3.1.1 O Escape

De acordo com Stewart (2008), no início da era submarina moderna, o principal meio de evasão de um DISSUB era o escape, aparecendo por volta de 1910, os primeiros sistemas de escape, derivados do aparelho de respiração utilizado pelos alemães nas minas de carvão. Estes mineradores usavam cartuchos de cal sodada, em forma granular, que removiam grandes quantidades de dióxido de carbono (CO₂), purificando assim o ar respirado. O sistema utilizado no primeiro escape submarino, em 1911 (*U3-Boot*⁸), foi o alemão *Dräger* (FIG. 13). Posteriormente, surgiram vários outros semelhantes; como o *Davis Underwater Escape Apparatus* (DSEA), sendo este adotado pela *Royal Navy* (RN) de 1929 a 1946 (FIG. 14) e o *Momsen Lung*, usado pela *United States Navy* (USN) até 1957 (FIG. 15).

Escape é então por definição a saída individual ou coletiva da tripulação do DISSUB, através das escotilhas de escape, também chamadas de guaritas de salvamento, existentes nas diferentes seções do submarino. Durante a subida livre, rumo à superfície, não há qualquer auxílio externo, e pode-se fazer uso, ou não, de equipamentos, vestimentas ou cápsula coletiva integrada ao submarino. São conhecidos três tipos de escape, que serão descritos a seguir:

3.1.1.1 Método de Subida Livre ou Flutuação Livre (*Free Escape*)

Este escape era utilizado desde os primórdios da operação com submarinos, como arma de guerra, no século XIX; e consiste da subida livre do escapista⁹ para superfície, sem lançar mão de qualquer equipamento, apenas impulsionado por

⁸ U-Boot abreviatura da expressão alemã "*Unterseeboot*", submarino, na língua portuguesa.

⁹ Membro da tripulação que abandona o DISSUB, em situação de acidente, por meio do escape individual ou coletivo.

pernas e braços, expelindo, continuamente, o ar retido nos pulmões para evitar a distensão pulmonar.

Esta modalidade é utilizada com segurança para profundidade de até 20 metros; entretanto é possível, admitindo-se certos riscos à saúde, como rompimento de tímpano e o acometimento por doença descompressiva ou BEND¹⁰, a realização do escape, além desse limite.

De acordo com Guo, Guan e Peng (2005, p. 8), o atual registro de escape bem-sucedido é de 68 m. Para diminuição das chances de ser afetado por doença descompressiva, o tripulante em fuga limitava sua velocidade de subida à velocidade das menores bolhas de ar expelido (FIG. 16), fazendo com que sua subida fosse um pouco mais lenta.

O método de subida livre ou flutuação livre utiliza, sem dúvida, o sistema de salvamento mais simples e ágil, do ponto de vista das providências antecipatórias à ação de escape, e pode ser resumido na seguinte operação (FIG. 17):

O submarino deverá estar pousado no fundo do mar e com pelo menos um de seus compartimentos alagados. Os tripulantes estarão sujeitos à pressão do mar, relativa à profundidade que o DISSUB se encontra, e poderão respirar com o auxílio do sistema *Built in Breathing System* (BIBS)¹¹ instalado a bordo submarino. O escape é realizado pela guarita de salvamento, e durante a subida apenas o ar retido nos pulmões é utilizado, devendo esse ser expelido, continuamente. O escapista, ao atingir a superfície, nadará até um bote salva-vidas com um emissor de sinais para localização do sinistro, previamente liberado, e ligado ao submarino por um cabo (CASTRO, 1987).

Para facilitar o escape, membros da tripulação também faziam uso de coletes salva-vidas ou boias fixadas ao corpo. Nestes casos a velocidade de subida era maior que a recomendada para evitar a doença descompressiva e barotraumas; entretanto o uso de coletes, com dispositivos infláveis, facilitava a permanência do

¹⁰ Doença descompressiva ou BEND, também conhecida como DD ou mal dos mergulhadores. Foi descoberta em meados do século passado, sendo caracterizada pela dissolução dos gases no corpo humano, no sangue, formando bolhas que obstruem as vias circulatórias, causando intensa dor nas articulações, paralisia e morte. A termo BEND vem de curvatura ou inclinação, em inglês; e é uma associação à postura curvada que os mineradores de carvão ficavam, devido às dores no corpo, por atuarem em minas pressurizadas.

¹¹ BIBS – Acrônimo da expressão inglesa “*Built in Breathing System*” e se refere ao sistema de respiração integrado, composto por cilindros de ar comprimido, utilizado pela tripulação, nos compartimentos alagados do DISSUB, nos momentos que precedem à operação de escape.

indivíduo na superfície. Segundo Stewart (2008), o método de subida livre foi utilizado pela USN até 1962.

3.1.1.2 Método de Flutuação Rápida (*Free Ascent*)

De acordo com Hall e Summitt (1970), após uma breve utilização do método subida livre, a partir de 1962 os americanos se inspiraram no sistema *Hood Inflation System* (HIS) (FIG. 18), desenvolvido pela marinha britânica, no final dos anos 50. Passaram então a fazer uso de método *Free Ascent*, que empregava o equipamento *Steinke Hood* (FIG. 19), composto por um capuz e uma máscara facial de plástico, integrados a um colete salva-vidas, possibilitando ao escapista a respiração do ar contido no interior do capuz. Tal prática reduzia as chances de doenças descompressivas, com a minimização de tempo de fundo¹², e permitia o escape até profundidades de 295 pés (90 metros). Um quadro indicativo para o tempo máximo de fundo recomendado, em função da profundidade, é apresentado na (FIG. 20).

O equipamento *Steinke Hood* seria abandonado nos anos 70, devido a sua pouca eficiência, manutenção complexa, com custo elevado (STEWART, 2008).

De tal maneira, o método de subida livre quanto o de flutuação rápida - utilizando o *Steinke Hood* - foram favorecidos por suas facilidades e praticidades; todavia ambos apresentavam deficiências por não conseguirem oferecer aos escapistas, adequada proteção térmica em águas frias, como também não os protegiam das intempéries, na superfície do mar.

A exemplo do desenvolvimento já alcançado pela RN com vestimentas infláveis para escape, a USN e uma grande parcela das marinhas do mundo, incluindo a MB, substituíram seus sistemas de escape, no decorrer dos anos 80, pelo sistema britânico denominado *Submarine Escape Immersion Ensemble* (SEIE) e/ou variações desse projeto. Neste sistema, os ocupantes do DISSUB vestem roupas infláveis com capucho e acessórios de sobrevivência, que cobrem completamente o corpo do náufrago, oferecendo-lhes proteção térmica e meios de subsistência na superfície (FIG 21). Com o traje especial e hermético SEIE, inflado no interior das torres de escape, em operações de fuga individual ou dupla que não ultrapassam 30 segundos cada, para não exceder o tempo de fundo correspondente

¹² Tempo máximo de exposição à pressão da água do mar, relativa a uma dada profundidade.

a 180m de coluna d'água (O'Brien 1987 p. 14), é possível então se deslocar para a superfície, expirando continuamente o ar dos pulmões. Algumas variações desse traje contam com uma balsa salva-vidas incorporada (FIG 22). A velocidade de subida do escapista, devido à flutuabilidade positiva¹³ com a vestimenta inflada, é superior ao método de subida livre, sendo cerca de 625 pés/min ou 190 m/min (SCIENCE CHANNEL, 2016).

A utilização do método de flutuação rápida ou *Free Ascent* tornou possível a realização do escape em profundidade de até 183 metros (600 pés). Para tal foi necessário o adestramento da tripulação, intensificando a prática de exercícios de escape simulado, nos diversos Centros de Treinamento das marinhas que operam submarinos. Estes centros são dotados de equipamentos que simulam um DISSUB, e possuem edificações com torres de mergulho que variam de 20 a 30 metros de profundidade (FIG 23 e 24). A MB possui uma dessas torres de mergulho para treinamento de seus submarinistas instalada no CIAMA, que será abordada com maior profundidade no Capítulo 4 desta monografia.

Na operação real de escape de um submarino sinistrado no fundo do mar, a saída da tripulação é feita através das torres de escape situadas, uma em cada compartimento estanque¹⁴. Para efetuar o *Free Ascent* é necessário que um dos compartimentos estanques não esteja alagado, de modo a permitir que cada tripulante se equipe ou se prepare para usar uma vestimenta especial, entrando em seguida na torre de escape pela abertura da tampa inferior. Esta torre é então alagada, expondo o tripulante à pressão externa, e em seguida aberta a tampa superior da torre, permitindo o escapista ascender rapidamente à superfície. Algumas torres são dimensionadas para permitir a fuga em duplas e outras somente o escape individual. (CASTRO, L. FERNANDO, 1987).

Uma variante do escape por meio dos torreões foi utilizada pela primeira vez em 1928, sendo feita através de tubos de torpedos, que quando alagados e pressurizados, permitiam a saída do escapista pela a abertura de suas tampas externas. É segundo Guo Guan e Peng (2005, p. 7), uma das mais antigas formas para escape da tripulação, em um SUBSUNK.

¹³ Condição em que um corpo imerso, desloca uma quantidade de água maior que o seu próprio peso, estabelecido pelo Princípio de Arquimedes.

¹⁴ Compartimento estanque é uma repartição do submarino com características estruturais para impedir a entrada da água do mar, mesmo que os espaços circundantes estejam alagados.

Com relação à utilização desta variante de abandono acima mencionada, identificamos apenas a marinha indiana, aplicando treinamentos regulares a seus submarinistas, na atualidade para profundidades de até 60 metros. É sabido que os russos já haviam praticado esta modalidade entre as duas grandes guerras (FIG 25 e 26).

Segundo Corllet (1978), a história de acidentes com submarinos tem mostrado que os naufrágios ocorrem, em geral, nas regiões de plataforma continental dos países, onde as profundidades costumam ser inferiores a 200 metros. Assim sendo, em áreas onde é possível realizar com êxito o escape, bem como empreender o resgate, como veremos mais à frente. Características da plataforma continental brasileira denotam grande áreas marítimas, principalmente nas regiões sudeste e sul do país, delimitadas por isóbatas¹⁵ inferiores a 200 metros (FIG. 27).

3.1.1.3 Método utilizando a Cápsula de Escape Coletivo

Nos anos 80, a *Ingenieurkontor Lübeck* (IKL) desenvolveu um novo sistema de escape para ser utilizado em submarinos alemães, em caso de acidentes, que eliminava os riscos dos métodos de subida livre e flutuação rápida, bem como mitigava as deficiências e incertezas inerentes aos sistemas de resgate, que serão aqui abordadas, oportunamente. Esse novo sistema ficou conhecido pelo nome do engenheiro alemão que desenvolveu o projeto, Ulrich Gabler (1984), sendo batizado como *a esfera de Gabler*. Esse sistema foi incorporado ao projeto do submarino IKL 1500, sendo adotado pela marinha indiana, que opera quatro submarinos diesel-elétricos da classe “*Shishumar*”, cujo projeto deriva do tipo alemão IKL 209/1500, dimensionado para suportar a pressão para a profundidade máxima de mergulho desses submarinos (cerca de 260m).

Os submarinos da IKL classe 209/1500 possuem uma antepara estanque, resistente à pressão relativa à cota de colapso do submarino, dividindo-o em dois compartimentos principais, cada um deles com as mesmas características de estanqueidade. A cápsula esférica é montada externamente ao casco de pressão do submarino, no topo da antepara que divide os dois compartimentos, permitindo o

¹⁵ Isóbatas nas cartas hidrográficas são linhas imaginárias que unem todos os pontos de igual profundidade no relevo submarino.

acesso da tripulação por cada um deles, por meio de duas escotilhas no hemisfério inferior.

Segundo Gabler (1984), a esfera possui diâmetro de 2,1m e peso de cerca de 4,0t, incluindo a provisão de água e víveres para seis dias, equipamentos de primeiros-socorros, e emissor de sinais, rádio HF/VHF. Acomoda em seu interior a tripulação completa, composta de 24 pessoas, em duas fileiras de assentos superpostos e também, em pé (FIG. 28 e 29). Possui estrutura em aço de alta resistência, capaz de suportar a pressão do mar na cota de colapso. É dotada ainda de dispositivo interno para liberação da esfera do submarino, de tanques de lastro para flutuabilidade positiva e estabilidade, durante a subida, e de duto de ventilação, no caso de não poder ser aberta, na superfície, a tampa superior da escotilha, em condições de mar grosso¹⁶. Pode também funcionar como câmara hiperbárica¹⁷.

De acordo com Zhang (2018, p. 21), além da marinha indiana, as marinhas russa e chinesa empregam sistemas de escape similares, em um grande número de seus submarinos (mais de 70), desde o início da década de 70 (FIG. 30, 31, 32, 33, 34, 35 e 36). Algumas dessas cápsulas foram projetadas para serem impulsionadas por sistema de ar comprimido, auxiliando no seu desprendimento do casco resistente, principalmente, nos casos em que o submarino se encontra inclinado longitudinalmente (trimado) ou transversalmente (adernado), com ângulos de até 60 graus.

O incêndio ocorrido em 1989 com o submarino nuclear russo K-278 *Komsomolet* foi a única oportunidade de fato, que se tem conhecimento na história com acidentes, que possibilitou a comprovação concreta e exitosa da utilização da cápsula de escape. Nesta ocasião os cinco últimos remanescentes de sua tripulação afundaram com o submarino, após muitos tê-lo abandonado, ainda na superfície. Os cinco submarinistas presos no interior do casco naufragado acabaram utilizando a cápsula de salvamento para retornarem, com sucesso, à superfície. Posteriormente, já na superfície, apenas um deles sobreviveu e os outros quatro morreram afogado no mar revolto (GUO, GUAN e PENG, p. 8, 2005).

¹⁶ Mar grosso é caracterizado por grandes ondas na superfície associadas à intensa velocidade do vento.

¹⁷ Câmara hiperbárica é um equipamento que permite manter a pressão interna constante e controlada, utilizada por mergulhadores ou submarinistas resgatados como forma de evitar a doença descompressiva e suas complicações.

Na realidade, as três formas de escape, até o momento abordado neste trabalho, encontram atualmente vasta aplicação no âmbito de todas as marinhas; restando claro que as marinhas de países orientais optaram, preferencialmente pelo uso das cápsulas de escape coletivo, como mais uma das formas que permitem o salvamento dos submarinistas.

Entendemos que, não importa qual tipo de dispositivo de escape seja adotado. Para todos existirão vantagens e desvantagens.

Assim, dentre as vantagens e desvantagens da cápsula de escape coletiva, ora em discussão, podemos citar:

a) Vantagens:

- Possibilidade de empreender fuga em grandes profundidades (cota de colapso dos submarinos);
- Menor probabilidade no desenvolvimento de doença descompressiva (transferência realizada na atmosfera do submarino);
- Independência de socorro externo;
- Imediatismo das ações;
- Facilidade de operação (dispositivo interno para desacoplamento do submarino);
- Proteção contra fumaça e gases tóxicos (casos de incêndio e vazamentos);
- Proteção na superfície contra intempéries e condições climáticas adversas;
- Aumento da confiança e do ânimo dos submarinistas confinados no SUBSUNK

b) Desvantagens:

- Adição de peso e acréscimo no volume deslocado pelo submarino;
- Necessidade de crescimento das dimensões do submarino, como forma de compensar o acréscimo no peso, necessário ao equilíbrio estático¹⁸;
- Na condição de superfície apresenta maior silhueta e maior *Radar Cross Section* (RCS)¹⁹, ampliando a detecção visual e por radar;

¹⁸ É o equilíbrio entre as forças de peso e empuxo, sejam na condição de superfície ou imersa.

¹⁹ *Radar Cross Section* ou na língua portuguesa Seção Reta Radar é a medida de habilidade de um alvo refletir sinais do radar para um receptor.

- Na condição imersa propicia maior ruído hidrodinâmico (maior detecção sonar pelo inimigo);
- Perda da circularidade²⁰ do submarino, na antepara que suporta a esfera (possibilidade de imposição de limites à cota máxima de operação do submarino); e
- Elevado custo de construção e manutenção (frequentes revisões).

Todavia, o sistema que emprega a cápsula de escape coletivo parece incorporar as melhores características de todas as tecnologias de escape submarino, já desenvolvidas e testadas. E teve a sua efetividade comprovada em simulações feitas, durante provas de mar, e em situação real de acidente com submarino, mesmo em condições de mau tempo.

3.1.1.4 O emprego de Ampolas de Hidrazina na Subida em Emergência

Na década de 80, a marinha alemã adotou um sistema, também desenvolvido pela IKL para ser empregado em emergência (FIG. 37). O sistema era composto de um gerador de gás (Hidrazina- N_2H_4) armazenado em ampolas dispostas nos tanques de lastro na proa, que em caso de alagamento iminente do submarino era acionado por outro gás catalizador (Nitrogênio), permitindo a rápida subida do submarino à superfície, com elevada flutuabilidade positiva (GABLER 1984).

É importante mencionar que o sistema com hidrazina foi adotado em submarinos que não possuem antepara estanque, como no caso de alguns IKL 1400 classe 209 e que não possibilitava a recuperação do submarino. Apenas o trazem a superfície, por um período curto, permitindo aos tripulantes escaparem pelas escotilhas, guaritas de salvamento e pelo torreão no interior da vela.

Como desvantagem existe o enorme risco de explosão, em virtude da grande concentração de hidrogênio, nitrogênio e amônia liberados na mistura de gases.

²⁰ É a perda da forma circular de uma seção do submarino, resultando em concentração de esforços locais e elevadas tensões nos elementos estruturais do submarino (BURCHER, ROY 1998)

3.1.2 O Resgate

Do que já foi visto no subitem anterior, podemos inferir que, nas ocasiões em que o SUBSUNK se encontra entre 183m e sua profundidade de colapso – em geral, na faixa de 600 a 700m, dependendo do fator de segurança estrutural considerado no projeto – a realização de operação de escape, por parte da tripulação, torna-se uma tarefa impossível. Nesses casos, esperar por auxílio externo, ou seja, pelo resgate, é a única coisa que pode ser feita pelos tripulantes do submarino sinistrado.

“Está escuro aqui para escrever, mas vou tentar pelo tato. Parece que não há possibilidades, 10-20%. Vamos torcer para que pelo menos alguém leia isto. Cumprimento a todos. Não há necessidade de ficarem desesperados.”
(CAPITÃO-TENENTE DMITRI KOLESNIKOV, ACIDENTE KURSK, 2000).

O resgate a um submarino sinistrado é bastante complexo, não só por exigir um elevado contingente de pessoas especializadas em operações de busca e salvamento (SAR)²¹, que precisam agir de forma coordenada e rápida, mas também pela complexidade dos inúmeros meios, usualmente empregados.

Além da disponibilidade de meios que possibilitem o acoplamento à escotilha de escape, a transferência dos tripulantes para o veículo de resgate e deste para o navio de apoio na superfície ou navio-mãe (MOSHIP)²²; é necessário, primeiramente, efetuar com rapidez a busca e a localização do DISSUB.

Esta modalidade de salvamento conta, essencialmente, com a utilização do sino de resgate (SRC) e veículos de resgate submarino (SRV) que passaremos a descrever nos subitens 3.1.2.2.1 a 3.1.2.2.5.

3.1.2.1 O Tempo de Resgate

O maior adversário que submarinistas confinados podem enfrentar é o tempo. Tanto os sobreviventes quanto a equipe de socorro precisam saber lidar, da melhor forma possível, com essa valiosa e importante variável do problema.

²¹ Sigla de uso internacional que significa o emprego de recursos disponíveis na prestação de auxílio à pessoa em perigo. A sigla deriva da expressão em inglês “*Search and Rescue*”. O mesmo que BUSCA E SALVAMENTO e BUSCA E RESGATE. (Ministério da Defesa, 2007).

²² O MOSHIP poderá ser uma embarcação pertencente a marinha do país ou uma embarcação contratada ou requisitada para a ocasião do acidente (Navio de Oportunidade – *Vessel of Opportunity*-VOO).

Estudos realizados pela Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) verificaram que a efetividade de qualquer operação de resgate a um submarino sinistrado está associada às ações de socorro empreendidas no tempo máximo de 72 horas, após a ocorrência do acidente (SWERG 2009). Este limite é estabelecido, principalmente, pela deterioração da atmosfera interna do SUBSUNK, devido ao aumento da quantidade de dióxido de carbono. É muito raro encontrar alguém que sobreviva além deste limite de tempo.

Segundo Zhang (2018), o tempo para resgate está relacionado aos seguintes fatores:

- a) tempo de acionamento do pedido de socorro;
- b) tempo de recepção do alarme pelos socorristas;
- c) características do dispositivo a ser utilizado no resgate;
- d) tempo para mobilização e embarque do dispositivo de resgate, em navio de apoio;
- e) localização do SUBSUNK pelo MOSHIP;
- f) topografia submarina (profundidade do naufrágio);
- g) condições ambientais (ventos, ondas e correntezas);
- h) capacidade de funcionamento do dispositivo de resgate; e
- i) eficiência operacional.

Ainda, de acordo com Zhang (2018), o tempo total de resgate, relativo ao emprego de sistemas e equipamentos externos, pode ser determinado pela seguinte expressão:

$$T_T = T_1 + [N_w/N_s] \times (T_2 + T_3 + T_4 + T_5), \text{ onde:}$$

$$T_T \leq T_{M\acute{a}x.}$$

T_T – Tempo total de resgate, em horas;

$T_{M\acute{a}x.}$ – Tempo máximo de resgate = 72 horas;

T_1 – Tempo de deslocamento do navio de apoio até o local do acidente, em horas;

T_2 – Tempo de busca e reconhecimento, em horas;

T_3 – Tempos de acoplamento do dispositivo de resgate e estabelecimento de comunicação com o interior do submarino, em horas;

- T₄– Tempo de transferência de pessoal e material para o dispositivo de resgate, em horas;
- T₅– Tempo de retorno do dispositivo de resgate à superfície e seu içamento para bordo do MOSHIP, em horas;
- N_s– Capacidade do dispositivo de resgate (pessoal e material); e
- N_w– Quantidade total de pessoal e material a ser transportado.

3.1.2.2 Equipamentos de Resgate

3.1.2.2.1 Sino de Resgate Submarino (SRC)

O conceito de resgate de submarinos mudou drasticamente em 1939 com o naufrágio do *USS Squalus*. Durante as provas de mar do submarino, a falha em uma válvula de casco resultou no alagamento no compartimento de torpedos a ré (AR), praça de máquinas e alojamento da tripulação, matando, instantaneamente, 26 dos seus 59 tripulantes. A ação rápida da tripulação, impediu que o alagamento se propagasse por todo o submarino; entretanto o peso da água embarcada fez com que o *USS Squalus* assentasse no fundo do mar, a uma profundidade de 74 metros. Sua localização foi imediata pelo navio de resgate submarino *Falcon*, que na ocasião prestava o apoio necessário à prova de mar, se encontrando a bordo desse navio o Capitão-Tenente Charles B. Momsen, criador do *Momseng Lung*.

Nesta ocasião, um equipamento de salvamento e resgate, recém desenvolvido, conhecido como *MacCann* câmara de resgate (FIG. 38) foi baixado por cabos, a partir do MOSHIP *Falcon*, acoplado em seguida com a escotilha de escape do submarino acidentado. Uma vez acoplado à escotilha era possível reduzir a pressão de ar da parte inferior da câmara, de modo a equalizar com a pressão interna do submarino, procedendo-se, então, a abertura da tampa da escotilha e o ingresso dos tripulantes no interior do sino de resgate. Todos os 33 tripulantes foram resgatados com vida, sendo necessários para tal quatro traslados até a superfície. Esta operação foi a primeira e única na história com acidentes submarinos, em que se usou o sino de resgate. Este dispositivo permitiu trazer à superfície, com segurança, 33 sobreviventes de um efetivo de 59 homens, que compunham a tripulação (CORLETT 1978).

O emprego do sino de salvamento e resgate (SRC) (FIG. 39 e 40) é feito, até hoje, por muitas marinhas no mundo, incluindo a MB e a marinha turca, sendo possível efetuar salvamentos até a profundidade de 990 pés (300 metros)²³. Ressalta-se que este dispositivo de salvamento apresenta severas limitações de uso, em situações como:

- a) fortes correntes marinhas;
- b) quando se lida com submarino pressurizado; e
- c) quando o submarino sinistrado apresenta grande inclinação.

3.1.2.2.2 Veículo de Resgate de Submersão Profunda (DSRV)

Segundo Corlett (1978), após a perda dos dois submarinos nucleares americanos, o *USS Thresher* e o *USS Scorpion*, a filosofia de resgate de submarinos evoluiu ainda mais na década de 60; tendo em vista que estes acidentes ocorreram em profundidades, onde não seria possível efetuar o salvamento com o sino de resgate. Tal fato acabou por compelir a marinha americana a buscar uma solução para o problema, que veio a culminar no desenvolvimento do veículo de resgate de submersão profunda (DSRV) e seu comissionamento, no início dos anos 70, (Fig. 41 e Fig. 42).

Ao entrar em serviço, este mini submarino tripulado e projetado para o acoplamento à escotilha do submarino sinistrado, trouxe grande flexibilidade ao socorro de tripulantes, podendo resgatar 24 pessoas, por vez, mergulhando a grandes profundidades, sendo a máxima de 600 metros (CORLETT, 1978).

Este dispositivo de resgate é mantido, permanentemente, em condições de pronto-uso, podendo ser transportado, por meio aéreo, para qualquer localidade do globo terrestre, normalmente para o aeroporto mais próximo do submarino acidentado, para então ser acoplado a um submarino preparado para recebê-lo. Operar a partir de um submarino, sem dúvida alguma, é uma característica facilitadora, visto que eventuais condições de mar severo ou formação de gelo na superfície não prejudicam as operações de resgates. A operação de resgate com o DSRV exigiu que todos os submarinos americanos passassem a ser projetados com

²³ Este limite está intimamente relacionado à necessidade de mergulhadores para orientar a descida do sino pelo cabo guia e auxiliar o seu acoplamento à escotilha do submarino (CORLETT 1978).

dispositivos de fixação e flanges²⁴ dispostos ao redor das escotilhas de salvamento, compatíveis para o acoplamento com o DSRV. Posteriormente, isto acabou se transformando em um requisito padronizado de projeto, adotado por diferentes nações, que passariam a utilizar o DSRV como veículo para operações de resgate submarino. Uma descrição do resgate utilizando o DSRV, pode ser sintetizada da seguinte forma:

Uma vez o DSRV acoplado ao submarino sinistrado, forma-se uma vedação estanque entre o flange do submarino e do equipamento de resgate, sendo então o espaço desalagado e pressurizado, de tal forma que mantenha o mesmo nível da pressão interna do DISSUB, para a abertura da escotilha do submarino, e iniciando-se a transferência dos sobreviventes.

3.1.2.2.3 Veículo de Resgate Submarino URF

A marinha sueca utilizou-se de sistema similar ao DSRV americano, entre os anos 80-90, o *Ubåts Räddnings Farkost (URF) Kockums Submarine Rescue Vehicle* (Fig. 43 e 44).

O casco resistente do URF primeira geração possibilitava o resgate em submarinos sinistrados à profundidade máxima de 300 metros e com no máximo 45° de banda²⁵.

a) Características gerais

- Quatro subdivisões internas, um compartimento a vante para dois operadores, um segundo compartimento de resgate para 25 pessoas, um terceiro para os sistemas auxiliares (baterias) e o quarto e último compartimento destinado a mergulhadores;
- Compartimentos resistentes à pressão, comunicados internamente por portas estanques, e cada um deles possuindo escotilhas individuais com sistemas de abertura e fechamento hidráulicos para o mar;
- Comunicação com a superfície por meio de cabo;

²⁴ Gola circular colocada ao redor das escotilhas ou na extremidade de seções tubulares para se superpor a outra extremidade similar, de modo a permitir a união das partes, por meio de parafusos ou fixadores com junta vedante entre as partes.

²⁵ Banda ou Adernamento é a inclinação transversal, em graus, de uma embarcação para um de seus bordos, bombordo ou boreste (FONSECA, M. 2005)

- Unidades de propulsão do tipo *bowthruster*²⁶ dispostas lateralmente, permitindo movimentos horizontais e verticais;
- Tanques de lastro e de compensação;
- Lemes verticais e horizontais; e
- Velocidade máxima imersa de 3 nós (KOCKUMS-COMEX ,1989).

b) Descrição da operação

Uma vez recebido o alarme do sinistro, o URF é transportado para o porto, onde deverá estar sendo aguardado por um MOSHIP que o rebocará até o local do acidente. Este reboque poderá ser efetuado na superfície ou submerso, em caso de mar revolto. Ao alcançar cerca de uma milha náutica de distância do local do acidente, o veículo é desprendido do cabo de reboque, passando a se deslocar livremente em direção ao submarino sinistrado, orientado por sonares ativo e passivo, até o estabelecimento do contato visual, realizado por meio de câmeras externas.

Um cabo de aço é fixado à escotilha do submarino, podendo esta operação ser remota ou com a assistência de mergulhadores, para em seguida o URF ser tracionado na direção à escotilha. Esta, uma vez aberta, irá permitir a transferência dos tripulantes para o interior do veículo de resgate, que retorna a superfície para então ser rebocado de volta ao porto (KOCKUMS-COMEX,1989).

No início deste novo século, a *Kockums* lançou o seu novo o veículo de resgate submarino, o URF de segunda geração (Fig. 45), extremamente avançado e versátil, sendo provavelmente um dos sistemas mais eficazes do mundo. O URF de segunda geração, também conhecido como S-SRV (*Submarine Support and Rescue Vehicle*), pode resgatar 35 homens, em uma única operação, a profundidades de 700 metros, com 45° de banda. A marinha sueca vem executando, regularmente, exercícios realistas de salvamento no mar, onde este sistema mostrou-se confiável e eficiente (KOCKUMS SAAB AB, May 3, 2001).

²⁶ Hélices auxiliares presentes em algumas embarcações para facilitar a realização de manobras de atracação e desatracação nos portos.

3.1.2.2.4 Veículo de Resgate Submarino LR5

De acordo com Stewart (2008), outras marinhas seguiram a doutrina de resgate americana, passando a desenvolver suas próprias capacidade de resgate, utilizando veículos se submersão profunda. A marinha britânica desenvolveu o veículo de resgate submarino LR5 (FIG. 46), projetado para a profundidade máxima de 650 m. Este veículo é muito semelhante ao DSRV na maioria dos aspectos, mas ao invés de operar a partir de um submarino adaptado, utiliza para apoio às suas operações um MOSHIP.

O LR5 faz parte do serviço de resgate submarino, administrado pela RN, com sede do *MoD*, que inclui o *Submarine Parachute Assistance Group* (SPAG). Este grupo multidisciplinar de elite foi criado nos anos 60, formado por paraquedistas/mergulhadores, permanentemente em prontidão para prestar os primeiros auxílios ao submarino acidentado, em qualquer região do globo terrestre, em 12 horas. O objetivo principal desta equipe é criar uma estrutura flutuante temporária, capaz de dar apoio à tripulação confinada no SUBSUNK, e a seus integrantes, a medida que vão chegando à superfície. Contam com uma aeronave C-130 Hércules e com um *Remotely Operated Vehicle* (ROV) chamado *Scorpio 45*, operado a partir do navio-mãe HMS *Protector* (FIG 47 e 48), atingindo a profundidade máxima de 914 metros.

Em agosto de 2005, seis membros da equipe da RN usaram o ROV *Scorpio 45* para libertar com sucesso o submersível russo *Priz*, preso a uma rede de pesca, trazendo-o a superfície e salvando sete pesquisadores russos (NAVAL TECHNOLOGY, 2018).

Fica evidente que a utilização de veículos de operação remota do tipo *Scorpio 45* torna-se essencial para a realização de inspeções prévias no DISSUB, objetivando a coleta de dados, tais como, temperatura da água, visibilidade local, velocidade de correntes submarinas, nível de radiação, dentre outros, que permitam a equipe de salvamento na superfície efetuar a escolha da estratégia mais adequada para o resgate. Permite ainda antecipar, por meio do uso de garras e braços articulados, as ações de remoção de destroços e de qualquer outro objeto, que possam trazer dificuldades ao salvamento.

Verifica-se, atualmente, não ser rara a utilização de VOR em atividades outras fora do âmbito militar, a exemplo do que vem ocorrendo, na indústria de

offshore com a realização de operações destinadas à instalação de estruturas submersas em grandes profundidades e trabalhos de manutenção dessas estruturas.

3.1.2.2.5 Veículos de Resgate Submarino NSRS e SRDRS

Segundo Stewart (2008), após cerca de 30 anos de uso em 2008, tanto o LR5 quanto o DSRV foram substituídos por novos sistemas. O LR5 foi substituído pelo *Submarine Rescue System* (NSRS), pertencente à *North Atlantic Treaty Organization* (NATO), mostrado nas (FIG. 49 e 50), sendo este um sistema de resgate desenvolvido em conjunto pela Grã-Bretanha, França e Noruega; enquanto a marinha dos Estados Unidos desenvolveu o *Submarine Rescue Diving and Recompression System* (SRDRS) (FIG. 51 e 52).

Ainda segundo Stewart (2008), ambos os sistemas são semelhantes e realizam operações de resgate, em profundidades de até 600 metros, em três fases:

- a) Reconhecimento – estágio onde é feito uso do ROV para localização do DISSUB e gravação de imagens necessárias à condução da operação de resgate pelo MOSHIP;
- b) Resgate – estágio em que ocorre o acoplamento do veículo de salvamento ao DISSUB, com a passagem dos tripulantes para o seu interior; e
- c) Descompressão da Tripulação – estágio final da operação, onde a descompressão da tripulação pode ser feita por meio de transferência direta para uma câmara pressurizada (*Transfer under Pressure - TUP*), minimizando o risco de exposição da tripulação resgatada a variações de pressão atmosférica, o que seria extremamente prejudicial à saúde dessas pessoas.

3.1.2.3 Filosofia de Resgate no Século XXI

A filosofia de resgate submarino vem amadurecendo desde os anos 90 e a noção de ter uma abordagem holística para essa questão ganhou força entre as nações que operam submarinos. Esses países passaram a adotar padrões que possibilitavam a interoperabilidade dos sistemas de resgate e a execução de ações

conjuntas, com vistas à redução dos custos envolvidos no desenvolvimento de capacidades de resgate.

Não há dúvidas de que é vital a capacidade de empreender resgates submarinos pelas marinhas que operam esses meios; entretanto para algumas nações esta atividade depende do uso das capacidades de resgates de países que contam com infraestrutura adequada e sistemas mais modernos do que aqueles disponíveis pelo próprio país. Tal aspecto evidenciou-se após o desastre com o submarino russo *Kursk*, quando logo em seguida, em 2003 foi criada, por meio do *Submarine Escape and Rescue Working Group – SMERWG* (Grupo de Trabalho de Fuga e Resgate Submarino) pertencente à NATO, a *International Submarine Escape and Rescue Liaison Office (ISMERLO)*. Esta Organização Internacional, com sede na Inglaterra, destina-se à coordenação e troca de informações sobre busca e resgate de submarinos, à prevenção de acidentes e atuação rápida nos casos de sinistros com submarinos. Tem ainda por finalidade estabelecer procedimentos e condições padronizadas para a operação de equipamentos de salvamento, comuns aos países cooperantes com o SMERWG.

A normalização em tela foi estabelecida com base num acordo de padronização internacional criado pela NATO, passando a ser conhecido como *Standardization Agreement (STANAG)*, que em última análise padroniza escotilhas de submarinos e interfaces, facilitando a interoperabilidade com sistemas e submarinos de outras nações que atendam aos mesmos padrões.

Como já mencionado no capítulo anterior, 45 marinhas no mundo operam submarinos das mais diversas classes, o que torna imprescindível a atuação da ISMERLO, ressaltando o seu importante papel, também na realização de exercícios de salvamento de submarinos conduzidos pela NATO.

3.1.2.3.1 *Marinha dos Estados Unidos*

Segundo Seng, Yixin e Xinyun (2010) a USN adotou para o seu sistema de resgate SRDRS a abordagem “Propriedade do Governo – Operada por Contratada”, em inglês *Government Owned – Contractor Operated (GOCO)*, ou seja, um conceito de terceirização do serviço de resgate. Neste caso a empresa americana contratada *Phoenix International* é responsável por mobilizar, operar e manter ativo 24 horas por dia, o sistema de resgate submarino – incluindo quatro vestimentas especiais

para mergulho de grandes profundidades (FIG. 53), de mais de 700 metros (*Atmospheric Diving Suit-ADS*), e de forma a atender aos rigorosos padrões exigidos pela USN, referentes ao Programa de Garantia de Qualidade e Certificação da marinha americana. Fazem ainda parte do sistema de resgate americano, um veículo não tripulado para resgate pressurizado até 2.000 pés (610 metros), com capacidade para 16 resgatados, operado remotamente por estação de comando e controle, e uma câmara para tratamento hiperbárico, ambos localizados no MOSHIP.

3.1.2.3.2 Países-membros da Organização do Atlântico Norte (OTAN)

A OTAN também adotou uma abordagem semelhante à da marinha dos EUA. Com a finalidade de propiciar uma rápida resposta ao pedido de resgate, em uma ampla área do hemisfério norte, o sistema de resgate da OTAN (NSRS – SRV), operado por dois pilotos e capacidade para 14 resgatados, está disponível, desde o final de 2008, na *HM Naval Base Clyde* na Escócia. Foi disponibilizado para operar, por dez anos, no conceito GOCO, com lançamento a partir de um navio de apoio (SENG, YIXIN e XINYUN 2010).

3.1.2.3.3 Marinhas de países dos Continentes Asiático e Oceania

Em 2008, a Marinha da China adquiriu um novo veículo para resgate submarino (FIG. 54), semelhante ao sistema NSRS adotado pelos países-membros da OTAN. Este veículo, desenvolvido pela empresa inglesa *Perry Slingsby System*, pode operar a profundidades de 300 metros e possui capacidade para 18 resgatados e dois pilotos. Além disto, a marinha chinesa incorporou, nesta década, um novo navio de socorro e salvamento, construído pelo estaleiro Construção Naval de *Guangzhou* (SENG, YIXIN e XINYUN, 2010).

A Marinha da República da Coreia (*Republic of Korea Navy – ROKN*) comprou um novo veículo de resgate submarino, projetado e construído pela empresa inglesa *James Fisher Marine Services*, com base no projeto *Deep Search and Rescue* (DSAR) classe 500 (FIG 55). O ROKN DSRV II é capaz de operar até 500 metros de profundidade e tem a capacidade de transporte de 16 pessoas. Antes disto, a marinha sul coreana operava o veículo LR5K, um submersível tripulado com capacidade para dez pessoas, operado a partir de uma embarcação de apoio

“*Chung Hae Jin*”, navio multipropósito para socorro e salvamento. Este navio, também está equipado com um ROV, um sino de mergulho (SRC) para nove pessoas, além de um convoo²⁷ para aeronaves leves. Possui também facilidades a bordo para o tratamento de doenças descompressivas, por meio de sistema para transferência sob pressão (TUP) (SENG, YIXIN e XINYUN, 2010). As ilustrações do sistema sul coreano estão representadas na (Fig. 55).

Nos anos 2000 a *Republic of Singapore Navy* (RSN) previu a necessidade de se tornar autossuficiente em resgate submarino, e para tal assinou um contrato, em 2007, com vigência de 20 anos, com a empresa inglesa, *First Response Marine Pte Ltd*. A empresa com representação em Cingapura, se comprometeu a projetar, construir e operar um sistema para salvamento submarino, que contemplasse um veículo de resgate submarino (SRV) para 17 pessoas e dois pilotos, do tipo DSAR6 similar ao da marinha sul coreana, um ROV e um navio de apoio destinado ao salvamento. A embarcação é dotada de um convoo para aeronaves de 12 toneladas, um Sistema Integrado de Navegação e Rastreamento, que monitora embaixo d’água, o ROV, o DSAR6 e o DISSUB, além de um sistema *Launch and Recovery System* (LARS), com capacidade para lançar e recuperar o submersível, até estado de mar 5, na escala Beaufort²⁸ (FIG. 56). Possui ainda, na popa do navio, um sistema TUP instalado. O sistema de resgate utilizado pela Marinha de Cingapura é um dos poucos no mundo a incorporar diversos subsistemas em uma única plataforma (SENG, YIXIN e XINYUN, 2010).

Ainda segundo Seng, Yixin e Xinyun, (2010), em 2009, a *Royal Australian Navy* (RAN) arrendou uma unidade do LR5, atualmente de propriedade da empresa inglesa *James Fisher Marines Services*. Tal fato aconteceu, após a RAN ter perdido o seu veículo de salvamento submarino, não tripulado, REMORA (FIG. 57).

De maneira geral, podemos afirmar que os diferentes Sistemas de Resgate Submarinos (SRS) já abordados, possuem requisitos de projeto comuns a todas as marinhas que operam submarinos; entretanto segundo Lorents e Turner (2010), o SRS utilizado pelo Japão não é transportável por via aérea, uma vez que o requisito de projeto daquele sistema, restringe-se ao apoio à operações submarinas no entorno do arquipélago japonês.

²⁷ Termo usado para designar convés de voo, ou seja, a plataforma destinada para operação com aeronaves de asas rotativas, a bordo de navios.

²⁸ Escala usada para caracterizar o estado de mar associado a uma determinada velocidade de vento.

3.1.2.4 Características de Operação com Sistema Integrado de Resgate Submarino

Lorents e Turner (2010) descrevem de forma resumida a capacidade de resgate submarino integrado, representada na (Fig. 58), e sendo formada pelas seguintes etapas:

- a) Instalações da Base – Local onde o SRS é armazenado e mantido para pronto uso em missão real ou exercício;
- b) Mobilização – Compreende as atividades preparatórias para o deslocamento do SRS até o embarque no MOSHIP;
- c) Transporte – Relativa aos modais rodoviário e aéreo, até o porto, onde se encontra o MOSHIP;
- d) Embarque – Acondicionamento do SRS no MOSHIP, que pode incluir também um ROV, material para assistência e suporte à vida dos submarinistas no interior do DISSUB e embarcações menores para resgate da tripulação;
- e) Comissionamento e preparação para a realização do resgate – reunião para a passagem de instruções, realizada entre tripulação do navio de apoio e operadores do veículo de resgate submarino (pilotos, mergulhadores e equipe de superfície);
- f) Operações de Resgate – Cobrem todas as atividades associadas ao lançamento e recolhimento do SRC;
- g) Operações do MOSHIP – Posicionamento dinâmico do navio, prontificação da tripulação do navio e da equipe médica;
- h) Transferência sob Pressão (*Transfer under Pressure* – TUP) – Pressurização do SRC para a atmosfera do SUBSUNK;
- i) Tratamento Hiperbárico/ Operações de Suporte – Recebimento dos resgatados no interior da câmara hiperbárica, instalada no navio, para início da decompressão controlada;
- j) Desmobilização – Após a missão de resgate ou realização do exercício, refere-se aos processos para o retorno às condições de pronto-uso do SRC, antes do desembarque do navio; e
- k) Desembarque e Transporte – Abrange todas as atividades associadas à remoção do SRS do MOSHIP e seu transporte de volta para a base.

3.1.2.5 Riscos associados aos Sistemas de Resgate Submarino (SRS)

A predição, prevenção e a análise de falhas em equipamentos ou sistemas são processos comuns em engenharia de sistemas. É, portanto, de extrema relevância a realização de atividades destinadas à análise de falhas e suas consequências, por serem ferramentas capazes de conferir maior ou menor grau de confiabilidade aos sistemas, onde confiabilidade pode ser entendida como a resistência à falha de um componente ou de um sistema, em função do tempo. Uma outra sistemática seria a prática de gerenciamento de riscos.

Como a nenhum sistema pode ser atribuído 100% de confiabilidade, não seria diferente com os SRS, onde não é possível conceber sistemas absolutamente seguros. A segurança passa então a ser avaliada e associada a um nível de risco considerado aceitável por seus usuários. Neste sentido, os equipamentos e as operações de busca e resgate submarino são avaliados e admitidos pelas diferentes marinhas ou Sociedades Classificadoras²⁹, como forma de emprego em todas as condições operacionais esperadas. Deste modo, o princípio no qual se baseiam os SRS está na capacidade de prover um método aceito como confiável e seguro, dentro de limites estabelecidos por análises de gerenciamento de riscos para o resgate da tripulação de um submarino afundado.

Segundo Roberts e Turner (2008) para que um SRS seja admitido como seguro, os seguintes aspectos precisam ser levados em consideração:

- a) Os benefícios trazidos por equipamentos distintos, estando estes certificados por Sociedades Classificadoras, quando operados por terceiros;
- b) Os riscos apresentados durante a operação destes sistemas - lembrando que as doutrinas para se alcançar o resultado desejado, não são cobertas pelas Sociedades Classificadoras – podem ser controlados por legislação nacional e /ou internacional, tais como agências marítimas locais ou determinados pela Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS); e
- c) Os riscos associados às interfaces entre os equipamentos do SRS, que precisam atender à submarinos que foram projetados para requisitos especificados há muitos anos.

²⁹ Entidades reconhecidas para atuarem em nome da Autoridade Marítima, na regularização, controle e certificação de embarcações e seus sistemas.

Restou claro que os riscos associados aos Sistemas de Resgate Submarino (SRS) e o conceito de confiabilidade nesses equipamentos são dependentes de legislações nacionais/internacionais vigentes, como também do elemento custo-benefício; e que a classificação por entidades certificadoras se aplica a uma parte limitada dos sistemas e, portanto só podem fornecer mitigação para riscos associados, especificamente, ao equipamento em classe.

3.2 SALVAMENTO SUBMARINO

Como já comentado no subitem 2.1 deste trabalho, de acordo com os dados constantes da publicação *IHS Markit Ltda – Annual Jane’s Fighting Ships 2016 – 2017*, atualmente existem em atividade 540 submarinos, distribuídos pelas 47 marinhas que operam esses meios. Todavia, poucas nações possuem tecnologia e conhecimento para empreenderem salvamento a submarinos sinistrados, sendo esta atividade conferida a algumas marinhas ou a um reduzido número de empresas privadas que reúnem esta competência.

Nos anos que sucederam à segunda grande guerra, com a constituição da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) em 1949, ficou clara a importância da criação de um órgão internacional, capaz de discutir, concentrar, coordenar e destinar recursos para o socorro e salvamento a submarinos sinistrados. Tal concretização se deu no início deste século com a estruturação da ISMERLO (2003), possibilitando ações rápidas nas operações de busca e resgate a submarinos, e com seminários anuais organizados pelo *Submarine Escape and Rescue Working Group* (SMERWG), onde as nações detentoras do *know how* em Busca e Resgate Submarino (SARSUB) compartilham experiências adquiridas, anunciam avanços tecnológicos na área e debatem novas técnicas e procedimentos, bem como as questões relativas à interoperabilidade de seus sistemas.

O período de 72 horas admitido pela OTAN como tempo máximo para resgate, mencionado no subitem 3.1.2.1, praticamente excluem os países localizados no hemisfério sul de qualquer possibilidade de intervenção situada no raio de ação dos sistemas aerotransportados mais avançados (GLATTHARDT, 2009). Esta condição será comentada em capítulo posterior, e reforça ainda mais nossa proposta para sistemas de salvamento submarino que poderão ser adotados, futuramente, pela Marinha do Brasil. No Anexo E é apresentado um quadro

comparativo entre os sistemas de resgate SRV e SRC adotados por diversas marinhas, elaborado por (PINTO, 2016).

3.2.1 Comparativo das vantagens entre Escape e Resgate

Wilson (1983) elaborou um comparativo, elencando as vantagens e desvantagens entre metodologias de Escape e Resgate, reproduzido no Quadro 6 do Anexo D.

Observa-se, dentre as modalidades com que sobreviventes poderão se salvar, em um DISSUB (Escape por Flutuação Livre, Escape por Flutuação Rápida ou Resgate) (FIG. 59), que existem aspectos positivos e negativos, igualmente distribuídos. Tal constatação nos leva a refletir sobre a realização de estudos de exequibilidade, adequabilidade e aceitabilidade para um sistema alternativo com características próprias de uma cápsula de escape, reunindo os aspectos positivos das modalidades acima mencionadas, ainda que esta variante apresente pontos desfavoráveis, como espaço ocupado e peso acrescido ao submarino.

Não há dúvidas de que os aspectos desfavoráveis ao sistema proposto poderão ser mitigados e contornados, se os requisitos de alto nível de Sistemas (RANS) assim forem estabelecidos, de modo a contemplar o projeto do submarino, já nas fases iniciais de exequibilidade e concepção, com o sistema de escape por cápsula.

4 METODOLOGIA ATUALMENTE UTILIZADA PELA MARINHA DO BRASIL

4.1 OBSERVÂNCIA ÀS POLÍTICAS DE ESTADO VIGENTES

Segundo a Política Nacional de Defesa (PND):

[...]

O Brasil vem aperfeiçoando a concepção de sua estrutura de Defesa, processo complexo que se consolida no longo prazo, pois abarca o desenvolvimento das potencialidades de todos os segmentos do País, a modernização dos equipamentos das Forças Armadas e a qualificação do seu capital humano, além da discussão de conceitos, de doutrinas, de diretrizes e de procedimentos de preparo e emprego da expressão militar do Poder Nacional.

(BRASIL, 2016b, p. 5).

Neste sentido a MB vem construindo, no estaleiro Itaguaí Construções Navais (ICN), quatro novos submarinos convencionais (S-BR) derivados da classe francesa “*Scorpène*”, ao tempo em que está empenhada na condução do PROSUB, no Centro Experimental de ARAMAR (CEA), Iperó-SP, e no Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP, objetivando o primeiro submarino de propulsão nuclear (SN-BR). Desta forma encontra-se, também, em perfeita consonância com os ditames preconizados na PND e os Objetivos Nacionais de Defesa (OND), visando assegurar a capacidade de Defesa para o cumprimento das missões constitucionais das Forças Armadas (FA), promovendo a autonomia produtiva e tecnológica na área de defesa.

[...]

Leva em conta a necessidade de contínuo aperfeiçoamento das técnicas e da doutrina de emprego das Forças, de forma singular ou conjunta, com foco na interoperabilidade; o adequado aparelhamento das Forças Armadas, empregando-se tecnologias modernas e equipamentos eficientes e em quantidade compatível com a magnitude das atribuições cometidas; e a adoção de recursos humanos qualificados e bem preparados.

(BRASIL, 2016b, p. 12).

[...]

Significa manter e estimular a pesquisa e buscar o desenvolvimento de tecnologias autóctones, sobretudo no que se refere a tecnologias críticas, bem como o intercâmbio com outras nações detentoras de conhecimentos de interesse do País. Refere-se, adicionalmente, à qualificação do capital humano, assim como ao desenvolvimento da Base Industrial de Defesa e de produtos de emprego dual (civil e militar), além da geração de empregos e renda.

(BRASIL, 2016b, p. 13).

A END, por sua vez, procura direcionar os diversos Órgãos e Instituições do Estado brasileiro, no tocante às ações que devem ser empreendidas para que metas e objetivos planejados sejam plenamente alcançados, vinculando assim a vontade do Estado, no âmbito da defesa, com as medidas necessárias para capacitar o País na preservação de conhecimentos e valores fundamentais.

[...]

Nesse contexto, a defesa do Brasil exige o permanente fortalecimento de sua Base Industrial de Defesa – BID, formada pelo conjunto de organizações estatais e privadas, civis e militares, que realizem ou conduzam pesquisas, projetos, desenvolvimento, industrialização, produção, reparo, conservação, revisão, conversão modernização ou manutenção de produtos de defesa, no País (BRASIL, 2016b, p. 20).

4.1.1 Plano de Articulação e Equipamento da Marinha do Brasil (PAEMB)

Em decorrência da END, a MB desenvolveu o Plano de Articulação e Equipamento da Marinha do Brasil (PAEMB) 2011-2031 (ver Apêndice G), em sintonia com o PAED, estabelecido pelo MD (BRASIL, 2012). Definiu projetos estratégicos prioritários, que consistem, dentre outras diretrizes, na revitalização e modernização dos seus meios navais, buscando a substituição gradual destes meios, em face do desgaste e limite de resistência estabelecidos em ciclos de vida dos materiais.

A MB dentro das diretrizes estabelecidas pela END realizou projeção a médio prazo (20 anos), a partir de 2011, para definição dos meios necessários ao cumprimento de sua missão, e o engajamento necessário da indústria nacional. Deste modo o PAEMB (2011-2031), no que se refere aos meios destinados à Força de Submarinos, preconiza a aquisição de 15 submarinos de propulsão diesel-elétrica (S-BR), mostrados na (FIG. 60). Destes, quatro foram contratados com a empresa francesa *Direction des Constructions Navales et Services* (DCNS), atualmente denominada *Naval-Group*, e se encontram em construção na ICN. O primeiro, batizado de Riachuelo, será lançado em dezembro de 2018, e três outros, batizados de Humaitá, Tonelero e Angostura deverão estar prontos em 2020, 2021 e 2022, respectivamente.

Estão previstos no PAEMB, seis SN-BR mostrados na (FIG 61), devendo o primeiro ser lançado em 2025. Após a avaliação do primeiro SN-BR, a partir de

2030, outras cinco unidades poderão ser construídas, ou então, uma nova classe aperfeiçoada de SN-BR poderá ser desenvolvida.

4.2 A CAPACITAÇÃO DA MARINHA DO BRASIL PARA ESCAPE E RESGATE SUBMARINOS

Os anos 70 foram marcantes para a história do ComForS. Na primeira metade desta década a MB incorpora sete submarinos das Classes “*GUPPY I, II e III*” (*Great Underwater Propulsion Power*), que haviam servido à USN, por cerca de 25 anos, e dá origem à classe de submarinos brasileiros S-10 “Guanabara”. Adquire ainda, nesta ocasião, o NSS/Navio Auxiliar (NAux) Gastão Moutinho K-10 (ex- *USS Skylark*).

Na segunda metade dos anos 70, três novos submarinos da Classe *Oberon*, construídos na Inglaterra, são incorporados à MB, originando a classe de submarinos brasileiros S-20 “Humaitá”. Deu-se então o início de novas doutrinas de emprego operativo de submarinos e sistemas de resgate, vindo fortalecer a capacitação profissional de nossos submarinistas.

Os anos 80 foi outra década notável para a MB, quando um grande avanço foi dado para a sua autossuficiência em projetar e construir submarinos, e para a capacitação de nossa marinha no salvamento a submarinos sinistrados.

Desta forma, a MB pode hoje se orgulhar de pertencer a um restrito grupo de marinhas detentoras de técnicas para a realização de SARSUB e de possuir estrutura mínima para empreender operações de resgate a um DISSUB. Está, também, capacitada para prestar tratamento adequado aos submarinistas resgatados, utilizando-se de câmeras hiperbáricas distribuídas por Hospitais Navais, ao longo do litoral brasileiro, sendo empregadas em apoio às operações de Socorro e Salvamento Submarino (FIG. 62).

Cabe ressaltar que o Brasil é membro integrante da ISMERLO, contando com a colaboração de outras nações para o caso de acidente com algum de nossos submarinos ou apoiando, quando necessário, as operações de SAR que eventualmente ocorram nas AJB ou em áreas próximas.

4.2.1 Estrutura para Escape

Como já mencionado no subitem 3.1.1.2, a MB possui um tanque de treinamento de escape submarino (TTES), instalado no CIAMA (FIG. 63). Este tanque é utilizado para o treinamento de tripulação, simulando o escape de um DISSUB, a 20 metros de profundidade. Nestas simulações os escapistas utilizam os trajes especiais pressurizados condizentes para a realização segura da subida rápida (*free ascent*), garantindo a flutuabilidade positiva, protegendo-os do contato com a água e mantendo constante o fluxo de ar, durante a subida. As instalações do Centro de Treinamento da MB dispõem, ainda, de centro médico para avaliação prévia das condições de saúde do treinando, de uma piscina para atividades práticas (FIG. 64), de uma câmara hiperbárica que emula a pressão interior do DISSUB (FIG. 65), além de salas de aulas destinadas aos ensinamentos teóricos para socorro e salvamento submarino. Os cursos e exercícios realizados no CIAMA, também, fazem parte de um programa destinado ao treinamento de militares de marinhas amigas, e de mergulhadores civis que irão trabalhar na indústria de prospecção de petróleo.

4.2.2 Estrutura para Resgate

Apesar de ter uma história secular em operações com submarinos, foi na década de 80 que a nossa marinha começou a constituir uma estrutura densa e efetiva, por meio de recursos técnicos avançados, objetivando adquirir capacitação plena em operações SARSUB. Na verdade, o alicerce dessa capacitação, iniciou-se em 1973, com a incorporação do NSS “Gastão Moutinho” (FIG. 66), dotado de equipamentos de apoio a mergulho, um sino atmosférico aberto para resgates até 57 metros, câmara de recompressão³⁰ e roupas de escafandro³¹.

Nos anos 80, o sino atmosférico do NSS “Gastão Moutinho” foi perdido no mar, após o rompimento do cabo de içamento, durante operação para adestramento da guarnição do navio. A MB passou então por um curto período de capacitação limitada para a realização de atividades de resgate submarino, quando em 1988 um

³⁰ O mesmo que câmara hiperbárica, usada para o tratamento de doenças descompressivas.

³¹ Escafandro é uma armadura de borracha e latão utilizada por mergulhadores para trabalhos no fundo da água. Essa estrutura comunica-se com a superfície através de um duto que assegura a livre respiração e permite resistir à pressão da água.

outro navio de socorro e salvamento submarino, com 10 anos de serviço, é adquirido de uma empresa dinamarquesa, sendo denominado NSS “Felinto Perry”, K-11. Após o comissionamento desse navio, o NSS “Gastão Moutinho” passou para a classe de navio auxiliar, sendo descomissionado em 1996.

4.2.2.1 Navio de Socorro e Salvamento NSS Felinto Perry

O NSS “Felinto Perry” (FIG. 67) foi construído pelo estaleiro norueguês, em julho de 1979, com o nome de *M/S Wildrake*, para a uma empresa norueguesa com sede em Oslo. Após oito anos, o navio foi vendido para uma empresa dinamarquesa, recebendo o nome de DSV *M/S “Holger Dane”*, sendo adquirido pela MB em 1988 (PODER NAVAL, 2017).

Muito embora seja este um navio de resgate e apoio completo, muito bem mantido e modernizado ao longo de 30 anos pela MB, trata-se de uma plataforma de primeira geração com quase 40 anos em serviço. Está, portanto, no final de sua vida útil, no que diz respeito a seus principais sistemas, tais como casco, propulsão, elétricos, comando & controle e auxiliares. Todavia o seu sistema de apoio a mergulho e salvamento submarino seja ainda utilizado pela marinha dos Estados Unidos e outras marinhas do hemisfério norte.

Esse sistema é composto de um sino de mergulho saturado (sino fechado) (FIG. 68), capaz de operar até 300 metros de profundidade, por meio de cabo e cordão umbilical³² ligados ao NSS Felinto Perry. fornecido pela empresa CONSUB, na segunda metade dos anos 90, atendendo a requisitos constantes de Especificação Técnica elaborada pela Diretoria de Engenharia Naval (DEN). Possui ainda um sino atmosférico aberto - capaz de efetuar resgate a 300 metros de profundidade – uma câmara de descompressão para oito mergulhadores e um veículo submarino de operação remota (VSOR), com câmeras de vídeo para operação até 600 metros.

As características principais deste navio são:

a) deslocamento carregado³³: 4000 toneladas;

³² Cordão umbilical é o conduto de ligação do sino de resgate com o Navio de Apoio na superfície, através do qual passam os cabos alimentação de energia elétrica e de comunicação com o veículo de resgate.

³³ Deslocamento carregado de um navio corresponde à massa de água deslocada, expressa em toneladas, pelo navio, quando flutuando na linha d’água correspondente à sua plena carga.

- b) dimensões: 78,2m (comprimento total) x 17,5m (boca máxima³⁴) x 4,6m (calado³⁵);
- c) velocidade máxima: 14,5 nós (milhas náuticas/hora);
- d) velocidade de cruzeiro³⁶: cerca de 12 nós;
- e) tripulação: 65 homens;
- f) autonomia: 70 dias;
- g) raio de ação: superior a 15.000 MN na velocidade de cruzeiro; e
- h) aparelho de carga com capacidade de 30 toneladas.

Outra característica que merece destaque é o *Dynamics Position System* (DPS), referenciado por satélites e agulhas giroscópicas, que permite o controle automático de lemes e propulsores, possibilitando o navio permanecer, precisamente, na mesma posição no oceano. Tal característica permite ao navio posicionar-se na vertical da escotilha do DISSUB. O navio é dotado ainda de uma plataforma para operação com aeronaves de asas rotativas, essencial no caso de evacuação de feridos. O NSS “Felinto Perry” é o único navio da América do Sul capaz de realizar resgate de tripulantes em um DISSUB (100 anos Força de Submarinos).

Ainda, segundo o Livro 100 anos Força de Submarinos, o NSS “Felinto Perry” e o Submarino “Tikuna” realizaram em 2014, na presença de observadores militares de marinhas da América do Sul, Europa e sul da Ásia, um exercício de SARSUB, próximo à Ilha Grande, Angra dos Reis-RJ, no qual o sino de mergulho foi acoplado com sucesso à escotilha do submarino pousado no fundo do mar.

Acreditamos que, devido ao envelhecimento dos motores e o aumento da aspereza das chapas de aço, após os diversos jateamentos para a limpeza do casco, a velocidade máxima alcançada, nos dias de hoje, não seja superior a 10 nós e a velocidade de cruzeiro seja algo entorno de 8 nós.

Se a MB optar por manter a sua capacidade de resgate por SRS, a LOGSUB pode desenvolver um projeto deste sistema também aerotransportado, mas com melhorias em relação ao SRS atualmente em operação na MB, pois este sino de resgate desenvolvido na década de 90

³⁴ Boca máxima corresponde à largura máxima do navio na linha d'água de flutuação.

³⁵ Calado é a designação dada à profundidade a que se encontra o ponto mais baixo da quilha de um navio, em relação à linha d'água de flutuação (superfície da água).

³⁶ Velocidade de cruzeiro é aquela que o navio poderá se deslocar constantemente, em um regime de potência, sem causar danos aos motores (80% a 90% Potência máx.), e de forma mais eficiente.

não possui uma escotilha lateral para acoplamento em um Sistema de Transferência dos resgatados sob Pressão (chamado de TUP – *Transfer Under Pressure*), este requisito é atualmente obrigatório para qualquer sistema de salvamento e resgate moderno em operação, assim, no meu entender, a MB precisa reavaliar o seu veículo de resgate caso venha a adquirir um novo Navio de Socorro e Salvamento (NSS) e operar o SNBR (REPINALDO, 2017).

Repinaldo (2017) afirma, também, que com a entrada em operação dos S-BR da Classe *Scorpène* e do SN-BR, a MB operará submarinos oceânicos com grande capacidade de movimentação; e que o NSS “Felinto Perry” operando com um sistema fixo a bordo não terá a capacidade de atender, com a devida rapidez, um sinistro em Salvador, por exemplo, pois o tempo necessário ao trânsito do navio, até o local, não seria inferior a cinco ou seis dias, contando a sua mobilização.

Aquele autor enfatiza que a MB precisará reavaliar a sua doutrina de salvamento de submarinos e que a LOGSUB, empresa da qual é sócio, está capacitada e pronta para ajudar a nossa marinha neste desafio, visto que o sistema de salvamento por meio de um sino de resgate não é o mais adequado para o treinamento com um submarino de propulsão nuclear.

A mesma linha de pensamento é observada em Glattardth (2009), quando destaca que o afundamento do submarino Tonelero, em dezembro de 2000, atracado ao cais do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ), possibilitou a MB maior reflexão no tocante às operações de salvamento submarino. O grande desgaste diante da opinião pública pela perda de um submarino em atividade, ainda que sem perda de vidas humanas, tornou aquele acidente para MB no que *Kursk* representou para o mundo, evidenciando, claramente, a necessidade de investir recursos nos meios destinados ao socorro e salvamento de nossos submarinos.

5 APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS VISANDO O HORIZONTE DOS SISTEMAS DE SALVAMENTO SUBMARINO NO BRASIL E AS PERSPECTIVAS FUTURAS MUNDIAIS

5.1 SISTEMA DE SALVAMENTO A SER PROPOSTO PARA OS SN-BR

Nos acidentes mencionados no Capítulo 3, observamos que muitos tripulantes pereceram por falta de sistemas autônomos e condições adequadas para o abandono do submarino e sobrevivência na superfície ou por demora das ações de resgate. O trágico acidente com o submarino *Kursk*, evidenciou dois relevantes aspectos, o primeiro de ordem técnica e logística (capacidade de atuação na prestação de socorro e salvamento em tempo hábil) e o segundo de cunho estratégico, envolvendo a soberania do Estado. Entendemos que a garantia para o atendimento a estes dois aspectos possa se dar na fase embrionária do projeto do submarino, onde um sistema para salvamento possa ser concebido em módulos, no qual a unidade modular de salvamento e/ou sobrevivência possa ser desprendida do submarino, flutuando até a superfície como uma célula autônoma.

Muito embora esse não seja um conceito novo de escape para submarinos sinistrados no mundo, mas bem pouco familiar às marinhas do ocidente, acreditamos ser um dos mais adequados à MB, que passará operar um submarino com propulsão nuclear, a profundidades maiores que 300 metros, com um maior número de tripulantes (mais de 80 homens) e sobretudo, com a possibilidade do índice de radiação recebida pelos resgatados estar fora dos limites aceitáveis.

Esta adequação deve-se, principalmente, à capacidade imediata e coletiva empreendida pela cápsula de escape, em operações de salvamento. A atual metodologia empregada pela MB exigiria vários ciclos de salvamento, com diversos acoplamentos à escotilha de escape do submarino, dada a capacidade limitada do nosso sino de mergulho (seis pessoas resgatadas), em cada ciclo. Segundo Glatthardt (2009), o período dispendido no ciclo de resgate no exercício de SARSUB com o SB Tikuna, em 2009, foi de cerca de três horas para quatro submarinistas. Tal fato, praticamente, inviabiliza o resgate por meio do sino de mergulho para cerca de 85 pessoas, demandando mais 28 horas de operação. Não está aqui considerado o tempo necessário para mobilização do navio, o tempo para a chegada ao local do

sinistro e o tempo para localização do submarino, que somados não deverão ultrapassar 72 horas estabelecidas pela OTAN.

A proposta para o uso de dispositivo de salvamento modular autônomo possibilita, ainda, a realização do salvamento coletivo, em profundidades compatíveis com a cota máxima de operação do SN-BR e a sua cota de colapso; sendo para esta última um requisito desejável. As profundidades aqui referidas são superiores àquela permitida para o emprego do sino de resgate (300 metros).

Acrescenta-se aos aspectos limitantes para o atual sistema de resgate utilizado pela MB, o impedimento de condução de exercícios de SARSUB com o SN-BR pousado no fundo do mar, em decorrência de razões técnicas. Esta prática é bastante prejudicial à refrigeração da planta nuclear.

Como já visto, a cápsula de escape coletivo tornou-se o principal dispositivo de salvamento submarino na Rússia e na Índia; como também vem sendo objeto de estudos para implementação em projetos de submarinos da Marinha da República da China. Segundo Wanbo (2018), ao final do século passado, engenheiros e projetistas americanos propuseram algumas ideias para o projeto de futuros submarinos para a USN (FIG. 69), considerando o emprego de cápsulas de escape, em contraposição às desvantagens verificadas no resgate da tripulação, com o DSRV. Todavia, em face do grau de confidencialidade atribuído ao projeto da futura classe de submarinos balísticos americanos (SSN-826), batizado de *USS Columbia*, não se tem certeza sobre a implementação de tal propositura.

Desta forma parece-nos plausível a consideração de estudos exploratórios aplicados aos futuros SN-BR, que considerem nas fases embrionárias do projeto, um sistema de salvamento modular autônomo à semelhança dos submarinos indianos IKL 1500 ou dos submarinos nucleares russos. Obviamente, os estudos deverão levar em consideração as formas geométricas mais adequadas para a cápsula, as tensões nos elementos estruturais da unidade modular e do casco resistente do submarino, quando sujeitos às pressões de mergulho. Deverão ainda considerarem o peso e o espaço ocupado pela cápsula e aspectos relativos à estabilidade, durante a subida e flutuação na superfície.

Estudos complementares deverão ser conduzidos para avaliar a performance hidrodinâmica do módulo de escape, sendo validados por modelos, em escala, e um protótipo em escala real deverá ser construído para validação dos requisitos de resistência estrutural relativos à compressão, alagamentos, choque e

explosão, comprovando a integridade estrutural subaquática da cápsula. As análises técnicas dimensionais e de resistência estrutural citadas poderão embasar futuras teses de doutorado, por alunos de pós-graduação, interessados em realizar pesquisas nestas áreas, propiciando relevantes contribuições incrementais.

É mister salientar que LaPenna (2009) desenvolveu tese de doutorado com foco em pesquisa voltada para o conceito modular de escape a ser implementado nos SSN balísticos americanos, como principal meio de resgate da Marinha dos EUA, em substituição ao DSRV. A análise se desenvolve a partir da utilização de tubos de mísseis *Trident II D-5*, modificados para tal finalidade. Uma síntese deste estudo é apresentada no Anexo E.

Uma outra proposta semelhante foi feita pelo engenheiro sueco Fredrik Granholm, quando propôs à Marinha Real Sueca, um desenho de arranjo geral para submarino costeiro com 1.000 toneladas de deslocamento, destinado a operação em águas restritas. Embora não seja um submarino com dimensões do porte de um submarino nuclear, não invalida o emprego da cápsula coletiva de escape. O engenheiro, também, propôs um conceito inovador para as linhas hidrodinâmicas do casco, semelhantes as linhas de um golfinho, no qual a vela³⁷ está inserida e carenada³⁸ com o restante das linhas do casco. Este arranjo está ilustrado nos planos constantes do Anexo F.

5.1.1 Proposta orientativa para elaboração de Requisitos de Alto Nível de Sistemas (RANS) para Salvamento Submarino com base no conceito de Cápsula de Escape Coletivo para o SN-BR

No item 1 do Apêndice A apresentamos sugestões de requisitos para Salvamento Submarino com base no conceito de Cápsula de Escape para o SN-BR.

5.2 SISTEMA DE SOCORRO E SALVAMENTO A SER PROPOSTO PARA OS S-BR, SB CLASSE TUPI E CLASSE TIKUNA

A MB não arrefeceu sua determinação nos esforços empreendidos para obtenção de uma nova classe de submarinos convencionais que irá somar-se aos

³⁷ Estrutura em fibra de vidro utilizada para abrigar os mastros do submarino e dar forma hidrodinâmica.

³⁸ Carenagem é processo de suavização das linhas do casco de modo a eliminar descontinuidades e mudanças abruptas na forma do corpo submerso, objetivando a redução do ruído hidrodinâmico durante seu deslocamento.

Submarinos da Classe “Tupi” e Tikuna”. Circunstâncias que contribuem para o processo de reativação da Força de Submarinos e para o aumento do poder dissuasório nacional, na extensa área oceânica brasileira de 4.489.919 km², chamada de Amazônia Azul. Para tal, dá continuidade à construção de 4 novos submarinos da Classe “Scorpenè”, no estaleiro ICN, localizado no município de Itaguaí-RJ que, como o SN-BR, deverão operar em áreas mais distantes da costa brasileira.

Neste contexto, nossa marinha, já há algum tempo, faz reflexões acerca de sua atual capacidade de socorro e salvamento submarino, vislumbrando a aquisição de um moderno NSS. É desejável a pluralidade de meios, de modo a levar em consideração os períodos de imobilidade decorrentes da manutenção. Estes novos meios viriam em substituição ao nosso veterano e estimado K-11, NSS Felinto Perry, carinhosamente conhecido pelos nossos marinheiros como “Ás de Copas”. A obtenção de um DSRV é de igual modo interessante e vem despertando o interesse da MB, por mais de três décadas.

Muito embora, como já enfatizado, o NSS “Felinto Perry” seja um navio relativamente moderno, no que tange aos seus equipamentos e sistemas de resgate, a sua capacidade de prontidão e resposta à acidentes com submarinos na vasta área oceânica brasileira, pode ser questionada. Isto nos leva a refletir como será o futuro da Força de Submarinos e quais os prováveis meios destinados a esta importante missão.

Apesar de existirem no mundo correntes favoráveis à ajuda estrangeira para os casos de socorro e salvamentos submarino, entendemos ser essencial e de extrema relevância para a nação brasileira, a busca pela autonomia e o desenvolvimento de suas capacidades. Neste sentido assegurar-se-á a soberania nacional e o fortalecimento da base industrial de defesa, com geração de tecnologia, inovação e empregos no país. Destarte não é cabível a terceirização dos serviços de salvamento à outras nações, expondo segredos e fragilidades das Instituições, trazendo consequências indesejadas, tais como a perda de credibilidade, perante a nação e o mundo.

Julgamos, no âmbito nacional, que esta responsabilidade deva ser atribuição inalienável e intransferível da MB, em face não só dos elevados preços praticados internacionalmente, mas também da dificuldade que as poucas empresas privadas no país enfrentam para manter um quadro permanente de funcionários, qualificados

e treinados, em condições de conduzir e protagonizar operações tão complexas, quanto as de socorro e salvamento submarino.

Aos fatos acima citados somam-se os óbices e incertezas quanto a possibilidade de valer-se, tempestivamente, e com celeridade de navios de oportunidade (VOO), atuando em águas nacionais, em condições operativas satisfatórias. Muitas dessas embarcações encontram-se fundeadas na baía de Guanabara, inoperantes já há algum tempo, enquanto aguardam o crescimento econômico e a retomada da indústria de óleo e gás no país, no Estado do Rio de Janeiro e a exploração do pré-sal.

Merece destaque os esforços empreendidos pelas empresas para a manutenção “em classe” de meios navais, sistemas e equipamentos afetos à atividade de socorro e salvamento submarino, extremamente onerosos, e que as Sociedades Classificadoras não certificam as doutrinas empregadas para a consecução do resultado almejado nas operações SARSUB.

Uma solução a curto e médio prazo, porém não menos laboriosa, seria a aquisição no exterior de um navio de socorro e salvamento, com características que atendam a requisitos operativos modificados, frente às necessidades que irão surgir com as novas classes de submarinos. Todavia, parece-nos mais adequada, e em perfeito alinhamento com as diretrizes atuais estabelecidas pela Alta Administração Naval, no tocante à política de renovação dos meios da MB, a opção pelo desenvolvimento ou a aquisição de projeto consagrado para construção em estaleiros nacionais.

Neste sentido, com foco no parque industrial brasileiro, objetivando o desenvolvimento de tecnologias de ponta, que englobam igualmente veículos remotamente operados, sistemas sofisticados de detecção sonar, robotização submarina, *softwares*, dentre outros comumente empregados pelas indústrias petrolíferas *offshore*, permitir-se-á o estabelecimento de parcerias entre o Estado, Centros de Pesquisa e o empresariado brasileiro, favorável a um ambiente deveras propício às iniciativas inovadoras, com a divisão e diversificação de investimentos.

Visto que os modernos sistemas de socorro e salvamento submarino e a exploração segura em águas profundas estão alicerçadas com base em novas tecnologias e no conhecimento adquirido ao longo dos anos, Pinto (2009) defende a viabilidade do Projeto Orpheu, apresentado no Anexo G, no qual elabora proposição de projeto para um NSS de alta performance destinado ao salvamento e apoio à

Força de Submarino da Marinha do Brasil. O desenvolvimento do projeto e a construção se daria em parceria entre a MB e empresas nacionais e/ou internacionais.

Quanto aos submarinos da Classe Tupi e Tikuna, o atual sistema de resgate, com base no sino para mergulho saturado apresenta a eficácia desejada, melhor ainda se operado a partir de um novo NSS, possivelmente a ser adquirido pela MB.

5.2.1 Proposta orientativa para elaboração de Requisitos de Alto Nível de Sistemas (RANS) para projeto e construção de um (NSS) Navio de Socorro e Salvamento Submarino

No item 2 do Apêndice A apresentamos sugestões dos principais requisitos, para obtenção de um novo NSS, em substituição ao navio K-11 “Felinto Perry”.

5.3 PERSPECTIVAS FUTURAS MUNDIAIS

Segundo Pinto (2009), estudos iniciados no final da primeira década deste século, avaliaram o desenvolvimento de sistemas de socorro submarino com operação remota, controlados de qualquer parte do mundo, via comunicação por satélite. De acordo com aquele autor, quando estiverem operacionais irão revolucionar as operações de busca e resgate submarino, pois permitirão que as operações realizadas no mar pelas equipes de resgate sejam coordenadas de um Centro de Controle em terra.

Encontram-se em estudos o desenvolvimento de sistemas modulares, do tipo contêineres, e de veículos submarinos capazes de serem embarcados em navios de pequeno porte, e operados a distância por meio da troca de dados, via transmissão por satélite, receptados por antenas, com sistemas e equipamentos embarcados nestes módulos.

Em futuro próximo haverá a possibilidade de não serem necessários navios de apoio para o embarque destes sistemas, visto que poderão ser lançados de paraquedas, próximo ao local do acidente, acondicionados em paletes devidamente adaptados para o transporte dos sistemas e dos módulos que serão empregados na busca e resgate do submarino sinistrado.

6 CONCLUSÃO

A argumentação alicerçada na súmula histórica de naufrágios submarinos, ocorridos no período do início da guerra fria até a atualidade, que resultaram em elevado número de perda de vidas humanas, trouxe-nos a clara compreensão de que acidentes com esses meios navais e seus tripulantes, não são tão improváveis, conforme pôde ser comprovado pela análise amostral realizada.

Desta análise merecem destaque dois fatos ocorridos após o ano de 1974. As expressivas reduções nos valores de média anual de sinistros e média anual de fatalidades, evidenciando ser aquele ano um ponto de inflexão para mudanças, confirmadas pelos avanços introduzidos no projeto e construção de submarinos; bem como no emprego de modernas técnicas de escape e resgate, tornando-os mais seguros nos últimos 40 anos.

O segundo fato foi o aumento acentuado no número de colisões envolvendo submarinos, neste novo século. Acreditamos que tal particularidade possa ser atribuída ao maior número de nações empregando submarinos como arma dissuasória, à intensificação do tráfego marítimo mundial e, também, à retomada do crescimento da frota de submarinos.

Cabe, igualmente, destacar que os maiores acidentes da história com submarinos nucleares, vitimando grande parte da tripulação desses meios, foram verificados durante a guerra fria.

É indiscutível que todas as Marinhas de Guerra que operam submarinos convencionais ou nucleares, convivem, diuturnamente, com a possibilidade real de acidentes e, para tal, as mais desenvolvidas, procuram manter grupos logísticos dedicados à assistência imediata e a coordenação de operações de SARSUB, capazes de evitar insucessos como o do submarino Komsomolets em 1989. Neste sentido, passaram a dispor de modernos meios navais de socorro e salvamento submarino, bem como de sistemas de resgate, mobilizáveis e aerotransportados, como forma de aumentar as chances de salvamento e resgate bem-sucedidos.

Paralelamente, observamos que muitos tripulantes pereceram por falta de sistemas autônomos e condições adequadas para o abandono do submarino e sobrevivência na superfície, ou por demora das ações de resgate. O sistema de salvamento submarino que emprega cápsula de escape coletivo, parece-nos incorporar as melhores características de todas as tecnologias de escape, já

desenvolvidas e testadas, ainda que resultem em projetos complexos e necessitem de soluções complexas por parte de engenheiros navais. Destacamos ainda que o sistema de escape modular teve a sua efetividade comprovada em simulações feitas em exercício no mar, e em situação real de acidente com submarino.

Diante das abordagens apresentadas, e sob o ponto de vista de sistema de gestão de operações relacionadas a salvamento, julgamos que um maior percentual de sobrevivência - principalmente tripulantes de submarinos nucleares, atuando a grandes distâncias da costa - ocorrerá quando os submarinistas escaparem por meio de métodos de fuga autônomos, fundamentados no conceito modular de escape coletivo, visto que resgates assistidos como o SRDRS ou o NSRS são complexos e morosos para serem considerados como principal ferramenta. Todavia não podem ser abandonados, sendo mantidos apenas para fins de contingência.

Muito embora haja uma tendência mundial para adoção de VOO e terceirização de serviços de resgate submarino, por países com capacidade de mobilizar vultosos recursos financeiros na área de defesa, entendemos não ser este o rumo a ser seguido pela MB. A realidade brasileira faz-nos distanciar das diretrizes internacionais, sendo necessários dispendiosos investimentos por aqueles países para continuado treinamento no mar com diversos meios navais, objetivando inclusive a qualificação permanente das equipes que compõem as poucas empresas privadas especializadas na prestação de serviços para socorro e salvamento submarino. A estes óbices somam-se as dificuldades anteriormente citadas para requisição de VOO, com registro nacional, em condições operativas compatíveis com a premência exigida nos casos de acidentes com submarinos.

Indubitavelmente a busca pela autonomia e desenvolvimento de capacidades próprias, a respeito de sistemas complexos de socorro e salvamento submarino são fundamentais para a MB, e para o despertar do interesse acadêmico, de centros de pesquisas e do empresariado nacional. Irão, forçosamente, agregar conhecimento científico, tecnológico e inovador à base industrial de defesa do país, provocando as transformações necessárias para o atingimento do progresso econômico e social brasileiro; reflexos da maturidade, competitividade e concretude de nossa soberania, conferindo à Marinha do Brasil, atuação como irrigadora de recursos econômicos e permanente capacitação para empregar o Poder Naval em defesa da Pátria, em prol do bem comum.

REFERÊNCIAS

AZUAGA, B. **El desastre del submarino Thresher**. [S.l.]: YouTube^{BR}, 7 jan. 2008. Filme, colorido, duração 5:56 minutos. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=JN8hQuKtqEM>>. Acesso em: 09 jul. 2018.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Decreto nº 6.703 de 18 de dezembro de 2008**. Aprova a Estratégia Nacional de Defesa, e dá outras providências. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2008/decreto6703-18-dezembro-2008-584917-publicacaooriginal-107779-pe.html>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Livro Branco de Defesa Nacional**. Brasília, DF, 2016a. Versão sob apreciação do Congresso Nacional. Disponível em: <<http://www.defesa.gov.br/arquivos/2017/mes03/livro-branco-de-defesa-nacionalconsulta-publica-12122017.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2018.

_____. **Plano de Articulação de Equipamentos de Defesa (PAED 2012-2031)**. Brasília, DF: Senado Federal, 2012. Disponível em: <<https://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/defesa-nacional/estrategianacional-para-reorganizacao-e-reaparelhamento-da-defesa/paed-aquisicao-deequipamentos-para-as-foras-armadas.aspx>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

_____. **Política Nacional de Defesa. Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF, 2016b. Versão sob apreciação do Congresso Nacional. Disponível em: <http://www.defesa.gov.br/arquivos/2017/mes03/pnd_end.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BURCHER, Roy; RYDILL, Louis. **Concepts in submarine design**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. Cambridge Ocean Technology Series 2.

CASTRO, Luiz Fernando Theodoro de, e Eduardo. **Especificação do sistema de salvamento submarino, cod: 832/8-SNAC1-594-001**. Rio de Janeiro, 1988. Disponível na biblioteca do Centro de Projetos de Navios – CPN da Marinha do Brasil.

CASTRO, Luiz Fernando Theodoro de. **Descrição dos equipamentos e acessórios de salvamento submarinos, cod: EST-SNAC1-594-004**. Rio de Janeiro, 1987. Disponível na biblioteca do Centro de Projetos de Navios – CPN da Marinha do Brasil.

CHARLES, H. Van Wisk. Psychological consideration in submarine escape training: brief overview and future direction. **International Maritime Health Journal**, Simon's Town, v. 68, n. 3, p. 168-173, March 2017. Review Article.

CORLLET, Roy. Modern submarine safety and escape technology. **Maritime Defence**, London, v. 4, n. 3, p. 97-98, March 1978.

FONSECA, M. Maurilio. **Arte naval**. 7. ed. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, 2005. v. 1.

GABLER, Ulrich. **Submarine design**. Berlin: Bernard & Graefe Verlag, 1984. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/122442332/sumarine-design-Ulrich-gabler>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

GLATTHARDT, Marcelo W. P. **Socorro e salvamento submarino**. Rio de Janeiro: Comando da Força de Submarinos [Brasil], 2009. Não publicado.

GUO, Li; GUAN Wey; PENG Yuanting. **Submarine lifesaving technology and equipment review**. Wuhan: China Shipbuilding Industry Corporation. Research Institute, March 03, 2005.

HALL, D. A.; SUMMITT, J. K. **Simulated deep submarine escape from 495 feet of sea water**: Rept. N. 617. Groton: US Naval Submarine Medical Center, March 1970.

INCREDIBLE suit enables submarine escapes. [S.l.]: YouTube^{BR}, May 31, 2016. Science Channel, Impossible Engineering. Filme, colorido, duração 2:39 minutos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=X_X8UCifzL8>. Acesso em: 15 jul. 2018.

INTERNATIONAL SUBMARINE ESCAPE AND RESCUE LIAISON OFFICE - ISMERLO. **Dynamic Monarch 2017**. Northwood, 2017. Disponível em: <<http://www.ismerlo.org/>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

JANE'S Fighting Ships 2016-2017. London: IHS Markit, 2017. Disponível em: <<https://ihsmarkit.com/products/janes-fighting-ships.html>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

KOCKUMS-COMEX. **Kockums submarine rescue vehicle**: Catalog 1989. Malmö, 1989.

LAPENNA, Joshua J. **Surfacing rescue container concept design for trident submarines**. 2009. 190f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Naval) e Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Naval Postgraduate School. Monterey, 2009. Disponível em: <<https://calhoun.nps.edu/handle/10945/4306>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

LOREN, Roberts; TURNER, John. **Submarine escape and rescue operations: the holistic approach to safety**. London: BMT Isis Ltd., 2010.

LR5 SUBMERSIBLE submarine rescue vessel. London: Naval Technology, 2018. Disponível em: <<https://www.naval-technology.com/projects/lr5/>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

MARINHA DO BRASIL **100 anos Força de Submarinos**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2014. Disponível em: <https://fgvprojetos.fgv.br/sites/fgvprojetos.fgv.br/files/livro_100_anos_forca_de_submarinos_spread.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2018.

MARINHA DO BRASIL. Comando da Força de Submarinos. **Sistema HABETaS: o sistema de escape de emergência de um DISSUB no futuro**. Rio de Janeiro, 16 jul. 2009. Ciclo de palestras logístico-operativo.

MARINHA DO BRASIL. Comando da Marinha. **Missão e visão de futuro da Marinha**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/content/missao-e-visao-de-futuro-da-marinha>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

MARINHA DO BRASIL. Estado-Maior da Armada. **Normas para Logística de Material. (2a Rev.)**: EMA-420, Brasília, DF, 2013.

MEGA disasters seconds from disaster Russia's nuclear sub nightmare Kursk. [S.l.]: YouTube^{BR}, 20 jan. 2016. Mega Disaster Documentaries. Filme, colorido, duração 47:44 minutos. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=WonwH-4qekM>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

NAVIO de Socorro Submarino Felinto Perry – K11 segue rumo à Argentina, Brasília, DF: Poder Naval, 18 nov. 2017. Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2017/11/18/navio-de-salvamento-submarino-felinto-perry-esta-no-meio-da-baia-de-guanabara/>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION - NATO. **Military committee submarine escape and rescue working group meeting (SMERWG)**. St. Petersburg, 2004. Disponível em: <<http://www.nato.int/ims/news/2004/n040628e.htm>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

NSS FELINTO PERRY - K 11. Dados, características, histórico, fotografias e relação de comandantes. **Poder Naval**, [S.l.], 2016. Disponível em: <<http://www.naval.com.br/ngb/F/F011/F011.htm>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

O'BRIEN, Gerald. Salvamento individual: qual a máxima profundidade. **O Periscópio**, Rio de Janeiro, Ano XXVI, n. 42, p. 14-15, setembro 1987.

OWEN, Frank; JONES, David. **Remotely operated rescue vehicles: are they really the solution?** Camberra: InDepth Project Management Pty Ltd., 2002. Technical Paper. Disponível em: <<http://www.idpm.biz/downloads/RINA%20RORV%20v%20SRV.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

PAEMB: Plano de Articulação e Equipamento da Marinha do Brasil. **Poder Naval**, [S.l.], 20 jan. 2011. Disponível em: <<http://www.naval.com.br/blog/2011/01/20/paemb-plano-de-articulacao-e-equipamento-da-marinha-do-brasil>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

PERIGO submerso: **veja os principais acidentes com submarinos de guerra**. Brasília, DF: Defesanet, 12 ago. 2011. Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/ecos/noticia/2337/Perigo-Submerso---Veja-os-principais-acidentes-com-submarinos-de-guerra/>>. Acesso em: 16 jul. 2018.

PINTO, E. M. **Orpheu**: navio de salvamento submarinos. [S.l.]: Plano Brasil, 05 mar. 2009. Disponível em: <<https://pbrasil.wordpress.com/?s=Projeto+Orpheu>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

PINTO, Filipe Clemente Taveira. **A busca e salvamento de submarinos em Portugal**: desafios e constrangimentos. 2015/2016. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Promoção a Oficial Superior) - Instituto Universitário Militar. Lisboa, 2016.

REIS, Luiz Augusto Diogo. **Revisão da especificação do sistema de salvamento submarino, cod: 832/8-SNAC1-594-002**. Rio de Janeiro, 1987. Disponível na Biblioteca do Centro de Projetos de Navios – CPN da Marinha do Brasil.

REPINALDO, Armando. **LOGSUB**: resgate e salvamento de submarinos no estado da arte. Poder Naval, [S.l.], 23 nov. 2017. Entrevista concedida a Alexandre Galante. Disponível em: <<http://www.naval.com.br/blog/2017/11/23/logsub-resgate-esalvamento-de-submarinos-no-estado-da-arte/>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

ROBERTS, Loren; TURNER, John. **Submarine escape and rescue and operations**: the holistic approach to safety. Teddington: BMT Isis Ltd., 2008. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/814f/bf273cfc0697b279f5948e02fdc62809db53.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

ROYAL NAVY. C. F. 'O' class submarines: **Training Notebook: Escape**. London: San Francisco Maritime National Park Association, Oct. 2013. Disponível em: <<https://maritime.org/doc/oberon/escape/index.htm>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

SENG, Koh Hock; YIXIN, Chew; XINYUM Ng. **Submarine rescue capability and its challenges**. Singapore: DSTA. Republic of Singapore, 2010. Disponível em: <<https://www.dsta.gov.sg/docs/default-source/dsta-about/submarine-rescuecapability-and-its-challenges-nbsp-.pdf?sfvrsn=2>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

STEWART, Nick. Submarine and rescue: a brief history. **Journal of Military and Veterans' Health**, Canberra, v. 17, n. 1, p. 27-29, October 2008. Reprinted Articles Issue.

SUBMARINE Rescue: effective reliable support. In: SAAB. **Naval product catalogue**. 2. versão Malmö: SAAB, October 2014. Disponível em: <<https://www.ismerlo.org/>>. Acesso em: 21 jul. 2018. p. 62.

TINGLE, Christopher. Submarine accidents: a 60-year statistical assessment. **Professional Safety Review**, Ottawa, v. 54, n. 9, p. 31-39, September 2009.

TOTAL Submarine Strength by Country. [S.l.]: GlobalFirepower, 2018. Disponível em: <<https://www.globalfirepower.com/navy-submarines.asp>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

UNITED STATES. Navy Sea Systems Command. **Disabled submarine: requirements for employment of U.S. Navy submarine rescue systems: NAVSEA 0994-LP-013-9010.** Washington, DC, June 1978. Disponível em: <www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/772812.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2018.

WANBO, Zhang. **Summarization of the techniques of submarine escape capsules.** Beijing: CNKI.com, 2018. Disponível em: <http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-WHZC200201000.htm>. Acesso em: 19 jul. 2018.

WANDERS, Yam. **A estrutura de resgate à submarinos da Marinha do Brasil.** Rio de Janeiro: Orbis Defense News and Analysis, 19 nov. 2017. Disponível em: <<https://orbisdefense.blogspot.com/2017/11/a-estrutura-de-resgate-submarinos-da.html>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

WIJK, Charles H. Van. Psychological considerations in submarine escape training: brief overview and future directions. **International Maritime Health**, Gdańsk, v. 68, n. 3, p. 168-173, Nov. 27, 2017.

WILSON, D. **Submarine escape and rescue: a review of recent developments.** In: 1983 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NAVAL SUBMARINES. London, 1983. **Paper n. 18.** London: MoD (UK), 1983.

[DOCUMENTARY] submarine disasters. [S.l.]: YouTube^{BR}, 01 ago. 2017. Vídeo color. 53 minutos 22 segundos. Air Crash Investigation 2018. Filme, colorido, duração 53:22 minutos. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=IEZMK2-BdC4>>. Acesso em: 09 jul. 2018.

APÊNDICE A – PROPOSTAS ORIENTATIVAS PARA ELABORAÇÃO DE REQUISITOS DE ALTO NÍVEL DE SISTEMAS PARA SALVAMENTO SUBMARINO

1 PROPOSTA TÉCNICA PARA UM SISTEMA DE SALVAMENTO SUBMARINO PARA O SN-BR COM BASE NO CONCEITO MODULAR DE ESCAPE COLETIVO

Com o objetivo de estimular engenheiros e projetistas navais a maximizarem a capacidade de sobrevivência da tripulação em caso de DISSUB, os subitens subsequentes apresentam sugestões para elaboração de uma minuta para Requisitos de Alto Nível de Sistemas, os quais poderão ser, oportunamente, apreciados, modificados e complementados pelo Estado-Maior da Armada (EMA), pelo Comando de Operações Navais (CON) e pelo ComForS. A finalidade vislumbrada é contribuir para a orientação e o consubstanciamento de uma proposta técnica, objetivando dotar o SN-BR de um Sistema de Salvamento Submarino alicerçado no conceito modular de escape coletivo.

1.1 EMPREGO

1.1.1 Tarefas Básicas

A cápsula de escape coletivo será empregada, prioritariamente, em ações de escape dos tripulantes, em situação real de submarino sinistrado, independente de ações externas.

Adicionalmente poderá ser empregada em situação de simulação de acidente, em conjunto com outros meios navais e aéreos que prestarão apoio às atividades afetas ao salvamento e resgate, contribuindo para o adestramento e qualificação de submarinistas no mar, e a verificação periódica das condições operacionais do sistema.

1.1.2 Ambiente

A cápsula coletiva de escape deverá ser concebida para o atingimento de todas as suas funcionalidades nas mesmas condições ambientais a que o SN-BR estará sujeito, durante sua operação. Isto é, quanto à temperatura e peso específico da água do mar, condições de estado de mar, vento, temperatura e umidade do ar definidos para o SN-BR.

1.2 CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO

1.2.1 Requisitos de Mobilidade

- a) Possuir fluutuabilidade positiva para a mesma faixa de densidade da água do mar para a qual o submarino será projetado;
- b) Velocidade de subida a maior possível (considerar o alijamento de lastro de chumbo);
- c) Possuir condições de estabilidade estática satisfatórias para os estados totalmente imerso, durante a subida e flutuação da cápsula na superfície (observância à distribuição de pesos e adoção de lastro fixo na quilha);
- d) Arquitetura externa avaliada com suporte em formas geométricas que resultem em menor resistência hidrodinâmica (formas esféricas, elipsoides, trapezoidais ou combinadas); e
- e) Ser dotada de provisões de água doce e ração para três dias, em atendimento a toda tripulação, bem como de equipamentos de primeiros-socorros.

1.2.2 Requisitos do Casco

- a) Material de construção aço de alta resistência com especificações idênticas ao casco resistente do SN-BR, com reforços internos de mesmo material, de modo a conferir à cápsula resistência e integridade estrutural capazes de suportar a pressão da água do mar na cota

máxima de operação do submarino, sendo desejável resistir à cota de colapso do SN-BR;

- b) Resistência a impactos: dispor de características de forma que minimizem a possibilidade de danos sofridos por explosão e choque;
- c) Revestimento externo com pintura que minimize a possibilidade de incrustações nas interfaces da cápsula com o SN-BR;
- d) Projeto fundamentado no conceito de peso mínimo acrescentado ao SN-BR e menor volume ocupado;
- e) Utilizar flutuadores compostos por espuma plástica como facilitadores da flutuação positiva do módulo de escape;
- f) Limite da largura da boca não maior que $1/3$ do diâmetro do casco resistente do SN-BR;
- g) Possuir, na parte inferior do módulo, duas escotilhas com dispositivos, em ambos os lados, para abertura e fechamento, que permitam o acesso à cápsula e garantam a sua estanqueidade; e na parte superior, uma escotilha com os mesmos dispositivos; e
- h) Dispor de borda livre mínima para abertura da escotilha superior, sem que ocorra entrada de água capaz de comprometer a flutuação da cápsula na superfície.

1.2.3 Requisitos de Geração de Energia Elétrica

Geração de energia: deverá ser previsto o provimento de energia elétrica, por meio de banco de baterias capaz de garantir alimentação de energia, em emergência, por três dias.

1.2.4 Requisitos de Sistemas Auxiliares

- a) Possuir dispositivo interno de liberação mecânica, sendo desejável o auxílio de ejeção por meio de sistemas que empreguem garrafas de ar comprimido ou ampolas de hidrazina, facilitando o desprendimento e a ascensão inicial da cápsula de escape coletivo para fora do casco resistente do SN-BR, ainda que este se encontre trimado ou adernado, com ângulos de até 60 graus;

- b) Ser dotado de garrafas de ar comprimido para o sistema BIBS e de duto de ventilação externa para o caso de não poder aberta, na superfície, a tampa da escotilha superior da cápsula, em decorrência de mar grosso;
- c) Dispor de compressores e outros dispositivos mecanismos que tornem possível o uso da cápsula de escape como câmara para descompressão controlada;
- d) Possuir sistemas de esgoto, de tanques de lastro líquido e lastro sólido (lingotes de chumbo) capazes de atender às necessidades operativas e de controle durante ascensão da cápsula à superfície;
- e) Dispor de emissor de sinais fumígenos e de balsas infláveis que possam ser utilizados na superfície, estando estas atreladas, por meio de cabos, ao módulo de escape.

1.2.5 Requisitos do Sistema de Comunicação

A cápsula de escape coletiva deverá dispor de equipamento de rádio comunicação (transmissor e receptor em HF/VHF).

1.2.6 Requisitos de Pessoal e Habitabilidade

- a) Possuir dois níveis de plataforma de modo acomodar todos os membros da tripulação, alguns destes nas fileiras de assentos e outros dispostos, em pé, na região central da cápsula; e
- b) Poderá ser previsto no projeto do SN-BR um ou dois módulo(s) dedicado(s) ao escape coletivo, assentado(s) em antepara(s) que subdivida(m) o submarino em dois ou três compartimentos, garantindo acessibilidade para todos os membros da tripulação e com a menor interferência nos arranjos internos do SN-BR; ou ainda módulo(s) não penetrante(s), alojado(s) integralmente na superestrutura do submarino ou na vela, acessado(s) por escotilhas de salvamento.

1.2.7 Outros Requisitos

- a) Deverá possuir sistema portátil de iluminação (lanternas a prova d'água); e
- b) Deverão ser realizadas simulações, por meio de modelos matemáticos, para os testes das diversas condições de carregamento, de modo a identificar possíveis instabilidades; bem como a condução de ensaios hidrodinâmicos computacionais para escolha da forma.

1.3 OUTROS ASPECTOS

O projeto e construção do módulo de escape coletivo não deverá impactar no cronograma de projeto e construção, já estabelecido pela MB para o primeiro SN-BR, podendo eventualmente vir a ser considerado em unidades subsequentes ao primeiro submarino brasileiro de propulsão nuclear, ou então, em nova classe de submarino desenvolvida e aperfeiçoada para os SN-BR.

Uma estimativa de custo para um empreendimento semelhante em porte e complexidade foi apresentada por LaPenna (2009), como sendo, aproximadamente, de um milhão e duzentos mil dólares americanos.

2 PROPOSIÇÃO ORIENTATIVA PARA ELABORAÇÃO DE REQUISITOS DE ALTO NÍVEL DE SISTEMAS (RANS) PARA PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM (NSS) NAVIO DE SOCORRO E SALVAMENTO SUBMARINO

De modo semelhante ao descrito no item 1 deste apêndice apresentamos, a seguir, sugestões para os principais requisitos, com vistas a auxiliar a obtenção de um novo NSS, em substituição ao navio K-11 “Felinto Perry”. Estas sugestões precisarão ser, oportunamente, apreciadas, modificadas e/ou complementadas pelo EMA, pelo CON e pelo ComForS.

2.1 EMPREGO

O NSS será empregado, prioritariamente, em ações de socorro e salvamento a submarinos e meios de superfície sinistrados, podendo de forma

subsidiária apoiar operações de SAR que compreendam atividades de mergulho para resgate e salvamento em desastres aéreos ocorridos sobre as AJB, operações de reboque, abastecimento, combate a incêndio, contenção de derramamento de óleo no cenário da Amazônia Azul e socorro de mergulhadores que atuam em atividades *offshore*.

2.1.1 Tarefas Básicas

- a) Em Situação de Conflito: Dentre outras;
 - Realizar missões de esclarecimento;
 - Apoiar com pessoal e material adequados operações de guerra, em especial as operações submarinas.

- b) Em Situação de Paz: Dentre outras;
 - Contribuir para a formação e adestramento de pessoal;
 - Colaborar com órgãos governamentais na Defesa Civil, nas Ações Cívico-Sociais e na preservação do meio ambiente.

2.1.2. Ambiente

O NSS deverá operar, prioritariamente, nas AJB, que compreendem o Mar Territorial, a Zona Contígua, a Zona Econômica Exclusiva, e a Plataforma Continental. Estão incluídas nas AJB as águas nacionais limdeiras às ilhas oceânicas brasileiras. Poderá, eventualmente, operar além da AJB, na área de responsabilidade SAR brasileira.

Temperatura da água do mar, temperatura e umidade do ar, condições de mar e vento em consonância com a faixa de valores usualmente registrados para a área de atuação do NSS.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO

2.2.1. Requisitos de Mobilidade

- a) Velocidades de interesse:

- Cruzeiro (VC): não inferior a 23 nós;
- Econômica³⁹ (VE): não inferior a 21 nós;
- Máxima mantida⁴⁰ (VMM): não inferior a 27 nós;
- b) Comportamento ambiental:
 - O navio deverá conseguir navegar nas condições ambientais mencionadas no subitem 2.1.2.
- c) Autonomia: mínima de 60 dias⁴¹; e
- d) Raio de Ação: superior a 15.000 milhas náuticas na VE.

2.2.2 Requisitos do Casco

- a) Material a ser utilizado no casco: casco de aço apropriado à construção naval, desde a quilha até a superestrutura;
- b) Casco do tipo monocasco ou catamarã;
- c) Comprimento total (L): cerca de 90 m;
- d) Boca moldada do casco (B): dentro da faixa usual de razões L/B para menor resistência ao avanço;
- e) Deslocamento carregado: cerca de 5000 toneladas;
- f) Existência de convoo e hangar para aeronaves de grande porte;
- g) Ampla área de convés exposto capaz de abrigar unidades modulares do tipo container.

2.2.3 Requisitos de Propulsão

Dentre outros, que necessitarão ser complementados, a arquitetura da planta propulsora deverá ter a configuração Diesel, possuindo dois Motores de Combustão Principais (MCP), dimensionados para o atingimento das velocidades descritas no subitem 2.2.1, preferencialmente de fabricação nacional ou originário de empresas com representação no país.

O navio deverá possuir dois eixos e dois propulsores, preferencialmente, de passo controlável, sendo admissível o passo fixo.

³⁹ Velocidade Econômica é a velocidade em que o navio obtém o maior raio de ação.

⁴⁰ Velocidade Máxima Mantida é aquela alcançada com o regime de operação dos motores em 100% da potência máxima contínua.

⁴¹ Capacitação para a operar em áreas distantes da Plataforma Continental

2.2.4 Requisitos de Sistemas Elétricos

Dentre outros, que necessitarão ser complementados, aqueles compatíveis para a geração de energia elétrica trifásica, em 440Vca/60Hz, 220Vca/60Hz, 115Vca/60Hz e 24 Vcc que atendam a carga hotel⁴² de um navio semelhante. Deverá possuir três grupos motores-geradores idênticos, de forma que a avaria ou manutenção de um deles não restrinja a operacionalidade do navio. Serão dois geradores principais e um de emergência.

2.2.5 Requisitos de Sistemas Auxiliares

O navio deverá ser dotado de compressores de ar para mergulho e para as câmaras hiperbáricas, de um arco de popa para lançamento e içamento de SRV e SRC, sistema para estivagem de DSRV, sistema de governo, sistema de posicionamento dinâmico, sistema de amarração, fundeio e reboque, embarcações orgânicas, salvatagem, capacidade de manuseio de carga, frigorífica, sistema de geração de água doce, sistema de combate a incêndio, sistema de ar condicionado, ventilação, sistemas de esgoto, sanitário, de sondagem de tanques, de apoio aos MCP e Motores de Combustão Auxiliares (MCA), sistema de operação e apoio a aeronaves, reabastecimento de aeronaves e outros que permitam o meio atender aos demais requisitos estabelecidos.

2.2.6 Requisitos dos Sistemas de C4I⁴³ e de Navegação

Compatíveis com navios semelhantes de forma atender à todas as necessidades e facilidades para Comando, Controle, Comunicações, Computacionais, Inteligência e Navegação.

2.2.7 Requisitos de Pessoal e Habitação

O navio deverá ser dotado de tripulação mínima, indispensável ao atendimento de todas as capacidades operacionais do meio. Deverá, também prever

⁴² Carga elétrica decorrente do funcionamento de todos os sistemas elétricos do navio.

⁴³ Sistemas de Comando, Controle Comunicações, Computacionais e Inteligência afetos ao navio.

o embarque destacado de equipe médica, enfermeiros, paramédicos, aviadores navais, técnicos e engenheiros.

O arranjo do navio deverá prever acomodações, banheiros e sanitários em número compatível com a dotação de pessoal acima referenciada, além de cozinha, refeitórios, praça d'armas, enfermaria com capacidade de leitos para submarinistas acidentados, câmaras hiperbáricas, oficinas e módulos especiais para abrigo de tripulantes contaminados com material radioativo para atendimento ao SN-BR.

2.2.8 Outros Requisitos

A sofisticação tecnológica dos equipamentos e sensores deverá ser compatível com a capacidade de manutenção da MB. O navio deverá ser projetado no Brasil e construído, preferencialmente, em estaleiros nacionais, com o maior índice possível de nacionalização.

APÊNDICE B – OS QUATRO MAIORES ACIDENTES SUBMARINOS MA HISTÓRIA MUNDIAL

1 O CASO THRESHER

Em maio de 1963, após docagem em estaleiro para a realização de um Período de Manutenção Geral (PMG), o submarino nuclear de ataque americano (FIG. 2), *United States Ship (USS) Thresher* (SSN-593), o mais moderno da marinha americana a época, naufraga a mais de 2.000 metros de profundidade, durante as provas de mar no Atlântico Norte, a 220 NM a leste da cidade de *Boston-MA*, matando seus 129 tripulantes. Até hoje foi considerado o pior acidente com um submarino nuclear, vitimando o maior número de pessoas. Investigou-se, posteriormente, as causas do acidente, chegando-se a conclusão de que foi devido ao rompimento de uma junta de válvula de casco, quando o submarino se aproximava da profundidade de prova 400m, ocasionando um alagamento incontrolável, provavelmente resultando em um curto-circuito, que acabou colocando em baixa a planta de propulsão do submarino, deixando-o completamente sem energia e em situação bastante perigosa. Tais circunstâncias fizeram o submarino afundar, progressivamente, até a cota de colapso da estrutura do casco, com a subsequente implosão do submarino a partir deste ponto (AZUAGA, 2018).

As investigações decorrentes das causas de acidentes submarinos, em geral acabam conduzindo a descobertas do que pode ser melhorado no projeto e construção, de modo a torná-los cada vez mais seguros para operação no mar.

O acidente ocorrido com o submarino *Thresher* não serviu como desincentivo a época ao Programa de Submarinos Nucleares dos Estados Unidos da América (EUA), nos anos 60, pois a busca por respostas que explicassem o fracasso do então maior submarino nuclear, acabou dando início ao Programa Americano de Segurança de Submarino (SUBSAFE). Tal programa empregou engenheiros e técnicos navais, com o propósito de garantir ao projeto e construção dos submarinos nucleares, a qualidade necessária para assegurar a estanqueidade dos cascos resistentes. Tais medidas acabaram sendo implementadas para o *USS Scorpion*, sucessor do *USS Thresher*.

2 O CASO SCORPION

Em maio de 1968, o submarino nuclear americano (FIG. 3), *USS Scorpion* (SSN-589) desapareceu no oceano Atlântico, próximo às ilhas dos Açores, com 99 homens a bordo. Duas décadas depois a marinha norte americana ainda buscava respostas para elucidação deste caso. Na ocasião, algumas conjecturas foram feitas a respeito do desaparecimento, dentre essas uma possível retaliação dos soviéticos que teriam torpedeado o submarino americano. Em 1987, quase duas décadas depois das investigações iniciais, documentos desclassificados pelo Governo Americano apontaram como sendo a causa mais provável, uma explosão ocorrida em uma das baterias dos torpedos, resultando em enorme abertura do casco, na região da praça de torpedos a vante, e tendo como consequências a inundação do submarino, seu afundamento e implosão do casco resistente ao atingir a cota de colapso. Destroços desse submarino, naufragado a mais de 3.000 metros de profundidade, parecem guardar para sempre um mistério (AZUAGA, 2018).

Em decorrência desse acidente, autoridades navais americanas passaram a ter maior preocupação com o reprojeto estrutural dos cascos dos submarinos nucleares, que viriam suceder àquela classe de navio, bem como a substituição do tipo de bateria, responsável pela propulsão dos torpedos. Passados 50 anos, desde o episódio com o *USS Scorpion*, não se tem conhecimento de registros de acidentes com submarinos nucleares americanos.

3 O CASO KURSK

O submarino nuclear russo *Kursk* da Classe Oscar, projeto 949A, a maior até então dos submarinos russos, afundou no mar Barents, em 12 de agosto de 2000, vitimando 118 tripulantes e dois engenheiros projetistas, durante a realização do primeiro grande exercício naval da marinha russa. Ao que parece, as causas desse acidente são até hoje desconhecidas, mas os resultados foram duas grandes sucessivas explosões, as quais sismógrafos longínquos, localizados no Alaska, foram capazes de registrar.

De início, a marinha russa não havia percebido o desaparecimento do submarino, começando as buscas seis horas após o acidente, e encontrando-o, somente, 16 horas depois. Durante os quatros primeiros dias, os russos recusaram a

ajuda de outras nações, realizando sozinho tentativas de resgate, com quatro sinos diferentes, e não obtendo êxito algum, quanto ao acoplamento desses sinos à escotilha do submarino. Somente após o quinto dia, a marinha russa foi autorizada pelo presidente Vladimir Putin a aceitar ajuda de britânicos e noruegueses.

Investigações oficiais concluíram que parte da tripulação manuseava torpedos com propelente do tipo *high-test peroxide* (HTP), quando houve vazamento desse combustível, causando incêndio e explosão; matando aqueles que se encontravam no local e alagando vários compartimentos vizinhos, inclusive o de comando e controle do submarino.

Decorrido um ano do acidente, a retirada dos destroços do casco (FIG. 4) foi realizada por uma equipe holandesa contratada, e os peritos concluíram que 23 tripulantes que se encontravam no terço de ré do submarino, sobreviveram às explosões, e mantiveram-se vivos por seis ou sete horas, até que o fogo nos compartimentos consumisse todo o oxigênio (CREATIVE, Productions, 2006).

4 O CASO SAN JUAN

Este é o mais recente acidente que se tem conhecimento, ocorrido com um submarino de propulsão diesel – elétrica. O submarino *San Juan* (FIG. 5), pertencente a Armada da República Argentina, no dia 15 de novembro de 2017 desaparece, em missão de patrulha, a 163 milhas náuticas de *Puerto Madryn-AR* (FIG. 6 e 7) com 44 tripulantes a bordo.

Neste mesmo dia, americanos e a Organização do Tratado de Interdição Completa de Ensaio Nucleares (CTBTO), com sede em Viena, detectaram uma anomalia hidroacústica naquela região do Atlântico Sul. Este som, que pela intensidade era característico de uma forte explosão submarina, registrado quatro ou cinco horas após o último contato do submarino com a Base, em *Mar del Plata*. Neste contato por rádio, durante esnorquel⁴⁴ em mar tempestuoso, o comandante reportou problema em uma das praças de baterias.

Especialistas levantaram a hipótese desta avaria ter sido provocada pelo embarque de água, através de uma falha da válvula de vedação do sistema de

⁴⁴ Operação realizada com o içamento do mastro de esnorquel, acima da superfície da água para recarga das baterias, admitindo-se ar exterior, necessário ao funcionamento dos grupos diesel-geradores.

admissão de ar, necessário ao funcionamento dos grupos diesel-geradores, inundando assim a praça de máquinas auxiliar e um dos compartimentos de baterias. Este alagamento teria então ocasionado o desligamento da propulsão e um curto-circuito nos elementos da bateria, que em virtude da alta concentração de hidrogênio, na atmosfera desse compartimento, resultou em forte explosão. Esta hipótese, também, defendida pelo porta-voz da Marinha da Argentina, Enrique Balbi, ganha ainda mais robustez pelo fato da tripulação, bem treinada, não ter esboçado, a princípio, qualquer reação para conduzir o submarino à superfície, em emergência, ou tentado utilizar o sistema de escape, ou ainda, liberar a boia de sinais, indicativa da marcação do local do sinistro.

Uma segunda hipótese aventada foi que a água do mar, em contato com os elementos de bateria, teria gerado gás clorídrico, levando à asfixia toda tripulação. Acreditamos que esse pressuposto seja menos provável, dado a existência de máscaras de oxigênio a bordo, previstas em projeto e em número suficiente para todos os tripulantes.

Não resta dúvida de que um evento inesperado e aniquilador aconteceu ao submarino *ARA San Juan*, impedindo-o de retornar à superfície, vitimando todos, provavelmente, em um único momento; antes mesmo do atingimento à sua cota de colapso⁴⁵. Como fator dificultador das buscas, aumentando a complexidade da operação de salvamento, apresentou-se o fato do acidente ter ocorrido em região do talude da plataforma continental argentina, onde a profundidade varia de 150 a 1.500 metros, para logo em seguida avançar em direção a valores abissais da ordem de 5.000 metros (FIG. 5).

⁴⁵ É a profundidade na qual a estrutura do submarino não mais suporta os esforços do aumento da pressão da água, tendo como consequência a implosão do casco resistente do submarino.

**APÊNDICE C – LEVANTAMENTO DOS ACIDENTES/INCIDENTES OCORRIDOS
COM SUBMARINOS ENTRE O PÓS-GUERRA E O ANO DE 2005, NÃO
CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE TINGLE (2009)**

Quadro 1 - Levantamento dos acidentes/incidentes ocorridos com submarinos entre o pós-guerra e o ano de 2005, não considerados na análise de TINGLE (2009)

Data	Submarino	País	Causas	Fatalidades	Condição	Localização
21/11/56	Vengeance M-200	URSS	Colisão com Navio	36	Superfície	Cais em Tallinn
27/01/61	S-80	URSS	Alagamento	68	No mar	Mar Barents
11/01/62	B-37	URSS	Explosão	122	Superfície	Cais Polarny
14/06/73	K-56	URSS	Colisão com Navio	27	No mar	Mar do Japão
06/10/86	K-219	URSS	Explosão	4	No mar	Atlântico Norte
07/04/89	Komsomolets	URSS	Incêndio	42	No mar	Mar Barents
26/08/89	Pacocha ⁴⁶	PER	Colisão com Pesqueiro	4	Superfície	Oceano Pacífico
24/12/00	SB Tonelero ⁴⁷	BRA	Alagamento	0	Superfície	Cais AMRJ
09/02/01	Greeneville	USA	Colisão com Pesqueiro	0	Esnorquel	Mar do Japão
21/05/02	US Dolphin	USA	Alagamento	0	Patrulha	Atlântico Norte
13/11/02	Oklahoma City	USA	Colisão com Navio	0	Esnorquel	Estr. Gibraltar
25/11/02	HMS Trafalgar	ENG	Encalhe	0	Esnorquel	Atlântico Norte
12/02/03	Dechaineux	AUS	Alagamento	0	Patrulha	Oc. Pacífico
16/04/03	MING 361	CHN	Insuficiência de oxigênio	70	Esnorquel	Mar da China
25/10/03	USS Hartford	USA	Encalhe	0	Superfície	Cais Sardenha
05/10/04	SB Chicoutimi	CAN	Incêndio	1	Superfície	Atlântico Norte
08/01/05	San Francisco	USA	Colisão com outro SB	1	Patrulha	Ilhas Marianas
05/08/05	DSRV A-28	RUS	Rede de Pesca	0	Imerso	Mar de Bering
05/09/05	Philadelphia	USA	Colisão com Navio	0	Superfície	Golfo Pérsico

⁴⁶ O abandono do submarino peruano “*Pacocha*” por 22 membros de sua tripulação, por ocasião do sinistro acontecido a 50 m de profundidade, é um dos casos reais de acidente, utilizando-se o método de salvamento de auto escape mais bem-sucedidos da história com acidentes submarinos (DEFESANET, 2011).

⁴⁷ O incidente com o S-21 Tonelero foi o primeiro ocorrido na MB, em 104 anos de operação com esse tipo de navio (DIRETORIA DE RELAÇÕES PÚBLICAS DA MARINHA DO BRASIL).

**APÊNDICE D – LEVANTAMENTO DOS ACIDENTES/INCIDENTES OCORRIDOS
COM SUBMARINOS, POSTERIORES AO ANO DE 2005 ATÉ A ATUALIDADE,
FORA DO ESCOPO DA ANÁLISE DE TINGLE (2009)**

Quadro 2 - Levantamento dos acidentes/incidentes ocorridos com submarinos, posteriores ao ano de 2005 até a atualidade, fora do escopo da análise de TINGLE (2009)

Data	Submarino	País	Causas	Fatalidades	Condição	Localização
06/09/06	D. Moskovsky	RUS	Incêndio	2	Superfície	Mar do Norte
29/12/06	Minneapolis	USA	Tormenta	2	Superfície	Atlântico Norte
08/01/07	USS Newport News	USA	Colisão com Navio	0	Esnorquel	Estreito de Hormuz
21/03/07	HMS Tireless	ENG	Explosão	2	Patrulha	Oceano Ártico
26/05/08	HMS Superb	ENG	Colisão com o fundo	0	Patrulha	Mar Vermelho
08/11/08	K-152 Nerpa	RUS	Acidente com CO ₂	20	Patrulha	Mar do Japão
02/2009	HMS Vanguard	ENG	Colisão com Submarino	0	Patrulha	Oceano Atlântico
02/2009	Le Triomphant	FRA	Colisão com Submarino	0	Patrulha	Oceano Atlântico
20/03/09	USS Hartford	USA	Colisão com Submarino	0	Patrulha	Estreito de Hormuz
20/03/09	USS New Orleans	USA	Colisão com Submarino	0	Patrulha	Estreito de Hormuz
02/10	Sindhurakshak	IND	Explosão	1	Patrulha	Oceano Índico
30/08/10	INS Shankush	IND	Tormenta	0	Superfície	Oceano Índico
22/10/10	HMS Astute	ENG	Encalhe	0	Patrulha	Mar do Norte
04/06/11	Corner Brook	CAN	Encalhe	0	Patrulha	Golfo Alaska
23/05/12	USS Miami	USA	Incêndio	0	Dique	Connecticut
13/10/12	US Montpelier	USA	Colisão com Navio	0	Esnorquel	Golfo do México
14/08/13	INS Sindhurakshak	IND	Explosão	18	Superfície	Cais em Mumbai
16/09/13	K-150 Tomsk	RUS	Incêndio	0	Dique	Vladivostok
10/10/13	Janksonville	USA	Colisão com Navio	0	Esnorquel	Golfo Pérsico
20/07/16	HMS Ambush	ENG	Colisão com Navio	0	Esnorquel	Estr. Gibraltar
15/11/17	ARA San Juan	ARG	Explosão	44	Esnorquel	Atlântico Sul

APÊNDICE E – CORRELAÇÃO ENTRE AS PRINCIPAIS CAUSAS DE ACIDENTES COM SUBMARINOS E PERCENTUAIS DE OCORRÊNCIAS

Quadro 3 - Correlação entre as principais causas de acidentes com submarinos e percentuais de ocorrências

Principais Causas de Acidentes	Percentual de Ocorrência
Colisão	31,8 %
Alagamento	30,3 %
Explosão	15,2 %
Fogo	9,1%
Encalhe	6,1 %
Tormenta	3,0 %
Rede de Pesca	1,5 %
Envenenamento por gases tóxicos	1,5 %
Asfixia	1,5 %

APÊNDICE F – CONDICIONANTES PSICOLÓGICAS QUE AFETAM A TRIPULAÇÃO DE UM SUBMARINO SINISTRADO NAS AÇÕES DE ESCAPE E RESGATE

O escape e o resgate de submarinos, dependendo das condições em que ocorram, possuem particularidades que poderão trazer maior ou menor grau de dificuldade à operação. Por exemplo, a chances de escapar de um submarino naufragado ou de que se tomem medidas para o resgate em tempo de guerra, não são as mesmas que ocorrem em tempos de paz. Isto afeta, em muito, o emocional dos tripulantes, podendo serem cometidos erros devidos às fortes flutuações emocionais.

Segundo Zhang (2018), não foram raros os projetos de sistemas de emergência e planos de evacuação, em que apenas foram considerados aspectos técnicos, não sendo avaliadas as características do comportamento humano, sob o estresse envolvido em situações de risco de morte. Esta prática clássica levava, frequentemente, a resultados distanciados da realidade.

Enfatiza aquele autor, ser de extrema relevância o estudo do comportamento humano frente a situações emergenciais para que se obtenha pleno êxito, durante a evacuação de um submarino sinistrado. Todavia, até bem pouco atrás, tal característica não vinha recebendo a devida atenção, existindo bem poucos estudos a este respeito. Estudos recentes revelaram que uma significativa parcela dos erros cometidos não é devido ao pânico ou comportamento irracional, mas sim a decisões racionais equivocadas, que foram tomadas em face aos seguintes fatores:

- a) Ambiguidade e confusão mental;
- b) Ações desperdiçando tempo;
- c) Instruções incoerentes;
- d) Incompreensão da natureza da emergência; e
- e) Falta de aceitação da autoridade de uma fonte de instruções.

A avaliação de pesquisas psicológicas para o fortalecimento do treinamento de fuga ou resgate da tripulação é de grande benefício para o aprimoramento da capacidade de resposta em situações de emergência, permitindo que as decisões sejam tomadas de forma consciente e segura (Zhang, 2018).

De maneira geral, entendemos que o treinamento contínuo de submarinistas, não só permite a familiarização da tripulação com os equipamentos e

sistemas de salvamento, mas também amplia a confiança dos tripulantes, nos sistemas instalados a bordo, dando-lhes maior destreza e plena capacitação emocional para lidar com os casos reais de acidente. Saber aguardar, pacientemente, por ajuda externa, controlando a ansiedade e poupando o oxigênio remanescente a bordo é, também, de vital importância para a sobrevivência de todos.

Segundo Wijk (2017), professor doutor do Instituto de Medicina Marítima e da Faculdade de Medicina e Ciências da Saúde de *Stellenbosh* - África do Sul, dois estudos foram conduzidos para examinar o comportamento psicológico de pessoas que tenham passado por acidentes submarinos simulados, e evidenciaram uma série de questões que podem afetar a capacidade de fuga dos membros da tripulação de um SUBSUNK.

Em um teste de três dias de confinamento em câmara que simulava as condições de um submarino afundado, o frio associado e o baixo teor de oxigênio levaram as pessoas a um estado de torpor e dificuldade progressiva em manter a concentração. Verificou-se, também, que o estresse emocional foi maior nas primeiras 24 horas, diminuindo ao longo do tempo de confinamento, e que os níveis de inquietação estavam relacionados à resistência do indivíduo e aos traços de personalidade, sugerindo que características individuais têm um grande impacto no treinamento de abandono a um submarino sinistrado.

APÊNDICE G – REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho monográfico está apoiado em artigos científicos apresentados e discutidos em *workshops* e *seminários* organizados pela OTAN. Como exemplo, o *Military Committee* na forma de *Submarine Escape and Rescue Working Group* (SMERWG) (*North Atlantic Treaty Organization - NATO, 2004*), *Symposium on Naval Submarines, Submarine Escape Handbook* (*C.F. Oberon Class Submarines Escape Training Notebook, 1960*) e normas militares norte-americanas expedidas pela *Naval Sea Systems Command* (NAVSEA) (*Requirements for employment of U.S. Navy Submarine Rescue Systems, 1978*).

No âmbito nacional, primeiramente, a análise a respeito da Defesa Nacional fundamenta-se na Constituição da República Federativa do Brasil (1988, art. 142), estabelecido nos ditames vigentes:

As Forças Armadas, constituídas pela Marinha, pelo Exército e pela Aeronáutica, são instituições nacionais permanentes e regulares, organizadas com base na hierarquia e na disciplina, sob a autoridade suprema do Presidente da República, e destinam-se à defesa da Pátria, à garantia dos poderes constitucionais e, por iniciativa de qualquer destes, da lei e da ordem.

Com ênfase na defesa da Pátria e previsto na Carta Magna do Brasil de 1988, a MB tem como missão:

Preparar e empregar o Poder Naval, a fim de contribuir para a Defesa da Pátria; para a garantia dos poderes constitucionais e, por iniciativa de qualquer destes, da lei e da ordem; para o cumprimento das atribuições subsidiárias previstas em Lei; e para o apoio à Política Externa. (MARINHA DO BRASIL, 2017).

Tomando-se por base sua missão, a MB se faz presente nas águas jurisdicionais brasileiras (AJB), e com a ampliação dos espaços marítimos que passam a delimitar a Amazônia Azul, a instituição MB necessitará incorporar navios, aeronaves, sistemas de vigilância no mar e de SAR, preferencialmente, projetados e construídos por brasileiros, garantindo o desenvolvimento de recursos estratégicos imprescindíveis à soberania do país. Para tal nos deparamos com a necessidade da incorporação de modernos submarinos convencionais e nucleares, elevando o Poder Naval Brasileiro a um patamar que seja condizente com o Brasil, país de dimensões continentais. Desta forma a capacidade de segurança e defesa do país estará adequada às novas projeções no cenário internacional.

Cabe destacar que o Livro Branco de Defesa Nacional (LBDN) (BRASIL, 2016a, p. 54), capítulo III – A Defesa e o Instrumento Militar, menciona:

[...]

A posse de um submarino de propulsão nuclear contribuirá para a defesa e preservação dos interesses nacionais na área marítima, particularmente no Atlântico Sul, e ainda possibilitará:

- a proteção das rotas comerciais;
- a manutenção da livre navegação;
- a proteção de recursos naturais na plataforma continental; e
- o desenvolvimento tecnológico.

Igualmente, é preconizado pelo LBDN (BRASIL, 2016a, p. 55), o seguinte:

[...]

Só existe soberania de fato com Defesa forte, isto é, com Forças Armadas adequadamente equipadas e adestradas, em condições de atuar de forma conjunta em quaisquer cenários, especialmente ante os cenários de ameaças cada vez mais difusas.

Presidência da República, Secretaria de Assuntos Estratégicos - Plano Brasil 2022

Brasília, dezembro de 2010.

E ainda, “[...] incrementar a capacidade da Força para atender aos compromissos internacionais de busca e salvamento; [...]”. (BRASIL, 2016a, p. 103).

Merece destaque como documento norteador deste trabalho, o Plano de Articulação de Equipamentos de Defesa (PAED) 2012-2031, elencando os seguintes benefícios trazidos ao país:

[...]

- Aumento do poder dissuasório do país, fortalecendo sua capacidade de atuar autonomamente no campo internacional com redução das vulnerabilidades a pressões externas;

- Fortalecimento da indústria nacional, com geração de empregos e elevação dos níveis de qualificação em todas as áreas de ciência e tecnologia, especialmente as relativas a construção naval e a indústrias aeronáutica e automotriz, e em áreas como eletrônica e tecnologia da informação;

Capacidade de projetar, desenvolver e fabricar sistemas, materiais, componentes e equipamentos nucleares e convencionais com uso de tecnologia dual;

- Integração de universidades e institutos/centros de tecnologia e pesquisa militares no desenvolvimento e absorção de tecnologia sensível;

- Capacitação da indústria nacional, mediante a transferência de tecnologia;

- Desenvolvimento da indústria naval, impulso à construção civil, implantação de empresas de alta e média tecnologias e incremento substancial do setor de comércio;

- Ampliação da presença do Estado junto a populações de regiões desassistidas;

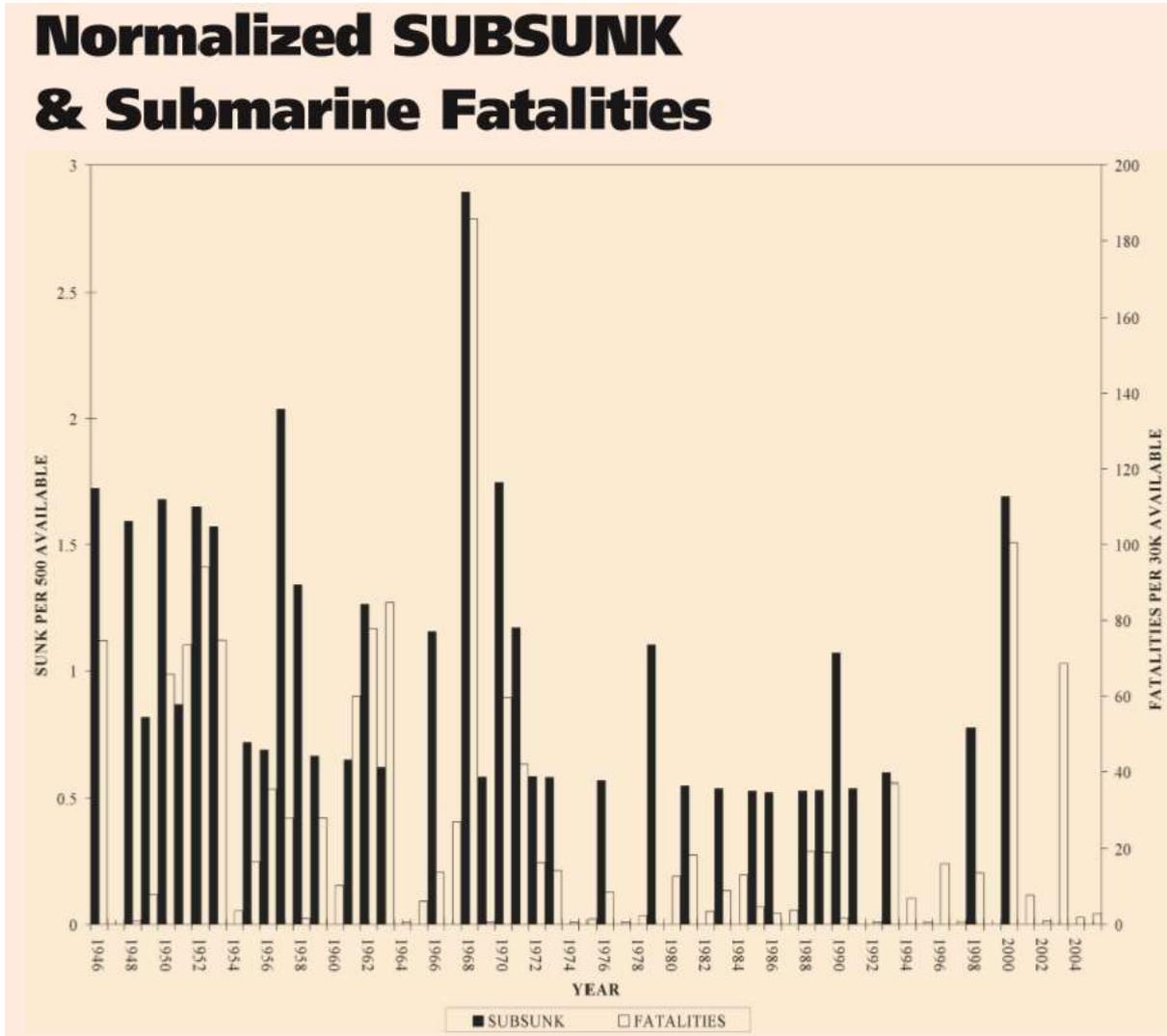
- Elevação da capacidade de prover segurança em grandes eventos. (BRASIL, 2017, não paginado).

Em decorrência da END, a MB desenvolveu o Plano de Articulação e Equipamento da Marinha do Brasil (PAEMB) 2011-2031, em sintonia com o PAED estabelecido pelo MD (BRASIL, 2012), definindo projetos estratégicos prioritários, que consistem, dentre outras diretivas, na revitalização e modernização dos meios navais, buscando a substituição gradual destes meios, em face do desgaste e limite de resistência estabelecidos em ciclos de vida dos materiais.

Desta forma, também, é tomado como referencial teórico o Navio de Socorro e Salvamento (NSS) Felinto Perry – K11, *ex-Holger* (1986), Dane, *ex-MS Wildrake* (1979), incorporado à MB em novembro de 1988. Muito embora seja este um navio de resgate e apoio completo, muito bem mantido e ainda em operação, trata-se de uma plataforma com quase 40 anos em serviço. Este navio possui o salvamento por meio de sino de regate, e pode atualmente não ser o mais adequado para operação com submarinos nucleares.

ANEXO A – LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Histograma normalizado para submarinos afundados e fatalidades



Fonte: TINGLE, 2009.

Figura 2 – USS THRESHER (SSN-593)



Fonte: Disponível em: <<http://www.recorder.com/USS-Thresher-crew-remembered-on-55th-anniversary-of-disaster-16734863>>. Acesso em: 14 jul. 2018.

Figura 3 – USS SCORPION (SSN-589)



Fonte: Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/USS_Scorpion_\(SSN-589\)#/media/File:Scorpion_Launch.jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/USS_Scorpion_(SSN-589)#/media/File:Scorpion_Launch.jpg)>. Acesso em: 14 jul. 2018.

Figura 4 – Casco do SN russo *KURSK* (K-141) retirado do fundo do mar



Fonte: Disponível em: <<https://hybridtechcar.com/2018/03/11/putin-explained-the-tragedy-with-the-kursk-submarine-with-huge-difficulties-in-the-army/>>. Acesso em: 14 jul. 2018.

Figura 5 – Submarino Diesel-elétrico (S-42) “*San Juan*”

LN⁺

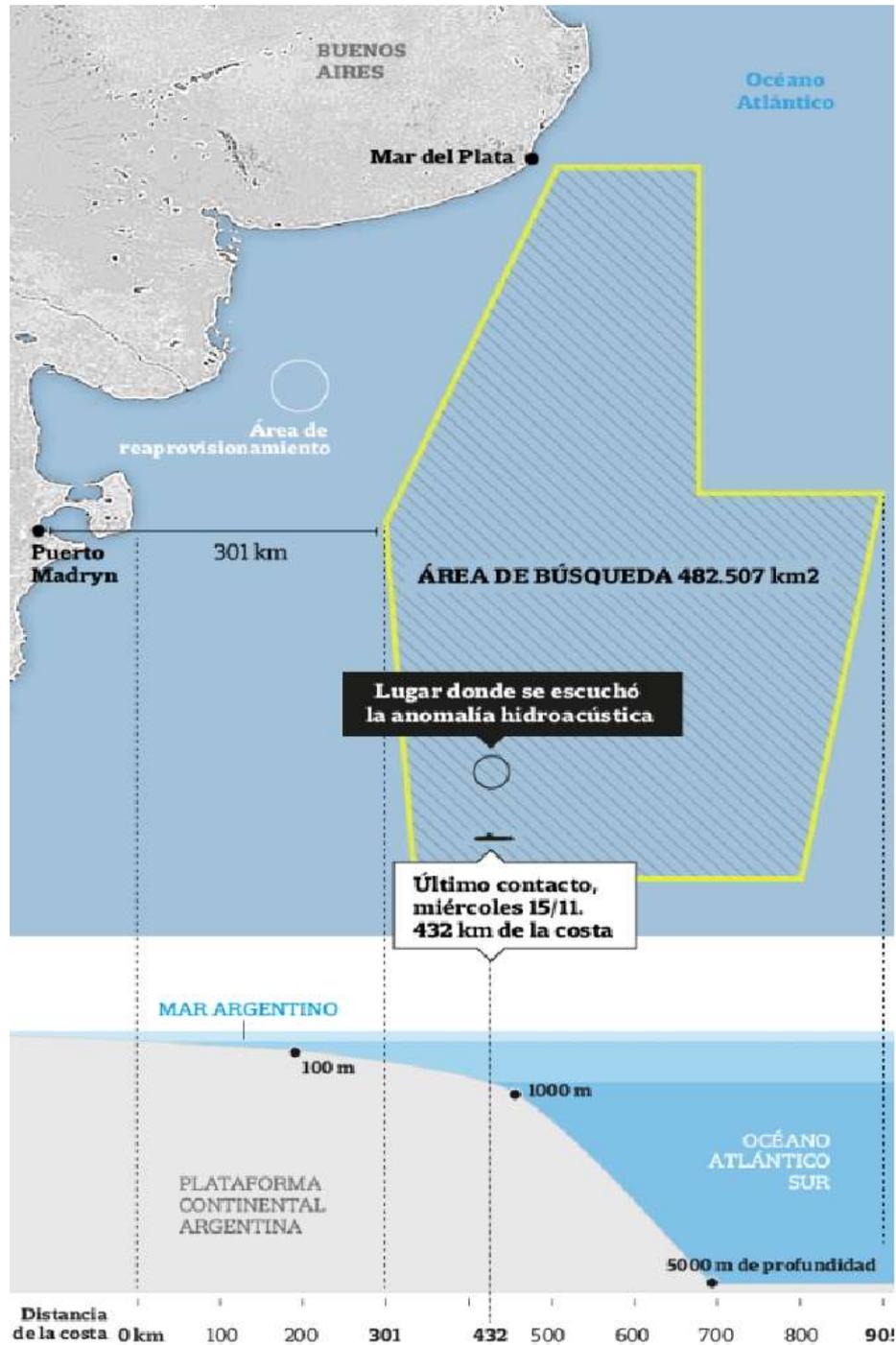
**SUBMARINO CLASE TR 1700
S-42 ARA SAN JUAN**

Origen: **Alemania (constructor Thyssen Nordsewerke)**
 Año: **Junio 1993**
 Eslora: **66 Metros**
 Diámetro del casco: **7,3 metros**
 Propulsión: **Eléctrica (960 baterías)**
 Velocidad: **25 nudos sumergido (45 km/h)**
 Profundidad alcanzada: **250 metros**

Tripulantes **37**

Fonte: Disponível em: <<http://www.defesaaereanaval.com.br/uma-explosao-de-baterias-a-hipotese-de-anomalia-mais-temida/>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

Figura 6 – Região do desaparecimento do SB *San Juan*, no Atlântico Sul



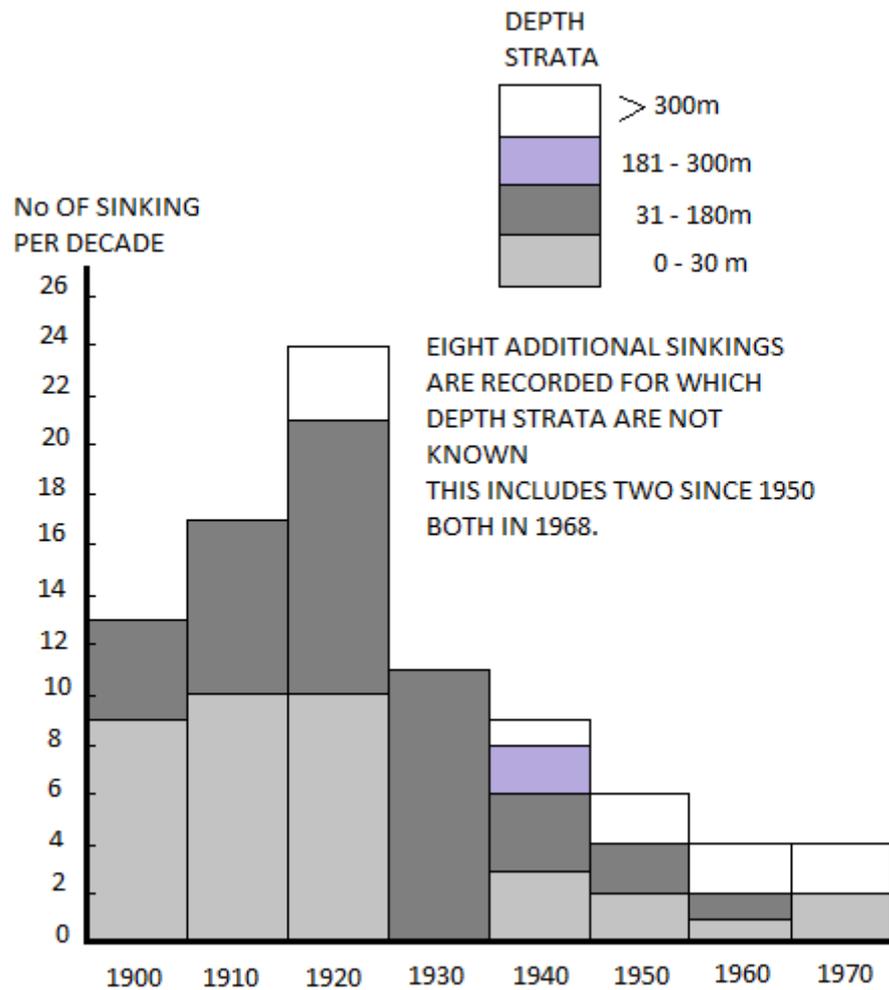
Fonte: Disponível em: <<http://www.defesaaereanaval.com.br/uma-explosao-de-baterias-a-hipotese-de-anomalia-mais-temida/>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

Figura 7 – Rota descrita pelo SB “San Juan”, até seu último contato com a Base



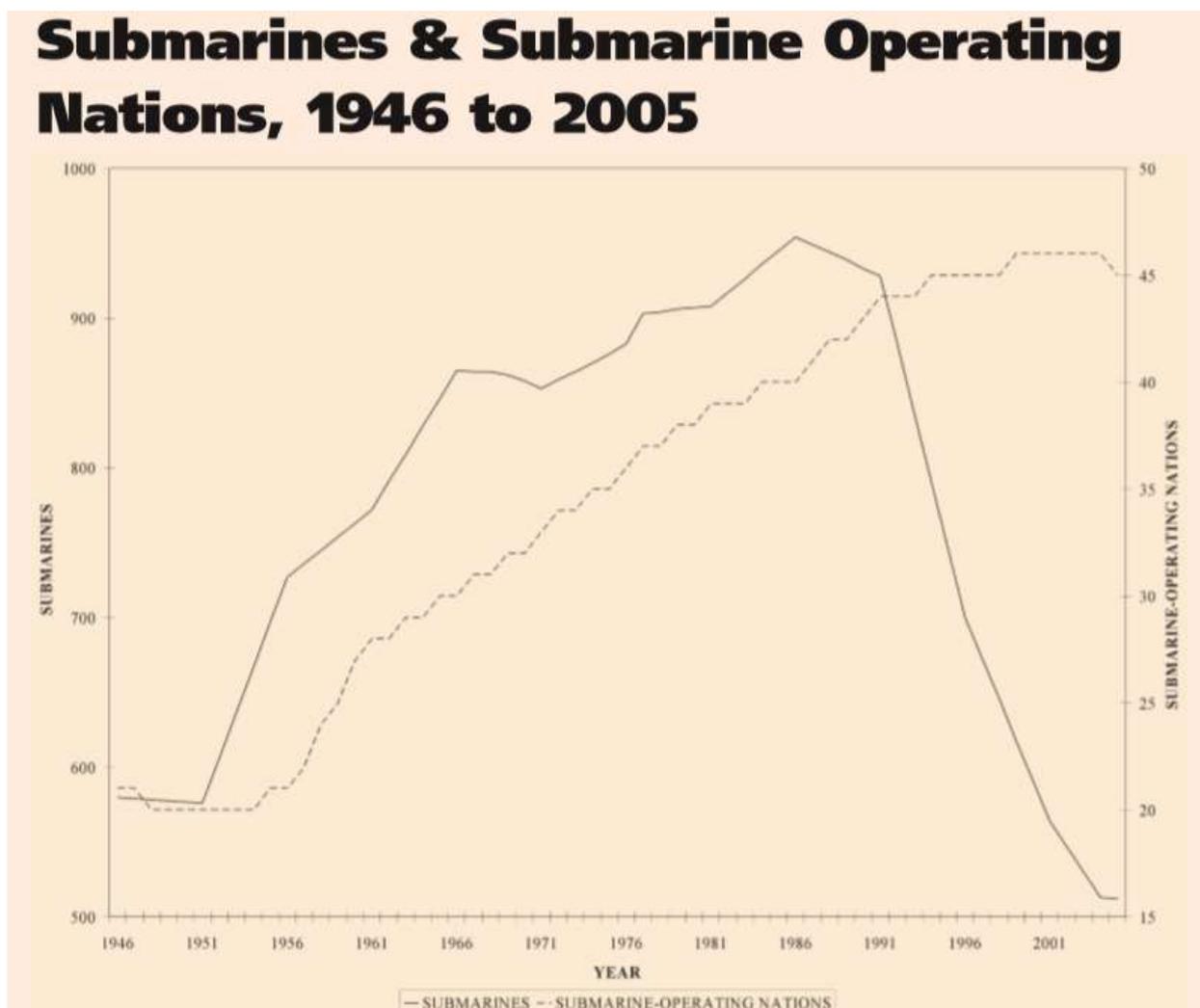
Fonte: Disponível em: <<http://www.naval.com.br/blog/2017/11/29/segue-busca-ao-ara-san-juan-em-uma-area-mais-concentrada/>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

Figura 8 – Recorded Peacetime Sinkings Worldwide



Fonte: WILSON, 1983.

Figura 9 – Levantamento do quantitativo de submarinos no mundo e das marinhas empregando esses meios no período de 1946 a 2005



Fonte: TINGLE, 2009.

Figura 10 – Dados relativos a acidentes com submarinos ocorridos no período de 1946 a 2005

Excerpt of Data on Submarines Sunk Between 1945 & 2005

Date	Vessel	Owner	Accident	Fatalities	Condition*	Location
8 Jan 46	SAFARI	UK	Flood	0	Decommissioned	English Channel
27 Jun 46	C-4	Spain	Collision	44	At Sea	Mediterranean
5 Dec 46	U-2326	France	Flood	26	At Sea	Mediterranean
15 Dec 52	S-117	USSR	Collision	52	At Sea	Sea of Okhotsk
31 Jan 53	SIRDAR	UK	Flood	0	Alongside	Sheerness
4 Apr 53	DUMLUPINAR	Turkey	Collision	81	At Sea	Black Sea
Dec 53	M-117	USSR	Flood	0	Decommissioned	Sevastopol
10 Apr 63	THRESHER	US	Flood	129	At Sea	Atlantic
25 Jan 68	DAKAR	Israel	Flood	69	At Sea	Mediterranean
27 Jan 68	MINERVE	France	Flood	52	At Sea	Mediterranean
11 Apr 68	K-129	USSR	Explosion	97	At Sea	Pacific
22 May 68	SCORPION	US	Explosion	99	At Sea	Atlantic
16 Oct 68	ALVIN	US	Flood	0	At Sea	Atlantic
15 May 69	GUIJARRO	US	Flood	0	Alongside	Mare Island
4 Mar 70	EURYDICE	France	Explosion	57	At Sea	Mediterranean
8 Apr 70	K-8	USSR	Fire	52	At Sea	Bay of Biscay
25 Oct 76	TIGRONE	US	Flood	0	Decommissioned	Unknown
21 Oct 81	S-178	USSR	Collision	32	At Sea	Pacific
24 Jun 83	K-429	USSR	Flood	16	At Sea	North Pacific
29 May 97	K-313	Russia	Collision	0	Decommissioned	Kamchatka
6 Oct 97	K-313	Russia	Flood	0	Decommissioned	Kamchatka
10 Oct 97	K-313	Russia	Flood	0	Decommissioned	Kamchatka
23 Jun 98	UNKNOWN	North Korea	Flood	9	At Sea	South Korean Coast
5 May 00	BENTOS 300-1	Ukraine	Flood	0	Decommissioned	Sevastopol
12 Aug 00	KURSK	Russia	Explosion	118	At Sea	Barents Sea
30 Aug 03	K-159	Russia	Flood	9	Decommissioned	Barents Sea

Fonte: TINGLE, 2009.

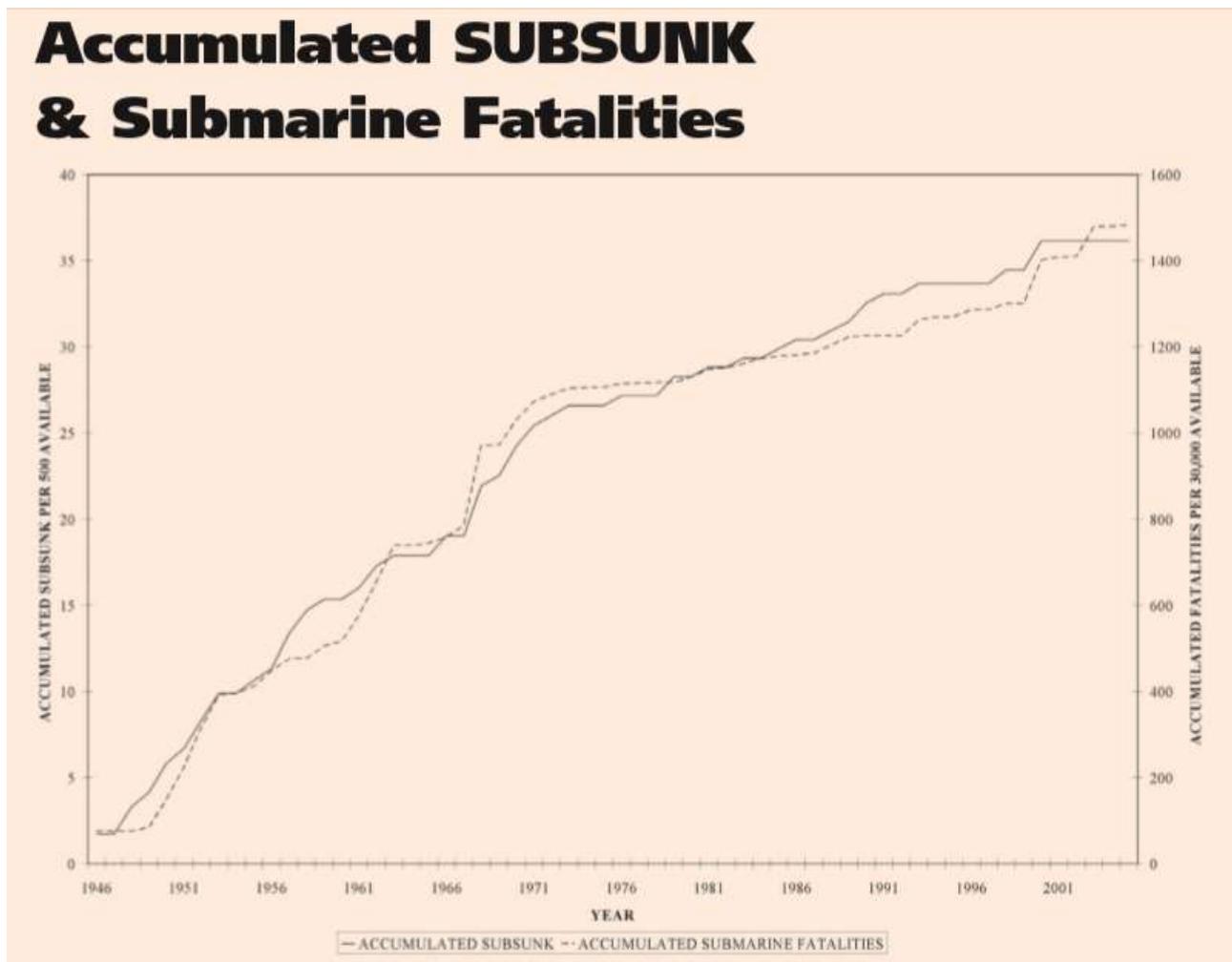
Figura 11 – Gráfico distributivo das causas de acidentes submarinos



Fonte: Autor⁴⁸.

⁴⁸ O autor é graduado em Engenharia Naval pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, em 1980, pós-graduado em Gerenciamento de Projetos pela Universidade Candido Mendes, em 2012, foi Coordenador Técnico da Divisão de Navios Distritais, Submarinos e Meios Especiais na Diretoria de Engenharia Naval, trabalhou no Projeto do Submarino SNAC-I e SB Tikuna, sendo perito no assunto.

Figura 12 – Acúmulo das ocorrências de acidentes com submarinos e fatalidades no período de 1946 a 2005



Fonte: TINGLE, 2009.

Figura 13 - Sistema de escape alemão *Dräger*



Fonte: Disponível em: <<https://picclick.com/New-German-M65-Drager-Military-Gas-Mask-Respirator-371802326475.html>>. Acessado em: 19/7/18.

Figura 14 - Sistema de escape inglês DSEA



Davis Submerged Escape Apparatus (D.S.E.A.)

Fonte: Disponível em: <<http://www.subescapetraining.org/History.html>>. Acessado em: 19/7/18.

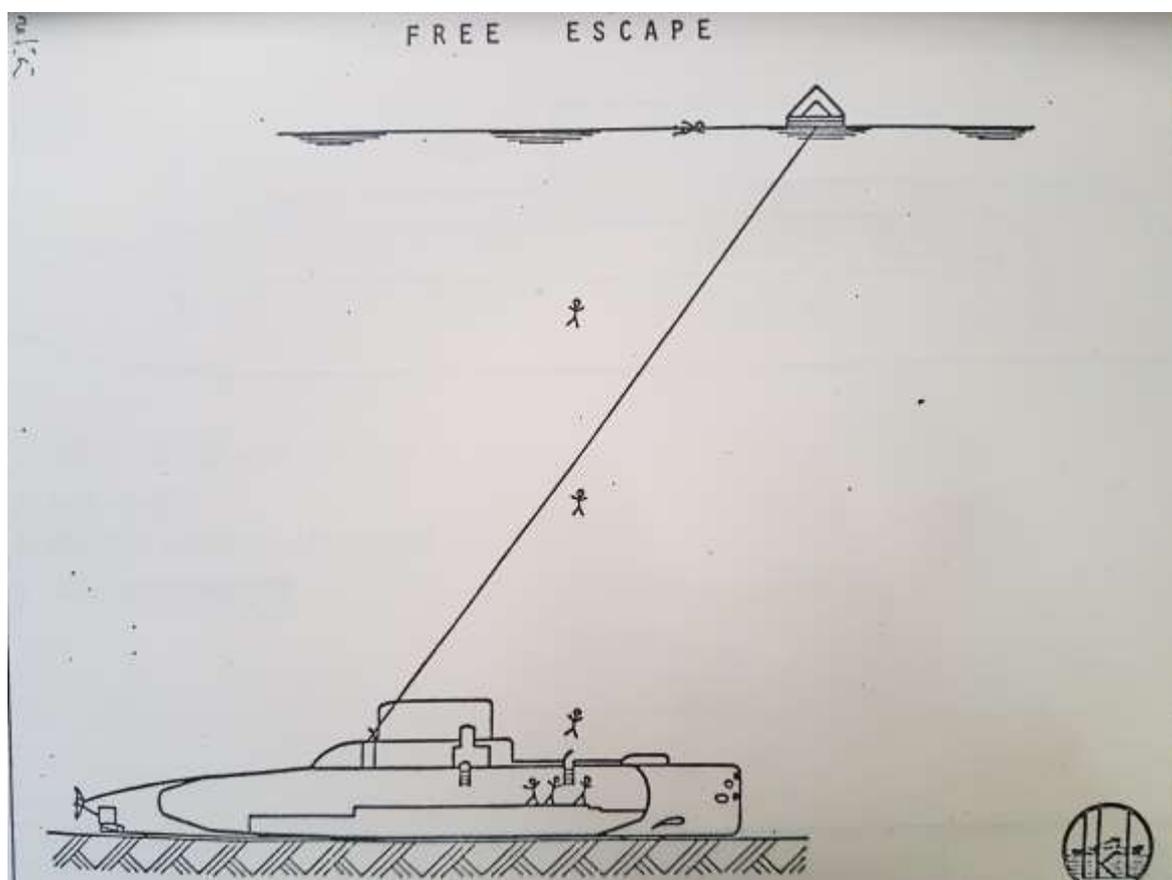
Figura 15 - Sistema de escape americano *Momsen Lung*



Fonte: Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Momsen_lung#/media/File:Momsen_lung.jpg>. Acessado em: 19/7/18.

Figura 16 – Método subida livre (*Free Escape*)

Fonte: Disponível em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=nnZHUuuSBI>>. Acessado em:
19/7/18.

Figura 17 – Ilustração da subida livre (*Free Escape*)

Fonte: Descrição dos Equipamentos e Acessórios de salvamento. EST-SNAC1-594-004. Rio de Janeiro, 1987. Disponível na biblioteca do Centro de Projetos de Navios – CPN da Marinha do Brasil.

Figura 18 – Protótipo britânico para o *Hood Inflation System* utilizado no escape ou ascensão livre (*Free Ascent*)



Fonte: Disponível em:
<<https://nektionix.com/2014/03/01/submarine-escape/>>. Acessado em: 19/7/18.

Figura 19 – Equipamento *Steinke Hood* utilizado no método de escape ou ascensão livre (*Free Ascent*)



Fonte: Disponível em: <https://www.history.navy.mil/content/history/museums/nmusn/explore/photography/ships-us/ships-usn-b/uss-balao-ss-285/330-psa-262-63.html>. Acessado em: 19/07/18.

Figura 20 – Quadro indicativo do tempo máximo de permanência no fundo em função da profundidade para evitar a doença descompressiva

Table I. Time Limits for Escapes from Various Depths

<u>Keel Depth</u>	* Time (Min)
50 (TD)	100
100	25
200	3 3/4
300	2
375	1 1/2
425	1 1/4
475	1
525	1/2

* The bottom times shown have been derived from the USN Diving Manual, EDU studies, Workman calculations (8) and recent RN Experimentation (5, 7, 10, 16).

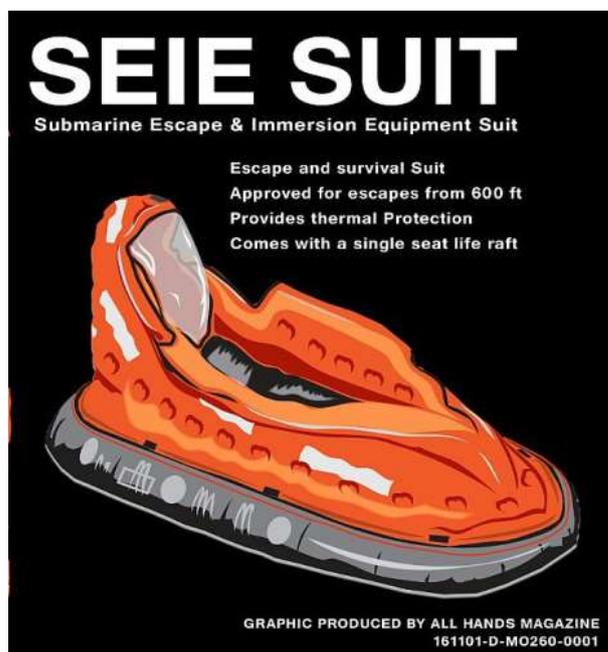
Fonte: HALL e SUMMITT (1970).

Figura 21 – Vestimenta do tipo SEIE *Mark 10* utilizada para escape no método de flutuação rápida (*Free Ascent*)



Fonte: Disponível em:
<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Submarine_Escape_Immersion_Equipment_suit.gif>. Acessado em: 19/07/18.

Figura 22 – Vestimenta do tipo SEIE com balsa integrada utilizada para escape no método de flutuação rápida (*Free Ascent*)



Fonte: Disponível em:
<<https://kapitaennem0.wordpress.com/2016/11/>>. Acessado em: 19/07/18.

Figura 23 – Centro de Treinamento de Escape Submarino da *Royal Australian Navy* (RAN), localizado na Base de Submarinos HMAS *Stirling*



Submariner Safety Suit and Escape Training - Jandie Walden

Fonte: Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=7YH7wCz-eCY>>. Acessado em: 19/07/18.

Figura 24 – Interior da torre de mergulho no Centro de Treinamento da *Royal Australian Navy* (RAN)



Fonte: Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=7YH7wCz-eCY>>. Acessado em: 19/07/18.

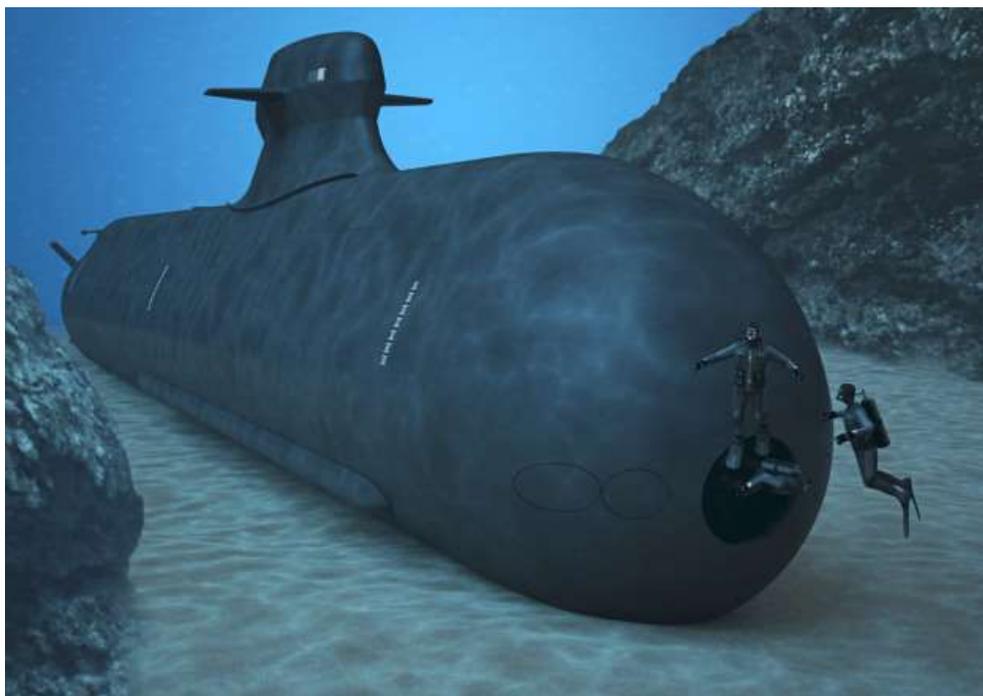
Figura 25 – Treinamento de escape pelo tubo de torpedo realizado pela Marinha Indiana



Fonte: Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=wGjp8blaaZ8>>.

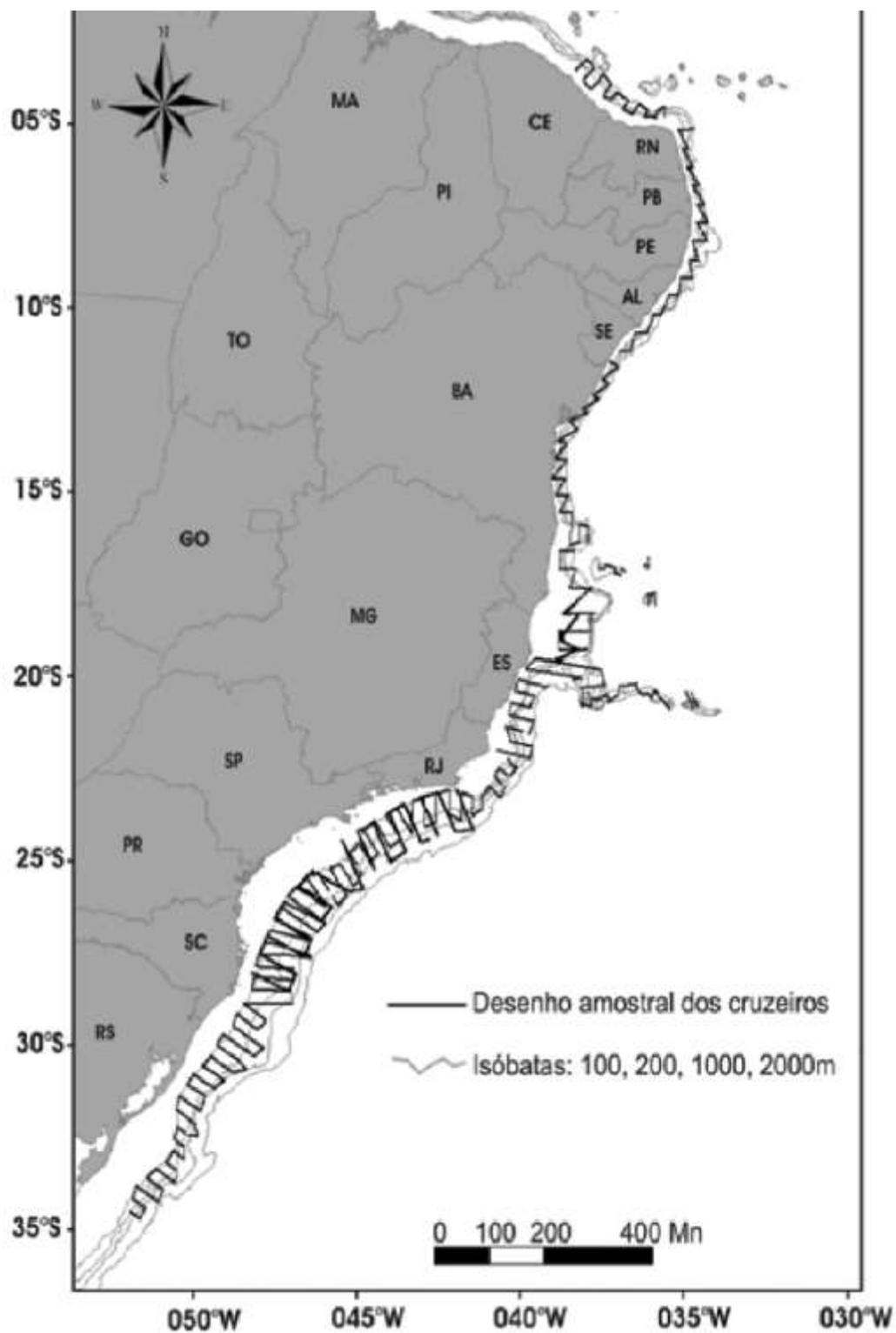
Acessado em: 19/07/18.

Figura 26 – Concepção artística de escape pelo tubo de torpedo



Fonte: Disponível em: <<https://kapitaennem0.wordpress.com/2016/11/>>.
Acessado em: 19/07/18.

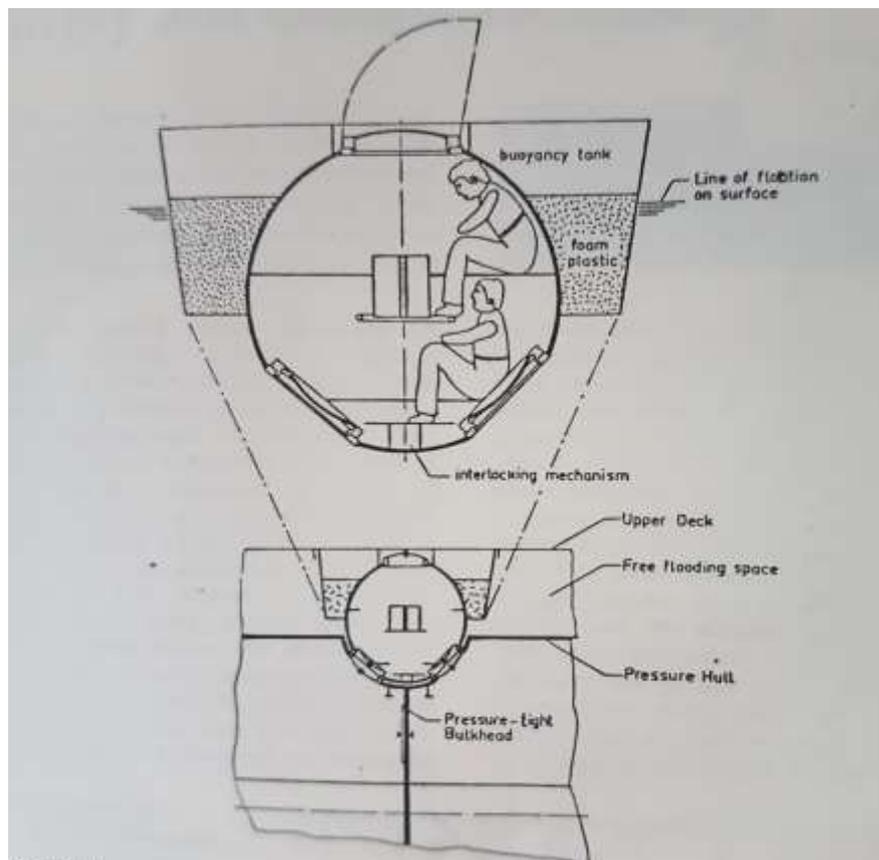
Figura 27 – Curvas isóbatas ao longo do litoral brasileiro



– Área de estudo com o desenho amostral dos sete cruzeiros.

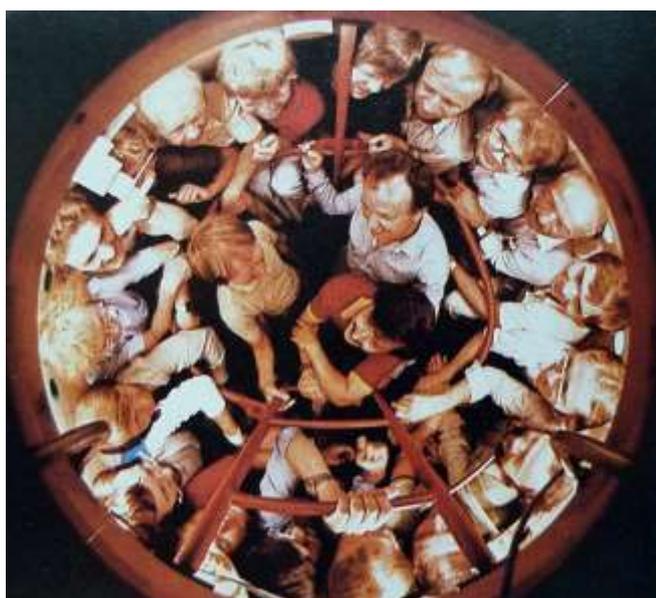
Fonte: Disponível em:
 <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102261X2007000400008>
 Acessado em: 21/07/18.

Figura 28 – Cápsula esférica de escape dos submarinos alemães (Esfera Alemã de GABLER)



Fonte: (CORLLET 1978).

Figura 29 – Cápsula esférica alemã para escape (Esfera de GABLER)



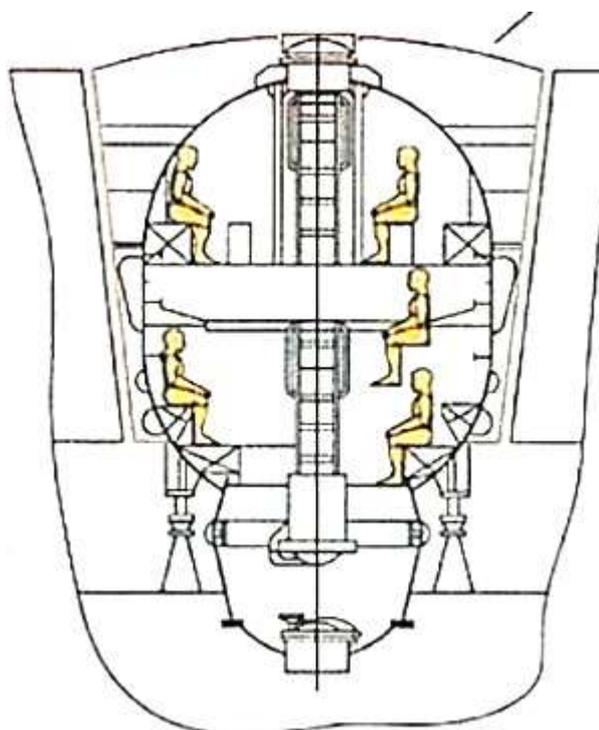
Fonte: Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2017/11/28/capsulas-de-escape-de-emergencia-para-submarinos/>>. Acessado em 22 jul. 2018.

Figura 30 – Cápsula de escape utilizada no submarino russo *Kostroma*, Classe “Sierra I”



Fonte: Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2017/11/28/capsulas-de-escape-de-emergencia-para-submarinos/>>. Acessado em 22 jul. 2018.

Figura 31 – Arranjo interno da cápsula de escape russa



Fonte: Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2017/11/28/capsulas-de-escape-de-emergencia-para-submarinos/>>. Acessado em 22 jul. 2018.

Figura 32 – Cápsula de escape utilizada no submarino russo *Severodvinsk* Classe “*Yansen*”



Fonte: Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2017/11/28/capsulas-de-escape-de-emergencia-para-submarinos/>>. Acessado em 22 jul. 2018.

Figura 33 – Cápsula de escape russa sendo testada no mar



Fonte: Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2017/11/28/capsulas-de-escape-de-emergencia-para-submarinos/>>. Acessado em 22 jul. 2018.

Figura 34 – Cápsula de escape alemã no submarino indiano da IKL Classe 209



Fonte: Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2017/11/28/capsulas-de-escape-de-emergencia-para-submarinos/>>. Acessado em 22 jul. 2018.

Figura 35 – Cápsula de escape alemã no submarino indiano sendo testada no mar



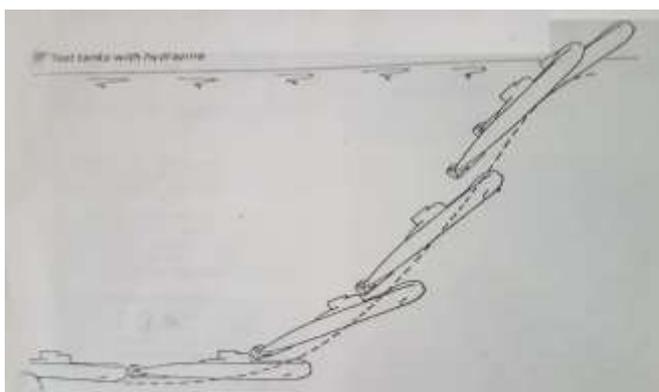
Fonte: Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2017/11/28/capsulas-de-escape-de-emergencia-para-submarinos/>>. Acessado em 22 jul. 2018.

Figura 36 – Ilustração mostrando a ejeção da cápsula de escape do K-278 com cinco tripulantes a bordo



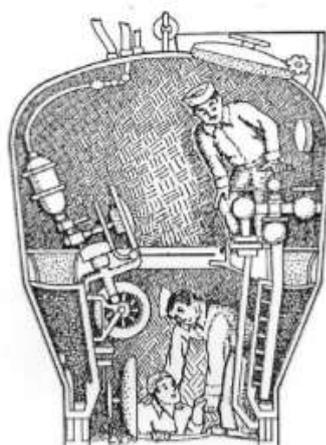
Fonte: Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2017/11/26/o-desastre-do-submarino-russo-k-278-komsomolets/>>. Acessado em 22 jul. 2018.

Figura 37 – Subida do submarino em emergência utilizando ampolas de hidrazina



Fonte: (CORLLET 1978).

Figura 38 – MacCann câmara de resgate



Cutaway drawing of MacCann Rescue Chamber

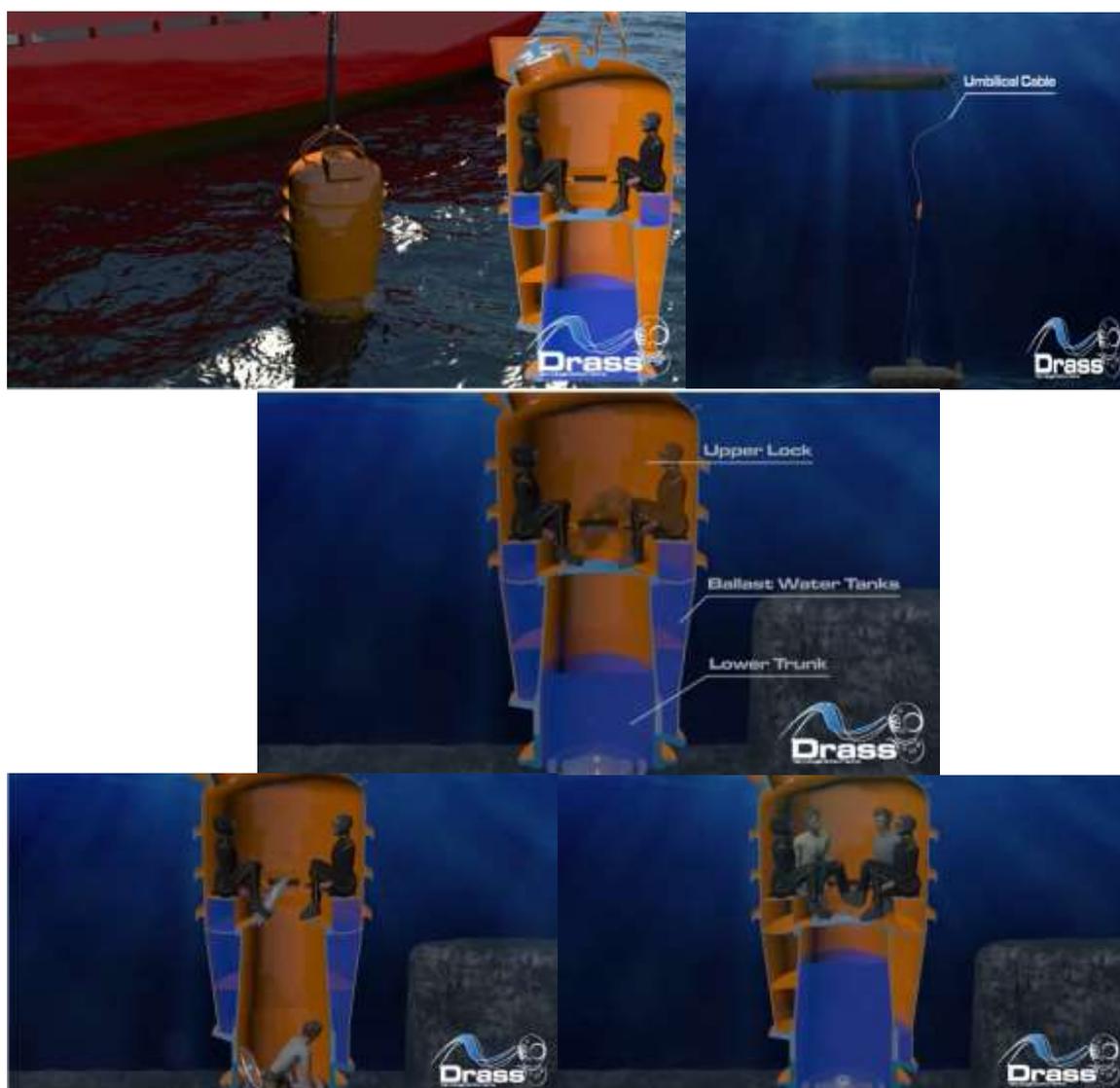
Fonte: <http://www.public.navy.mil/subfor/underseawarfaremagazine/Issues/PDF/USW_Fall_2014.pdf> Acessado em: 23 jul. 2018.

Figura 39 – Submarine Rescue Chamber - SRC (Sino de Resgate)



Fonte: <http://www.public.navy.mil/subfor/underseawarfaremagazine/issues/PDF/USW_Fall_2014.pdf> Acessado em: 23 jul. 2018.

Figura 40 – Ilustração de operação com o SRC



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=atkyz_d-nRM> Acessado em: 23 jul. 2018.

Figura 41 – DSRV-1 *Mystic* projetado pelos americanos nos anos 60 e lançado em 1970



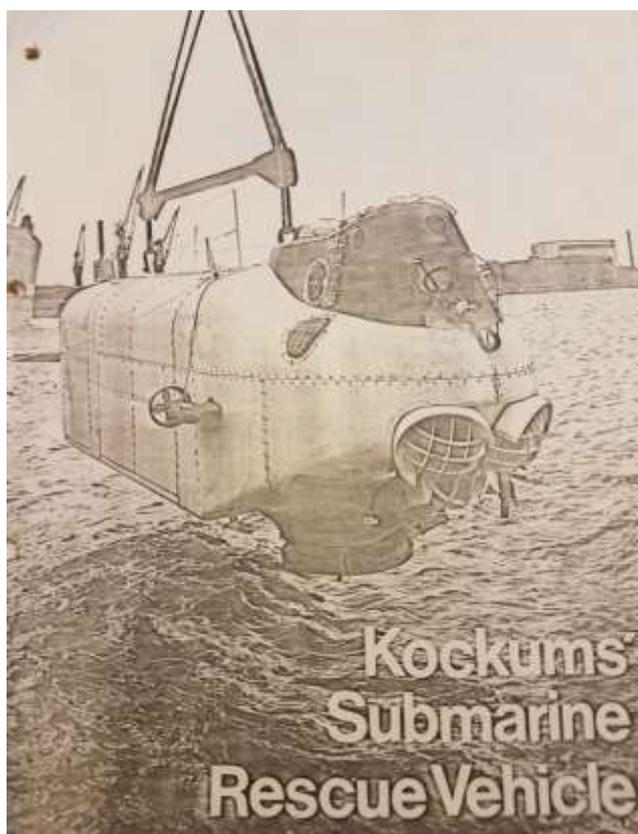
Fonte: <https://en.wikipedia.org/wiki/DSRV-1_Mystic#/media/File:DSRV-Mystic.jpg>
Acessado em: 23 jul. 2018.

Figura 42 – Transporte aéreo do DSRV-1 *Mystic*



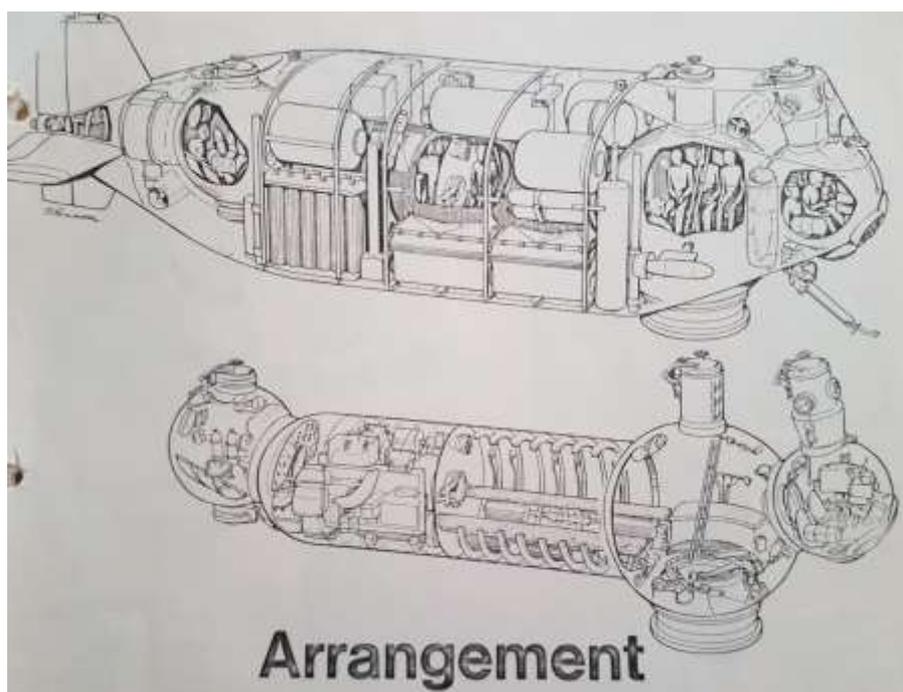
Fonte: <https://en.wikipedia.org/wiki/DSRV-1_Mystic#/media/File:DSRV-Mystic.jpg>
Acessado em: 23 jul. 2018.

Figura 43 – Vista externa do URF *Kockums* utilizado pela marinha sueca



Fonte: KOCKUMS-COMEX. *Kockums submarine rescue vehicle*: Catalog 1989. Malmö, 1989.

Figura 44 – Arranjo interno do URF *Kockums* utilizado pela marinha sueca



Fonte: KOCKUMS-COMEX. *Kockums submarine rescue vehicle*: Catalog 1989. Malmö, 1989.

Figura 45 – URF *Kockums* de segunda geração



Fonte: <<http://subnacho.blogspot.com/2012/09/sistema-de-rescate-para-submarinos-r-35.html>> . Acessado em 25 jul. 2018.

Figura 46 – LR5 *Submarine Rescue Vehicle* (SRV) utilizado pela marinha britânica



Fonte: <<https://www.naval-technology.com/projects/lr5/>>. Acessado em 25 jul. 2018.

Figura 47 – *Remotely Operated Vehicle* (ROV) - *Scorpio 45*



Fonte: < <https://www.flickr.com/photos/pallo/208447927>>. Acessado em 25 jul. 2018.

Figura 48 – Navio-mãe britânico A173 HMS *Protector*



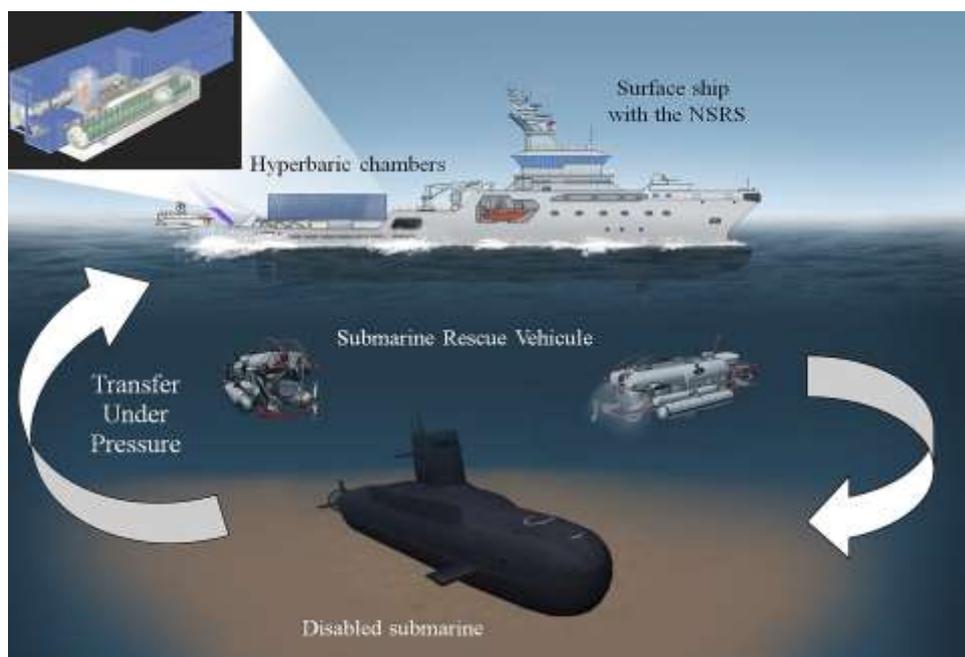
Fonte: <<https://www.royalnavy.mod.uk/our-organisation/the-fighting-arms/surface-fleet/survey/antarctic-patrol-ship/hms-protector>>. Acessado em 25 jul. 2018.

Figura 49 – Embarque aéreo do veículo de resgate submarino NSRS da OTAN



Fonte: <<https://br.pinterest.com/pin/413205334539683573/>>. Acessado em 26 jul. 2018.

Figura 50 – Ilustração da operação de resgate com o NSRS da OTAN apoiado por um MOSHIP



Fonte: <https://figshare.com/articles/_the_nato_submarine_rescue_system_nsrs_using_a_submarine_rescue_vehicle_allows_the_transfer_under_pressure_of_pressurised_crew_members_from_a_disabled_submarine_to_hyperbaric_chambers_on_a_surface_ship_/737568>. Acessado em 26 jul. 2018.

Figura 51 – US Navy - Veículo de resgate submarino SRDRS



Fonte: <<http://www.defesaaereanaval.com.br/us-navy-prepara-o-mini-submarino-srds-para-eventual-uso-nas-buscas-do-ara-san-juan/>>. Acessado em 26 jul. 2018.

Figura 52 – Ilustração de operação de resgate submarino com o SRDRS



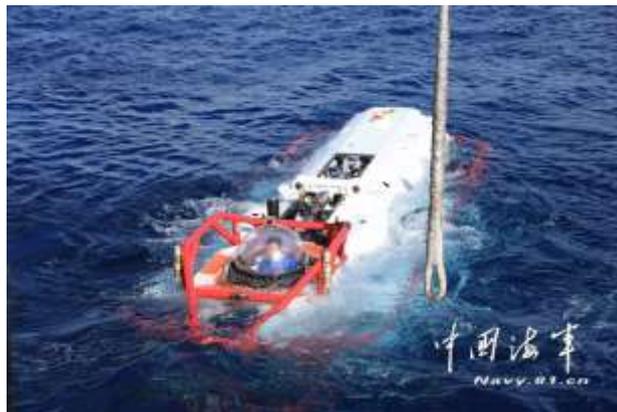
Fonte: <<http://www.navsource.org/archives/08/08494.htm>>. Acessado em 26 jul. 2018.

Figura 53 – Traje ADS *Atmospheric Diving Suit*



Fonte: Seng, Yixin e Xinyum (2010). Submarine rescue capability and its challenges (2010).

Figura 54 – Veículo do tipo LR7 utilizado pela marinha chinesa para salvamento submarino



Fonte: <<https://www.naval.com.br/blog/2016/07/29/navio-de-salvamento-submarino-chines-conduz-exercicio-na-rimpac-2016/>>. Acessado em 26 jul. 2018.

Figura 55 – Veículo do tipo LR5K (esq.), Navio de Socorro e Salvamento sul coreano “Chung Hae Jin” (centro) e ROKS DSRV II (dir.)



Fonte: Seng, Yixin e Xinyum (2010).

Figura 56 – Veículo de resgate submarino do tipo DSAR6 e Navio de Socorro Submarino utilizados pela Marinha de Cingapura



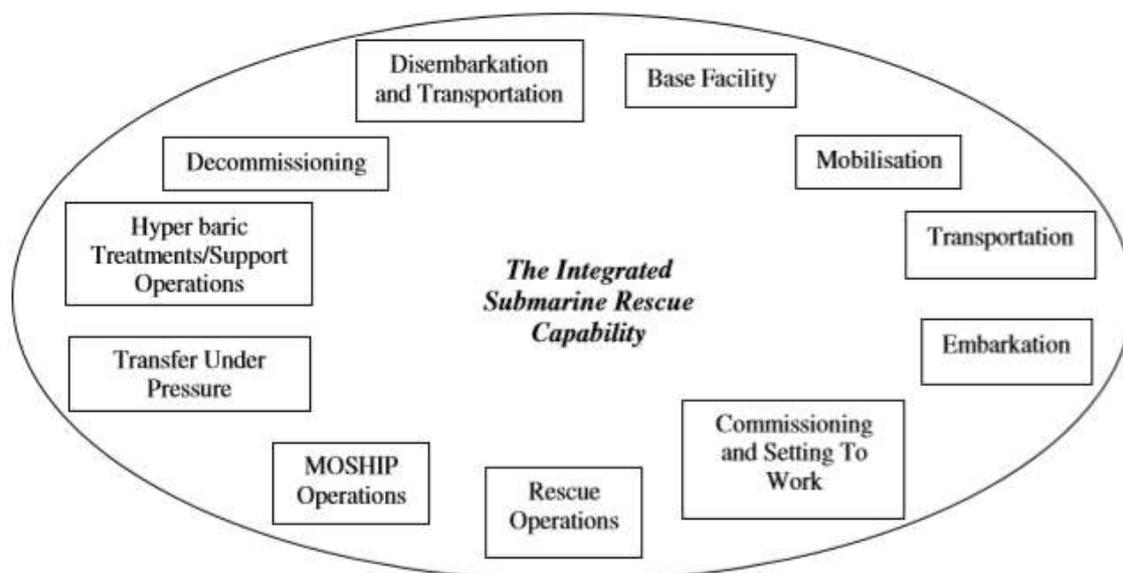
Fonte: Seng, Yixin e Xinyum (2010).

Figura 57 – Veículo de resgate submarino “REMORA” da marinha australiana



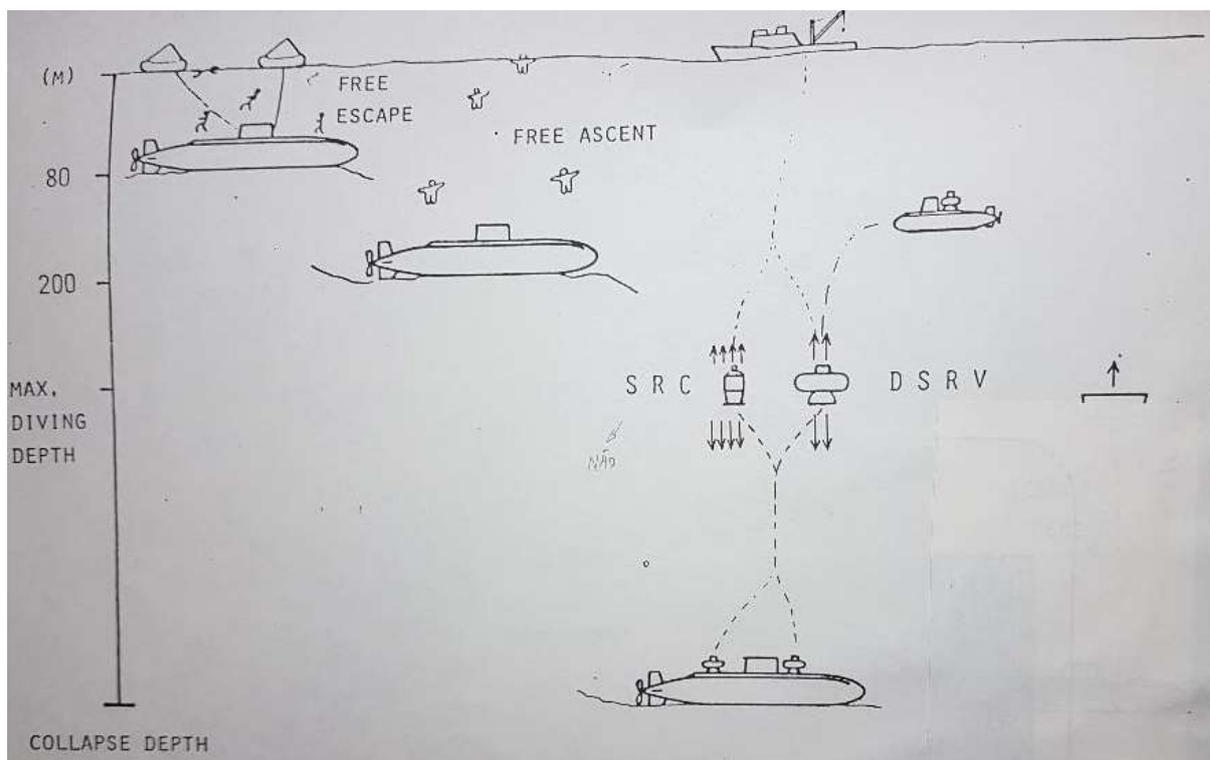
Fonte: <<http://www.oceanworks.com/our-business/military/military-project-samples/>>. Acessado em 25 jul. 2018.

Figura 58 – Representação da Capacidade de Resgate Submarino Integrado



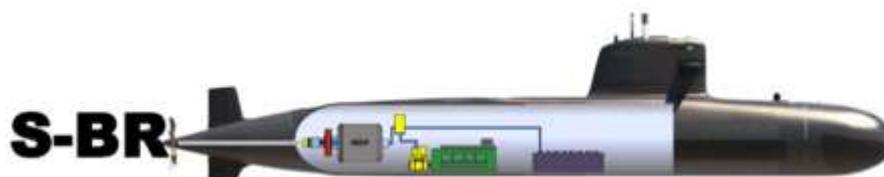
Fonte: Lorents e Turner (2010).

Figura 59 – Ilustração dos tipos de escape e resgate submarino



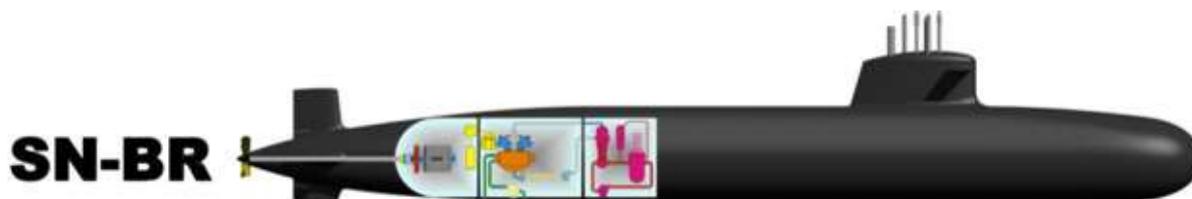
Fonte: Descrição dos Equipamentos e Acessórios de salvamento. EST-SNAC1-594-004. Rio de Janeiro, 1987. Disponível na biblioteca do Centro de Projetos de Navios – CPN da Marinha do Brasil.

Figura 60 – Submarino convencional brasileiro (S-BR)



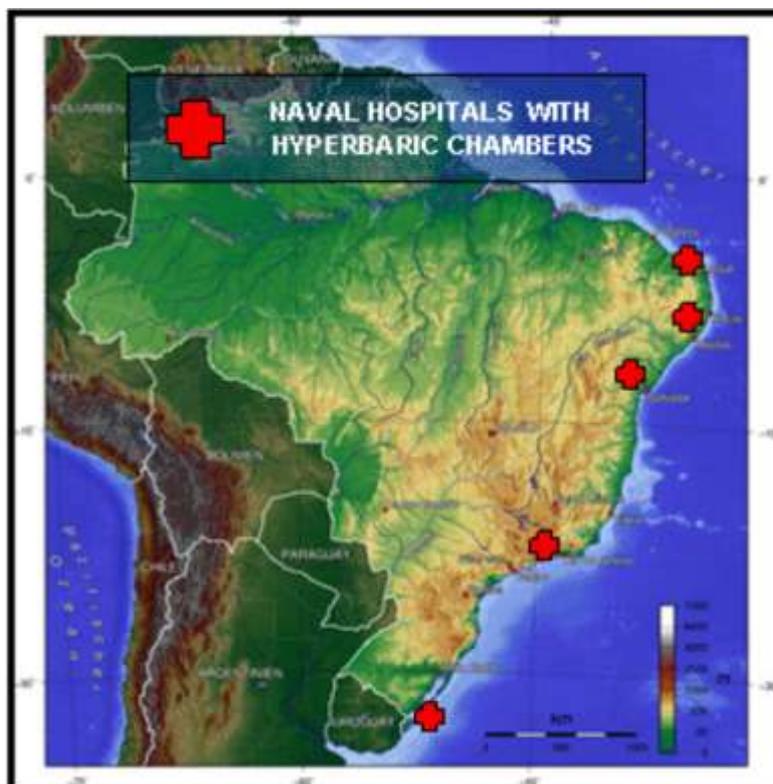
Fonte: <<https://www.naval.com.br/blog/wp-content/uploads/2018/02/SN-BR-1.jpg>>. Acessado em: 11 ago. 2018.

Figura 61 – Submarino de propulsão nuclear brasileiro (SN-BR)



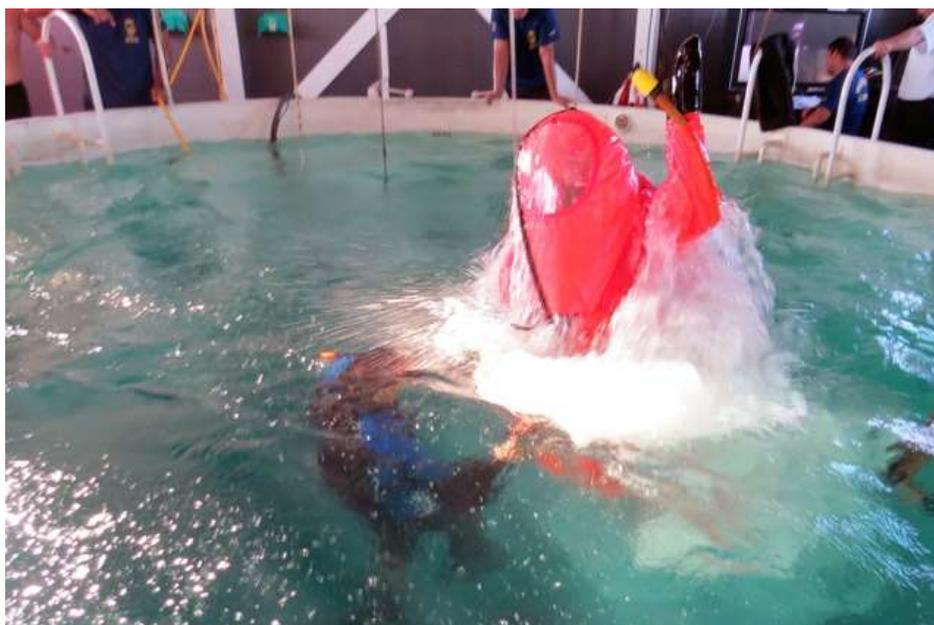
Fonte: <<https://www.naval.com.br/blog/wp-content/uploads/2018/02/SN-BR-1.jpg>>. Acessado em: 11 ago. 2018.

Figura 62 – Distribuição das câmaras hiperbáricas em Hospitais Navais ao longo da costa brasileira



Fonte: <<https://orbisdefense.blogspot.com/2017/11/a-estrutura-de-resgate-submarinos-da.html>>. Acessado em: 11 ago. 2018.

Figura 63 – Adestramento de escape no TTES do CIAMA



Fonte: <<https://www.marinha.mil.br/noticias/ciama-realiza-adestramento-com-submarinistas-da-armada-do-chile>>. Acessado em: 11 ago. 2018.

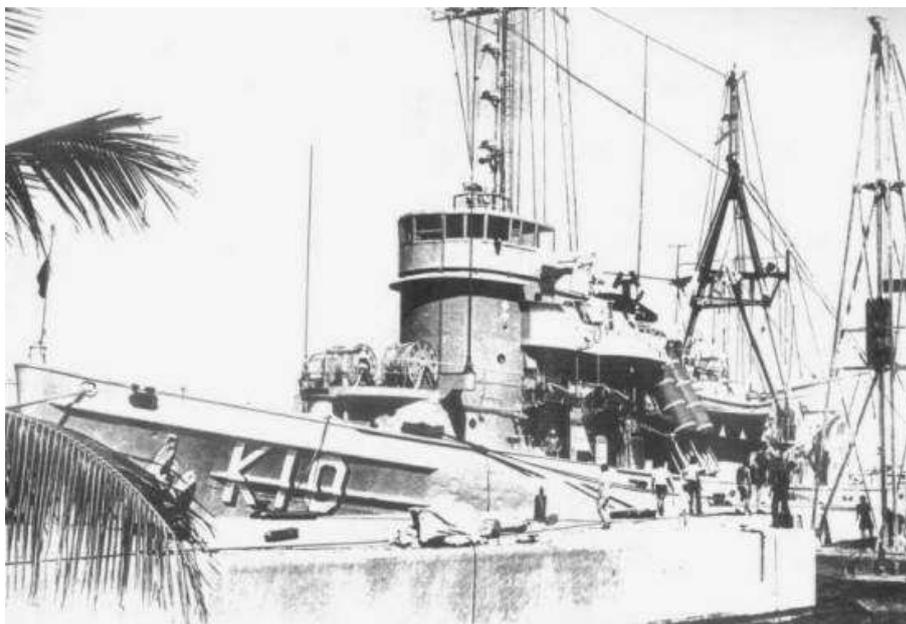
Figura 64 – Treinamento na piscina do CIAMA

Fonte: <<https://www.marinha.mil.br/noticias/ciama-realiza-adestramento-com-submarinistas-da-armada-do-chile>>. Acessado em: 11 ago. 2018.

Figura 65 – Câmara hiperbárica do CIAMA

Fonte: <<https://orbisdefense.blogspot.com/2017/11/a-estrutura-de-resgate-submarinos-da.html>>. Acessado em: 11 ago. 2018.

Figura 66 – Navio de Socorro e Salvamento NSS “Gastão Moutinho”



Fonte: <<http://www.naval.com.br/ngb/G/G016/G016-f03.jpg>>. Acessado em: 11 ago. 2018.

Figura 67 – Navio de Socorro e Salvamento NSS “Felinto Perry” K-11



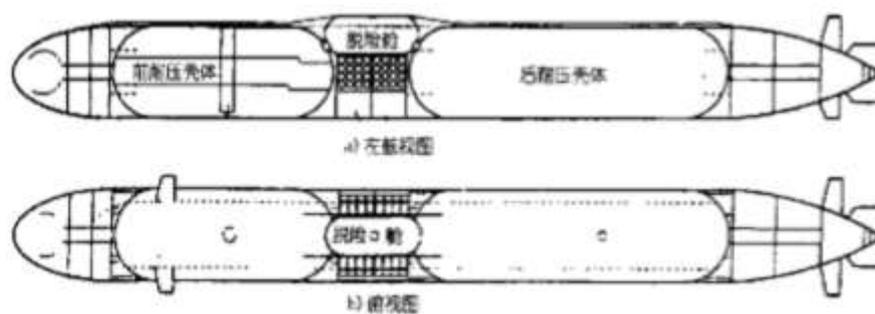
Fonte: <<http://www.naval.com.br/blog/wp-content/uploads/2010/10/smera-k11.jpg>>. Acessado em: 15 ago. 2018.

Figura 68 – Sino de mergulho saturado do NSS “Felinto Perry”



Fonte: <<http://www.naval.com.br/ngb/F/F011/F011-f20.JPG>>. Acessado em: 15 ago. 2018.

Figura 69 – Arranjo do novo conceito de salvamento por cápsula, estudado para uso nos submarinos balísticos americanos da Classe “Colúmbia”



Fonte: WANBO (2018).

ANEXO B – DISTRIBUIÇÃO DE SUBMARINOS EM OPERAÇÕES NO MUNDO NAS DIFERENTES MARINHAS

Quadro 4 - Distribuição de Submarinos em Operação no mundo nas diferentes marinhas

PAIS	Quantidade de SBs
1  North Korea	96
2  China	73
3  United States	60
4  Russia	62
5  Iran	33
6  Japan	17
7  India	16
8  South Korea	16
9  Turkey	12
10  Colombia	11
11  Greece	11
12  United Kingdom	10
13  France	10
14  Algeria	8
15  Italy	8
16  Germany	8
17  Australia	6
18  Israel	6
19  Vietnam	6

Quadro 4 - Distribuição de Submarinos em Operação no mundo nas diferentes marinhas (continuação)

PAIS	Quantidade de SBs
20  Norway	11
21  Egypt	6
22  Sweden	5
23  Brazil	5
24  Peru	5
25  Pakistan	5
26  Canada	4
27  Chile	4
28  Poland	4
29  Netherlands	4
30  Azerbaijan	4
31  Taiwan	4
32  South Africa	3
33  Spain	3
34  Indonesia	3
35  Malaysia	2
36  Portugal	2
37  Argentina	2
38  Venezuela	2
39  Bangladesh	2
40  Ecuador	1
41  Cuba	1

Fonte: GPF – Global Fire Power (2017).

**ANEXO C – MÉDIAS DE ACIDENTES COM SUBMARINOS E
FATALIDADES OCORRIDAS ENTRE SUBMARINISTAS NO PERÍODO
DE 1946 a 2005**

Quadro 5: Médias de acidentes com submarinos e fatalidades ocorridas entre submarinistas no período de 1946 a 2005

Médias de Submarinos acidentados e de Fatalidades entre submarinistas			
Parâmetro	Período	Média	
SUBSUNK	1946 – 1974	0,92	SUBSUNK/500 SB operativos
	1975 – 2005	0,31	
Fatalidades	1946 – 1974	38	Fatalidades/30.000 Submarinistas
	1975 – 2005	12	

Fonte: Tingle, 2009.

ANEXO D – VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS MÉTODOS DE SALVAMENTO SUBMARINO: ESCAPE X RESGATE

Quadro 6 - Vantagens e desvantagens dos métodos de salvamento submarino: Escape x Resgate

	Escape por Flutuação Livre ou Rápida	Resgate
Fator	Efeito	Efeito
Tempo	A fuga pode ser realizada a qualquer tempo	A chegada do DSRV levará um tempo considerável e depende de uma cadeia de eventos
Exposição	A exposição ao gradiente de pressões, a água do mar e as condições climáticas podem reduzir radicalmente a probabilidade de sobrevivência	Sem restrições
Risco de doença descompressiva	Barotrauma pulmonar e dor nas articulações são prováveis e aumentam com a profundidade de escape	Baixo
Meio ambiente no DISSUB	Disponível quando a atmosfera e pressão se tornam insustentáveis	Precisa ser conduzido sob pressão de 1 – 3,3 bar em um DISSUB
Taxa de evacuação	Evacuação mais rápida possível do DISSUB	Evacuação lenta, dependente da capacidade de transporte do DSRV
Profundidade	Testado com sucesso até 180m	Possibilita resgate em profundidades maiores que 300m
Aspecto Psicológico	Os treinos regulares deixam a tripulação confiante com o método, mas a sobrevivência na superfície é incerta	O tempo de espera pelo socorro reduz o moral da tripulação, entretanto a chegada do DSRV traz a certeza de que o salvamento está perto de acontecer
Praticidade	Simple e de fácil realização	Dependente de fatores externos complexos (humanos e materiais)
Autonomia	Sob controle direto do oficial encarregado	Fora do controle do DISSUB
Destreza	Prática adquirida por meio de treinos regulares	Inaptidão, entretanto, nenhum treinamento específico é exigido da tripulação
Condições de mar	Não é afetado pela baixa visibilidade	Correntes fortes e baixa visibilidade dificultam o resgate
Custo	Baixa manutenção	Exige treinamento regular dos operadores do DSRV, manutenção elevada e testes frequentes nos sistemas.

Fonte: WILSON, 1983.

Legenda

Na cor azul - aspectos positivos

Na cor vermelha - aspectos negativos

ANEXO E – Conceito de Projeto com base em Container de Escape aplicado aos SSN da Classe *Trident*

Surfacing Rescue Container Concept Design for Trident Submarines

by

Joshua Jonathan LaPenna

Submitted to the Department of Mechanical Engineering on May 8th, 2009 in partial fulfillment of the requirements for the degree of Naval Engineer and Master of Science in Mechanical Engineering

EXECUTIVE SUMMARY

LCDR Joshua LaPenna, an Engineering Duty Officer enrolled in the Naval Construction and Engineering Program at the Massachusetts Institute of Technology (MIT), critiques the U.S. Navy's submarine Search and Rescue (SAR) strategy, and disputes the SRDRS's (Submarine Rescue Diving and Recompression System) role as the primary means of submarine rescue. Alternatively, a Surfacing Rescue Container (SRC) concept design is proposed with hopes of being considered onboard the next generation nuclear ballistic missile submarine (SSBN). Submarine "escape capsules", like the SRC, have been employed in several submarine designs over the last four decades; however, the United States has never adopted the underlying strategy. In the light of recent U.S. submarine collisions, this paper reexamines their use.

A comparative analysis of rescue capabilities and relevant historical data is used to make a case for rescue strategies employing SRCs as the cornerstone of submarine SAR. This analysis claims that group assisted rescue methods, such as the SRDRS and Submarine Rescue Chamber, are too slow to be used as a primary means of rescue. By implementing SRCs onboard U.S. submarines, Time-To-First-Rescue (TTFR) can be significantly reduced (SRDRS: 36+ hours, SRC: 1+ hours). The LaPenna Surfacing Rescue Container (LSRC) concept incorporates many of the lessons learned from the ill-fated Russian submarine KURSK, and introduces the idea of modularity as it applies to rescue systems of this kind. The LSRC will use a modified Trident II D-5 missile tube as its host, and can be used to bring 70 survivors to the surface in the event a submarine is disabled. Once on the surface, the capsule serves as both a life raft and decompression chamber until help arrives. The LSRC

shares the same dimensions as a D-5 missile, displaces 43 long-tons and has a positive submerged buoyancy of 3,516 lbm. To fully implement this concept as the U.S. Navy's primary means of rescue, 145 capsules are required to outfit a submarine fleet of 71 boats.

As part of the structural analysis, a scantling optimization routine was written to optimize the LSRC's pressure hull with respect to weight. This program was used to test millions of scantling arrangements based on classical shell failure formulations and elastic buckling equations. The optimal designs were then compared with results obtained using the UK MoD optimization algorithm (MNSTRL) and a FEA was performed. Once the structure was modeled, various imperfections were introduced to assess the structure's resistance to out-of-fairness (OOF). The results were then compared to those obtained by the Naval Sea Systems Command office of Survivability and Structural Integrity (NAVSEA 05P). The final pressure hull design has two compartments and is uniformly stiffened by small T-frames. The pressure hull is rated for operations as deep as 1,666 feet and has a collapse depth in excess of 2,500 feet. Although the pressure hull was designed to fail by axisymmetric shell yield, results suggest that the pressure hull is susceptible to multi-wave failure modes. Thus, additional analysis will be necessary should the concept be developed further. Mass distribution calculations indicate that the LSRC will exhibit poor stability characteristics due to small values of BG (31.6 inches). Having a freeboard of only 1.8 feet, there is little room for additional ballast. For this reason, reductions in load will be necessary to improve BG. These calculations include a weight margin of 10%, evenly applied to all weight groups. Although a detailed cost analysis was not performed, a comparative analysis with the SRDRS program requires that each LSRC be produced at a cost no greater than \$1.2M. This figure assumes that missile tube modifications and support systems can be rolled into new ship construction costs. In conclusion, the LSRC is an example of what could be done to improve the U.S. Navy's submarine SAR program. Contrary to this thesis's title, the LSRC concept should not be interpreted as a niche solution, applicable only to Trident submarines. Rather, it is the concept of a modular SRC which is housed in a pressure tight chamber (i.e. tube) that can be placed anywhere on a submarine.

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

As previously discussed, the SRDRS is not in competition with the SRC concept. Rather, both systems, as well as individual escape techniques, should be used in a single strategy, each complementing the other. However, because the group-assisted rescue strategy has become the dominant rationale within the U.S. Navy, the SRDRS program will be used for purposes of comparison. Because both systems were developed to address the same problem, it is worthwhile to compare their overall effectiveness in relation to each other. To begin, a comparative list of advantages and disadvantages for each are listed in Table 1.

SRC ADVANTAGES	SRDRS ADVANTAGES
<ul style="list-style-type: none"> • SUBSUNK notification not necessary • DISSUB localization does not apply • SRV deployment does not apply • AUWS not required • Hatch mating not required • SRC acts as a dry lifeboat on surface • Reduced chance of decompression obligation • TUP not required (decompress inside SRC) • Improved TTFR • Requires 1 person to deploy • Simplicity of concept (low probability of delay or failure) • Cost ? 	<ul style="list-style-type: none"> • Rescue systems are maintained off submarine • Can be used to assist foreign governments • SDS provides more room for treatment of survivors
SRC DISADVANTAGES	SRDRS DISADVANTAGES
<ul style="list-style-type: none"> • SRC is subject to damage (i.e. same as submarine) • One or more is required on <i>each</i> submarine • Weight and space burden • Increased ship cost (SCN) • Cannot be used to assist foreign governments 	<ul style="list-style-type: none"> • Requires SUBSUNK notification* • Requires DISSUB localization* • Requires deployment to DISSUB* • Requires multiple rescue sorties* • Requires TUP for decompression* • Requires hundreds of people to deploy* • Response subject to VOO and aircraft transport availability* • Requires hatch mating • TTFR > 3 days • Complexity of concept (high probability of delay or failure) • Inoperable in high sea states • Cost?

Table 1. SRC and SRDRS advantages and disadvantages

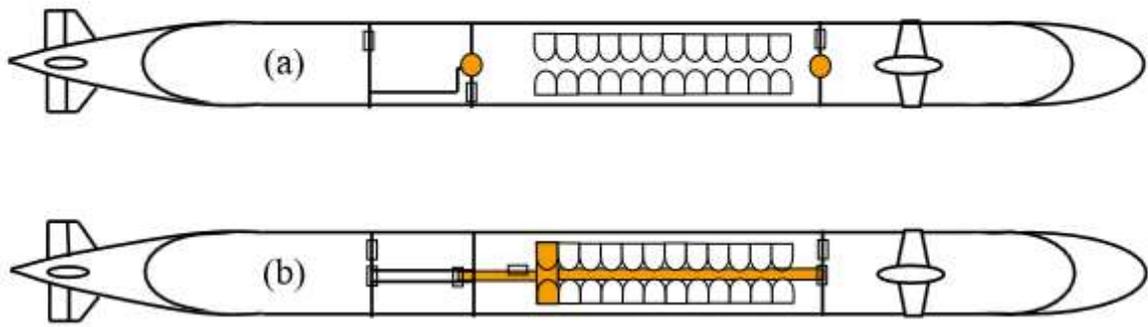
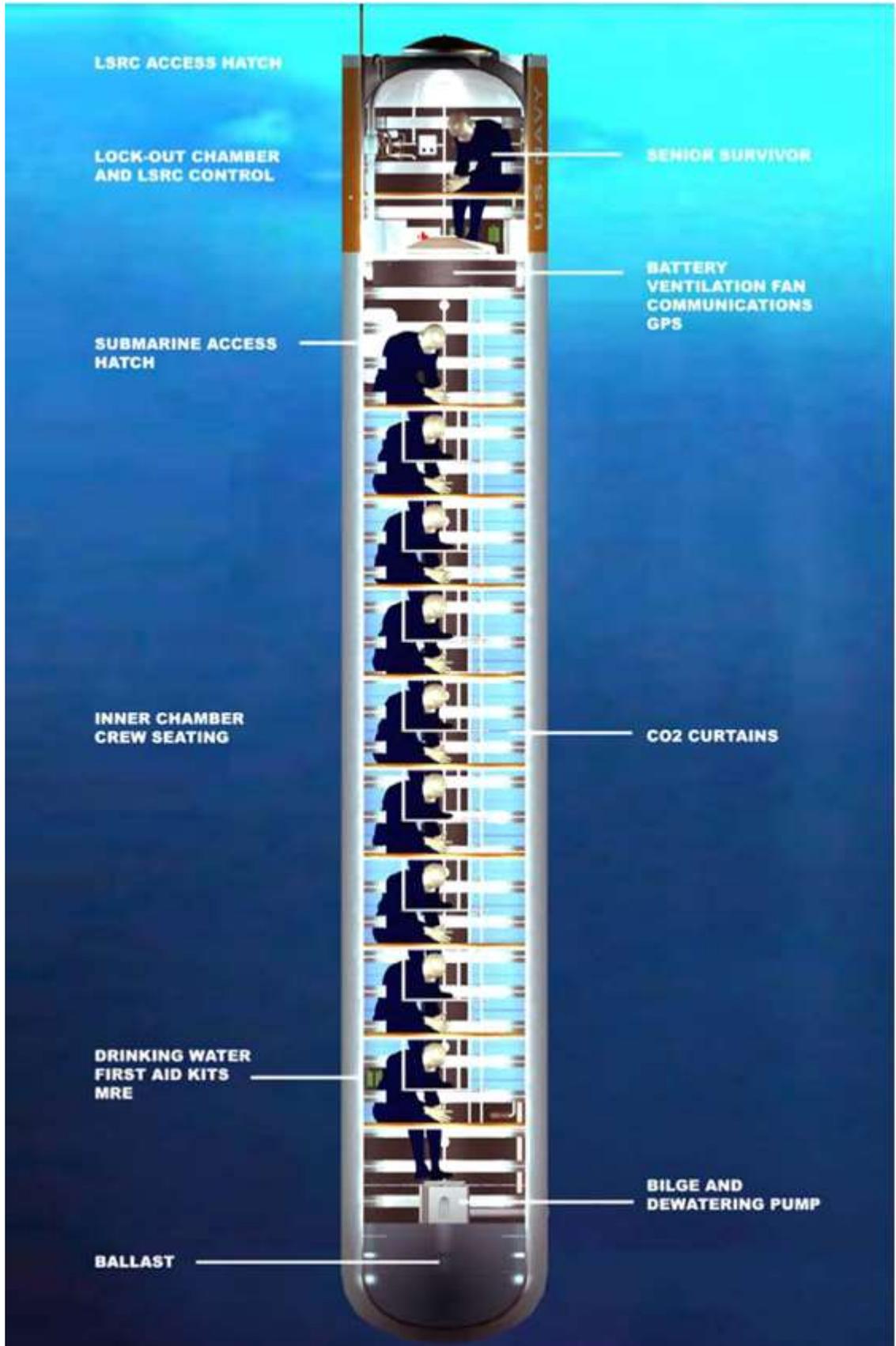


Figure LSRC accessibility arrangements. (a) MMTs at bulkheads, (b) MMTs with access tunnel



ANEXO F – Proposta de Arranjo Geral para o submarino sueco “Porpoise” de 1000 toneladas desenvolvida por Fredrick Granholm

Porpoise 1000

Sun 14 May 2017

By [HI Sutton](#)

Thank you to [Fredrik Granholm](#)



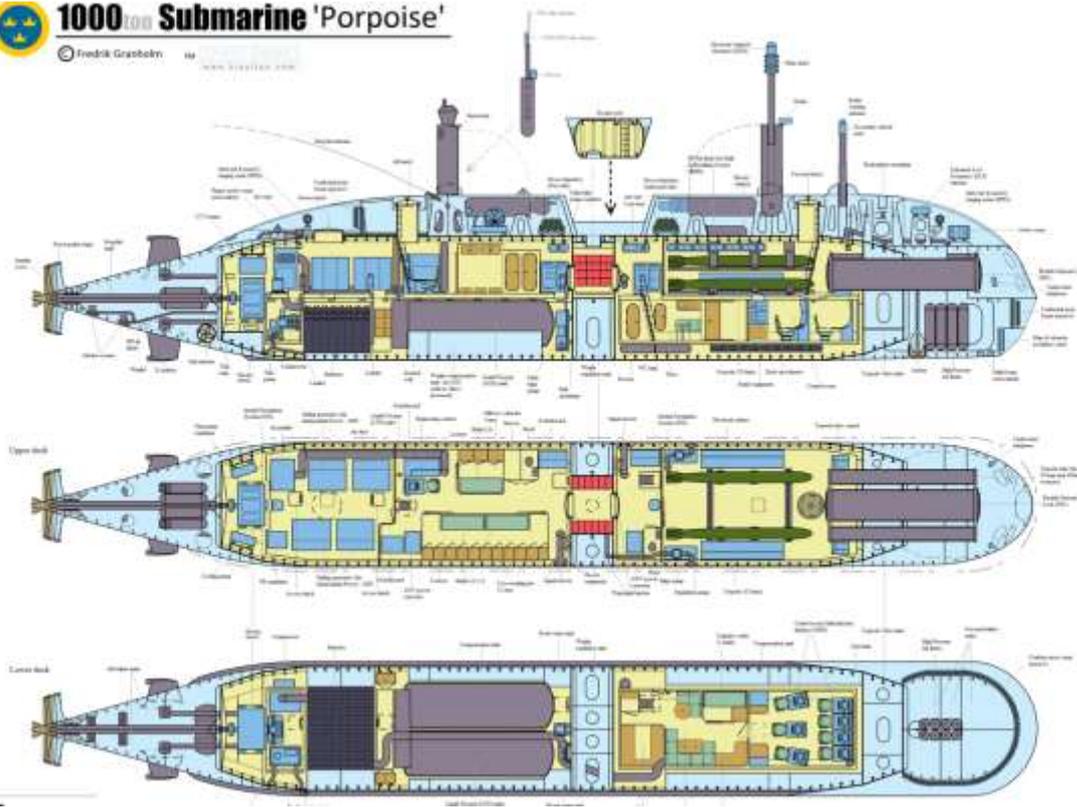
Porpoise 1,000 ton Submarine Concept

COVERT SHORES
www.hisutton.com



1000 Submarine 'Porpoise'

© Fredrik Granholm

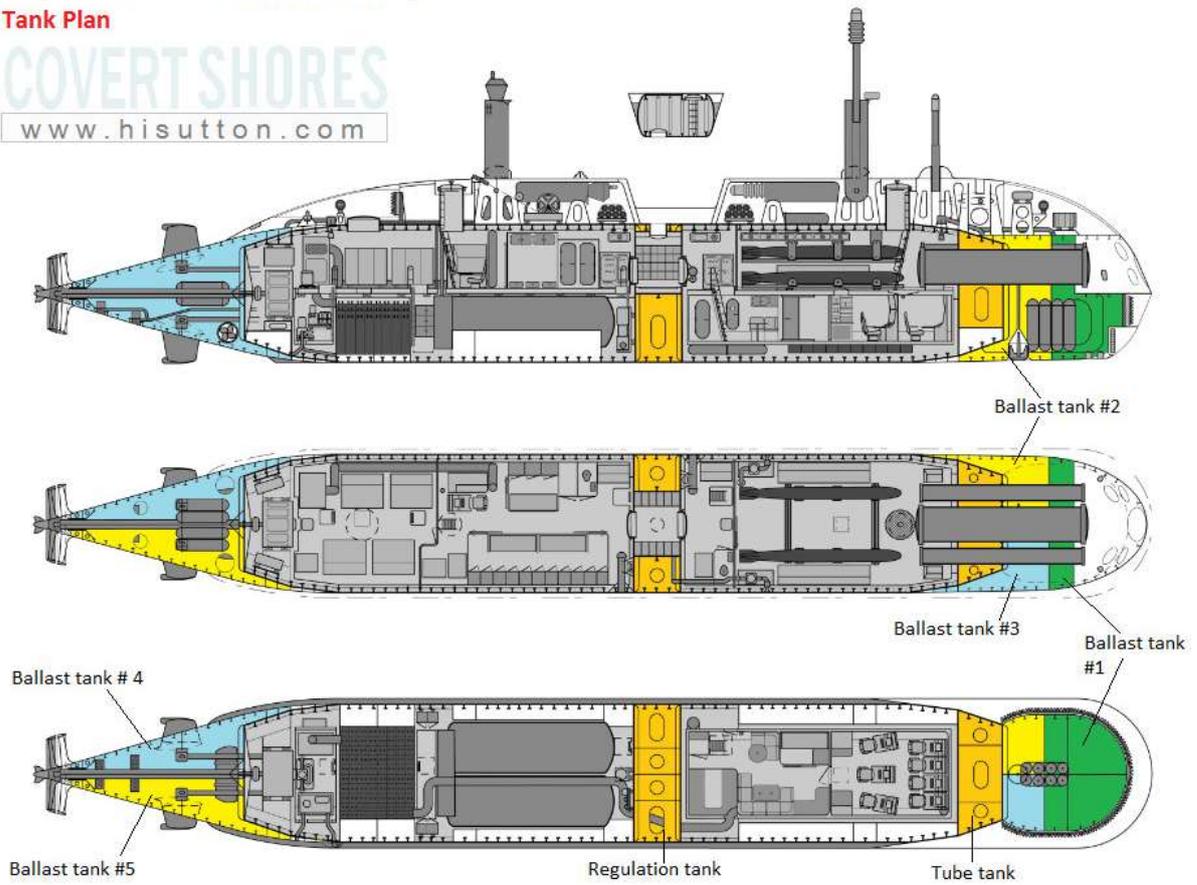


Porpoise 1000 ton submarine concept

© Fredrik Granholm

Tank Plan

COVERT SHORES
www.hisutton.com



PORPOISE 1000 compared

COVERT SHORES
www.hisutton.com

Gotland Class



1,600 tons
60 meters

Spiggen-II Class



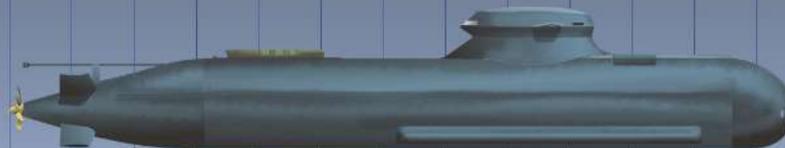
14 tons
11 meters

PORPOISE 1000
CONCEPT



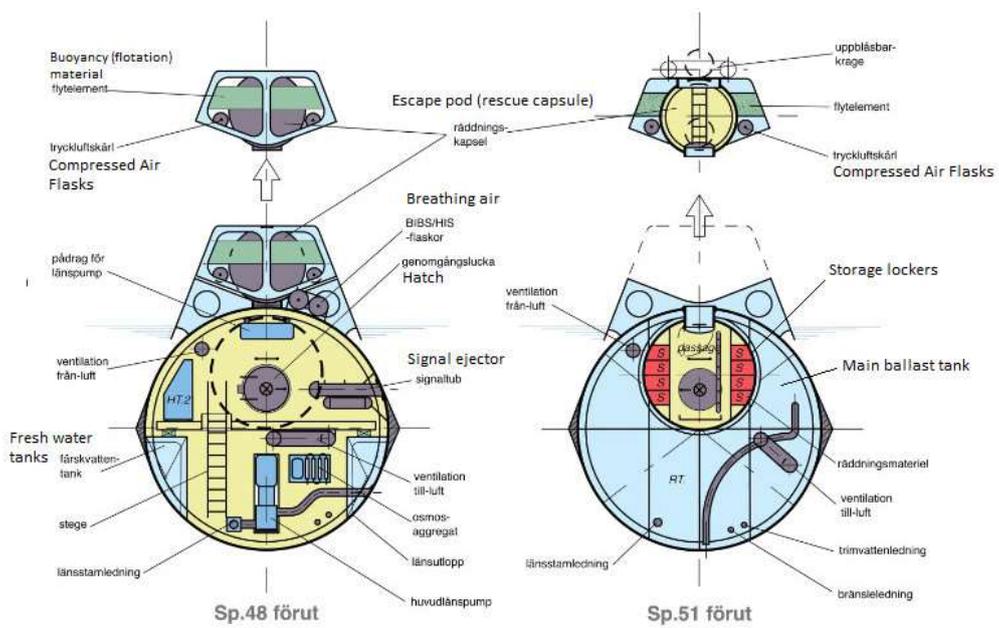
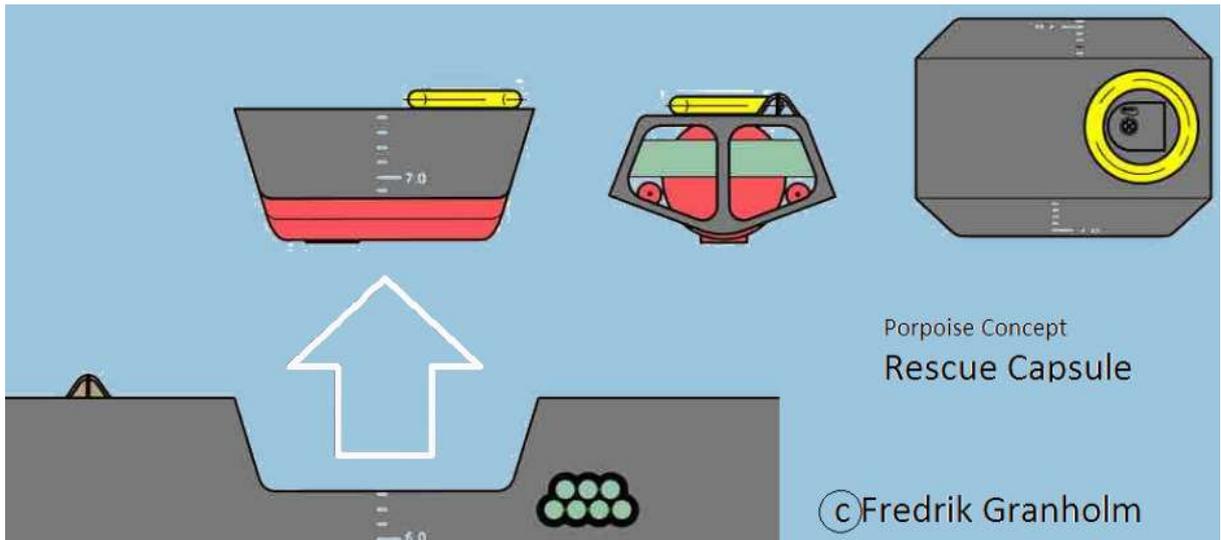
1,000 tons
48 meters

A26 Class

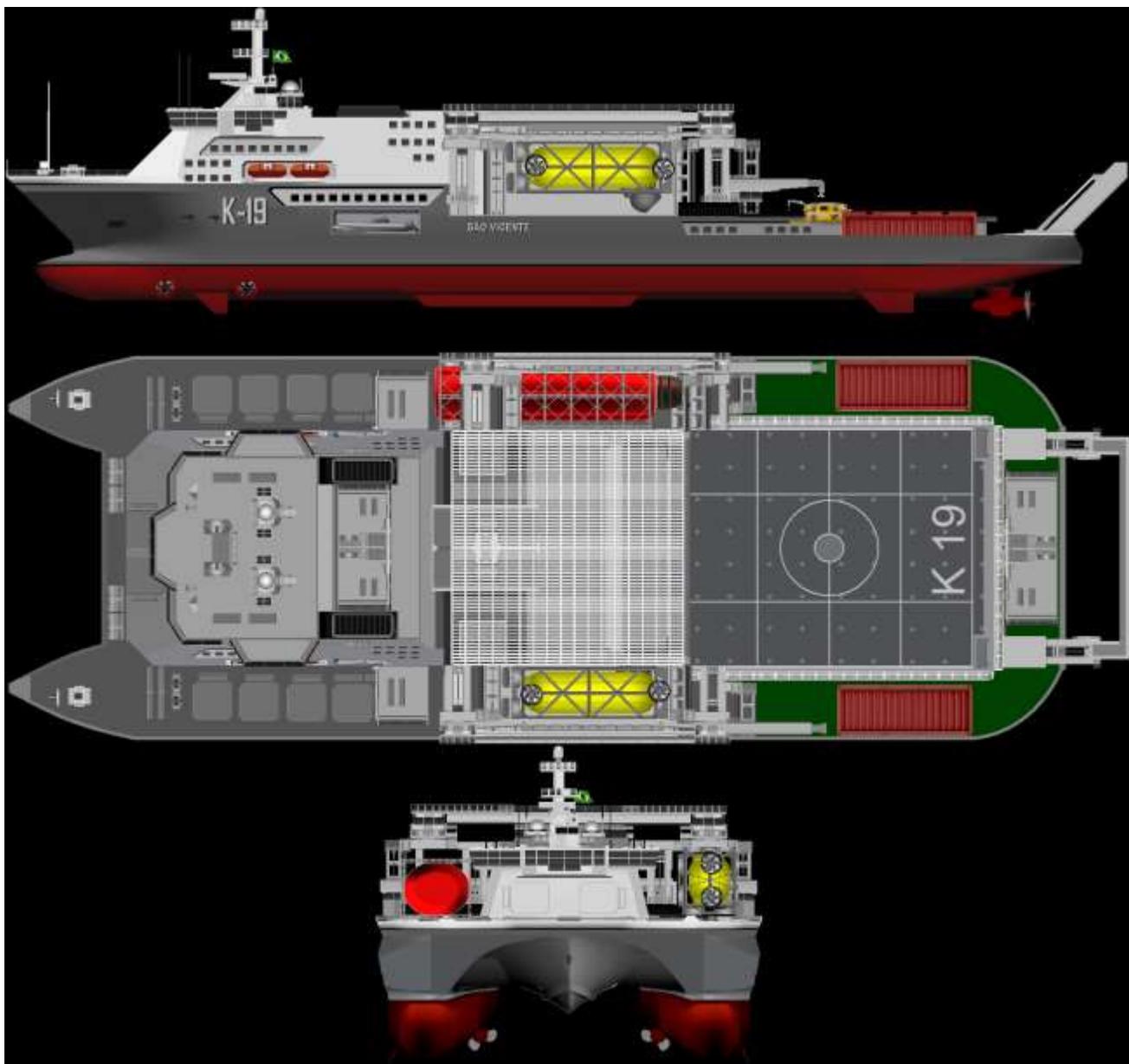


1,900 tons
63 meters

COVERT SHORES
www.hisutton.com



ANEXO G – Proposição de Projeto para um Navio de Socorro e Salvamento de alta performance (Projeto ORPHEU)



Concepção artística do Navio de Socorro e Salvamento idealizado para o projeto ORPHEU

ANEXO H – Quadro Comparativo entre os Sistemas de Salvamento SRV e SRC adotados por diversas Marinhas



A Busca e Salvamento de submarinos em Portugal: desafios e constrangimentos

Tabela de comparação dos SRV/SRC

	UK/FR/NO	Europa			Mar Negro/MED E			América			Indico						
		Italia		Suécia	Turquia	Russia		USA		Brasil	Australia	Coreia do Sul	China	Japão	Singapura	India	
		NSRS	SRV300	McCann bell	URF	McCann bell	Priz	SRC	PRM FALCON	McCann bell	Sino de resgate	LR5	LR5	DSAR7	DSRV	DSAR6	GK-59 Bell
1	Qual o tempo de chegada ao local do veículo, Time To First Rescue (TTFR)?																
	Profundidade máxima de operação (metros)	610	300	120	450	183	900	120*	600	26	300	400	400	200	-	500	200
2	Profundidade mínima de operação (metros)	40	15	15	20	-	-	-	30	0	-	15	15	-	-	-	30
	Estado do mar (Sea State)	6 (5m)	3 (1,25m)	3 (1,25m)	4	5	-	-	4	3	-	5	5	-	-	5	3
	Corrente (nós)	2,5	2	2	2,5	2,5	-	-	N/A	2,8	-	1,5	1,5	-	-	2	3
3	Qual a inclinação máxima de operação (banda - caimento)	60º	45º	8º - 10º	45º - 30º	30º	-	10º*	45º	30º	-	45º	45º	-	-	60º	30º
4	Intervalo de pressão em que trabalha (bar)	6 bar	-	-	6 bar	-	-	-	5 bar	-	-	5 bar	5 bar	-	-	-	-
	Sistema com TUP	sim	não	não	sim	não	não	sim	não	não	não	sim	sim	-	-	sim	sim
	Pode viajar de avião	sim	não	não	sim	não	sim	não	sim	sim	não	sim	sim	não	-	não	não
5	Necessidades especiais de movimentação no porto	30 ton	-	-	52 ton	-	56 ton	-	21 ton	não	-	23 ton	23 ton	-	-	-	-
	Pode ser rebocado	não	não	não	sim	não	não	não	não	não	não	não	não	-	não	não	não

Fonte: PINTO (2016)



A Busca e Salvamento de submarinos em Portugal: desafios e constrangimentos

	UK/FR/NO	Europa			Mar Negro/MED E			América			Indico					
		Italia		Suécia	Turquia	Russia		USA		Brasil	Australia	Coreia do Sul	China	Japão	Singapura	India
		NSRS	SRV300	McCann bell	URF	McCann bell	Priz	SRC	PRM FALCON	McCann bell	Sino de resgate	LR5	LR5	DSAR7	DSRV	DSAR6
6	A disponibilidade de um navio para exercer as funções de Navio-mãe.															
7	Trabalha com VOO ou navio dedicado	VOO	ITS ANTED	H5WMS Belos	VOO	VOO	RFN EPRON	VOO	VOO	K11 FELINTO PERRY	VOO	CHUNG HAE JIN	DAJIANG	CHIHAYA	M/V SWIFT	INS NIREEKSHAK
8	Existe conhecimento das condições da guarnição acidentada em termos sanitários e de habitabilidade?															
9	Interoperabilidade dos procedimentos do sistema com os procedimentos NATO	sim	sim	sim	não	sim	não	não	sim	sim	não	não	não	não	não	não
10	Já ter sido testado com os nossos submarinos?	sim	não	não	não	não	não	sim	sim	não	não	não	não	não	não	não
11	Quantidade de pessoas que salva do DISSUB	15	12	-	35	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-

*- valores sem confirmação oficial.

Fonte: PINTO, 2016.