



O Periscópio



ANO LXXIII - Nº 73 - 2022



**Um mergulho
em um ambiente
mais profundo:
a guerra no fundo
do mar**

Pág. 8

**Como tornar a Força
de Submarinos o braço
direito do Sistema de
Gerenciamento da
Amazônia Azul (SisGAAz)**

Pág. 34

**O fantasma
de Marmara**

Pág. 80

Crédito Imobiliário Digital

Sua casa própria com as melhores condições

Consulte as normas e condições vigentes.
*Material de construção somente para militares das Forças Armadas e conveniados.

Juros baixos para aquisição de imóvel, terreno e material de construção*.

Diferenciais:

Teto IPCA – limite de 6,5% a.a. para a inflação.

Garante30 – possibilidade de alterar, em até 30 meses, a forma de atualização do contrato.

Idade limite – 85 anos.





Caro Leitor,

Na esteira de relevantes acontecimentos mundiais, testemunhamos o mundo sofrendo mudanças profundas. Ao começarmos a deixar pela popa a pandemia do coronavírus, apesar das irreversíveis mudanças de comportamento e perspectivas, novos desafios geopolíticos surgem no horizonte, de forma consistente e dinâmica. Com estes, surge um importante convite à análise e reflexão, que atinge todos os segmentos da sociedade e com maior força aqueles vocacionados para a Segurança e Defesa Nacional.

Neste mar revolto, o ano de 2022 encontra a Força de Submarinos em franco processo de modernização, jamais esquecendo de suas tradições e história centenária, permanecendo firmemente aprofundada ao futuro, com forte regime de máquinas propelindo-a à modernização de seus meios e a consequente necessidade de estudos visando o desenvolvimento de procedimentos e metodologias e evolução na capacitação de pessoal.

Nesse espírito, a Força de Submarinos traz sua edição anual da revista “O Periscópio”, já consagrada como uma fonte de discussões densas e técnicas sobre temas navais abaixo d’água, que tradicionalmente tem abordado desde o que é mais tangível, como tecnologia, equipamentos, procedimentos e estudos de caso, até os domínios mais subjetivos da psicologia e da liderança.

Na atual edição, mantém-se esta consistência ao abordar-se desde o grave movimento geopolítico russo, ora em curso, sobre o qual o leitor encontra uma análise do envolvimento de submarinos no cenário, até ameaças disruptivas como a pirataria no Golfo da Guiné, aprofundando-se em como as Operações Especiais são aplicadas e administram seu preparo mental para a ação. Passando pela área de tecnologia de propulsão de submarinos, a edição permite que se examine o estado da arte da geração de energia em sistemas convencionais, bem como o entendimento da importância da tecnologia nuclear para a nossa Força de Submarinos. Além disso, voltando-se para a aplicação estratégica de nossos meios, discute como melhor integrá-los ao Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz), e logisticamente aborda a importância do Serviço de Saúde na estrutura de suporte para evolução da Força em seu atual momento de transformação – e muito mais.

A revista propõe uma varredura de horizonte sobre os desdobramentos correntes, direta ou indiretamente relevantes para a atividade submarina em suas múltiplas modalidades, incitando pensamento prospectivo e fomentando debates. Assim sendo, convido o leitor a uma nova imersão em suas páginas.

USQUE AD SUB ACQUAM NAUTA SUM

André Martins de Carvalho

Contra-Almirante

Comandante da Força de Submarinos



Caro leitor, é com grande satisfação e orgulho que apresentamos a edição nº 73 da Revista “O Periscópio” com as atividades da Força de Submarinos.

O Centro de Instrução e Adestramento Almirante Áttila Monteiro Aché (CIAMA) é responsável pela produção da revista desde sua primeira edição em 1962. Nosso objetivo é divulgar as atividades desenvolvidas no ano anterior pelo Comando da Força de Submarinos nas áreas de Submarino, Mergulho, Mergulho de Combate, Medicina Submarina e Psicologia de Submarino e disseminar os conhecimentos obtidos em intercâmbios, cursos e estágios no exterior pelos militares.

Este periódico é registrado na Biblioteca Nacional sob o número de ISSN 1806-5643, com periodicidade anual, gratuita e nos formatos impresso e digital. Os anos anteriores também estão disponíveis em meio digital na página do CIAMA.

Aproveitamos a oportunidade para agradecer aos colaboradores e autores que dedicaram o seu tempo para tornar esta edição possível. Esperamos manter esta parceria nos próximos anos!

Se você deseja ser um autor da revista divulgando uma experiência ou descoberta sobre as atividades de Submarino, Mergulho, Mergulho de Combate, Medicina Submarina, Psicologia de Submarino ou outro tema de caráter científico-militar, envie seu artigo e fotos para adriana.carvalho@marinha.mil.br. Seu trabalho será analisado pelo Conselho Editorial e, ao ser aprovado, estará na próxima edição.

O regulamento do concurso é divulgado em Boletim de Ordens e Notícias – Especial da Diretoria de Comunicações e Tecnologia da Informação da Marinha, e consiste basicamente nas seguintes regras:

- O trabalho deverá ser original;
- O autor deverá encaminhar o trabalho com o seu nome, posto/graduação, OM em que serve e contatos de e-mail e telefônicos;

- Os trabalhos deverão ser enviados eletronicamente, utilizando processador de texto “Writer”, configurados em folha tipo A4, em espaçamento simples, fonte “Times New Roman”, tamanho 12, e com o máximo de seis (6) páginas de texto (contadas ainda sem imagens);
- Os artigos deverão ter imagens que ilustrem e enriqueçam os assuntos, anexadas ou inseridas no próprio texto. Contudo, é importante ressaltar que as fotos deverão vir em arquivos separados na resolução abaixo indicada, evitando, assim, problemas durante a diagramação;
- As fotos, gráficos ou ilustrações deverão ter a resolução mínima de 300 dpi ou 3 MB em formato “JPG” ou “TIFF”, a fim de permitirem a sua publicação;
- A inclusão do trabalho na revista implica na cessão ao CIAMA e, conseqüentemente à Marinha do Brasil, de todos os direitos de utilização dos textos e imagens enviados, para divulgação das atividades da instituição, inclusive em sítios da Internet; e
- Poderão enviar artigos os militares da MB e de outras Forças, da ativa e veteranos, oficiais de Marinhas amigas e de Forças Armadas estrangeiras, além de funcionários civis da MB e leitores da sociedade civil.

Contato no expediente da revista: adriana.carvalho@marinha.mil.br

USQUE AD SUB ACQUAM NAUTA SUM!

Adriana Carvalho dos Santos

Primeiro-Tenente (RM2-T)

Editora-chefe

P446 O Periscópio.
ano 73, n.73, 1986 –
Niterói: Comando da Força de Submarinos, 1986 -
v.: il.. - Anual.
ISSN 1806-5643
Editada pelo Centro de Instrução e Adestramento Áttila
Monteiro Aché.

1. Marinha. 2. Submarino. 3. Mergulho. 4. Operações especiais. 5.
Medicina submarina. 6. Psicologia de submarino. I. Título. II. Brasil.
Comando da Força de Submarinos. III. Centro de Instrução e
Adestramento Almirante Áttila Monteiro Aché.

623.8257

Elaborado por Adriana Carvalho dos Santos, CRB-7 nº6114.



SUMÁRIO

ARTIGO PREMIADO

Um mergulho em um ambiente mais profundo:
a guerra no fundo do mar8
CF Mauricio Câmara Teixeira

OPERATIVO

Submarinos russos no conflito ucraniano: uma análise.....16
CT Tullio Mozart P. de C. Araujo

Estimativa do estado do mar por interações passivas
com o ruído ambiente geradas pelo vento.....18
CC Diogo de Souza Taranto

O medo como um instinto de “autopreservação”24
CC Paulo Ricardo Rodrigues dos Santos

Baterias de lítio: a nova realidade dos submarinos.....30
1T Diego Fernandes Gonçalves

Como tornar a Força de Submarinos o braço direito do
Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz)34
1T Rodrigo de Souza Sgarbi

Componentes básicos da propulsão
Closed-Cycle Diesel (CCD), de origem alemã.....38
1T Pedro Victor Lóres Rocha e 1T Acácio de Almeida Teixeira dos Santos

Duas vezes Algeciras: sangue italiano no mergulho
de combate contra a Royal Navy.....46
CT (FN) Bruno Henrique Manfrim Cruz

CIÊNCIA E TECNOLOGIA

As vantagens da propulsão nuclear para a Força
de Submarinos do Brasil: o exemplo da França54
CF Stéphane Boubeker

Uso do efeito lloyd mirror na detecção do
ruído irradiado em águas rasas60
CC Bruno Nunes Mendes

Uma proposta de desenvolvimento de um periscópio
de realidade estendida66
CT André Ribeiro Breitinger e
CC (RM3-T) Leandro Aparecido Simal Moreira

Tecnologias subaquáticas aplicadas na economicidade
de recursos na Marinha do Brasil72
CT Fábio Lima da Cruz

ARTIGOS DIVERSOS

A crise dos mísseis de 62 e os submarinos classe Foxtrot soviéticos.....76
CT Diego de Oliveira Bizarro

O fantasma de Mármara80
CT Bruno Avelino Vasconcelos e
CT (RM2-T) Antonia Clécia Teixeira da Silva Reis

O desenvolvimento do apoio em saúde no
Complexo Naval de Itaguaí, missão e desafio86
CC (MD) Thiago Lopes da Rocha Reis

PERISCOPADAS

Atividades do Comando da Força de Submarinos 202292

VERSÃO ELETRÔNICA

https://www.marinha.mil.br/ciama/sites/files/upload/periscopio_2022.pdf

As opiniões, os fatos e as fotografias/imagens descritos nos artigos são de inteira responsabilidade de seus autores e podem não coincidir com a opinião do Comando da Força de Submarinos.

DISTRIBUIÇÃO GRATUITA



Nossa Capa:

Submarino Tikuna nos Estados
Unidos da América.

Mostra de Armamento na Reincorporação
à Armada ao Aviso de Apoio Costeiro
“Almirante Hess”.

ANDRÉ MARTINS DE CARVALHO

Contra-Almirante
Comandante da Força de Submarinos

ANDRÉ MORAES BARROS

Capitão de Mar e Guerra
Comandante do CIAMA

COORDENAÇÃO

ADRIANA CARVALHO DOS SANTOS

Primeiro-Tenente (RM2-T)

COLABORAÇÃO

Capitão de Mar e Guerra Alexandre Nonato Nogueira
Capitão de Fragata André Teixeira Borges
Capitão de Fragata André Luís Candido Coelho
Capitão de Corveta Thiago Maciel Paulino Santos
Capitão-Tenente (1M) Thais Ayres Príncipe Oliveira
Primeiro-Tenente (RM2-T) Mariana Castro da Cunha
Primeiro-Tenente Alesson Vieira da Silva Amorim
Primeiro-Tenente (RM2-T) Ana Paula Rodrigues Perlamagna
Primeiro-Tenente (RM2-T) Liliane dos Santos Trindade Dettogni
Primeiro-Sargento PL Diego Santos Ferreira
Segundo-Sargento MG Rodrigo da Silva Leal
Terceiro-Sargento MA Eric Fontenelles da Silva
Terceiro-Sargento AD Roberta Larissa R. de O. Arnaldo

REVISÃO ORTOGRÁFICA E GRAMATICAL

AR Textos

DIAGRAMAÇÃO

Acará Estúdio Gráfico | www.acara.com.br

IMPRESSÃO

Gráfica FIRJAN

UM MERGULHO EM UM AMBIENTE MAIS PROFUNDO: A GUERRA NO FUNDO DO MAR



Capitão de Fragata Mauricio Câmara Teixeira

O conceito de *Seabed Warfare*, que poderia ser traduzido como a “guerra no fundo do mar”, ou “guerra das plataformas continentais” vem sendo cada vez mais explorado e ampliado em discussões em *think tanks* e fóruns internacionais. É comum a percepção de que seu grande desafio é abranger e agrupar atividades militares e de emprego dual em um ambiente que vem ganhando importância gradualmente e apresentou um ápice por ocasião do recente lançamento da estratégia francesa de fundos marinhos em meio às tensões entre Rússia e Ucrânia.

Com o propósito de compreender se o Brasil possuiria elementos que justificariam esforços nesse campo de atuação, esse artigo procura expor o movimento de outras potências militares sobre o assunto, analisando Estados Unidos, Rússia e França. A análise permite verificar a complexidade e as diferentes abordagens das interações militares nesse cenário, indicando ao mesmo momento competição e vulnerabilidades estratégicas nesse ambiente que exigiriam a presença do Estado Brasileiro defendendo seus interesses em águas profundas.

As atividades militares no fundo do mar iniciaram no início do século XX, quando foram identificados como vulnerabilidade os cabos de telegrafia que passavam pelos mares e oceanos e cuja interceptação ou sabotagem poderia gerar grande vantagem militar e interferir diretamente na estrutura de Comando e Controle do oponente. Em 1914, ocorreu um dos primeiros eventos registrados, quando o Reino Unido cortou os cabos submarinos que ligavam o Império Alemão ao resto do mundo, assim como o fez o Império Alemão com seu oponente. A ação exigiu que fossem utilizadas emissões eletromagnéticas para a comunicação, que aumentou a vulnerabilidade de dados, facilitando sua interceptação.

Mais tarde, durante a Guerra Fria, mais precisamente nos anos 1970, os Estados Unidos empregaram o USS

Halibut na operação conhecida como *Ivy Bells*. O objetivo era obter dados da então União Soviética, grampeando cabos submarinos na região de *Kamchatka*, em sua costa leste, a cerca de 120 metros de profundidade. A operação foi conduzida com sucesso, e continuada por anos, tendo a participação de outros submarinos que foram adaptados para uma maior eficácia na missão. Entre eles destaca-se o *USS Parche*, um submarino de propulsão nuclear que teria recebido esquis para pouso no fundo e uma seção extra que contribuiria para a atividade de mergulhadores. A operação prosseguiu até a sua descoberta pelos soviéticos, facilitada por um informante estadunidense, resultando na retirada do dispositivo de grampo de dados e no estabelecimento de patrulha antissubmarino na região (BROAD, 1998).

A operação expõe a necessidade de investimento em tecnologia, planejamento e sigilo das informações cujo sucesso resulta na obtenção de dados estratégicos capazes de facilitar o processo decisório de alto nível durante períodos de crise.

Desde essa época, com o objetivo de se contrapor a submarinos soviéticos nas proximidades de sua costa, os



Figura 1: USS Parche e suas modificações.

Fonte: *hisutton*, disponível em: http://www.hisutton.com/USS_Parche.html. Acesso em: 4 abr. 2022.

Estados Unidos também operavam sistemas como o *Sound Surveillance System* (SOSUS). O sistema era composto por sensores acústicos posicionados no fundo marinho em conjunto com outros rebocados (WHITMAN, 2005). Mais tarde, o sistema contemplaria uma capacidade e abrangência ainda maior com desenvolvimento de escuta em baixas frequências. O resultado foi observado no esforço da União Soviética em produzir submarinos cada vez mais silenciosos.

Nesse processo é possível constatar que o conhecimento e a exploração do leito marinho para o posicionamento desses sensores resultou em um grande impacto contra a capacidade submarina de seu oponente, que foi forçada a alterar sua área de atuação e a desenvolver novas tecnologias.

Em 2008, o Grupo de Estudos Estratégicos do Comando de Operações Navais estadunidense indicava a necessidade de a Marinha assumir a liderança em desenvolver a defesa do fundo marinho nacional. Expunha a criticalidade e relação do ciberespaço, domínio em crescimento, com a infraestrutura marinha, em virtude da vulnerabilidade dos cabos submarinos, demonstrando a necessidade de estender a consciência situacional marítima para o fundo do oceano, a partir da costa estadunidense até as plataformas continentais seguintes e mais além. A incorporação desse ambiente também possibilitaria estar pronto para o momento em que a exploração comercial dos fundos marinhos, incluindo o ártico, se tornaria financeiramente e tecnologicamente acessível, momento esse que tornaria a defesa do fundo do mar uma necessidade nacional (GLENNEY, 2019b).

Entretanto, cerca de dez anos depois, em 2019, o Diretor de Guerra Submarina da Marinha estadunidense, Contra-Almirante Thomas Ishee indicou que gostaria de visualizar mais progressos da Força de Submarinos em *Seabed Warfare* (ECKSTEIN, 2019), assim como em sensores no fundo do mar, levando a entender que os avanços realizados até esse ano ainda não teriam sido plenamente satisfatórios.

Gleney (2019a) aponta nesse mesmo ano que a Marinha estadunidense criou uma visão sobre a guerra no mar que subjuga o fundo do oceano, considerando que o domínio de até 3 mil pés abaixo da superfície seria suficiente para dominar todo o ambiente marítimo, do fundo do oceano à superfície, considerando que a infraestrutura marinha se encontraria segura e protegida, uma vez que a cota superior estaria controlada.

Entretanto, a infraestrutura submarina se encontra em plena expansão. Fazem parte dela, equipamentos e redes de exploração e transporte de hidrocarbonetos, sistemas de comunicação, geração de energia, assim como sensores acústicos e não acústicos, que multiplicam-se no leito marinho. Grande parte dela é financiada por grandes empresas, com fins civis, mas de grande valor estratégico para o Estado, o que pode indicar uma tendência de regulação do uso do fundo marinho pelos Governos.

Para o analista de defesa Bryan Clark uma abordagem militar necessita ser realizada dentro desse contexto a fim de evitar interferências no emprego de meios militares com as infraestruturas instaladas, proteger infraestrutura de interesse e explorar oportunidades de neutralizar infraestrutura inimiga durante um conflito (CLARK, 2015). Essa visão permite compreender a necessidade de estabelecer uma estratégia com planos de ação bem definidos de forma a integrar as capacidades militar e civil desenvolvidas pelo Estado enfrentando o desafio da dualidade.

De um diferente ponto de vista de desenvolvimento, ao longo de muitos anos, a Marinha Russa desenvolveu, de forma sigilosa, capacidades no sentido de explorar o fundo do oceano por meio de navios e submarinos adaptados. Mas foi em julho de 2019, que um incêndio a bordo desses meios, o AS-31 *Losharik*, que deixou 14 mortos, chamou a atenção para esse tipo de operação (BBC, 2019), uma vez possibilitou a obtenção de dados relevantes sobre a atividade desempenhada expostos pela mídia daquele país.

O *Losharik* é um submarino de propulsão nuclear supostamente composto por um casco resistente de titânio

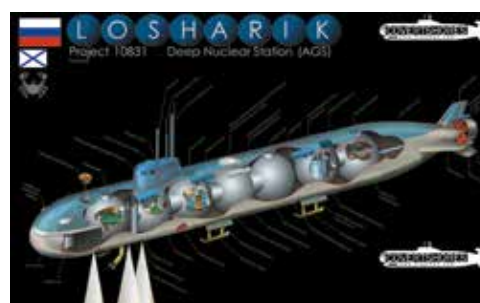


Figura 2: Submarino de Mergulho Profundo Losharik.

Fonte: *hisutton*, disponível em: http://www.hisutton.com/images/Ru_Losharik_Cutaway.jpg. Acesso em: 4 abr. 2022.

para operações em águas profundas. Devido a sua provável limitação de deslocamento, seria apoiado por um submarino balístico, também de propulsão nuclear, que teve seus silos de mísseis adaptado, de forma a possibilitar o acoplamento de submarinos especiais em sua parte inferior.

Esses submarinos fazem parte da Diretoria de Pesquisa de Águas Profundas (em russo, correspondendo à sigla GUGI) que é subordinada diretamente ao Ministro da Defesa e foi criada em 1976. Conhecida também como serviço de inteligência submarina, não está vinculada à Força de Submarinos, e seus integrantes, que devem ter tido experiência e se destacado como submarinistas são submetidos a exames de saúde semelhantes

aos dos cosmonautas, para então serem conhecidos como *hidronautas*. Esse contingente seria responsável pelo *Seabed Warfare*, operando submarinos e equipamentos capazes de coletar itens de interesse no fundo do oceano como naufrágios, aeronaves e satélites, assim como atuar em cabos de comunicação, em profundidades de até 6 mil metros (KOFMAN, 2019).

O conhecimento de parte de suas capacidades permite compreender as oportunidades de emprego militar desse ambiente para conhecer nossas vulnerabilidades. Nota-se a preocupação dos Estados quando o navio russo *Yantar* opera próximo de suas costas. O navio, supostamente empregado para pesquisa e espionagem, seria subordinado à GUGI, e capaz de mapear e sabotar cabos submarinos por meio de minissubmarinos orgânicos.

Com o objetivo de se contrapor a esse tipo de ameaça, já em meio às tensões entre Rússia e Ucrânia, em março de 2022, a França lançou sua estratégia de fundos marinhos, ocasião em que Florence Parly, Ministra da Defesa, ressaltou o incremento de atividades em grandes profundidades ao longo dos últimos anos, e enfatizou que estas nem sempre seriam benignas. O ambiente possui elementos importantes para o Estado, como os cabos de comunicação, dutos de recursos minerais, equipamentos de plataformas de petróleo, e seu domínio garantiria a liberdade de ação do poder do Estado, sendo imperioso incrementar as capacidades de ampliar seu conhecimento, vigiar, assim como agir em caso de necessidade (FRANÇA, 2022). Esse tripé, conhecer, vigiar e agir é reforçado em sua estratégia, que direciona os esforços e investimentos nessas três diferentes áreas.

Em entrevista ao canal de televisão France 2, o Capitão de Mar e Guerra Eric Lavault, porta-voz da Marinha Nacional da França, indicou que a Marinha considera os cabos submarinos como uma capacidade estratégica e vigia milhares de quilômetros em jurisdição nacional e em águas internacionais. A patrulha ocorre na superfície, com navios-patrolha, meios da esquadra e de fuzileiros navais de forma permanente, empregando vigilância radar

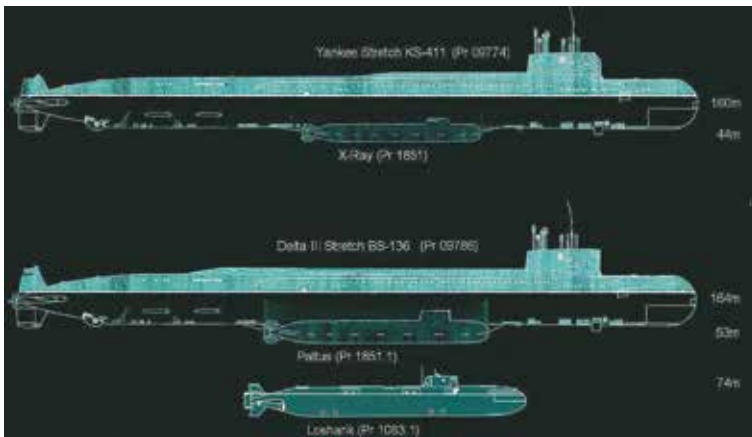


Figura 3: Acoplamento entre submarinos.
Fonte: *hisutton*, disponível em: <http://www.hisutton.com/Spy%20Sub%20-%20Project%2010831%20Losharik.html>. Acesso em: 4 abr. 2022.



Figura 4: Submarinos Russos adaptados para a guerra no fundo do mar.
Fonte: *hisutton*, disponível em: http://www.hisutton.com/images/Ru-SeabedWarfare_Subs.jpg. Acesso em: 4 abr. 2022.

e acústica; e submarina, empregando em conjunto, veículos não tripulados. Tal preocupação é refletida também no meio civil daquele país. Jean-Luc Vuillemin, Diretor de Comunicações Internacionais da Orange, uma grande rede de comunicações francesa que opera cabos submarinos, expõe sua preocupação com navios de pesquisa internacionais de outras nações que permanecem geostacionados em pontos de concentração de seus cabos submarinos. Contextualizando na crise entre Rússia x Ucrânia, Vuillemin afirma que os dados de localização dos cabos não são difíceis de obter e alerta que o corte de 2 ou 3 cabos considerados chaves, poderiam deixar a França em uma situação extremamente difícil (FRANCE 2, 2022). Essa conexão entre o meio civil e militar é um dos atuais desafios da estratégia moderna, e está também presente nesse ambiente, o que aparenta ter sido explorado como oportunidade na estratégia francesa, para a difusão das ideias e conscientização da população e classe política para o problema, gerando possibilidade de obtenção de recursos e investimento.

Tais exemplos demonstram a preocupação de grandes potências navais com eventuais conflitos relacionados a riquezas e infraestruturas posicionadas no fundo marinho. Por sua vez, a UNESCO, desde 2009, incentiva os Estados a conceberem o Planejamento Espacial Marinho, que direciona esforços para o conhecimento de seus recursos e a nível global para a preservação de ecossistemas contribuindo para a redução de impactos ambientais e climáticos. Até 2021, cerca de 45 países teriam finalizado ou estariam em fase de conclusão desse processo, e existe a expectativa de mais adesões (UNESCO, 2021). Isso proporcionaria a médio prazo, uma importância cada vez maior dos oceanos para o progresso mundial, uma vez que há grande probabilidade de localização de grandes riquezas submersas.

É nesse contexto que o Brasil se encontra. Em 2017, assumimos o compromisso de implementar o nosso Planejamento Estratégico Marítimo, conduzido pela Comissão Interminis-

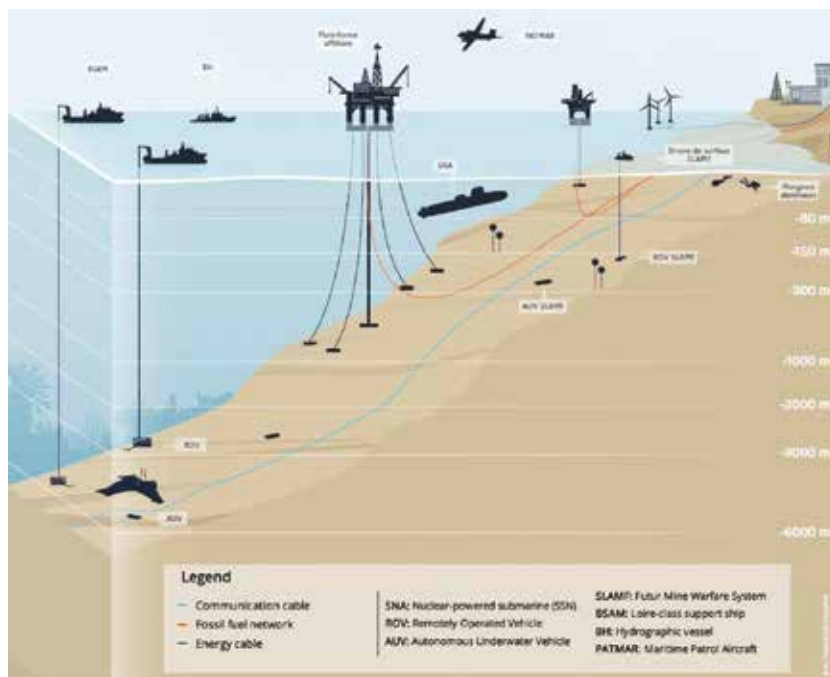


Figura 5: Seabed Warfare.

Fonte: *Naval News*, disponível em: <https://www.navalnews.com/naval-news/2022/02/france-unveils-new-seabed-warfare-strategy/>. Acesso em: 4 abr. 2022.



Figura 6: Marinha Nacional da França em operação em águas profundas.

Fonte: *Naval News*, disponível em: <https://www.navalnews.com/naval-news/2022/02/france-unveils-new-seabed-warfare-strategy/>. Acesso em: 4 abr. 2022.

terial para os Recursos do Mar, com meta de implementação até 2030 (MARINHA DO BRASIL, 2022). A execução do programa tem permitido um maior conhecimento e maior valorização de nossa plataforma continental. Esse programa permitirá formular com mais precisão, políticas e estratégias de desenvolvimento nacional. Entretanto é importante lembrar a necessidade de proteger nossas riquezas, conforme aponta nossa Estratégia Nacional de Defesa:

Estratégia Nacional de Defesa é inseparável de estratégia nacional de desenvolvimento. Esta motiva aquela. Aquela fornece escudo para esta. Cada uma reforça as razões da outra. Em ambas, se desperta para a nacionalidade e constrói-se a Nação. Defendido, o Brasil terá como dizer não, quando tiver que dizer não. Terá capacidade para construir seu próprio modelo de desenvolvimento (BRASIL, 2012, p.43).

O extrato cita a dependência das estratégias e a necessidade de identificar as vulnerabilidades para o nosso desenvolvimento de forma que possamos defendê-las contra as possíveis ameaças. Estados Unidos, Rússia e França, citados nesse artigo, envidam esforços com o objetivo de solidificar uma estratégia de emprego de uma guerra no fundo do mar. Mas o Brasil teria motivações para acompanhar essa tendência?

Observando o entorno estratégico nacional, podemos considerar que possuímos uma quantidade considerável de infraestrutura submarina. Ela seria composta principalmente por cabos submarinos, destacando-se a região Sudeste e de Fortaleza, hub para os cabos oceânicos, e por equipamentos relacionados à indústria de petróleo, localizados principalmente na região sudeste. A Bacia de Campos merece atenção prioritária como citada na Estratégia Nacional de Defesa em conjunto com a foz do Rio Amazonas. Toda essa infraestrutura instalada no fundo do mar apresenta vulnerabilidades que podem ser exploradas por oponentes, como o maior gasoduto do país, com cerca de 400 km de extensão interligando o sistema de produção do pré-sal ao terminal de tratamento de gás de Cabiúnas, em Macaé (PETROBRAS, 2021), e nossos cabos submarinos.

Conscientes da necessidade do mar para o nosso desenvolvimento, assim como de nossas vulnerabilidades, observamos nos últimos anos, um incremento na movimentação

de navios estrangeiros de pesquisa em locais estratégicos para o país. Como exemplo, o *Yantar*, navio de pesquisa e de inteligência russo, citado previamente neste artigo, esteve presente na costa brasileira em 2020 (MONTEIRO, 2020). É muito se comenta sobre a cobiça e investigação por navios de outras bandeiras nas regiões da foz do Rio Amazonas e na Elevação de Rio Grande, região defendida pelo Brasil, como parte da Amazônia Azul. Nela se vislumbra potencial para a mineração submarina de metais de terras raras, um potencial estratégico para o desenvolvimento nacional.

Nesse contexto a adoção de uma estratégia brasileira ampliando a capacidade de defesa e atuação nesse ambiente, por parte de nosso Estado, poderia envolver uma mobilização das nossas atuais atividades subaquáticas no tocante a desenvolver novos métodos de atuação e resposta a ameaças em altas profundidades, por meio de investimento em novos sensores subaquáticos, operação de veículos não tripulados em navios e submarinos, assim como desenvolvimento e emprego de veículos autônomos submarinos.

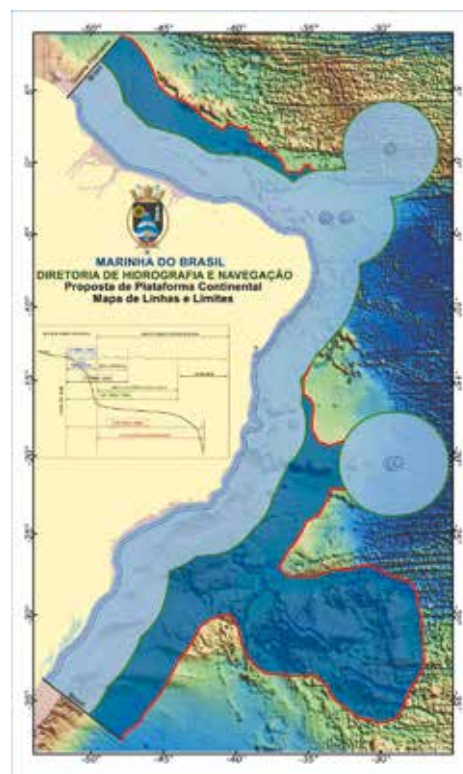


Figura 7: Amazônia Azul.
Fonte: Marinha, disponível em: https://www.marinha.mil.br/com8dn/?q=amazonia_azul. Acesso em: 4 abr. 2022.

Dessa forma, atendendo ao propósito deste artigo pode-se considerar que o Brasil possui elementos motivantes para o desenvolvimento de uma estratégia militar para a atuação no fundo do mar, de forma que sejamos capazes de conhecer, controlar e agir, defendendo nossa liberdade de comunicações por cabos submarinos, exploração de recursos minerais e interesses nacionais no fundo do oceano, por meio de investimento e emprego de atuais e novas capacidades em um mergulho cada vez mais profundo.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Política Nacional de Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília. Brasil, 2012.
- BROAD, William J. A tale of daring american spionage. 1998. **The New York Times**. 8 dez. 2018. Disponível em: <https://www.nytimes.com/1998/11/08/us/a-tale-of-daring-american-submarine-espionage.html>. Acesso em: 5 abr. 2022.
- CLARK, Bryan. **The emerging era in undersea warfare**. 2015.
- ECKSTEIN, Megan. **Navy Undersea Warfare Priorities: Strategic Deterrence, Lethality and Networked Systems**. 2019. Disponível em: <https://news.usni.org/2019/11/08/navy-undersea-warfare-priorities-strategic-deterrence-lethality-and-networked-systems>. Acesso em: 5 abr. 2022.
- FRANÇE. Ministère des Armées. **Stratégie Ministérielle de Maîtrise des Fonds Marins**. 2022.
- FRANCE 2. **La Russie peut-elle couper la France du réseau internet en s'attaquant aux câbles sous-marins?** 2022. Disponível em: <https://twitter.com/infofrance2/status/1502531866431299584>. Acesso em: 5 abr. 2022.
- GLENNEY, Bill. **The Deep Ocean: Seabed Warfare and the Defense of Undersea Infrastructure**, Pt. 1. 2019a. Disponível em: <https://cimsec.org/the-deep-ocean-seabed-warfare-and-the-defense-of-undersea-infrastructure-pt-1/>. Acesso em: 5 abr. 2022.
- GLENNEY, Bill. **The Deep Ocean: Seabed Warfare and the Defense of Undersea Infrastructure**, Pt. 2. 2019b. Disponível em: <https://cimsec.org/the-deep-ocean-seabed-warfare-and-the-defense-of-undersea-infrastructure-pt-2/>. Acesso em: 5 abr. 2022.
- KOFMAN, Michael. 2019. **Fire aboard AS-31 Losharik: Brief Overview**. Disponível em: <https://russianmilitaryanalysis.wordpress.com/tag/gugi/>. Acesso em: 5 abr. 2022.
- MARINHA DO BRASIL, 2022. **Planejamento Espacial Marinho**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/psrm/pem>. Acesso em: 3 abr. 2022.
- MONTEIRO, Tania. **O Estado de São Paulo**, n. 46147, 21/02/2020. Internacional, p. A7. Navio russo suspeito de espionagem coloca Marinha brasileira em alerta. Disponível em: <https://internacional.estadao.com.br/noticias/geral,navio-russo-suspeito-de-espionagem-coloca-marinha-brasileira-em-alerta,70003205151>. Acesso em: 5 abr. 2022.
- PETROBRAS. **P-76 inicia exportação de gás para o continente**. Agência Petrobras. 2021. Disponível em: https://www.agenciapetrobras.com.br/Materia/ExibirMateria?p_materia=983655. Acesso em: 5 abr. 2022.
- UNESCO. **MSPglobal International Guide on Marine/ Maritime Spatial Planning**. 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379196>. Acesso em: 4 abr. 2022.
- WITMAN, E. **SOSUS: The “secret weapon” of undersea surveillance**. Undersea Warfare. 2005.



Firjan SENAI. Tecnologia, inovação, automação e simulação a serviço da Marinha do Brasil.

Fundamental para treinar com qualidade e segurança, o simulador permite experimentar situações críticas, repetir procedimentos e ajudar na tomada de decisões em um ambiente volátil, incerto e complexo.

O Novo Simulador de Treinamento de Imersão para Submarinos da classe "Tupi" traz as mais recentes tecnologias para elevar a confiabilidade, a segurança e a experiência imersiva dos profissionais.

Por ser híbrido, o simulador leva em conta todos os aspectos dos processos de um submarino. Sua interação em tempo real com a automação permite a atuação de sistemas de maneira local e remota, incluindo o total controle translacional e rotacional do submarino, com grande capacidade de imersão por

meio da movimentação nos dois eixos da cabine de comando.

Agora, os instrutores têm total acesso aos sistemas internos, podendo configurar a simulação de falhas pré-programadas, por meio do uso de condições do submarino, como profundidade, tempo ou velocidade. Além disso, a missão pode ser retomada em dias posteriores, exatamente do ponto em que parou.

Para essa missão, a Marinha conta com a experiência em desenvolvimento e atualização de simuladores do Instituto SENAI de Inovação em Sistemas Virtuais de Produção (ISI SVP) e do Instituto SENAI de Tecnologia em Automação Industrial (IST AI). Estamos muito orgulhosos de fazer parte desse projeto, realizado por brasileiros para os brasileiros.





Conte com os Institutos de Tecnologia e os Institutos de Inovação da Firjan SENAI para desenvolver soluções para sua empresa.

www.firjan.com.br

0800 0231 231* / 4002 0231**

Firjan SENAI


SUBMARINOS RUSSOS NO CONFLITO UCRANIANO: UMA ANÁLISE



Capitão-Tenente Tullio Mozart Pires de Castro Araujo

1. RESUMO HISTÓRICO

O mundo tem assistido, com apreensão, ao desenrolar dos acontecimentos a respeito da invasão da Rússia ao país vizinho, a Ucrânia. Com a queda da União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) no início dos anos 1990, a mesma acabou desmembrando-se em diversos Estados circunvizinhos à Rússia, considerada a principal herdeira do Império Soviético. A Ucrânia sendo o segundo maior depois daquela. À época da dissolução, a Ucrânia herdara o terceiro maior arsenal nuclear do mundo. Contudo, confiando tanto no Ocidente quanto em sua vizinha Rússia, o país acabou abrindo mão de tal capacidade, assinando os acordos de Budapeste, em 1994. Dentre os itens acordados, estava a garantia de que a Ucrânia jamais seria invadida pela Rússia. Garantia esta que, agora, todos vemos que foi descumprida.

2. MOVIMENTAÇÕES

Há bastante tempo a Rússia já vinha acumulando tropas na fronteira entre os dois países, o que levou muitos analistas ocidentais a afirmar a ocorrência efetiva da invasão, ao passo que outros disso discordavam. Contudo, no dia 21 de fevereiro, o Presidente Putin confirmou o reconhecimento de duas Repúblicas separatistas da Ucrânia, nas regiões de Donetsk e Luhansk, e, no dia 24 do mesmo mês, iniciou-se a efetiva invasão do resto da Ucrânia. O mundo foi tomado de surpresa com a velocidade do ataque e com a capacidade de projeção de poder russo, haja visto que havia alvos sendo atingidos na região de Lviv, próximo à fronteira oeste do país. A agressão russa foi seguida pela imposição de uma série de sanções pesadas ao país, pelo mundo ocidental. Ato que ajudou ainda mais a agravar e escalar as tensões, com Moscou afirmando, no dia 1 de março, que estaria colocando em prontidão

suas forças nucleares, bem como realizando uma série de exercícios com elas.

Entre as forças mobilizadas, encontram-se os submarinos balísticos da frota do norte. Ressalta-se, entre esses meios, a presença de modernos submarinos classe Borei, armados com os novos mísseis *Bulava*, a versão naval do míssil *Topol-M*, com alcance de até 8,3 mil km. Além dos submarinos classe Borei, a frota do norte compreende também o moderno submarino *Belgorod*, classe Oscar modificado. Este meio pode ser armado com o torpedo nuclear *Poseidon*, uma arma considerada de extrema periculosidade e cujos detalhes ainda são bastante obscuros.

Na frente sul, já no dia 24 (dia da invasão), era observada uma movimentação atípica de meios da marinha russa no mar mediterrâneo. Provavelmente partindo da base naval de Tartus, na Síria, estavam presentes nessa esquadra de 15 navios 2 submarinos classe Kilo, modernos meios convencionais.

A reação do Ocidente às movimentações navais russas foi bastante tímida, ao contrário do que ocorreu em relação às forças terrestres e aéreas. Resumiu-se, basicamente, à Turquia fechando o acesso ao mar negro por navios de guerra russos, vindos do mediterrâneo, e à colocação de dois grupos de batalha de porta-aviões no mediterrâneo pela Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) (um nucleado no americano Harry S. Truman e outro no francês Charles De Gaulle).

3. PROJEÇÃO DE PODER

No caso especial dos submarinos russos, é difícil determinar ao certo qual o papel que os mesmos estão tendo no conflito, considerando-se a própria natureza da atividade submarina, que é a ocultação. Contudo, dadas as capacidades de projeção intrínsecas aos mesmos, desde os de classe

Kilo que carregam mísseis *Kalibr* aos Borei e seus mísseis balísticos *Bulava*, conseguimos inferir algumas importantes observações.

Há certo consenso acerca da incapacidade de projeção de poder aéreo por parte da Rússia. Certos especialistas, inclusive, têm questionado a capacidade russa de planejar e empregar aeronaves de combate modernas, em ações de penetração, bombardeiro e supressão de defesas antiaéreas. Talvez até mesmo um certo medo de perder meios. O que se observa, então, é uma utilização intensa de meios de ataque *stand-off*, principalmente mísseis de cruzeiro *Kalibr*. As localidades ucranianas mais distantes foram atacadas deste modo, como uma série de vídeos disponibilizados nas redes sociais mostram.

Dada a quantidade de munição utilizada, bem como o histórico de outros conflitos recentes, há que se considerar a hipótese de que boa parte desses mísseis de cruzeiro possa ter sido lançada de submarinos.

A guerra tem sido uma vitrine para os novos tipos de armas russas, em especial os mísseis de cruzeiro já citados *Kalibr*, bem como mísseis hipersônicos *Kbinzal*. Estes últimos, lançados ainda de aeronaves e terra, estão sendo adaptados para serem lançados a partir do mar, das fragatas, corvetas e submarinos russos. Apresentando um desempenho extraordinário, sendo capazes de voar até 15 mil km/h e ainda assim manobrar, tal arma é, sem dúvida, uma *game changer* no ambiente da guerra moderna. Com a sua adoção por parte da arma submarina russa, os mesmos irão adquirir uma iniciativa das ações muito grande, uma vez que a sua velocidade, aliada à ocultação, introduz um binômio mortal na guerra naval moderna.

Finalmente, o grande fiador da não intervenção do Ocidente no conflito é, sem dúvida, a capacidade nuclear da Rússia. Sendo a maior potência nuclear do mundo, em quantidade de ogivas, sua capacidade estratégica é melhor expressa por sua frota de Submarinos Nucleares Balísticos e de Ataque.

Sem sombra de dúvidas, caso os russos não possuíssem tal poder, o conflito poderia muito bem se tornar algo nos moldes da Guerra da Bósnia, nos anos 1990.

CONSIDERAÇÕES

No presente momento da escrita deste artigo, a guerra encontra-se num certo impasse, com lutas sangrentas ocorrendo nas principais cidades ucranianas. No campo da guerra naval, a Marinha ucraniana encontra-se quase completamente destruída, restando alguns poucos meios cuja capacidade de influenciar no conflito é muito baixa. Ou seja: pode-se dizer que a Rússia, pelo menos no mar, atingiu um grau de dominância do Teatro de Operações no Mar Negro.

A capacidade de projeção de poder russa e a consequente deterrência que a mesma carrega podem ser o fiel da balança do final deste conflito, e da vitória russa. E, em suma, as capacidades intrínsecas que seus submarinos possuem são, sem sombra de dúvida, primordiais para isso.

REFERÊNCIAS

BOSBOTINIS, James. The role of naval forces in Russia's war against Ukraine and its implications. **The Naval Review**, [S.l.], 18 mar. 2022. Disponível em: <https://thecurrentcrisis.naval-review.com/blog/the-role-of-naval-forces-in-russias-war-against-ukraine-and-its-implications/>. Acesso em: 2 abr. 2022.

NTI. Russia submarine capabilities. **Submarine Proliferation Resource Collection**, [S.l.], 9 jun. 2014. Disponível em: <https://www.nti.org/analysis/articles/russia-submarine-capabilities>. Acesso em: 4 abr. 2022.

SUTTON, H I. Unusual Russian Navy Concentration Seen In Eastern Mediterranean. **Naval News**, [S.l.], 24 fev. 2022. Disponível em: <https://www.navalnews.com/naval-news/2022/02/unusual-russian-navy-concentration-seen-in-eastern-mediterranean/>. Acesso em: 3 abr. 2022.

TENEMBAUM, Yoav J. Why Putin miscalculated in Ukraine. **The National Interest**, [S.l.], 16 mar. 2022. Disponível em: <https://nationalinterest.org/feature/why-putin-miscalculated-ukraine-201216>. Acesso em: 3 abr. 2022.

ESTIMATIVA DO ESTADO DO MAR POR INTERAÇÕES PASSIVAS COM O RUÍDO AMBIENTE GERADAS PELO VENTO



Capitão de Corveta Diogo de Souza Taranto

1. INTRODUÇÃO

Estudar o mar nas suas diversas formas e aplicações foi o que desafiou e desafia o ser humano há séculos, bem como a tentativa de compreender a maneira como o som “viajava” na água, e seu comportamento diferente com relação à propagação no ar (TARANTO, 2021).

Precoceamente, observou-se que o som captado por um hidrofone não era tão somente o som emitido, e que sinais diversos também percorreriam o mesmo caminho do sinal emitido na água. Desse modo, esses elementos careceriam de estudos próprios. Assim, inseria-se um novo fator ao estudo da acústica submarina, o Ruído Ambiente. Esse tema começou a despertar interesse mais relevante durante a Segunda Guerra Mundial devido à necessidade de conhecer o ambiente acústico oceanográfico, principalmente portos e costas (CAREY; EVAINS, 2011). Em vista disso, pioneiramente, a Marinha dos Estados Unidos iniciou suas pesquisas em plena Segunda Guerra Mundial. Entretanto, o primeiro estudo somente foi publicado por Knudsen et al. (1948), e em seguida por Urick e Pryce (1954) no pós-guerra. A pesquisa do tema recebeu grande notoriedade com Wenz (1962), que iniciou um renascimento do estudo do ruído ambiente como uma das mais interessantes áreas de pesquisa da oceanografia acústica. A dedicação ao seu trabalho (WENZ, 1962) forneceu um espectro gráfico, ou esquemático, dos níveis de ruídos omnidirecionais de frequências correspondentes (JENSEN et al., 2011) e que até os dias atuais é utilizado como modelo para diversos pesquisadores do tema.

A representação gráfica da Figura 1 identificou fontes de ruído ambiente e as consequentes fontes omnidirecionais, com seus respectivos níveis divididos

em faixas de frequências. O Esquema de Wenz identificou regiões dominadas pelos ruídos gerados pelo transporte marítimo, chuva, agitações sísmicas e ruídos térmicos. Já o ruído ambiente associado ao estado de mar foi parametrizado pela força do vento normatizada pela escala Beaufort, isso medido a uma altura de 10 m, correspondente com a aparência do mar (CAREY; EVAINS, 2011).

2. PERFILADOR ACÚSTICO DE QUEDA LIVRE

Com a escassez de informações acústicas de nossas águas, quando comparadas à de outros oceanos, e a demanda por conhecimento maior sobre a nossa Amazônia Azul, surgiu a necessidade de obtenção de dados locais, com o objetivo de popular um banco com dados da paisagem acústica das regiões de interesse do nosso litoral.

Diante de tal desafio, o Laboratório de Instrumentação Oceanográfica (LIOc) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, coordenado pelo Capitão de Mar e Guerra (RM1) Carlos Eduardo Parente, idealizou um instrumento de queda livre, e *self-contained*, que fosse capaz de medir o ruído ambiente e que operasse até 200 m de profundidade, gravando o ruído ambiente ao longo da coluna de água e, principalmente, explorando as características da paisagem acústica da plataforma continental brasileira. Além disso, que pudesse ser utilizado como um instrumento de apoio para medições de ruídos irradiados por navios em raias acústicas, ou outros equipamentos que alterem a paisagem acústica, como plataformas de exploração de petróleo, sonares ativos, dragagens etc.

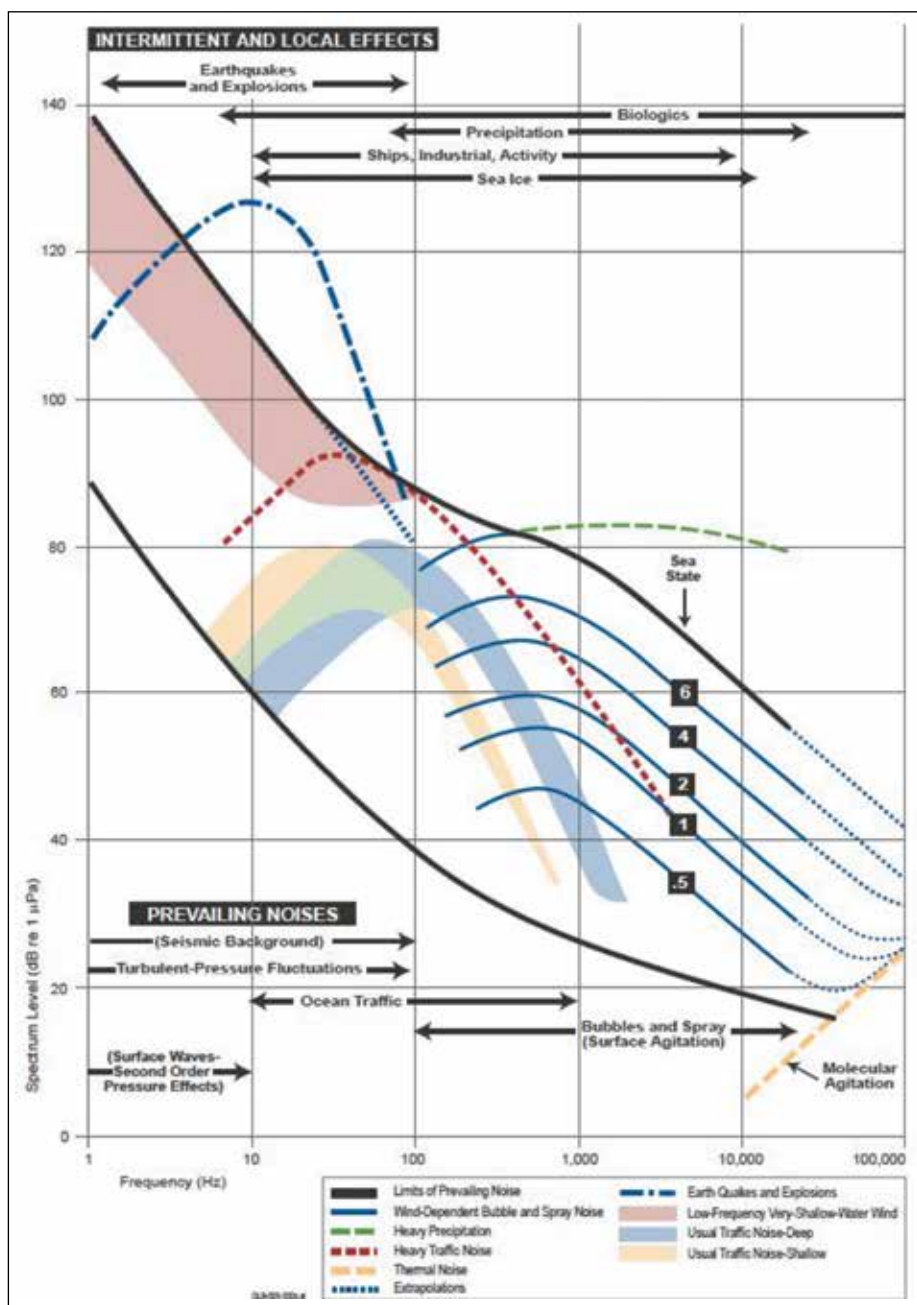


Figura 1: Curvas de Wenz (1962).

Uma das suas vantagens é a viabilidade de ser operado a partir de pequenas embarcações, necessitando somente de duas pessoas para realizar o lançamento. Conta com a possibilidade de acoplar um sensor de temperatura para determinar o perfil da velocidade do som – PVS.

Desacoplado da embarcação do lançamento, e sendo a queda por ação da gravidade, sua aceleração ocorre até que as forças de resistências se igualem ao seu peso, o

que ocorre no primeiro metro de sua queda, passando, então, a cair com velocidade constante, velocidade terminal e aceleração praticamente nula, como apontado por Ribeiro (1977).

Ensaio no Laboratório de Tecnologia Oceânica da UFRJ (LabOceano), e no mar, apontaram uma velocidade de queda de aproximadamente 1,0 m/s, tornando satisfatório o seu tempo de descida para análise acústi-

ca. A fim de assegurar uma correta coleta de dados, o instrumento foi calibrado pelo Departamento de Sistemas Acústicos do Instituto de Pesquisas da Marinha do Brasil (IPqM).

3. METODOLOGIA DA COLETA DOS DADOS

O hidrofone apresentou uma resposta plana para a sensibilidade: $-199,68$ dB para a faixa de 1 a 22 kHz, o formato da gravação utilizado foi a extensão .wav em 24 bit, com um ganho do pré-amplificador de 60 dB, e utilizou-se um filtro passa-alta de 220 Hz.

Parte dos dados analisados foi coletada durante o dia 31 de janeiro de 2021, das sete da manhã às três da tarde, nas proximidades da Ilha Rasa (RJ), LAT $22\ 59.76^{\circ}\text{S}$ e LONG $043\ 09.60^{\circ}\text{W}$. Foram realizados experimentos de campo a bordo do veleiro Akanni.

Durante a campanha foram realizadas medições estáticas e dinâmicas com o Perfilador Acústico, e os resultados apresentados são de medições estáticas. As medições estáticas ocorreram a 15 metros (h), e a profundidade local era de cerca 30 metros (H), conforme ilustra a Figura 5.



Figura 2: Protótipo do Perfilador Acústico de Queda Livre.



Figura 3: Testes realizados no Laboratório de Tecnologia Oceânica da UFRJ-LabOceano.

Os dados das condições do vento foram coletados da boia RJ-3 do Sistema de Monitoramento da Costa Brasileira (SiMCosta) e estão representados na Figura 6. Os fatores ambientais de temperatura e salinidade não apresentaram variações consideráveis conforme descrito no trabalho da referência (TARANTO, 2021).

4. RESULTADOS

Para uma melhor análise das curvas, oriundas das medições estáticas, as frequências serão divididas em duas partes. A primeira compreenderá até a frequência de 1.000 Hz e a segunda será para as frequências de 1.000 a 7.500 Hz.

4.1 Frequências até 1.000 Hz

Para baixas frequências, menores que 1 kHz, era esperada uma grande influência do tráfego marítimo, conforme propôs G. M. Wenz (1962). Nessa faixa notamos pela figura 7 um aumento do ruído ambiente para as frequências menores de 700 Hz. Esse efeito justifica-se não apenas pelo intenso tráfego marítimo de toda a região das proximidades do porto do Rio de Janeiro, como também pela proximidade da área de costa.

4.2 Frequências de 1.000 a 7.500 Hz

Para essa faixa de frequências, em que não ocorre uma influência significativa do tráfego marítimo (WENZ, 1962), podemos observar na Figura 8 que, quanto maior for a velocidade do vento, maior será o ruído gerado, assim como investigado por Knudsen, Alford e Emling (1948).

É possível observar, na Figura 9, que o aumento da velocidade do vento aumenta o ruído nas diferentes frequências. E, quanto mais altas forem as frequências associadas ao vento, menores serão os ruídos correlacionados. Neste caso, as baixas frequências tendem a ser mais ruidosas, principalmente, em função dos fatores águas rasas e proximidade do porto do Rio de Janeiro.

Os resultados apresentaram

boa correlação para a faixa de frequência entre 1.000 a 7.500 Hz, quando comparadas ao modelo proposto por Knudsen Alford e Emling (1948).

Por meio da análise dos dados coletados do ruído ambiente gerado pelo vento, para a faixa de frequências de 1.000 a 7.500 Hz, foi possível gerar um modelo de curva que se ajuste para cada velocidade de vento, correspondendo assim a um estado de mar da localidade explorada.

CONCLUSÕES

Devido à escassez de dados para o litoral brasileiro, aliada à dificuldade de coleta e às despesas envolvidas no processo, o Perfilador Acústico de Queda Livre é uma opção viável e de baixo custo. Os resultados preliminares são promissores, uma vez que os testes iniciais apontaram de forma favorável para a utilização do equipamento na medição do ruído ambiente.

O aumento da velocidade do vento esteve diretamente

associado com o acréscimo do ruído gerado, tal como observaram Knudsen, Alford e Emling (1948).

Os fatores águas rasas e a proximidade do porto do Rio de Janeiro foram perceptíveis, mas não comprometeram o resultado.

Outrossim, aos moldes como ocorre em algumas regiões de interesse civil e militar ao redor do mundo (TARANTO, 2021), foi gerado um modelo local das curvas Knudsen (1948), com as características da saída do porto do Rio de Janeiro, sendo possível subsidiar o usuário da informação acústica, de que existe um modelo de curva estimada do estado de mar mais adequado para as proximidades do Porto do Rio de Janeiro.

Contudo, diferentes condições ambientais e regionais ainda devem ser exploradas, a fim de aperfeiçoar o modelo de representação do espectro de mar local para o estado de mar da costa do Rio de Janeiro e de todo o litoral brasileiro.

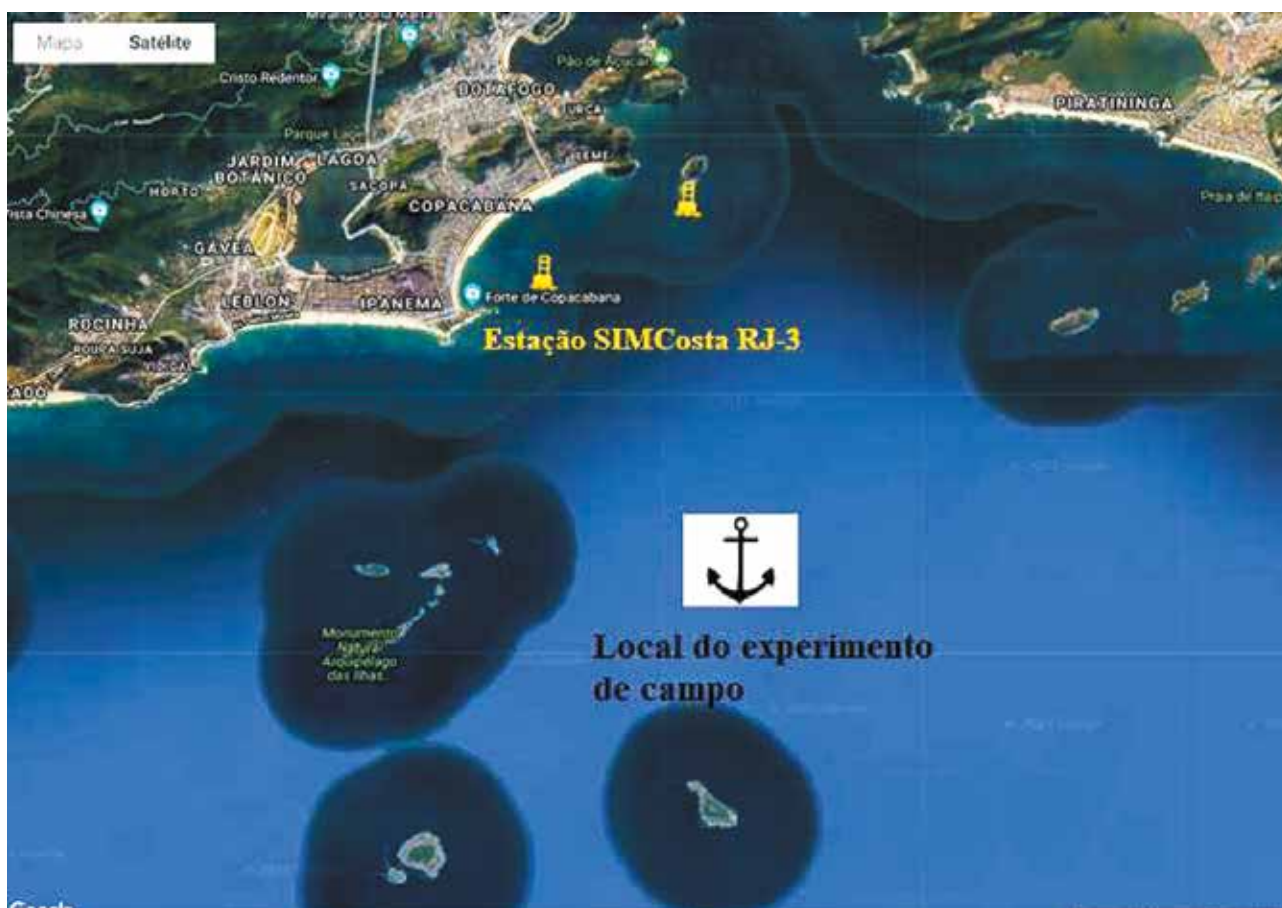


Figura 4: Local do experimento de campo realizado em 31 de janeiro de 2021, figura adaptada do Google Maps.

REFERÊNCIAS

CAREY, W. M.; EVAINS, R. B. **Ocean Ambient Noise**. 1 ed. North Stonington, USA: Wiley, 2011.

JENSEN, F. B., A., W., KUPERMAN, et al. **Computational Ocean Acoustics**. 2 ed. New York, USA, Springer, 2011.

KNUDSEN, Vern O.; ALFORD, R. S.; EMLING, J. W. Underwater ambient noise. **Journal of Marine Research**, New Haven, CT, EUA, v. 7, n. 03-24, 1948.

RIBEIRO, C. E. P. **Instrumentos de queda livre para medição de parâmetros oceanográficos**. 1977. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1977.

TARANTO, D. S. **Estimativa do estado do mar por interações passivas com o ruído ambiente geradas pelo vento associada com a escala beaufort em águas rasas**. Universidade Federal do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2021.

URICK, R. J.; PRYCE, A. W. **A summary of underwater acoustic data**. Office of Naval Research, 1954.

WENZ, G. M. Acoustic ambient noise in the ocean: spectra and sources, **The Journal of The Acoustical Society of America**, 1962.

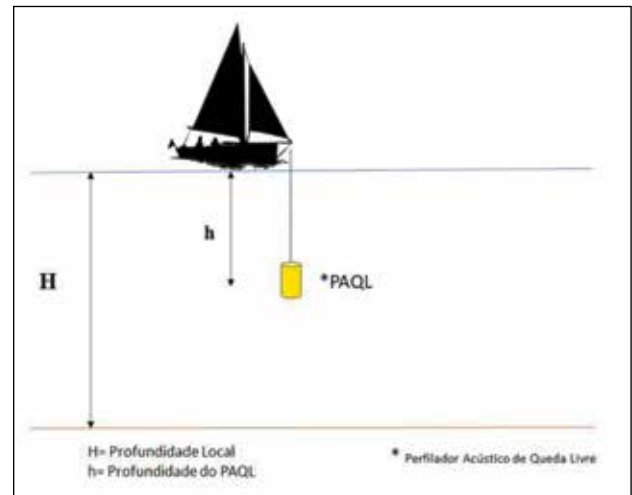


Figura 5: Imagem ilustrativa da realização do experimento de campo.

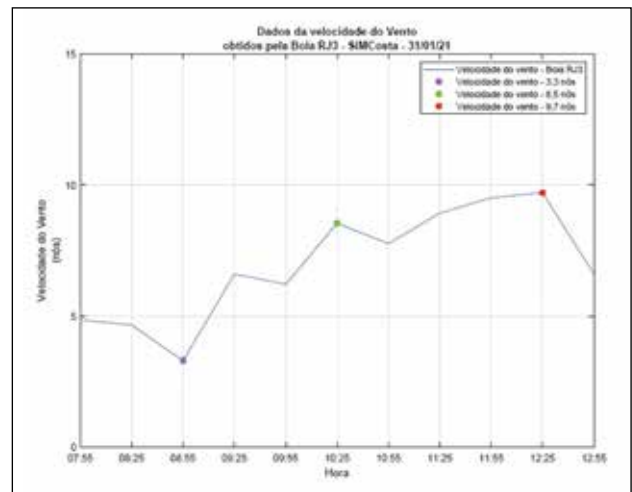


Figura 6: Dados de vento obtidos pela boia RJ3 – SiMCoستا para 31-01-2021.

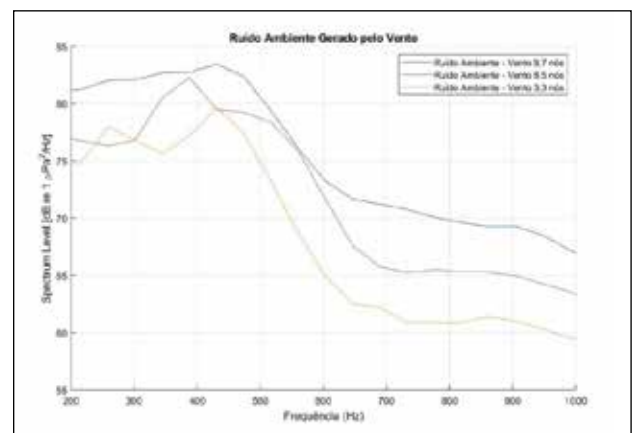


Figura 7: Frequências até 1000 Hz.

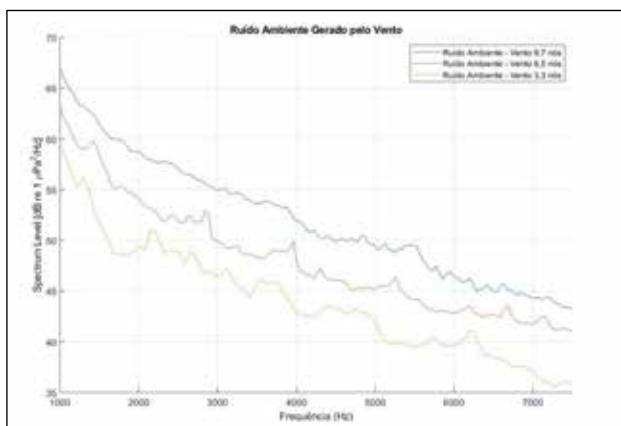


Figura 8: Frequências de 1.000 a 7.500 Hz.

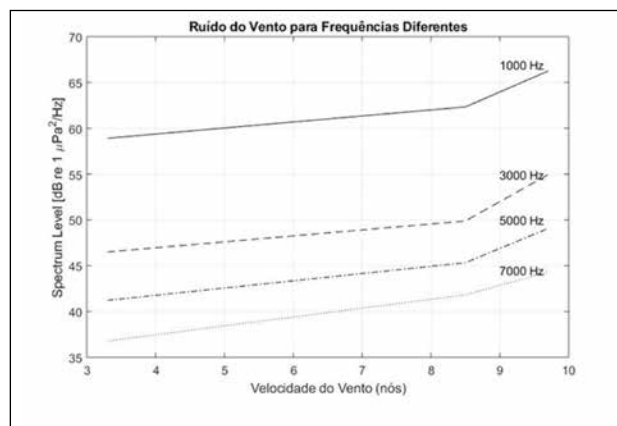


Figura 9: Curvas de diferentes frequências correlacionadas com o aumento da velocidade do vento.

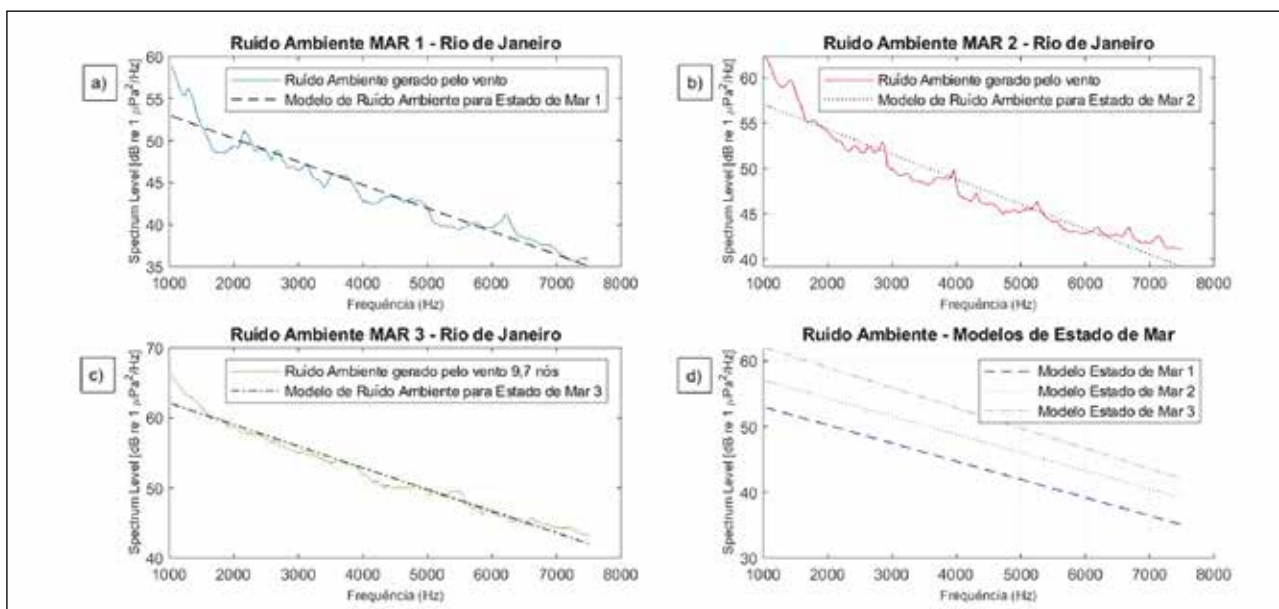


Figura 10: Ruído ambiente gerado pelo vento para Estado de Mar 1/ 2/ 3 – Modelos para Estado de Mar 1/ 2/ 3.

O MEDO COMO UM INSTINTO DE “AUTOPRESERVAÇÃO” ADMINISTRADO E CONTROLADO EM DOSES LÓGICAS POR UM MERGULHADOR DE COMBATE EM OPERAÇÕES DE COMBATE À PIRATARIA NA ZONA MARÍTIMA MAIS PERIGOSA DO MUNDO – GOLFO DA GUINÉ



Capitão de Corveta Paulo Ricardo Rodrigues dos Santos

“Conheça seu inimigo e a ti mesmo, se não sucumbirá em todas as batalhas.”

Sun Tzu

e perigosa Zona Marítima do Mundo, o Golfo da Guiné – África Ocidental. Dessa forma, caso fosse acionado, sua tarefa era bem simples: “Parar ou eliminar a ameaça, com o uso gradual da força”.

A partida do porto-sede no RJ foi no início do mês de agosto de 2021, a bordo da Fragata Independência, subordinada a um Estado-Maior liderado pelo Comandante do Grupo Tarefa (CGT) CFT 657, CMG André Martins. Tal singradura é sempre marcada por expectativas, anseios e o medo do desconhecido.

1. INTRODUÇÃO

Após dois meses de preparação física, tática, técnica e psicológica, um destaque composto por oito MEC (Mergulhadores de Combate) do Comando da Força de Submarinos (ComForS) se lança ao desconhecido na mais temida



Figura 1: Tripulação da Fragata Independência antes do suspender.

2. CARACTERÍSTICA DA ÁREA DE OPERAÇÕES

O ICC (*Inter Regional Coordination Centre*), localizado em Yaounde – Camarões, possui representantes militares e civis dos 23 países da África Ocidental (inclusive com a presença de um oficial brasileiro e um praça) e registrou nos últimos cinco anos 366 ataques piratas, ou seja, um ataque a cada cinco dias (Figura 2, gráfico ICC, relatório de 2003 a 2020).

Nesse ambiente hostil, de uma África esquecida, destacam-se duas Zonas Marítimas com maior incidência de ataques piratas: as Zonas “D” (Camarões, Guiné Equatorial, São Tomé e Príncipe) e “E” (Nigéria, Gabão, Togo, Benin), onde o GRUMEC (Grupamento de Mergulhadores de Combate) operou com máximo de sua capacidade em Operações de MIO (*Maritime International Operations*).

No estudo aprofundado da Característica da Área de Operações e de Inteligência, as Zonas “D” e “E” mostravam-se um ambiente indefinido, com um inimigo, “os piratas do Delta do Níger – Nigéria”, portando armamentos de grosso calibre (como: Fuzis AK-47, Metralhadoras .30 e o “grande e temido” RPG).

3. DESENVOLVIMENTO

Os mares tranquilos do porto do Rio de Janeiro acordo o ISPS CODE (Código Internacional para Segurança de Navios e Instalações Portuárias) ser de nível 1 – ameaça baixa, já estava ficando para trás, e a Zona Marítima mais perigosa do mundo (Golfo da Guiné – GG) já mostrava seus ventos de feição durante a travessia do Atlântico.

Não existia sequer um tripulante da CFT 657 que não tinha em si o espírito de vencer e a força de vontade (re-

quisito mais importante de um marinheiro). Dessa forma, todos os “Homens de ferro”, no verdadeiro sentido da palavra homem, possuíam um genuíno orgulho de servir a seu país. Claro que, somado a isso, o navio (F-44) estava na sua total e plena capacidade de combate, com os seguintes sensores e armamentos na sua plenitude:

- I. metralhadoras .50 prontas para serem empregadas a qualquer momento;
- II. duas lanchas de abordagem com equipe altamente treinada para abordagem em nível de estresse alto;
- III. equipe de psicólogos, advogados especializados em direito internacional marítimo e negociadores com todos os “*modus operandi*” da Característica da Área de Operações e dos terroristas analisados;
- IV. uma aeronave Lince 05 (com metralhadora .50 e sensores como “Flir”-*Forward Looking Infra-Red*);
- V. um destaque de um MEC no estado da arte em equipamentos e procedimentos, levando consigo, por exemplo: fuzis de precisão .50 *barret* (Figura 4), óculos de visão noturna de 2ª geração, equipamento de abordagem com Hook, câmeras fotográficas de alta resolução (Figura 5) e poder de infiltração por aeronave pelo método *Fast Rope*.

4. NEUROCIÊNCIA APLICADA NAS OPERAÇÕES ESPECIAIS

Através de estudos de neurociência desenvolvidos pelos Médicos Hiperbáricos, em conjunto com os MEC que seriam empregados na Operação GUINEX-I, conclui-se que a velocidade de condução nas fibras nervosas varia de apenas 0,25 m/s em pequenas fibras mielínicas até

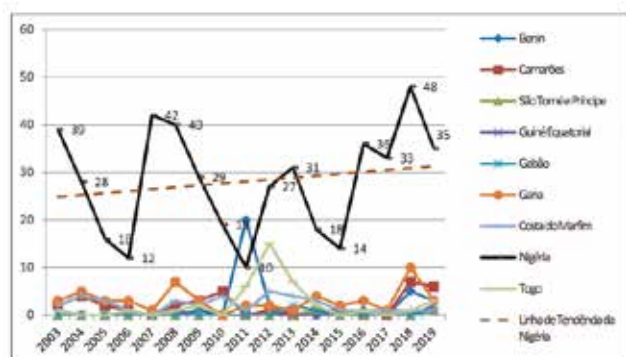


GRÁFICO 3 - Número de ataques e navios ocorridos na costa de cada Estado litorâneo ao Golfo da Guiné, no período de 2003 a 2019.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em ICC, 2004 a 2020.

Figura 2: Dados do ICC, 2004 a 2020.



Figura 3: Piratas do Delta do Níger.

100 m/s – ou seja, o impulso elétrico de um neurônio percorreria mais do que o tamanho de um campo de futebol em 1 segundo (HALL; HALL, 2021).

Usando exemplos da história e lições aprendidas do passado em combates reais, o medo é uma das principais causas das baixas. Com isso verificou-se que a velocidade instintiva de responder a um estímulo de medo, ou, por exemplo, quando um Operador Especial precisa decidir em **“engajar com um tiro um elemento adverso ou um refém em combate em ambiente confinado”**, é 100 vezes mais rápida do centro intelectual do cérebro ou pensamento necessita para decidir corretamente.

Dessa forma, percebemos que, empiricamente na fase de treinamento para GUINEX-I, fazíamos este tipo de treinamento no GRUMEC. Os MEC compactuam com o Major engenheiro aeroespacial panamenho Edward Aloysius Murphy Jr., que disse “Se o ser humano tem a possibilidade de errar, ele vai errar, então treine o erro”; esta é a famosa “Lei de Murphy”. Dessa forma, diversos tipos de cenários

foram criados, por meio dos quais exaustivamente foram treinados o Combate em Ambiente Confinado (CQB) e o Tiro Instintivo (Figura 6).

Assim como Sun Tzu disse “Conheça seu inimigo e a ti mesmo, se não sucumbirá em todas as batalhas”, eis que na travessia do porto de Malabo – Guiné Equatorial para São Tomé e Príncipe surge o batismo de fogo: o navio sofre interceptação de quatro lanchas rápidas, “famosas esquifes”, cada uma com dois homens dentro.

A adrenalina ou epinefrina eram alguns dos neurotransmissores (Jhon E. Hall e Michael E. Hall – Fisiologia Médica) liberados por nós MEC (Figura 7), de modo que sinapses químicas e elétricas correm nas nossas veias como um rio. Só existe um jeito de ter o controle positivo destas excitações: manter a visão de caçador no nível mais elevado de consciência e atenção, almejando somente um objetivo, o cumprimento da missão. Por isso, o adestramento e a preparação com cenários idênticos ao ambiente de *performance* é vital,



Figura 4: Atirador de precisão e Spotter do GRUMEC.



Figura 5: Esquife com Elementos Adversos no GG.



Figura 6: Treinamento de tiro do destacamento MEC.



Figura 7: Abordagem do destacamento MEC.

uma vez que, em situações de estresse, tudo deve fluir normalmente e não há espaços ou tempo para erros.

5. LIÇÕES APRENDIDAS

Muito mais experientes do batismo de fogo, efetivamente entramos no jogo, ou melhor, nas temidas Zonas “E” e “D” do Golfo da Guiné, mais especificamente na costa de Camarões e Nigéria. A dinâmica e a velocidade das operações em locais de extrema tensão marítima fizeram a Fragata Independência (F44) se deparar com as seguintes situações:

- i. navios mercantes “drift” (Flutuando ou derivando) por longos períodos em Zona Econômica Exclusiva de Camarões;
- ii. navios mercantes apagados durante a noite;
- iii. navios ou embarcações navegando sem “AIS”.

Após estes encontros não combinados no mar com estes navios, análise de informações grandiosas foram feitas, não escritas em nenhuma das centenas de artigos e relatórios

estudados do Golfo da Guiné. Foi consolidado em nossos procedimentos operativos que estes tipos de navios são sim navios-mãe ou de suporte logístico para piratas, concluindo-se que, por mais preparados que estejamos na fase de planejamento, é preciso viver o campo de batalha.

Ao encontrar e operar com o navio americano Henry Wood Willians, que mantém sua permanência constante no GG, foi utilizado o seu ARP (Aeronave Remotamente Pilotada) para reconhecimento aéreo em prol da CFT 657, a fim de coletar dados de inteligência de navios-mãe, mostrando sobremaneira que juntos somos mais fortes no Atlântico Sul.

Mas isto não era tudo. Depois da tensão marítima, em cerca de 25 dias, adentramos no mar territorial da Nigéria (Figura 9) para atracar no porto de Lagos, local bem tenso devido a diversos tipos de ameaças assimétricas.

Com o nível de ISPS CODE Nível 3 – Risco alto, no Porto de Lagos – Nigéria, não houve licença devido ao perigo da cidade e do porto, onde militares de



Figura 8: Abordagem do destacamento MEC em Navio Americano.



Figura 9: Navio Mercante atracado no Porto de Lagos – Nigéria.



Figura 10: Navio Mercante atracado no Porto de Lagos – Nigéria.



Figura 11: Briefing com a Marinha da Nigéria a bordo da F44.

operações especiais da Nigéria portando Fuzil “Tavora” e “Mira ODOT”, ambos israelenses, faziam nossa segurança no cais.

Muitas embarcações passavam ao nosso largo, a pior situação era alguém tentar subir a bordo para sequestrar um tripulante ou roubar alguma coisa do navio, por isto estávamos prontos para utilizar o uso gradual da força com um guarnecimento extremamente reforçado com MEC, FN (Fuzileiros Navais) e vigias da tripulação da F44, a fim de se oporem a uma Ameaça Assimétrica.

Diversos navios mercantes próximos de nós, por exemplo, da Empresa Maersk Line (Figuras 9 e 10), possuíam concertinas na borda, tinham segurança privada, mas assaltos foram testemunhados, bem como atividades suspeitas de roubo de cargas à noite e de dia.

Enfim, tivemos horas bem agitadas no Porto de Lagos – Nigéria. Quer dizer, em outras palavras, parecia que a tensão seria somente marítima, mas com o navio atracado o nível de estresse era o mesmo.

CONCLUSÃO

Muitas experiências foram vividas nesta GUINEX I (Figura 11), os medos internos naturalmente foram exorcizados com o calor da batalha e o espírito de equipe

foi aumentando a resiliência de todos, em especial dos operadores MEC. Para isso é que somos treinados, e nada mais justificável que as estrofes da Oração do MEC imortalizadas nesta missão, palavras muito profundas e psicológicas se forem ouvidas no seu sentido holístico (Figura 12).

“Permita meu Deus
Que sempre retorne a minha pátria
Com a vitória em meus braços
Pois sempre que ela precisar
Em qualquer dia e em qualquer lugar
A morte surgirá das profundezas do mar
Na forma de um Mergulhador de Combate”

PRIMUS SEMPRE
FORTUNA AUDACES SEQUITUR.
(A SORTE ACOMPANHA OS AUDAZES)

REFERÊNCIA

HALL, J. E; HALL, M. E. **Guyton & Hall**: tratado de fisiologia médica. 14. ed. Rio de Janeiro: GEN | Grupo Editorial Nacional S. A., 2021.



Figura 12: Destacamento MEC da GUINEX-I.



BATERIAS DE LÍTIO: A NOVA REALIDADE DOS SUBMARINOS



Primeiro-Tenente Diego Fernandes Gonçalves

O submarino é, atualmente, a principal arma para defesa e soberania de um estado por possuir grande capacidade de ocultação e um poder de fogo elevado. Neste contexto, há uma corrida contínua para poder se aprimorar e melhorar a eficácia operativa do meio, aumentando autonomia com maiores períodos submersos.

Há diversos tipos de propulsão de submarinos, são eles:

- convencionais: diesel/elétrico com motores a diesel, gerador, bateria e motor elétrico para propulsão;
- nucleares: com reator nuclear de fissão (vapor, turbina, eixo e motor elétrico);
- híbridos: diesel/elétrico com reator nuclear de baixa potência;
- independentes do ar: motores a diesel de ciclo fechado, utilizam células de energia.

A realidade do Brasil, hoje, são os convencionais (diesel/elétrico), com três classes de submarino:

- Tupi: contam com quatro meios, S. Tupi, S. Tamoio, S. Timbira e S. Tapajó;
- Tikuna: com apenas o S. Tikuna; e
- Riachuelo: com quatro embarcações: O SBR Riachuelo, com previsão de ser entregue ao meio operativo ainda no primeiro semestre deste ano, O SBR Humaitá, que se encontra em período de testes, o SBR Tonelero, com previsão de lançamento ao mar ainda este ano, e o SBR Angostura com lançamento ao mar previsto para 2023.

Futuramente, o Brasil contará com seu primeiro Submarino Nuclear, O SN Álvaro Alberto, que se encontra em construção com comissionamento previsto para 2034.

Os submarinos nucleares possuem uma enorme autonomia de tempo submerso por não necessitar retornar à cota periscópica para carregar suas baterias. Assim, o índice de exposição é mínimo, tornando-se um meio que é dificilmente detectado por forças inimigas, por isso é de

interesse do Brasil a construção deste meio para garantir a soberania do país no Atlântico Sul, pois será a primeira nação nesta área a possuir tal arma de guerra.

Diferentemente dos nucleares, os convencionais precisam, periodicamente, retornar à cota periscópica para realizar o esnórquel (carregar as baterias), o que aumenta bastante o índice de exposição e por conseguinte amplia suas chances de ser detectado nesse intervalo necessário para elevar sua autonomia submerso. Por isso é de interesse do Brasil acompanhar as inovações que vêm ocorrendo com relação a esse tipo de submarino. Uma delas é a instalação de baterias de íon de lítio em motores a diesel/elétricos novos ou reformados, o que está se tornando cada vez mais interessante em virtude de sua densidade de energia ser relativamente alta.

As baterias de íons de lítio estão entrando cada vez mais em nossas vidas cotidianas: elas começaram a ser comercializadas em 1991 pela Sony. Devido à sua alta densidade de energia, esse tipo de bateria aumentou sua popularidade em comparação com baterias alternativas, como as baterias de chumbo-ácido. As baterias de lítio ampliaram a presença no mercado, com o passar dos anos, devido ao crescimento dos dispositivos e começaram a ser implementadas em telefones celulares, eletrônicos portáteis e notebooks.

As baterias de íon de lítio já fornecem energia elétrica para a indústria automotiva e marítima sem precisar queimar combustível. O primeiro veículo totalmente elétrico que concebe esse tipo de bateria foi o Tesla Roadster, em 2008. Veículos híbridos (motores que funcionam com duas fontes de energia: além do motor a combustão, há um outro propulsor elétrico) que utilizam baterias de íon de lítio foram lançados em seguida com o Mitsubishi i-MiEV e o Mercedes-Benz S400 BlueHybrid em 2009. Além da indústria automotiva, outro setor que começou

a desenvolver embarcações híbridas foi a indústria Naval, as balsas híbridas diesel-elétricas foram construídas, como o MV Hallaig em 2013 e a balsa totalmente elétrica MV Ampere em 2014. Há também o projeto para navios porta-contentores autônomos.

Os submarinos diesel-elétricos navegam há mais de cem anos e as baterias de chumbo-ácido que fornecem a energia elétrica enquanto estão submersos ainda predominam. Contudo, chegou a hora de redirecionar as atenções a esta inovação que vem ganhando força nos principais meios de transporte.

O Japão saiu na frente dos demais países e deu o primeiro passo para essa renovação. Já lançou quatro submarinos com essa tecnologia, dois da Classe Soryu, o primeiro foi incorporado à Força Marítima do Japão em 5 de março de 2020, o JS Ōryū (SS-511), que é o décimo primeiro da classe, o segundo é o décimo segundo da classe e se chama JS Tōryū (SS 512) e se incorporou à marinha japonesa em 24 de março de 2021. Os outros dois são da mais nova Classe Taigei, o JS Taigei (SS-513), incorporado em 9 de março de 2022, e o JS Hakugei (SS-514), que tem previsão de ser incorporado em março de 2023.

A movimentação dos asiáticos despertou a atenção dos europeus e já há indícios de que estão sendo projetados novos submarinos com essa nova tecnologia no velho continente. A Itália foi o primeiro país da Europa a avançar, através da Organização Interagências Europeia para Cooperação de Armamentos Cooperativos (OCCAR): há um projeto que já passou com êxito em testes de sistemas. Trata-se do U212 NFS, em que constará o uso de baterias contendo lítio e será construído pelo grupo de construção naval Fincantieri no estaleiro integrado construtor em Muggiano (La Spezia). O lançamento do novo submarino está previsto para 2026 e com entrega ao meio operativo para final de 2027. O segundo navio da classe está programado para 2029.

VANTAGENS DA BATERIA DE LÍTIO EM RELAÇÃO À CHUMBO-ÁCIDO

A bateria de chumbo-ácido foi a primeira bateria recarregável, criada por Gaston Planté no ano de 1859. Ela é bastante popular por conta da sua robustez, baixo custo e baixa autodescarga. As baterias de chumbo-ácido consistem em um ânodo de metal e um cátodo de dióxido de chumbo.

O eletrólito é composto de ácido sulfúrico. Quando a bateria é descarregada, ambos os eletrodos reagem em sulfato de chumbo e o ácido sulfúrico reage em água. Ao se carregar, recebendo energia elétrica, inverte-se a reação química da descarga, regenerando-se os reagentes. Tal processo deve ser rigorosamente monitorado, pois há liberação de gases autoexplosivos, a certas porcentagens, como o hidrogênio, devido à eletrólise da água. O que é desfavorável neste tipo de bateria é sua baixa densidade de energia, levando à pequena capacidade nas altas reites de descarga e impacto ambiental negativo.

As baterias de íon de lítio começaram a ser desenvolvidas na década de 1970 e comercializadas no início dos anos 90, pela Sony, como já citado. O lítio é o metal mais leve de todos os metais e possui um dos eletrodos com mais alto potencial, chegando a 3,0401 V. Nas baterias de íons de lítio, íons de lítio são carregados positivamente, (Li+) se movem do ânodo ao cátodo durante a descarga. Estas características proporcionam a maior densidade de energia em termos de peso. As baterias de íon de lítio têm um baixo grau de manutenção. Nenhum ciclo programado é necessário para manter a vida útil da bateria desejada, diferentemente da chumbo-ácido, que periodicamente deve realizar cargas para manter a capacidade da bateria desejável. Uma grande desvantagem de uma bateria de íon-lítio é a possibilidade de um escapamento térmico. Este processo pode acontecer quando reações químicas exotérmicas são desencadeadas devido a abuso físico ou abuso elétrico, como um curto-circuito, aquecimento externo ou sobrecarga. A tabela abaixo mostra um comparativo entre as duas baterias.

Tabela 1 – Características das baterias

	Chumbo-ácido	Íon de Lítio
Energia específica [Wh/kg]	30-50	100-300
Densidade de energia [Wh/L]	50-90	125-600
Potência específica [W/kg]	50-180	500-5000
Ciclo de vida (80% da capacidade)	500-800	2000-4000

Pelos critérios de seleção apresentados na tabela, como energia específica, densidade de energia, potência específica e vida útil, pode-se concluir que as baterias de íon de lítio são superiores em comparação com as alternativas no mercado, como chumbo-ácido, que são utilizadas em todos os submarinos convencionais da Marinha do Brasil. Portanto, é importante avaliar se é interessante nos futuros Períodos de Manutenções implementar essa nova tecnologia.

REFERÊNCIAS

BRANDT, K. Historical development of secondary lithium batteries. **Solid State Ionics**, v. 69, n. 3-4, 173-377 p., ago. 1994.

BUCHMANN, Isidor. **Batteries in a Portable World**. Cadex Electronics Inc., 2011.

ELECTROPAEDIA. **Battery comparison chart**, June 2020. Disponível em: <https://www.mpoweruk.com/specifications/comparisons.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2022.

GREEN Car Congress. **Design of the daimler s400 mild hybrid system**. Califórnia: Green Car Congress, 11 jun. 2009. Disponível em: <https://www.greencarcongress.com/2009/06/s400-20090611.html>. Acesso em: 5 abr. 2022.

MATTHEY, Johnson. **Our guide to batteries**. 2017.

NV GL. Li-ion battery safety wiki 2: **Li-ion battery rooms**. 2019.

SPRING wise. A dutch company has developed all-electric, fully autonomous cargo barges. mai. 2020. Disponível em: <https://www.springwise.com/worlds-first-electric-autonomous-ships/>. Acesso em: 5 abr. 2022.

WILLIAMS, Martyn. Sony explains battery problems. **Computer world.com**, mai. 2020. Disponível em: <https://www.pcworld.com/article/127637/article.html>. Acesso em: 5 abr. 2022.

ZE'EV Drori. We have begun regular production of the tesla roadster, mai 2020. Disponível em: https://www.tesla.com/nl_NL/blog/we-have-begun-regular-production-tesla-roadster?redirect=no. Acesso em: 5 abr. 2022.



COMO TORNAR A FORÇA DE SUBMARINOS O BRAÇO DIREITO DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA AMAZÔNIA AZUL (SIGAAZ)



Primeiro-Tenente Rodrigo de Souza Sgarbi

O Brasil possui 7,4 mil km de costa e, assim, tem acesso a uma gama dos mais escassos e variados recursos; dentre eles, riquezas naturais e minerais abundantes. Essa área detém significativa relevância econômica para o país, pois abriga atividades de navegação, pesca, turismo, geração de energia renovável, extração de petróleo e gás natural. A faixa oceânica abriga também as reservas do pré-sal – de onde derivam 85% do petróleo e 75% do gás natural do país.

A extensão de 3,5 milhões de km² que banham essa costa é denominada de Amazônia Azul. Ante esses recursos surge a necessidade de ser capaz de proteger essa zona econômica e estratégica. Ademais, é imprescindível ressaltar que desde 2004 o Brasil solicita, junto à Organização das Nações Unidas (ONU), expandir sua área de atuação em 2,1 milhões de km², o que totalizaria 5,6 milhões de km² em Zona Econômica Exclusiva (ZEE) brasileira.¹

A proteção da Amazônia Azul exige conhecimento marítimo aprofundado, ações de presença, capacidade de comando e controle e consciência situacional elevada. O ambiente marítimo é particularmente complexo e denso, especialmente no que tange à quantidade de informações a serem processadas para que haja plena consciência situacional.

Por conseguinte, a extensa área delegada à Marinha do Brasil, aliada às restrições orçamentárias – impostas pela corrente situação econômico-financeira do país –, torna inviável a manutenção fisicamente presente em toda a faixa oceânica; abrindo brechas para que possíveis ameaças transitem livremente pela costa. Essas podem variar de pes-

queiros ilegais a submarinos com propósitos de sabotagem ou levantamento de dados.

Em face do exposto, um método passivo de observação, como escutas submarinas, torna-se uma alternativa com alto custo-benefício, viabilizando a possibilidade de realizar um acompanhamento dos alvos marinhos em sua totalidade a partir de estações em terra.

OBSERVAÇÕES HISTÓRICAS

A Segunda Guerra Mundial não frutificou em grandes inovações tecnológicas quanto às escutas submarinas. As detecções durante o período eram feitas por aeronaves de patrulha e ocorriam, principalmente, quando os submarinos emergiam para recarregar suas baterias ou para usar seus periscópios.

Em 1937, na Universidade de Leigh, o cientista Maurice Ewing realizou a descoberta de que sons de baixa frequência poderiam ser observados a milhares de milhas, com o mínimo de perdas. Em pouco tempo, a Marinha dos Estados Unidos realizou diversos testes com cargas explosivas para compreender sua capacidade e limitações técnicas. Os testes, executados em 1944, foram um sucesso e a técnica foi inicialmente conceituada para comunicações submersas e para resgate de naufragos. Surge, nesse momento, o *Sound Fixing and Ranging* (SOFAR), um sistema de salvamento que consistia em pequenas cargas explosivas, as quais teriam sua posição triangulada por estações em terra.

Com o início da Guerra Fria, a observação das baixas frequências se tornou atrativa para fins de rastreamento de assinaturas acústicas de navios soviéticos, tornando indispensável o aprimoramento do SOFAR. Dessa forma, desenvolveu-se a capacidade de detectar frequências abaixo de 500 Hz em grandes distâncias e, em 1952,

¹ Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/economia-azul/noticias/o-que-e-amazonia-azul-e-por-que-o-brasil-quer-se-tornar-potencia-militar-no-atlantico>. Acesso em: 8 abr. 2022.

a Marinha dos Estados Unidos utilizava o *Sound Surveillance System* (SOSUS).

O SOSUS consistia em hidrofones fixos ao subsolo marítimo por meio de poitas, conectados via cabos blindados a estações em terra, onde o pessoal autorizado acompanhava um gráfico LOFAR rudimentar que era impresso constantemente, a fim de detectar ruídos soviéticos. Seu papel foi decisivo na crise dos mísseis, quando detectou com grande antecedência a movimentação de submarinos soviéticos em direção a Cuba.

O programa SOSUS teve suas capacidades utilizadas integralmente até 1968, quando um espião que trabalhava no projeto, Suboficial John Anthony Walker, entrou na embaixada soviética em Washington e entregou as cifras de rádio. A descoberta soviética de que estavam sendo detalhadamente observados por quase duas décadas clamou pelo desenvolvimento de submarinos mais silenciosos, tornando o sistema SOSUS obsoleto. Contudo, a Marinha dos Estados Unidos continuou o desenvolvimento da tecnologia por meio do programa *Integrated Under sea Surveillance System* (IUSS) (EARLEY, 1993).

INTEGRATED UNDERSEA SURVEILLANCE SYSTEM (IUSS)

O programa IUSS provê um sistema de vigilância submarina dividido em métodos fixos e móveis de escuta. As formas fixas de escuta consistem em hidrofones instalados ao longo do leito marinho, enquanto as formas móveis contemplam o uso de navios de superfície com sistema de hidrofones de baixa frequência rebocados, aeronaves de busca submarina, submarinos e drones submarinos.

NORWEGIAN UNDER SEA SURVEILLANCE NETWORK²

Tal qual os Estados Unidos da América (EUA), a Noruega também possui seu próprio sistema de vigilância submarina. No intuito de ilustrar o poder agregado desta capacidade, retornamos ao ocorrido em 2020, quando cabos submarinos foram cortados, impossibilitando o uso de trechos importantes da rede submersa de hidrofones. Há

suspeitas de que o episódio tenha sido orquestrado pelos russos, tendo em vista sua capacidade e possíveis motivações para realizar tal ato.

Os dados do sistema norueguês eram inicialmente processados pelo Ministério da Defesa e posteriormente os dados eram enviados ao Instituto de Pesquisa Marinha norueguês (IMR). O diretor do IMR, Sissel Rogne, preferiu as seguintes palavras a respeito do ocorrido: “Você pode ver o que acontece lá embaixo em relação a todos os tipos de submarinos e países. É por isso que eu não acredito que seja um caso para a polícia, mas sim para a [agência de segurança nacional norueguesa].”

Diversos danos à estrutura de cabos têm sido reportados, incluindo o desaparecimento de um cabo submerso de 9.5 toneladas.

REDE LORAWAN (LONG RANGE WIDE AREA NETWORK)

Com baixo consumo de energia, transmissores LoRaWAN logram enviar dados a uma distância padrão de vinte milhas, a depender das características do ambiente, podendo exceder esse valor a partir do uso de antenas e circuitos mais potentes. Distâncias de comunicação de quatrocentas milhas já foram registradas.

Conectando as boias entre si, essa tecnologia possibilita a criação de uma rede, de forma que o mal funcionamento de uma única boia não interfira no funcionamento das demais. Desse modo, em princípios similares ao funcionamento do AIS (*Automatic Identification System*), a transmissão dos dados até a estação de recebimento na costa se faz possível.

O uso desta tecnologia, mesmo que limitada no quesito velocidade de transmissão, permite que sistemas embarcados possam, inicialmente, transmitir às estações em terra a posição de um ruído assim que este atingir o *threshold* definido previamente.

IMPLEMENTAÇÃO NO BRASIL

O custo dos sistemas IUSS e norueguês ultrapassam a casa dos bilhões de dólares em virtude da complexidade de operação, manutenção e instalação dos cabos blindados e dos sistemas submarinos necessários para sua operação.

² Com base em Newdick (2021).

Entretanto, devido ao desenvolvimento tecnológico atual e às capacidades técnicas já existentes no país, principalmente as detidas pela Marinha do Brasil, torna-se viável implementar um sistema baseado em boias. Estas seriam instaladas na extensão do Mar Territorial (doze milhas a partir da linha da costa brasileira) e disporiam de comunicação sem fio entre as mesmas, permitindo a distribuição das informações em uma rede distribuída em forma de nós.

A proposta deste artigo vislumbra a adição de sensores de hidrofones de baixa frequência em boias com as seguintes considerações (CAYIRCI, 2006):

1. nessa rede, cada conjunto boia + sensor será chamado de nó;
2. cada sensor se comunica com uma boia na superfície por meio de seu cabo de suspensão;
3. cada boia deve possuir um sistema de comunicação sem fio com outras boias próximas;
4. há um algoritmo que pode alterar a profundidade dos sensores, maximizando o alcance sonar;
5. tanto a logística quanto a manutenção das boias são mais baratas e fáceis em comparação aos hidrofones conectados por cabos submersos.

A posteriori, há a possibilidade de transportar a tecnologia para boias menores de forma descomplicada, que poderão ser lançadas por aeronaves em uma área específica a fim de clarear o ambiente submerso por um tempo restrito – relativo à capacidade da bateria embarcada.

POSSIBILIDADES DO SISTEMA NO BRASIL

Atualmente, a Marinha do Brasil está desenvolvendo o Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAaz), que visa integrar o Sistema de Monitoramento Marítimo de Apoio às Atividades de Petróleo (SIMMAP), o Sistema de Identificação e Acompanhamento de Navios a Longa Distância (LRIT), o Sistema de Informação Sobre o Tráfego Marítimo (SISTRAM) e o Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite (PREPS); todos baseados em rastreamento de posição via satélite. Paralelamente, o acréscimo do processamento de dados de emissões eletromagnéticas e acústicas é percebido como um objetivo no futuro próximo.³

³ Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/sisgaaz-rotecao-e-monitoramento-das-aguas-jurisdicionais-brasileiras>>. Acesso em: 8 abr. 2022.

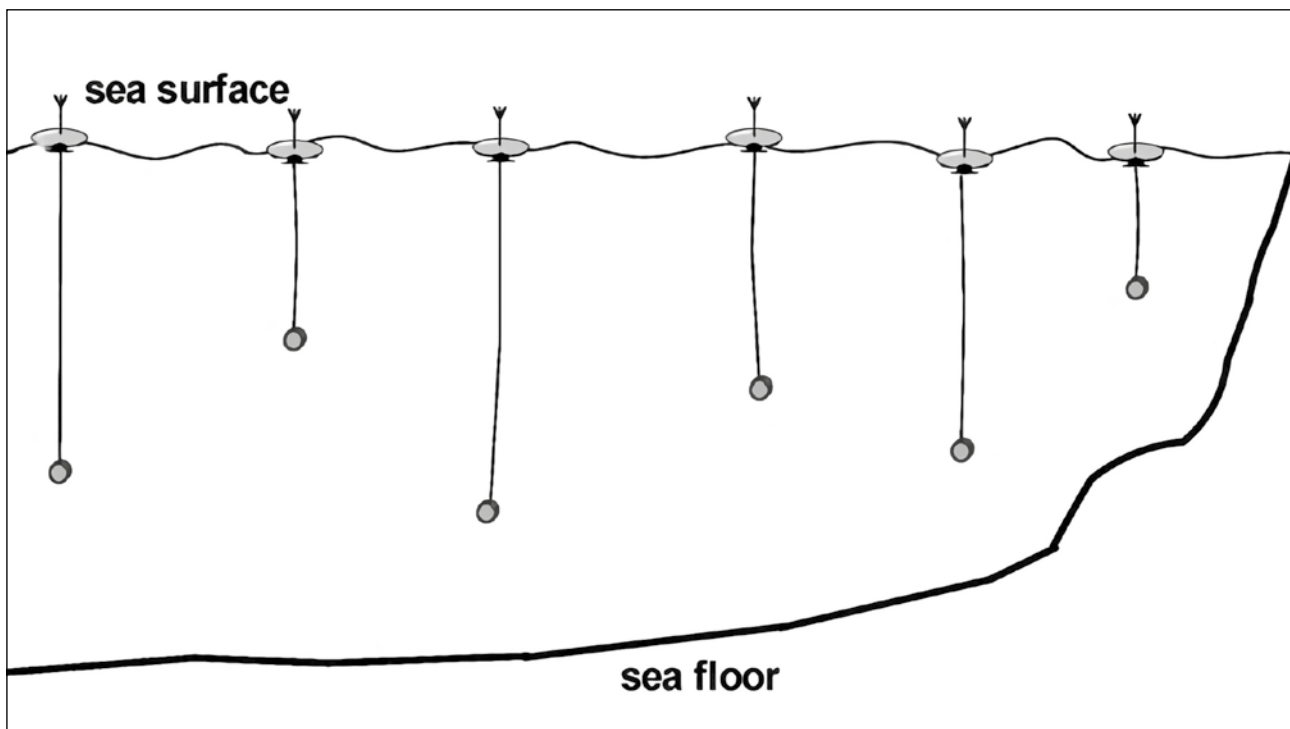


Figura 1: Distribuição dos nós.
Fonte: *Wireless sensor networks for underwater surveillance systems*.

A aplicação de hidrofone sem boias permitiria à Força de Submarinos:

- i. processar continuamente a emissão de dados acústicos de embarcações que transitam pelo território brasileiro e;
- ii. se tornar um braço estratégico do SisGAAz, reunindo esforços e financiamentos utilizados no projeto e no PROSUB para o estabelecimento e desenvolvimento de uma capacidade ímpar na América Latina.

Com a implantação do sistema acústico submarino, a Força de Submarinos teria a capacidade de conceber um banco de dados com todas as embarcações que navegassem pela costa brasileira de forma automática – através do cruzamento de dados públicos disponibilizados pelos sistemas SIMMAP, LRIT, SISTRAM e PREPS, bem como os dados do AIS e de futuras referências eletromagnéticas a serem processadas pelo SisGAAz.

Por fim, algumas vantagens da implementação de um sistema de hidrofones instalados em boias na costa brasileira:

1. triangulação da posição de embarcações de superfície ou submarinas que trafeguem pela costa brasileira;
2. alerta automático informando embarcações que estejam na costa brasileira e que não tenham comunicado sua presença corretamente por meio dos sistemas de monitoramento adequados;
3. acompanhamento de navios da Marinha do Brasil em tempo real em operações na costa brasileira;
4. coleta em tempo real do perfil da velocidade do som e demais características ambientais na posição de cada boia;
5. alerta informando levantamentos batimétricos ilegais realizados;
6. após extensiva coleta de dados do sistema será possível prover alerta antecipado de embarcações específicas que se aproximam da costa.

REFERÊNCIAS

AL-DHARRAB, S.; UYSAL, M.; DUMAN, T. M. Cooperative underwater acoustic communications [Accepted From Open Call]. **IEEE communications magazine**, v. 51, n. 7, p. 146–153, 2013.

CAYIRCI, E. et al. Wireless sensor networks for underwater surveillance systems. **Ad hoc networks**, v. 4, n. 4, 431-446 p., 2006.

EARLEY, P. **Family of spies**: Inside the John Walker spy ring. Nova Iorque, NY, USA: Bantam, 1993.

JIANG, J. et al. Detection of underwater acoustic target using beamforming and neural network in shallow water. **Applied acoustics**, v. 189, n. 5, 108-120 p., fev. 2002.

LAMPERT, João Alberto de Araujo; COSTA, Edwaldo. **Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/sisgaaz-protacao-e-monitoramento-das-aguas-jurisdicionais-brasileiras>. Acesso em: 8 abr. 2022.

NEWDICK, T. **Norwegian undersea surveillance network had its cables mysteriously cut**. Disponível em: <https://www.thedrive.com/the-war-zone/43094/norwegian-undersea-surveillance-network-had-its-cables-mysteriously-cut>. Acesso em: 8 abr. 2022.

PEREIRA, Roger. O que é a Amazônia Azul e por que o Brasil quer se tornar potência militar no Atlântico. **Gazeta do povo**, [s. l.], 1 nov. 2019. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/república/amazonia-azul-brasil-potencia-militar-atlantico/>. Acesso em: 8 abr. 2022.

ZHANG, Q. et al. Local node selection for target tracking based on underwater wireless sensor networks. **International journal of systems science**, v. 46, n. 16, 2918–2927 p., 2015.

COMPONENTES BÁSICOS DA PROPULSÃO CLOSED-CYCLE DIESEL (CCD), DE ORIGEM ALEMÃ



Primeiro-Tenente Pedro Victor Lôres Rocha
Primeiro-Tenente Acácio de Almeida Teixeira dos Santos

1. CLASSIFICAÇÃO QUANTO À PROPULSÃO

Com o passar dos anos, o avanço da tecnologia permitiu que os submarinos navegassem em consideráveis profundidades de submersão. Atualmente, grande parte dos submarinos pode navegar em profundidades que variam entre duzentos e trezentos metros. Algumas embarcações militares especiais podem alcançar profundidades ainda maiores, variando de quinhentos até mil metros (PIWOWARSKI, 2014).

Os submarinos podem ser classificados baseando-se na sua propulsão, dividindo-se majoritariamente em dois grandes tipos: sendo o sistema de propulsão convencional e o sistema de propulsão nuclear (PIWOWARSKI, 2014).

Segundo Lus (2001), os submarinos convencionais são divididos ainda em três categorias:

- Categoria A – Submarino clássico com sistema de propulsão diesel-elétrica;
- Categoria B – Submarino clássico com sistema de propulsão diesel-elétrica com sistema de propulsão independente de ar adicionado – *hybrid propulsion system*;
- Categoria C – Submarino equipado somente com sistema de propulsão independente de ar.

Assim como Silva (2021), para fins deste estudo, o foco será nos submarinos de Categorias B e C, dado que são aqueles com algum sistema independente de ar como única forma de propulsão. Como estatística relevante, Piwowarski (2014) revela ainda que cerca de 70% das embarcações em atividade atualmente possuem o sistema de propulsão convencional diesel-elétrico. Sobre os submarinos que possuem o sistema de propulsão convencional diesel-elétrico, podemos afirmar que:

O sistema de propulsão convencional Diesel-Elétrico consiste em um motor principal, que opera quando o submarino navega na superfície ou quando a profundidade não excede o comprimento do *snorkel* que é um tipo de mastro responsável por capturar o ar na superfície. O gerador Diesel-Elétrico é utilizado para recarregar as baterias dos acumuladores durante o seu funcionamento. As baterias, por sua vez, são utilizadas quando a profundidade de submersão da embarcação não permite que o ar atmosférico seja capturado por *snorkel* e utilizado no motor de combustão interna. (SILVA, 2021, p. 11).

A Figura 1 mostra o esquema do funcionamento de um submarino com propulsão diesel-elétrica.

Como podemos observar, o submarino com a propulsão mencionada acima necessita emergir para com isso utilizar o oxigênio necessário para a combustão. Tal emersão deixa o submarino vulnerável a detecção dos meios de superfície, através de radares e sonares. Com isso, faz-se necessário uma forma pela qual o submarino consiga navegar sem a necessidade de vir nas proximidades da superfície do mar. Surgem como alternativas a esta emersão os sistemas de Propulsão Independente de Ar (*Air Independent Propulsion Systems – AIP*).

2. PROPULSÃO INDEPENDENTE DE AR (AIP)

Os submarinos com motores movidos a diesel, conforme visto na seção anterior, necessitam de seus *snorkels* e de oxigênio da atmosfera para que possam continuar navegando e cumprindo a sua missão; o que os coloca em grande desvantagem em relação aos submarinos com propulsão nuclear, por exemplo. Com isso, os sistemas de

propulsão independentes de ar surgem como alternativa para manter as características de autonomia e a invisibilidade no nível estratégico desejado, como também surgem como uma opção mais barata em relação aos submarinos nucleares.

Para Silva (2021), a definição de Sistema Independente de Ar (*Air Independent Propulsion – AIP*) corrobora com o que está sendo estudado, já que é considerado como qualquer tecnologia que permite a um submarino não nuclear operar sem acesso ao ar atmosférico (pela superfície ou usando *snorkel*). O autor ainda afirma que tais tecnologias aumentam de maneira razoável o tempo que os submarinos podem ficar submersos, proporcionando uma grande vantagem em relação aos convencionais (motores a Diesel).

Tipos de Sistemas AIP

Na literatura, é possível encontrar vários tipos de sistemas auxiliares que possuem a finalidade de aumentar o tempo de submersão de um submarino (HAUSCHILDT, 2003 apud SILVA, 2021, p. 12).

Para Daniëls (1997), os Sistemas Independentes de Ar se dividem em quatro: “Motor Diesel de Ciclo Fechado (CCD), Motor de *Stirling* de Ciclo fechado (CCS), Motor de Turbina a Gás de Ciclo Fechado (CCG) e o

Módulo Autônomo de Energia Subaquática (MESMA)” (DANIËLS, 1997, p. 12, tradução nossa).

Segundo Silva (2021), destacam-se como principais, e terão enfoque neste trabalho, o Ciclo Fechado de Motores Diesel, Ciclo de Motores *Stirling*, Células Combustível e o Turbina a Vapor de Ciclo Fechado (ciclo *Rankine*).

Sobre a tecnologia *Stirling*, segundo Gois, Ribeiro e Maffi (2020), citando Teixeira (2019), podemos afirmar que:

[...] consiste de um motor de ciclo fechado com um fluido de trabalho que está permanentemente contido no sistema. Uma fonte de energia é usada para aquecer esse fluido de trabalho, que por sua vez move os pistões e aciona o motor. O motor é acoplado a um gerador, que gera eletricidade e carrega a bateria. A fonte de energia usada aqui é normalmente LOX (oxigênio líquido) como oxidante e combustível diesel, que é queimado para gerar calor para o fluido de trabalho. (TEIXEIRA, 2019 apud GOIS, RIBEIRO; MAFFI, 2020, p. 4).

Ainda falando de Ciclo *Stirling*, Silva (2021, p. 17) acrescenta como desvantagens “as altas demandas tecnológicas nos processos de fabricação dos pistões específicos dos motores, alta demanda de combustível de qualidade, baixa eficiência e baixa concentração de energia.”

Sobre o sistema de Turbina a Vapor de Ciclo Fechado conhecido comercialmente como MESMA, Gois, Ribeiro e Maffi (2020, p. 4) explica que “(...) é composto de uma turbina alimentada por vapor gerado pela queima de etanol e LOX (oxigênio líquido). O sistema produz vapor, que por sua vez aciona um alternador, que alimenta o motor elétrico principal.” (GOIS; RIBEIRO; MAFFI, 2020, p. 4).

A tecnologia de células de combustível também é explicada por Gois, Ribeiro e Maffi (2020). De maneira resumida, a energia elétrica necessária ao submarino neste sistema de propulsão independente de ar é oriunda de rea-



Figura 1: Esquema de um submarino com propulsão diesel-elétrica
Fonte: Lopes (2018).

ções químicas. A mistura dos gases oxigênio e hidrogênio resulta na produção da energia necessária e, também, como subproduto, água pura. Este sistema AIP funciona “[...] recarregando as baterias dos submarinos ou, no caso da tecnologia de membrana de eletrólito de polímero (PEM), alimenta diretamente o motor elétrico, deixando apenas água destilada como produto residual.” (BITZINGER, 2016 apud GOIS; RIBEIRO; MAFFI, 2020, p. 4).

Sobre o Ciclo Fechado de Motores a Diesel, Silva (2021, p. 14) define:

[...] consiste, tipicamente, de um motor a diesel padrão que pode ser operado de forma convencional (superfície ou por *snorkel*). Em condições submersas, no entanto, o motor opera em uma atmosfera artificial formada por oxigênio armazenado – geralmente na forma líquida em tanques criogênicos –, um gás inerte (normalmente argônio) e produtos de combustão recirculados. Os gases de descarga, formados basicamente por dióxido de carbono, nitrogênio e vapor d’água, são resfriados e separados em seus constituintes, com o argônio sendo recirculado de volta para o coletor de admissão. Os gases de exaustão remanescentes são misturados à água do mar e descartados.

Este último Sistema AIP será o que terá enfoque neste trabalho.

3. CLOSED-CYCLE DIESEL (CCD)

N.R.P (2016) afirma que a tecnologia CCD envolve o armazenamento de oxigênio líquido (LOX) para o bom funcionamento de um motor a diesel submerso. Tal gás é armazenado em tanques e, quando necessário, é enviado ao motor para combustão. Para que o motor diesel funcione em segurança, sem risco de ser danificado, é necessário que seja simulada uma concentração de oxigênio do ar atmosférico, e, para isso, o oxigênio é misturado a um gás inerte (geralmente argônio) e, conseqüentemente, enviado ao motor. Além disso, N.R.P (2016) acrescenta que na exaustão os gases são resfriados e filtrados, de maneira que seja absorvido todo o oxigênio e argônio que possam ser reutilizados no processo. O restante dos gases é misturado com água do mar e descartado no ambiente externo.

3.1 Gaseous Oxygen Stored in the pressure hull (GST)

Ao final da Guerra Fria, uma pequena empresa italiana chamada Maritalia prometeu revolucionar o mundo submarino com submarinos de propulsão AIP de tamanho muito reduzido (SUTTON, 2015).

Embora a forma na época fosse de um submarino, o método de construção único permitia que cada parte do casco tivesse um diâmetro ligeiramente diferente, desenhando uma forma mais hidrodinâmica, de lágrima (Figura 2) (SUTTON, 2015).

Na década de 1970, o inventor italiano Giuino Santi projetou uma maneira de construir submarinos diferente da tradicional. Tradicionalmente, submarinos comuns são construídos a partir de chapas de aço soldadas juntas e dobradas em tubos de peça que são então soldadas ou aparafusadas de ponta a ponta para formar um cilindro. O projeto de Giuino Santi foi construir submarinos a partir de comprimentos de tubos soldados juntos, como uma série de toroides. Estes seriam usados para armazenar gás, especificamente oxigênio, que poderia então ser usado para executar um motor a diesel mesmo quando o submarino está submerso. Combinado com filtragem e armazenamento dos gases de escape no mesmo casco tubular, isso permitiu a verdadeira Propulsão Independente de Ar (AIP), sem emissões de escape. Esta construção foi denominada “Gaseous Oxygen Stored in the Toroidal pressure hull” (GST), ou, traduzindo, Oxigênio gasoso armazenado no casco de pressão toroidal (SUTTON, 2015).

Sutton (2015) acrescenta ainda que o oxigênio era armazenado a pressões incrivelmente altas (350 atm), permitindo assim que fosse transportado um grande volume de gás; o que se traduzia em longos alcances na época.

No final dos anos 1980 e início dos anos 90, o sistema GST desenvolvido pela empresa Maritalia participou de um estudo conduzido pela Universidade da Califórnia para ser avaliado se seu emprego seria útil na realização de projetos de pesquisa subaquáticos. A conclusão do estudo foi: “Os atributos de desempenho operacional do MARI-TALIA 3GST9 são únicos e oferecem aos investigadores de campo muitas vantagens não disponíveis a partir de outras instalações marítimas.” (RECHNITZER, 1990, p. 31, tradução nossa).

3.2 Ciclo Nitro

Uma pesquisa na universidade de Newcastle, descoberta por Hawley (1994) e citada por Gois, Ribeiro e Maffi (2020) em seu trabalho, fez surgir um novo ciclo diesel fechado. Chamado de “Ciclo Nitro” (Figura 3), por possuir o nitrogênio como fluido de trabalho, este ciclo também tinha como particularidade a absorção do excesso de dióxido de carbono oriundo da combustão do óleo diesel por um sistema de absorção não regenerativo de hidróxido de potássio (KOH). Posteriormente, seria adicionado oxigênio para manter a combustão de maneira semelhante à proporção atmosférica.

A água, com o passar do tempo, foi utilizada como absorvedor no lugar do hidróxido de potássio, devido a sua abundância no ambiente marinho. Esta medida, porém, não se mostrou eficiente, pois o seu poder de absorção de CO_2 era menor, se comparada a outra substância que estava sendo utilizada. Tal problemática foi resolvida com a adição de argônio à mistura de gases, originando assim o ciclo diesel-argônio.

3.3 Diesel-Argônio

A origem da utilização do ciclo fechado de motores a diesel utilizando o gás inerte argônio, segundo Daniëls (1997), remete a 1985, quando as empresas de construção naval alemã *Thyssen Nordseewerke* (TNSW) e a holandesa *Rotterdamsche Droodok Maatschappij* (RDM) se uniram no desenvolvimento desse sistema. De 1988 a 1989, ambas as empresas construíram instalações para testes da primeira geração (120 kW e 150 kW). Após testes, medições (ruído e de eficiência) e otimização do sistema e de seus

componentes, iniciaram-se os testes da segunda geração, que foram divididos em dois estaleiros: Carlton Deep Sea Systems (CDSS), cujos testes foram com geração de 580 kW, e RDM, cujos testes foram com geração de 450 kW.

Após um investimento conjunto das duas empresas (TNSW e RDM) para encontrar um submarino adequado para a instalação da propulsão CCD, surgiu a oportunidade de utilizar o submarino alemão desativado da classe Type 205 U1 (Figura 4). Esta embarcação era adequada para testes de mar, pois possuía uma seção adicional já instalada, com a finalidade da realização de testes com células de combustível. Com o apoio financeiro da RDM e do TNSW, em pouco tempo foi instalada uma estrutura CCD em um pequeno espaço do U1, agora chamado de “Ex-U1” (BRENNER, 1993 apud DANIËLS, 1997, p. 13).

A estrutura do sistema CCD é mostrada na Figura 5. Com ela, podemos observar os principais componentes deste tipo de propulsão, bem como os dois principais fluxos de massa: o sistema de reciclagem de gás e o sistema de água do mar (DANIËLS, 1997).

Gois, Ribeiro e Maffi (2020) e Daniëls (1997) explicam o funcionamento do esquema ilustrado acima:

[...] no ciclo de gás, os gases de descarga são resfriados injetando-se um *spray* de água. Posteriormente, os gases passam pelo absorvedor, sendo submetidos ao fluxo da água do mar em contracorrente. Os componentes do gás de exaustão se dissolvem na água do mar, uma vez que a água do mar admitida não está saturada com esses componentes. (GOIS; RIBEIRO; MAFFI, 2020, p. 11).

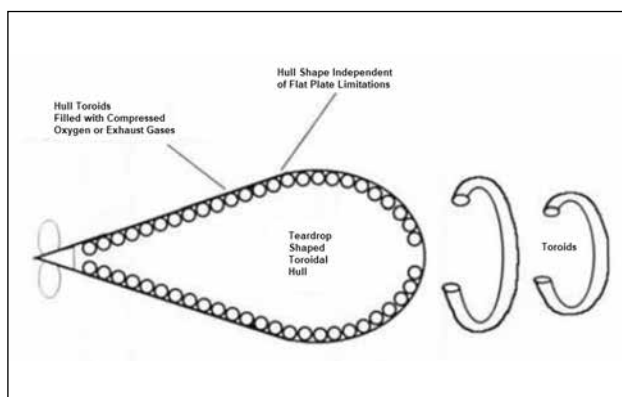


Figura 2: Submarino na forma de lágrima com vasos de pressões toroidais.
Fonte: Gois, Ribeiro e Maffi (2020).

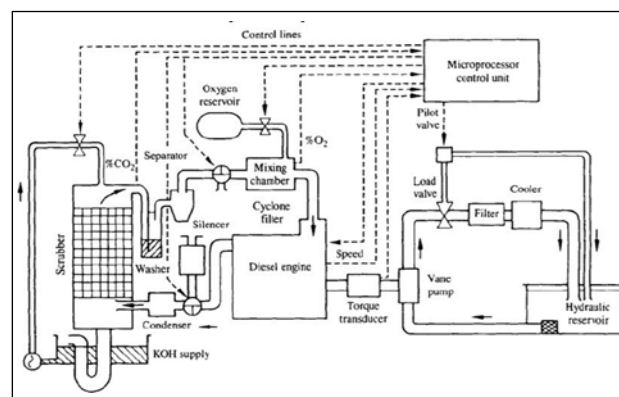


Figura 3: Ciclo Nitro.
Fonte: Gois, Ribeiro e Maffi (2020).

Ainda explicando o funcionamento, Gois, Ribeiro e Maffi (2020) citam que a solubilidade do nitrogênio e do oxigênio na água é cerca de 50 e 25 vezes, respectivamente, menor que a solubilidade do dióxido de carbono no mesmo solvente. Isso significa dizer que, ao se encontrar com a água do mar, uma grande parte do CO_2 será facilmente absorvida, enquanto apenas uma pequena parte do O_2 o será. Isto torna possível a reutilização do gás oxigênio não consumido na combustão. “Depois que os gases de exaustão são tratados no absorvedor, oxigênio e argônio são adicionados à mistura. O oxigênio é necessário para o processo de combustão no motor e o argônio possui a finalidade de aumentar o calor específico da mistura na admissão.” (GOIS; RIBEIRO; MAFFI, 2020, p. 45).



Figura 4: Submarino da Classe Type 205.
Fonte: Type (2020).

A proporção correta entre os gases dióxido de carbono e argônio nas câmaras onde ocorrem os processos de combustão também é abordada por Daniëls (1997). Considerando que uma alta porcentagem do primeiro gás diminui o calor específico da mistura, atrasando a ignição, e o aumento do segundo gás aumenta o calor específico, o autor enaltece a importância do sistema, que equilibra corretamente os dois gases. Tal equilíbrio, por exemplo, reduz fenômenos como a detonação e permite uma combustão mais silenciosa.

Outros gases, como nitrogênio e dióxido de carbono, poderiam ser utilizados no lugar do argônio como meio circulante, porém a produção de ruído poderia ser maior. (DANIËLS, 1997).

No ciclo da água (parte direita da Figura 5), a água do mar passa pelo absorvedor e então é bombeada para fora. No absorvedor, a água é centrifugada e espalhada através de malhas, de maneira que seja aumentada a superfície de contato para facilitar a absorção (GOIS; RIBEIRO; MAFFI, 2020).

A profundidade na qual os submarinos navegam é relevante para a projeção dos sistemas de propulsão. Com a projeção do ciclo da água, não foi diferente. Pensando nisso, a empresa Cosworth Engineering desenvolveu um sistema que faz uso inteligente da pressão diferencial entre o interior e o exterior do submarino. Tal sistema consiste em três conjuntos de dois cilindros de dupla ação e uma série de válvulas, conforme a Figura 6 (DANIËLS, 1997).

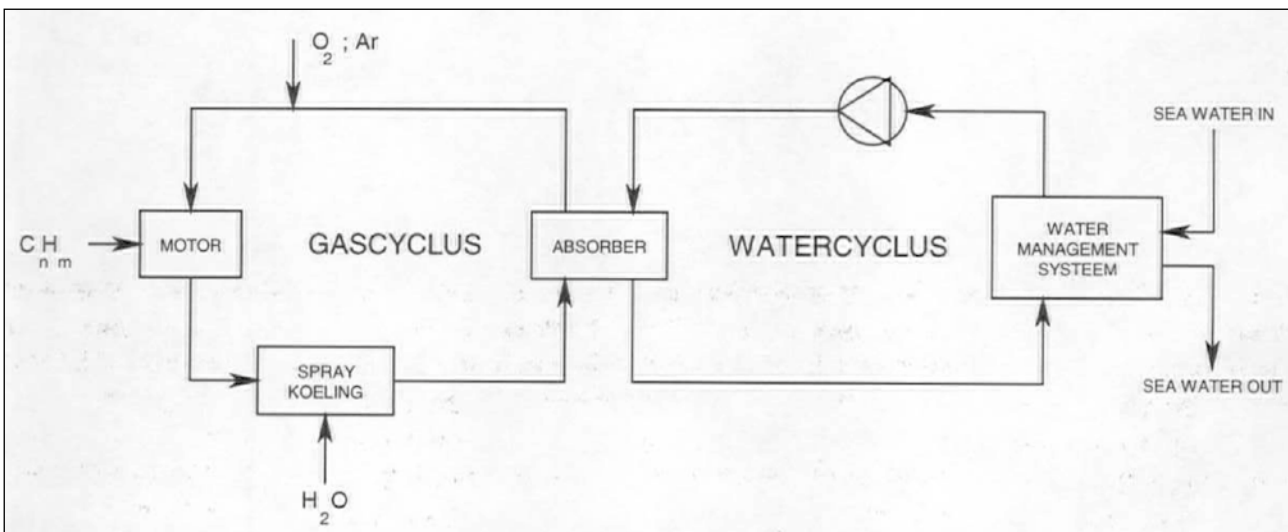


Figura 5: Sistema CCD.
Fonte: DANIËLS (1997).

Segundo Daniëls (1997), o absorvedor e toda a tubulação à esquerda das válvulas 1, 2, 3 e 4 pertencem ao trecho de baixa pressão do sistema (pressão do absorvedor). A bomba de água do mar e todos os componentes à direita das válvulas 5, 6, 7 e 8 pertencem ao trecho de alta pressão (pressão externa).

Sobre o funcionamento do mecanismo deste ciclo, ainda é destacado:

Se as válvulas 2 e 3 estiverem abertas, enquanto as válvulas 1 e 4 estiverem fechadas, a bomba de baixa pressão bombeará a água à baixa pressão (com CO_2 dissolvido) do absorvedor através da válvula de controle de baixa pressão e válvula 2 para o topo do cilindro 1. O pistão de movimento livre se move para baixo, forçando a água do mar sob o pistão passar pela válvula 3 para o absorvedor. Ao mesmo tempo, a bomba de alta pressão bombeia água do mar através da válvula 8 para a parte de baixo do cilindro 2. A água contendo CO_2 acima do pistão do cilindro 2 é bombeada para o mar através da válvula 5. As válvulas são interligadas hidráulicamente, e quando as válvulas 2, 3, 8 e 5 fecham, as válvulas 1, 4, 6 e 7 abrem, assim o cilindro 1 se torna uma unidade de alta pressão e o cilindro 2 se torna uma unidade de baixa pressão. São utilizados três conjuntos de cilindros na tentativa de se obter um fluxo contínuo de água no absorvedor. (GOIS; RIBEIRO; MAFFI, 2020).

3.4 Vantagens e desvantagens

Com relação às vantagens e desvantagens do Ciclo Fechado de Motores a Diesel, a literatura converge em praticamente todos os pontos, na medida em que o sistema possui “vantagens tecnológicas e limitações operacionais bem específicas”. (GOIS; RIBEIRO; MAFFI, 2020).

Daniëls (1997) em seu livro cita diversas vantagens, dentre as quais destacam-se:

- os custos das peças são relativamente baixos, pois as peças comerciais já estão prontas para uso;
- eficiência (30-31% após a perda do gerador);
- o sistema contém peças que já são existentes, tornando fácil adquiri-las;
- pode ser possível adicionar sistemas a diesel em submarinos já existentes (uma atualização de meia idade para converter em motores a diesel de ciclo fechado);
- vários sistemas CCD já foram testados (tecnologia comprovada) e instalados em submarinos (União Soviética e Alemanha); e
- possibilidade de operar tanto em ciclo fechado quanto em ciclo aberto.

Scown (2017) concorda com as vantagens de Daniëls (1997) e ainda acrescenta como mais significativa a capacidade de utilizar motores a diesel de submarinos já exis-

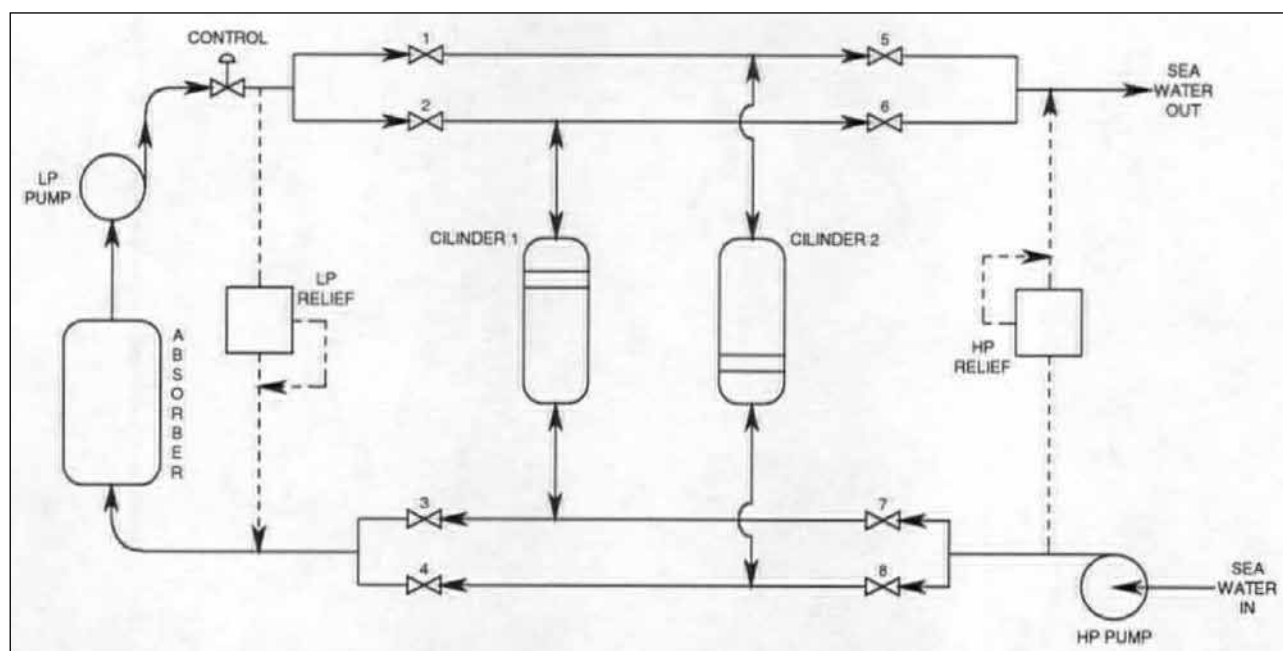


Figura 6: Ciclo da água.
Fonte: Daniëls (1997)

tentes, dado que isso resulta em custos de infraestrutura drasticamente mais baixos em comparação com outras tecnologias disponíveis.

Sobre as desvantagens, Gois, Ribeiro e Maffi (2020) citam Bitzinger (2016):

- a manobrabilidade do navio é reduzida devido ao módulo adicional para os tanques de argônio e oxigênio, entre outros componentes;
- OS níveis de calor e ruído gerados pelos CCD são semelhantes aos gerados pelos submarinos diesel-elétricos, o que torna o navio fácil de ser detectado por infravermelhos e sonares inimigos;
- sensores químicos podem detectar os gases dissolvidos expelidos pelos CCD; e
- OS motores diesel-elétricos convencionais têm desempenho geral semelhantes aos CCD.

Para Daniëls (1997), a principal desvantagem está no armazenamento extra. Além do combustível, deverão ser incluídos o oxigênio líquido e o argônio.

CONCLUSÃO

Conforme descrito ao longo do trabalho, o submarino surgiu como uma alternativa para que o homem pudesse navegar de forma segura abaixo das ondas do mar. Em um ambiente considerado como um dos maiores campos de batalha de todos os tempos, esta máquina ultrapassou os limites da incapacidade humana de respirar abaixo da linha d'água, como também superou os efeitos acumulados da pressão que o corpo sofre quando submerso.

Funcionando como uma máquina de guerra eficiente durante um tempo, os submarinos tiveram suas limitações alcançadas conforme foram se desenvolvendo novas tecnologias capazes de retirar sua invisibilidade, como a Aviação Naval. Muito desenvolvida durante a Segunda Guerra Mundial, a capacidade dos aviões de detectarem rapidamente os submarinos precisou ser combatida. Novas tecnologias que fizessem com que os submarinos ficassem mais tempo submersos precisaram ser desenvolvidas, pois necessitavam subir à superfície em algum momento para recarregar as suas baterias. O surgimento do submarino com propulsão nuclear, em 1955, pareceu ser a solução, porém seu custo de produção se revelou uma desvantagem, e novas tecnologias precisaram ser pesquisadas.

Ao longo do trabalho, podemos ver que a tecnologia AIP foi a solução encontrada. Tecnologia baseada na independência do ar da atmosfera, permitia que os submarinos mantivessem a característica estratégica da invisibilidade por mais tempo. Dentre as tecnologias independentes de ar citadas, a que mereceu enfoque ao longo do trabalho foi o Ciclo Fechado de Motores a Diesel.

O Ciclo Fechado de Motores a Diesel passou por diversas modificações importantes ao longo do tempo. Projetos como o tubo de armazenamento em formato toroidal, italiano, e o Ciclo Nitro culminaram no Ciclo Diesel-Argônio e na forma mais eficiente da independência do ar atmosférico, já que o sistema consistia em uma atmosfera artificial resumida a partir de oxigênio líquido armazenado (LOX), argônio e produtos da exaustão reciclados.

Apesar de o Ciclo estudado ter demonstrado a sua aplicabilidade estratégica, sendo mais uma forma de ocultar os submarinos por mais tempo, outros tipos de tecnologia se mostraram mais eficientes e seguros ao longo das décadas, como a propulsão *Stirling* e as células de combustível. Contudo, o sistema de propulsão independente de ar com ciclo fechado de motores a diesel continua sendo ainda uma opção mais barata e mais rápida de modernização de submarinos convencionais.

REFERÊNCIAS

DANIËLS, S.J.J. *Literatuuronderzoek naar verschillende typen AIP-systemen*. Haia, 1997, p. 12 -16.

GOIS, Gustavo Emilio de; RIBEIRO, Miguel Felipe; MAFFI, Maurício Dutra. **Sistema De Propulsão Closed-Cycle Diesel (CCD)**. Trabalho de Propulsão Elétrica do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Propulsão Naval. Rio de Janeiro: CIAW, 2020.

LISBOA, Rodney Alfredo Pinto. **As Farpas Letais do Tridente**: Procedimentos de Lançamento/Recolhimento de mergulhadores de combate considerando o emprego dos futuros submarinos convencionais (S-BR) e nucleares (SN-BR) da Marinha do Brasil. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Marítimos da Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Estudos Marítimos. Rio

de Janeiro: EGN, 2016. Disponível em: <https://www.repositorio.mar.mil.br/handle/ripcmb/26381>. Acesso em: 18 jan. 2022.

LOPES, R. S40 Riachuelo III – O motor Diesel-Elétrico. **Defesanet**, 2018. Disponível em: https://www.defesanet.com.br/prosub_s40/noticia/31418/S40-Riachuelo-III----motor-diesel-eletrico/. Acesso em: 20 dez. 2021.

LUS, T. Submarine Hybrid Propulsion Systems. **Journal of Kones**. Combustion Engines, Gdynia, v. 8, n. 1-2, 265-270 p., 2001.

N.R.P. Explained: How Air Independent Propulsion (AIP) Works! **Defencyclopedia**. 2016. Disponível em: <https://defencyclopedia.com/2016/07/06/explained-how-air-independent-propulsion-aip-works/>. Acesso em: 21 dez. 2021.

PIWOWARSKI, M. The analysis of turbine propulsion systems in nuclear submarines. **Key Engineering Materials**. Polônia. v. 597, 2014, p. 99-105.

RECHNITZER, Andreas B. **The Scientific Research Support Potential Of The Submersible MARITALIA 3GST9**. UC San Diego, 2001. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/09v8w4d2>. Acesso em: 18 jan. 2022.

SCOWN, E. W. **An Analysis of Submarine Air Independent Propulsion Technologies as a Solution to Canadian Arctic Sovereignty Concerns**. Artigo escrito por aluno do Canadian Forces College em cumprimento de um dos requisitos do Curso de Estudos. Canadian Forces College, 2017. Disponível em: <https://www.cfc.forces.gc.ca/papers/csc/csc44/sp/scown.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2022

SILVA, Adjane Oliveira da. **Análise termodinâmica de ciclos de propulsão independente de ar para submarinos**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro. Rio de Janeiro: UFRJ, 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10033191.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2022.

SUTTON, H. I. Forgotten Super Subs of the Cold War - Italian GST-23+. **Covert Shores**. 2015. Disponível em: <http://www.hisutton.com/>. Acesso em: 23 dez. 2021.

TYPE 205 submarine. *In*: **WIKIPÉDIA**: a enciclopédia livre. 2020a. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Type_205_submarine. Acesso em: 21 dez. 2021.

DUAS VEZES ALGECIRAS: SANGUE ITALIANO NO MERGULHO DE COMBATE CONTRA A ROYAL NAVY



Capitão-Tenente (FN) Bruno Henrique Manfrim Cruz

ARGENTINA, 1975-1982

Dia 22 de setembro de 1975, a fragata ARA *Santissima Trinidad* estava em construção, no estaleiro Río Santiago, próximo a Buenos Aires, para a Marinha argentina. Nesta data, uma explosão ocorreu no seu casco. A explosão foi resultado de uma mina de casco improvisada instalada por mergulhadores da organização *Montoneros*, que empreendia disputas com o governo argentino (a conclusão da construção do navio se deu no início da década de 1980). Os perpetradores da ação foram presos, entre eles, o mais experiente em atividades de mergulho foi recrutado para assessorias a respeito do tema...

Dia 2 de abril de 1982, com a Operação Rosário, forças argentinas desembarcam no arquipélago das Ilhas Malvinas/*Falklands*, território disputado com o Reino Unido. A ação desencadeia uma série de ações no campo diplomático e militar, o Reino Unido envia uma força-tarefa para o Atlântico Sul, comandada pelo submarinista Almirante John Forster “Sandy” Woodward. Com as linhas de comunicação bastante alongadas desde o Reino Unido até as Ilhas em disputa, no Atlântico Sul, as forças britânicas utilizam a Ilha de Ascensão e Gibraltar como pontos de apoio às suas operações para se antepor aos argentinos.

MARE NOSTRUM, OS PIONEIROS ITALIANOS

Na Primeira Guerra Mundial, a Regia Marina, Marinha italiana, por meio de pequenas embarcações transportando explosivos, logrou destruir alguns navios do Império Austro-Húngaro. Baseado neste conceito, na década de 1930, membros da Marinha italiana desenvolveram submersíveis tripulados, ou popularmente “torpedos humanos” (atualmente, assemelhar-se-ia a um *Diver Propulsion Device*), para que, usando da furtividade da imersão, pudessem penetrar defesas portuárias e instalar cargas explosivas em

seus alvos. A invenção foi denominada SLC (*Siluro a Lenta Corsa* – torpedo de marcha lenta) e apelidado de *Maiale*, porco no idioma italiano, por seus constantes “temperamentos” técnicos que dificultavam a operação.

Em 1938, a marinha italiana cria o Grupo *Gamma*, unidade de nadadores/mergulhadores para ações de ataque e sabotagem. Com a eclosão da Segunda Guerra Mundial (2ª GM), a *Regia Marina* lançou mão de suas experiências progressas contra seus adversários. Em 1941, o Grupo *Gamma* é incorporado à *Decima Flottiglia MAS*, unidade que seria responsável por operar lanchas rápidas e os SLC a partir de submarinos.

No teatro de operações do Mediterrâneo, a *Decima Flottiglia* escreveu sua história, inspirando o surgimento de unidades semelhantes na Alemanha, Reino Unido e Estados Unidos da América (EUA). Uma das ações mais emblemáticas da *Decima Flottiglia* ocorreu em Alexandria, em dezembro de 1941.

ALEXANDRIA, EGITO, 1941

A ação em Alexandria foi o clímax de uma série de tentativas de atacar este porto com submarinos/mergulhadores em seus SLC. A primeira tentativa ocorreu com o submarino *Iride*, atacado por aviões da RAF (*Royal Air Force*), que foi destruído. Entre os membros da tripulação, estava o mergulhador Teseo Tesei, um dos criadores do SLC, que, posteriormente, faleceu em outra ação da *Decima Flottiglia*. A segunda tentativa não teve destino melhor: o submarino *Gondar* foi atacado por navios-escolta e toda a sua tripulação capturada, entre eles, outro criador dos SLC, Elios Toschi. A terceira tentativa iniciou-se em 3 de dezembro de 1941, quando o submarino *Sciré*, comandado pelo Capitão de Corveta Julio Valerio Borghese, suspendeu de La Spezia, na costa ocidental italiana, com três SLC a bordo.

A navegação do *Sciré* buscava a ilha grega de Leros, onde a Marinha italiana possuía instalações, e neste local os mergulhadores seriam embarcados. Durante a derrota até Leros, o *Sciré* foi avistado por um avião britânico, não foi atacado porque respondeu corretamente ao sinal de identificação mútuo à tripulação britânica, que naquele período em lide eram sinais luminosos verdes (o *Sciré* possuía esta informação graças à inteligência da Marinha italiana). Após o *rendez-vous*, em Leros, seis mergulhadores uniram-se ao submarino e prosseguiram para Alexandria.

Na noite de 19 de dezembro de 1941, a cerca de 1,3 milha náutica ao norte do porto de Alexandria, os SLC com seus mergulhadores partiram do *Sciré* em direção aos seus alvos. As três duplas tinham de ultrapassar as defesas portuárias e dos navios (barreiras e redes, cargas de profundidade lançadas a períodos regulares de embarcações de patrulha). Nesta noite, alguns navios da *Royal Navy* estavam regressando a Alexandria, criando a necessidade de se abrir a barreira que protegia as águas da bacia de manobras do porto. Aproveitando este movimento, os operadores dos SLC guiaram seus *Maiales* para os alvos.

O HMS *Queen Elizabeth* era o objetivo dos mergulhadores Marceglia e Schergat, que instalaram o explosivo no casco do navio e dirigiram-se para terra, onde passaram incólumes por algumas horas, fazendo-se passar por franceses, até serem capturados pela polícia egípcia em uma estação de trem buscando embarcar para um ponto de extração. O HMS *Valiant*, comandado pelo Capitão de Mar e Guerra Charles Morgan, foi alvo do Tenente De La Penne e Suboficial Bianchi, o SLC de De La Penne e Bianchi apresentou problemas, afundando, mesmo assim a dupla conseguiu instalar a carga explosiva no navio. Com esses percalços, os mergulhadores subiram à superfície e foram capturados pela tripulação do *Valiant*.

Martellota e Marino, a terceira dupla, tinham como objetivo o porta-aviões HMS *Eagle*, contudo, o *Eagle* não estava no local, então instalaram seus explosivos em um alvo que julgaram de valor, o petroleiro *Sagona*. Nas proximidades do *Sagona*, encontrava-se o HMS *Jervis*. Martellota e Marino nadaram até o píer e foram capturados pela segurança do porto. De La Penne e Bianchi foram interrogados no *Valiant*, enquanto Martellota e Marino foram levados ao comando da base britânica. Nenhum deles revelou maiores

informações e, no momento programado, explosões ecoaram pelo porto de Alexandria.

Todos os navios (inclusive o HMS *Jervis*) sofreram avarias que demandaram um período extenso de reparos, incluindo docagem.

O ataque a Alexandria diminuiu a pressão da *Royal Navy* sobre o transporte de suprimentos da Itália para a Líbia, bem como dificultou os comboios de suprimento britânicos, partindo do Egito para suprir e sustentar a resistência da Ilha de Malta. Com o desenrolar da guerra, a Itália vivenciou um período que possuiu dois governos: um, ainda, pró-Eixo e outro, pró-Aliado. Esta divisão também se refletiu na *Decima Flottiglia*, fazendo com que cada grupo continuasse a empreender suas ações, agora, em lados opostos. Esta “diáspora” permitiu acesso dos Aliados à *expertise* e equipamentos italianos, tidos à época como superiores às unidades do Reino Unido e EUA.

Depois da guerra, muitos membros da *Decima Flottiglia* empreenderam atividades que permeavam as atividades de mergulho militar, comercial ou desportivo. De La Penne, que atacou o *Valiant*, quando condecorado por uma comenda italiana a serviço dos Aliados (fruto da cisão da *Decima Flottiglia*), recebeu o pedido de ser condecorado pelo agora Contra-Almirante Charles Morgan, comandante do *Valiant* (anos depois, o Almirante Morgan foi um dos responsáveis por transformar um determinado navio em museu, este navio é o HMS *Belfast*, que, sempre que possível, acolhe visitantes de Londres para atracar ao seu contrabordo por boreste, nas águas do Tâmsa).

De La Penne, na década de 1950, foi Adido Naval da Itália no Brasil e também chegou ao Almirantado. A Marinha italiana o homenageou dando seu nome a uma classe de navios: os “*Durand de La Penne*” (duas unidades construídas). Alexandria foi um ponto de destaque na campanha dos submarinos e mergulhadores italianos, mas muitos creditam este sucesso à forja de ações anteriores, nas quais ganharam experiência e aperfeiçoaram suas operações. Nesta história pregressa, um dos palcos foi Gibraltar.

GIBRALTAR, PRÓXIMO A ALGECIRAS, DÉCADA DE 1940

Gibraltar, um ponto estratégico que domina a entrada do Mediterrâneo pelo Estreito de mesmo nome, é uma pos-

sessão britânica encravada em território espanhol. Por sua posição geográfica relevante, Gibraltar e suas redondezas são palco de muitas histórias, acontecimentos, disputas, e não foi diferente na 2ª GM. Sendo uma base britânica no Mediterrâneo, os navios em Gibraltar foram alvos das ações da *Decima Flottiglia*. Inicialmente, os mergulhadores eram lançados de submarinos com seus SLC (antes de Alexandria, Borguense e seu *Sciré* participaram de algumas operações em Gibraltar), mas também houve variações: nadando a partir da região espanhola de Algeciras (Espanha era oficialmente neutra na 2ª GM), os italianos operavam a partir de uma propriedade conhecida como *Villa Carmela*, onde mantinham o disfarce para observar o porto inimigo e lançar os ataques.

Outro expediente que os italianos utilizaram foi o navio mercante *Otterra*: embarcação italiana que, quando foi declarada a guerra entre Itália e Reino Unido, encontrava-se em Gibraltar. Sua tripulação, para evitar ser internada e/ou ter o navio confiscado pelos britânicos, enalhou a embarcação em águas espanholas. Posteriormente, sob disfarce de uma companhia de reparos navais, a *Decima Flottiglia* operou a partir do *Otterra*, onde dispôs oficinas, paióis e uma abertura no casco para que os SLC fossem lançados e recuperados a partir do mesmo.

Esta variedade de alternativas e dissimulações gerou confusão às defesas do porto de Gibraltar, que acreditava estar sendo atacado por torpedos de submarinos ou, ainda, quando descobriram ser ações de mergulhadores, julgavam que os mesmos operavam a partir de submarinos.

A *Royal Navy* buscou robustecer suas defesas e instalou sentinelas, holofotes, dispositivos acústicos, patrulhas navais e organizou um grupo de mergulhadores para inspecionar seus navios. Os mergulhadores da *Royal Navy* operavam em condições rudimentares, utilizando como equipamento de mergulho o aparato de escape submarino Davis, não dispunham de nadadeiras ou trajes. Neste grupo de mergulhadores da *Royal Navy* estava o então CT Lionel “Buster” Crabb.

Crabb e seu grupo aos poucos foram desenvolvendo técnicas e com material capturado dos italianos foram incrementando a própria operação. Crabb teria sido o idealizador do procedimento de lançamento de cargas explosivas de pouco mais de 1 kg na água, de forma periódica, por lanchas ou botes como medidas de proteção contra incursões submersos. Teria também partido de Crabb a desconfiança do uso

de território espanhol e do *Otterra*. Essas suspeitas de todo não foram em vão: a inteligência britânica, com a participação de um agente duplo, a “Rainha dos Corações”, Larissa Swirdiski, uma russa emigrada pela revolução de 1917 em seu país, teria começado a descortinar as ações dos italianos.

MAIS UMA VEZ, GIBRALTAR... MAIS UMA VEZ, ALGECIRAS... 1982

Com as tensões entre Reino Unido e Argentina e respectivas mobilizações para um confronto pela disputa das Ilhas *Falklands*/Malvinas, a Marinha argentina seleciona um grupo de mergulhadores para atacar navios da *Royal Navy* em Gibraltar. Este intento é idealizado e comandado pelo Almirante Jorge Isaac Anaya, comandante da Marinha da Argentina.

O grupo recebeu instruções e partiu em voo comercial para a Europa com passaportes falsos no final de abril. Ao chegar ao Velho Continente, receberam as cargas explosivas, minas de casco *limpet mines* italianas de emissários argentinos na Espanha. O grupo estabeleceu-se na região de Algeciras, território espanhol, que compartilha as águas e vistas das águas da Baía de Algeciras com Gibraltar, permitindo, assim, a observação e reconhecimentos para atacar navios do Reino Unido. Para construir uma cobertura às ações foram à loja de departamentos “El Corte Inglés”, onde adquiriram bote e material de pesca, para compor o ardid de que eram pescadores frequentadores da região.

O protocolo estabelecido era de reportar-se ao comando da operação, que emitiria ou não autorização para prosseguir. Inicialmente, comunicaram a possibilidade de atacar um navio caça-minas (considerado de pouco valor, tendo autorização negada), bem como navios petroleiros, que também foram negados por não visarem embarcações civis ou de outras nacionalidades e evitar danos ambientais. Reportando a presença de outras belonaves militares no porto, desta vez alvos compensadores, não receberam autorização para atacá-las, pois segundo o escalão superior, tratativas diplomáticas estavam em curso e uma ação contra os navios da *Royal Navy* prejudicariam um possível acordo.

Esta negativa para o ataque ocorreu em 2 de maio de 1982, Nesta mesma data, o Capitão de Fragata Chris Wreford-Brown e sua tripulação empreenderam ações que fizeram que os mesmos pudessem, por ocasião do regresso

para base 62 dias depois, hastear a bandeira *Jolly Rogers*, a bandeira pirata, símbolo de vitórias no mar dos submarinos britânicos. Wreford-Brown era o comandante do submarino nuclear HMS *Conqueror*, que afundou os cruzadores argentinos ARA Belgrano.

Após a perda do Belgrano, foram flexibilizadas as condições para que os mergulhadores argentinos realizassem o ataque (ressalta-se que, em 25 de abril, a FT britânica já havia retomado o arquipélago das Ilhas Georgias do Sul, onde a Marinha argentina havia perdido o submarino ARA Santa Fe e, em 1º de maio, posições argentinas nas Ilhas *Falklands*/Malvinas haviam sido bombardeadas pela primeira por aviação).

Quando a fragata inglesa HMS *Ariadne* chegou a Gibraltar, decidiram que este seria o alvo e iniciaram os preparativos para consumir o ataque. Contudo, no momento em que um dos integrantes do grupo foi novamente à empresa locadora de veículos para renovar o contrato, foi surpreendido e abordado pela polícia espanhola, levando à detenção de todos.

Há várias versões ou uma sobreposição de fatores para explicar o que levou à detenção do grupo.

Em 1982, a Espanha sediaria a Copa do Mundo, fazendo com que os dispositivos de segurança pública estivessem mais alertas, presentes e potencializados devido às ameaças do grupo separatista basco ETA. Além disso, o comportamento do grupo argentino teria despertado desconfiança da locadora de automóveis ao efetuar os pagamentos em espécie, fazendo com que a empresa alertasse a polícia.

Parte do grupo havia chegado à Europa via Paris e, na Imigração, um dos integrantes teria sido retido para maiores averiguações e posteriormente liberado. Teria sido ali o primeiro passo para serem descobertos? Paris e/ou Londres sabiam de algo e estavam cooperando? A Espanha, que também tem uma contenda territorial com o Reino Unido (justamente Gibraltar), poderia ter se omitido e cooperado com a presença dos argentinos? Ou colaboraria com seus vizinhos europeus? Nas semanas dos fatos ocorridos, a Espanha, que estava às vésperas de ingressar na OTAN (Organização do Tratado do Atlântico Norte), sendo avisada da presença dos argentinos não colaboraria com seus aliados militares?

Segundo algumas versões, a inteligência britânica teria tido ciência do plano de atacar Gibraltar interceptando co-

municações entre Buenos Aires e sua embaixada em Madri; por sua vez, Londres teria solicitado apoio aos espanhóis (é amplamente difundido em diversas obras sobre a Guerra das Malvinas que as comunicações argentinas estariam sendo acessadas pelo Reino Unido). Entre os detidos pelos espanhóis estava Máximo Nicoletti, o mesmo que anos antes havia mergulhado e atacado com uma *limpet mine* o ARA *Santissima Trinidad*.

A FAMÍLIA NICOLETTI... CHEGA A UM PORTO BELO

Máximo Nicoletti nasceu na Argentina, é filho de Bruno Nicoletti e sobrinho de Giuseppe Nicoletti, ambos italianos. Bruno, na juventude, embarcou em navios para viajar o mundo, e Giuseppe pertenceu à Marinha de seu país na (2ªGM), onde teve contatos com integrantes da *Decima Flottiglia*.

Após o conflito, emigraram para a Argentina, onde se dedicaram a diversas atividades, sendo a mais bem-sucedida relacionada com atividades de mergulho, estabelecendo um comércio de equipamentos e fabricação de trajes (inicialmente borracha e posteriormente neoprene, sendo pioneiros na introdução do material na região), nesta atividade comercial esteve presente a parceria com os conterrâneos da empresa Cressi.

Coincidência ou não, Giuseppe serviu com Luigi Ferraro. Durante a guerra, Ferraro operou desde a Turquia para a Decima Flottiglia atacando navios mercantes. No período pós-guerra, Ferraro fez parte, junto com Jacques Cousteau, da primeira presidência da CMAS (*Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques*) e também foi executivo dos equipamentos Cressi. Além de empreendedores do ramo, os irmãos são também entusiastas e praticantes da atividade, tendo seus nomes sendo reconhecidos pela comunidade de mergulho argentina como sendo pioneiros e incentivadores.

O *know-how* com trajes para atividades aquáticas teria levado Giuseppe, Seu Pino, como ficou conhecido, a fazer parte do início de uma marca brasileira de material para prática de surf, a Mormaii. Na década de 1980, Giuseppe viaja para o Brasil e inicia em Santa Catarina, cidade de Porto Belo, novo domicílio e empreendimento, também dedicado à confecção de trajes de neoprene e equipamentos. A fábrica, que existe até os dias atuais, leva seu apelido... Pino.

E SE...

Teria a ação argentina em Gibraltar mudado o destino do conflito das Malvinas? Fato é que o HMS Ariadne sequer participou do conflito. E se o ataque tivesse ocorrido antes? Ao que consta, navios que compuseram a FT do Reino Unido e tomaram ações na Guerra das Malvinas já não se encontravam em Gibraltar quando o grupo de mergulhadores chegou à Espanha. Quais seriam, então, possíveis advenços de uma ação bem-sucedida em Gibraltar? Disseminar preocupação nas forças britânicas? Seriam os britânicos mais cautelosos para os futuros desembarques anfíbios, permitindo maior exposição aos ataques das forças argentinas? Infringir danos ao esforço militar inimigo?

Os possíveis advenços compensariam uma reação mais incisiva de Londres ou escalada do conflito? Ações na Argentina continental, por exemplo (contudo, antes mesmo da partida do grupo, já havia indícios de operações do Reino Unido no continente: em 18 de abril de 1982, um helicóptero *Sea King* transportando tropas de comandos SAS alegou problemas técnicos e pousou em uma praia em *Punta Arenas*, no Chile, vindo de um possível reconhecimento a bases argentinas de aviação); ou, ainda, reprovação europeia e norte-americana?

Ou, ainda, os riscos compensariam as consequências e embarço internacional? Tendo em vista que a maior parte do grupo era composta de ex-integrantes dos “Montoneros” e o passado insurgente dos mesmos os faria propícios para não envolver oficialmente autoridades argentinas (contudo, haveria no grupo pelo menos um membro da Armada Argentina como integrante). Não há a pretensão de se dar respostas corretas, apenas fomentar uma reflexão de modo salutar.



Figura 1: Submarino Sciré navegando com os SLC.
Fonte: <https://www.warhistoryonline.com/instant-articles/Sciré-italian-royal-navy-sub.html?adblock=1&chrome=1>.

CONCLUSÃO E LEGADO

A história registra outros exemplos de ações semelhantes utilizando mergulho e demolições submarinas: conflitos entre Israel e países árabes e grupos terroristas, Vietnã, Operação *JackPot* (Bangladesh contra Paquistão), o afundamento do *Rainbow Warrior* pelos franceses na Nova Zelândia, ações contra a pirataria, a ameaça às linhas de comunicações navais e plataformas de produção de combustível no Golfo Pérsico, com vários casos de navios sendo alvos de intentos de sabotagem por artefatos explosivos instalados clandestinamente.

Anos depois da *Decima Flottiglia*, enviar homens submersos para atacar alvos continua sendo uma opção disponível e em constante desenvolvimento pelas forças navais, além de figurar como uma ameaça da qual se deve defender. De relativo baixo custo, podem atingir objetivos táticos, operacionais e estratégicos de grande vulto, surpreender o oponente e gerar consequências importantes às preciosas linhas de comunicações navais ou a meios e instalações de interesse a serem neutralizados.

REFERÊNCIAS

HISTORIOGRAPH. **When Six Men Sunk Two Battleships - The Raid on Alexandria**. Youtube, 19 dez. 2020. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=2vk8EC7LDRE&ab_channel=Historiograph. Acesso em: 16 fev. 2022.

KINGS and Generals. **Mediterranean War: Italian Raids on Alexandria and Gibraltar**. Youtube, 18 mai. 2021. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Zn4Gjueziig&ab_channel=KingsandGenerals. Acesso em: 12 fev. 2022.



Figura 2: Detalhe do SLC.
Fonte: <https://comandosupremo.com/decima-mas-attack-on-alexandria/>.

LA EMPRESA. Disponível em: <https://lacasadelbuceador.com/la-empresa/>. Acesso em: 16 fev. 2022.

LUIGI DURAND DE LA PENNE. In: **Wikipédia**: a enciclopédia livre. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Luigi_Durand_de_la_Penne. Acesso em: 16 fev. 2022.

LUIGI FERRARO. In: **Wikipédia**: a enciclopédia livre. Disponível em: [https://it.wikipedia.org/wiki/Luigi_Ferraro_\(militare\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Luigi_Ferraro_(militare)). Acesso em: 6 fev. 2022.

MANFRIM, B.H. Cruz. A Retomada das Ilhas Malvinas. **Revista de Villegagnon**, n. 4, p. 104-108, 2009.

MAFRA, Alcides; FURTADO, Thiago. Giuseppe Nicoletti. **O Homem do Fundo do Mar**. 2017. Disponível em: <https://www.retratosdeportobelo.com.br/o-homem-do-fundo-do-mar/>. Acesso em: 18 fev. 2022.

OPERACIÓN algeciras. Direção: Jesús Mora. Produção: Coprodução Argentina-Espanha; Zeta Films / Aquelarre Servicios Cinematográficos / Nisa Producciones / Barakacine Producciones. Argentina/Espanha. 2004. Youtube, 16 set. 2018. 1h28minutos. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=s7jzN1Y8z7o&ab_channel=IgnacioSantolin. Acesso em: 28 jan. 2022.

SÁNCHEZ, Alfonso Escuadra. La Base Secreta de Villa Carmela. **Revista Almoraima**, n. 41, 2014.

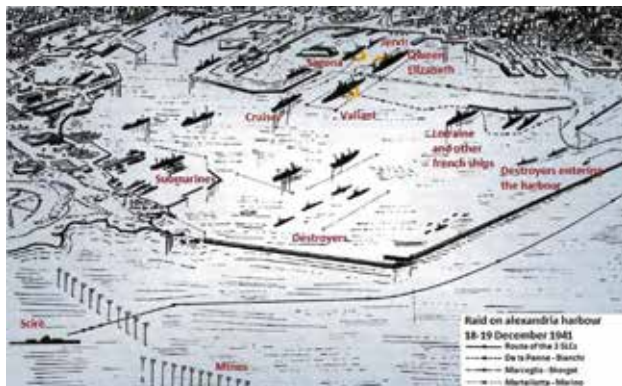


Figura 3: Diagrama ataque ao porto de Alexandria. Fonte: <https://comandosupremo.com/decima-mas-attack-on-alexandria/>.



Figura 4: Baía de Gibraltar/Algeciras com Gibraltar à esquerda (onde se destaca a formação rochosa) e Algeciras à direita. Fonte: <https://vivacampodegibraltar.es/campo-de-gibraltar/1017672/la-poblacion-del-campo-de-gibraltar-en-2021-crece-en-726-personas-hasta-las-273530/>.



Figura 5: Navio Olterra (notar no costado, próximo à proa, abertura para lançamento dos SLC). Fonte: https://sevilla.abc.es/andalucia/cadiz/sevi-olterra-caballo-troya-italiano-gibraltar-202107310824_noticia.html.

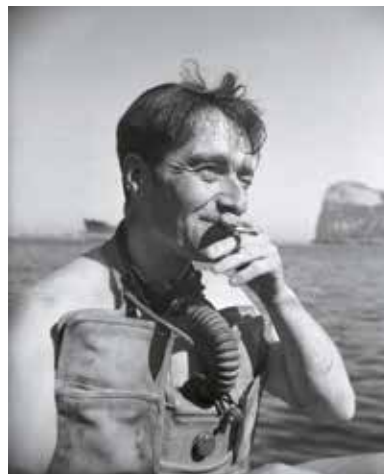


Figura 6: Lionel Crabb com Gibraltar ao fundo. Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Lionel_Crabb.



03

04

20



AS VANTAGENS DA PROPULSÃO NUCLEAR PARA A FORÇA DE SUBMARINOS DO BRASIL: O EXEMPLO DA FRANÇA



Capitão de Fragata Stéphane Boubeker
(Marinha Francesa)

O programa brasileiro de desenvolvimento de submarinos de propulsão nuclear faz parte do plano estratégico da Marinha para 2040 (PEM 2040) que estabelece as principais orientações para o desenvolvimento de uma frota capaz de responder aos desafios da grande nação marítima que é o Brasil.

Assim como o Brasil, a França teve de assumir esse grande desafio e conseguiu criar um setor de propulsão nuclear que lhe permitiu mudar de dimensão e realizar missões em todos os mares do mundo há mais de cinquenta anos. Desse modo, o exemplo da Marinha da França pode inspirar a Marinha do Brasil quanto à implementação de uma força submarina de grande porte e com capacidades aumentadas.

No quadro da parceria estratégica entre os dois países, que permite ao Brasil adquirir uma força submarina moderna, a cooperação militar operacional é essencial.

A história das principais etapas do desenvolvimento do primeiro submarino de ataque nuclear francês (SNA), tornando esses submarinos uma verdadeira ferramenta estratégica, mostra os desafios a serem superados para ter sucesso nesse tipo de programa ambicioso. Em seguida, a apresentação das capacidades do SNA, bem como sua autonomia para operar longe de sua base, lembra o interesse da Força de Submarinos brasileira em se inspirar no exemplo francês para a implementação do futuro SNBR (Submarino Nuclear Brasileiro).

1. FRANÇA, UM ATOR HISTÓRICO NA ENERGIA NUCLEAR MILITAR

A propulsão de submarinos é imediatamente citada como uma aplicação potencial interessante a partir da

realização nos Estados Unidos da primeira bateria nuclear por Enrico Fermi, em 1942. Na época, estávamos no meio de uma guerra mundial e a prioridade era dada ao desenvolvimento da arma nuclear. Após a assinatura da cessação das hostilidades com o Japão, as pesquisas sobre propulsão nuclear progrediram rapidamente, especialmente quando a Guerra Fria se instalou e definiu um novo tipo de conflito.

Em 1955, o submarino americano Nautilus fez seu primeiro mergulho com propulsão nuclear, enquanto a França, um pouco antes, em 1945, criou a *Commissariat à l'Énergie Atomique* (CEA) buscando desenvolver o uso civil da energia nuclear e as aplicações militares.

O ano de 1956 marcou um importante ponto de virada na estratégia francesa após a crise de Suez. De fato, a então URSS pôs fim à ofensiva contra o Egito, ameaçando a França, a Grã-Bretanha e Israel com uma retaliação nuclear. Mesmo que a Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), por sua vez, branda a ameaça nuclear contra a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), se esta usar seus foguetes atômicos, a pressão exercida sobre a França e a condenação unânime na Assembleia Geral da ONU da intervenção FR-UK-IS encorajarão a França a adquirir decisão estratégica: alcançar autonomia com base na capacidade nuclear. A crise de Suez convenceu os líderes franceses do valor de possuir armas atômicas para serem autônomos de seus aliados e se protegerem de seus inimigos.

A partir de 1958, a República Gaulliana desenvolveu abertamente um programa nuclear militar e civil, a serviço da grande política da França. Assim, entre 1958 e o

início da década de 1960, a França passou por mudanças fundamentais:

- institucional, em primeiro lugar, com a fundação da V República;
- militares, com o desenvolvimento da força de ataque e ainda de modo mais amplo com a assinatura do Tratado de Roma e o fim dos conflitos coloniais;
- científicas, com um conjunto de reformas que dão ao país uma ambição em áreas consideradas “estratégicas”, no sentido estrutural e não militar do termo.

Este desejo de recuperação do país é acompanhado por decisões firmes, permitindo ao Estado recolocar a ciência, a indústria e a defesa no centro da sua estratégia, encontrando-se intimamente ligados num projeto cujo pivô é a energia nuclear.

A prioridade dada pelo General de Gaulle à implementação da dissuasão nuclear e a constatação de que as componentes terra-terra (planalto de Albion) e ar (Mirage IV) não garantirão plenamente a sua credibilidade devido à sua vulnerabilidade colocam a marinha nacional no coração da estratégia francesa.

2. SUBMARINO MOVIDO A ENERGIA NUCLEAR: UMA FERRAMENTA ESTRATÉGICA

Um novo conceito apareceu então na França: o submarino de mísseis nucleares (SNLE). Para a França e sua indústria naval, isso foi um verdadeiro avanço. Fabricante de submarinos clássicos não superiores a 80 m de comprimento e 5,50 m de diâmetro, os estaleiros nacionais desta vez tiveram de se envolver na construção de um navio de 130 m de comprimento, com mais de um terço do seu comprimento com um diâmetro de quase 11 m. Com 9 mil toneladas de deslocamento mergulhando, os modelos utilizados para os submarinos tradicionais eram inadequados.

A construção do *Redoutable* coloca os estaleiros nacionais sob uma pressão sem precedentes. Muda radicalmente o papel da indústria, atribuindo-lhe a responsabilidade pela construção de

caldeiras nucleares. Se o projeto for realizado pela CEA, as instalações nacionais devem, de fato, iniciar desenvolvimentos significativos para assumir plenamente a fabricação das salas das caldeiras, dos circuitos de alta temperatura e dos aparelhos de propulsão a eles ligados.

A energia é produzida por um reator de água pressurizada, duas turbinas a vapor e uma unidade de turbo-redução, com toda a unidade de propulsão desenvolvendo 16 mil hp. Em 1972, a França se juntou ao clube nuclear, e o *Redoutable* partiu para sua primeira patrulha. A complexidade da caldeira nuclear e sua integração a bordo de um submarino são tais que, segundo as palavras da época, “o submarino foi construído um pouco em torno do reator”. Com as gerações subsequentes, a maré mudou parcialmente.

Desde o início, cerca de 350 submarinos movidos a energia nuclear foram construídos em todo o mundo, bem como cerca de 30 navios de superfície, principalmente pelos EUA e pela Rússia. Cerca de dez desses navios de superfície não são de natureza estritamente militar.

A propulsão nuclear colocou o submarino em uma posição estratégica dupla. A dos submarinos de mísseis nucleares, que carregam uma estratégia atemporal de dissuasão nuclear. E a dos submarinos de ataque nuclear cujas capacidades de busca de informação, designação de objetivos ou ações multifacetadas (operações especiais, torpedos e mísseis antinavios, mísseis de cruzeiro navais), realizadas por uma



Figura 1: Presidente Charles de Gaulle na inauguração do SNLE.



Figura 2: Submarino de mísseis nucleares M4.

plataforma móvel invisível, duradoura e dotada de meios de comunicação eficientes, dá uma dimensão estratégica em todas as operações convencionais desde que localizadas em um teatro que inclua uma parte marítima.

Claro, existem algumas condições a serem cumpridas. O reator é colocado em uma embarcação de combate: a tripulação deve estar protegida contra radiação, o reator deve aceitar condições de operação severas ou simplesmente muito variáveis: na rotina (temperatura, umidade, movimentos da plataforma), a segurança nuclear deve estar no nível de qualquer instalação sem que isso tenha um impacto excessivo na disponibilidade, e os custos de aquisição e posse devem permanecer acessíveis.

Do ponto de vista industrial, construir um Parque Industrial capaz de realizar este tipo de construção não é fácil. A criticidade da gestão de *know-how* e habilidades na indústria de propulsão nuclear é aguda, porque é uma indústria complexa que exige a agregação de múltiplas habilidades em uma ampla variedade de campos, fechados e caros.

Existem outros modos de propulsão para submarinos, como o clássico diesel-elétrico ou AIP (*Air Independent Propulsion*). Estes últimos melhoram significativamente o desempenho dos submarinos convencionais, mas dentro dos limites de implantação e disponibilidade em mergulho, o que os coloca em um registro diferente.

De qualquer forma, o submarino nuclear tem vocação global enquanto o submarino clássico permanece regional.

3. O SUBMARINO DE ATAQUE NUCLEAR DA CLASSE RUBIS (SNA)

Com o comissionamento dos SNLE, os estaleiros franceses adquiriram competência nuclear que poderia ser aplicada de forma mais ampla. Decidiu-se, assim, utilizar este *know-how* para desenvolver a nova geração para substituir o Agosta por propulsão convencional.

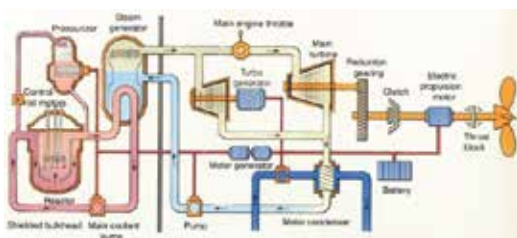


Figura 3: Caldeira nuclear tipo K48 e propulsão.

Estes novos navios deviam assegurar, prioritariamente, o apoio da Força Estratégica Oceânica (FOST) e a proteção de uma força aeronaval no mar, sendo assim particularmente procuradas as capacidades operacionais dos “caçadores submarinos”. Decidiu-se, portanto, projetar barcos muito compactos para favorecer sua manobrabilidade, ao mesmo tempo em que se projetava um programa eficiente, mas menos dispendioso.

Foram assim associados três elementos já existentes para o desenho do SNA:

- Aço 80 HLES (elasticidade soldável de alto limite), utilizado desde *Le Redoutable*;
- o casco do Agosta;
- o reator de água pressurizada SNLE K48.

Esse desafio, em termos de uso do espaço em particular, dará origem ao menor submarino nuclear do mundo, com 73,6 m de comprimento, 7,6 m de largura e 2.670 toneladas submersas. Ele embarcará uma tripulação de setenta homens. O projeto é estudado pela primeira vez sob o código SNA 72. Após algumas mudanças, o primeiro da série será batizado de Rubis, nome do submarino da FNFL (Forças Navais Francesas Livres) que se tornou companheiro da Libertação.

Iniciado em 11 de dezembro de 1976 e lançado em 7 de julho de 1979 em Cherbourg, foi admitido em serviço ativo em 23 de fevereiro de 1983. Foi o primeiro elemento do esquadrão de submarinos de ataque nuclear (ESNA) em Toulon. Equipado com o sistema de combate TITLAT e quatro tubos de torpedo capazes de disparar torpedos F17 ou mísseis antinavios SM39 Exocet, a classe Rubis foi um passo importante no desenvolvimento das capacidades operacionais da marinha francesa. Incluirá cinco navios que levarão nomes de pedras preciosas, com exceção do Casabianca, que levará o nome do submarino que escapou do naufrágio da frota de Toulon em 1942 e lutou pela França Livre.



Figura 4: SNA Saphir em superfície.

A série, que inicialmente seria composta por oito navios, foi reduzida para seis unidades quando, em 1992, foi cancelada a construção dos dois últimos navios. Um redesenho conhecido como AMETHYSTE (*AMElioration Tactique HYdrodynamique, Silence, Transmission, Ecoute*) será implementado a partir do quinto submarino construído (o *Amethyste* colocado em espera em 1984 e admitido em serviço em 1992) para aplicar a esses navios o progresso feito, de questões acústicas. Ele tem um casco em forma de *albacore*, um deck de passarela envolvente e uma cúpula de sonar simplificada. Toda a classe se beneficiará em 1989 e 1995 dessas melhorias.

4. AS ATIVIDADES OPERACIONAIS DISTANTES DOS SNA FRANCESES

As operações realizadas pelos SNA franceses são extremamente variadas e potencialmente enquadram-se nos três principais papéis clássicos que articulam uma estratégia naval: a interdição dos mares, o controle dos mares e a projeção do poder.

Enquanto a propulsão nuclear aumenta muito o alcance, a velocidade e a discrição dos submarinos da classe Rubis, esses navios constituem um salto tecnológico inegável que permite que essa classe navegue bem além do Mar Mediterrâneo e do Atlântico Norte, especialmente durante suas travessias de Duração Muito Longa (TLD).

Em 1985, o SNA provou a sua autonomia e resistência numa circum-navegação pelos três cabos e escalas nos portos de Nouméa e Papeete. À medida que seu círculo de implantação crescia, o SNA começou a chegar ao Oceano Índico no início da década de 1990, mas pelo Cabo da Boa Esperança. Durante a missão Papang em 1993, um SNA chegou até as águas do Golfo Pérsico.

Em 1997, pela primeira vez, outro SNA cruzou o Canal de Suez para se desdobrar no Oceano Índico. Este

SNA fez isso novamente em 2000, parando em Goa após exercícios com a Marinha Indiana antes de cruzar o Oceano Índico em direção à Austrália para uma mudança de tripulação em Perth. Esta jornada levou o SNA a Cingapura para sua primeira incursão na área do Indo-Pacífico.

Após os ataques de 11 de setembro de 2001, dois SNA se revezaram no TF 473 (Missão Herakles) para garantir a proteção do grupo de ataque do porta-aviões por vários meses no Oceano Índico. Em 2003, pela primeira vez, um SNA francês parou em Severomosk após uma série de interações com um SNA russo.

De setembro de 2020 a abril de 2021, um SNA e o Navio de Apoio e Assistência Metropolitano (BSAM) *Seine* foram implantados no Indo-Pacífico, permitindo à França reafirmar seu interesse nesta área estratégica. Esta missão, denominada Marianne, é inédita pela natureza das suas unidades, mas também pela sua duração e distância ao porto de base (30 mil milhas náuticas percorridas = 55.560 Km = 1,3 volta ao mundo alcançada, 199 dias no mar). Essa implantação também visa reafirmar o apego da França à liberdade de navegação de acordo com seus compromissos sobre o direito do mar (Convenção de Montego Bay, 1982).

5. GANHO OPERACIONAL NO USO DE SUBMARINO NUCLEAR PARA O BRASIL

Os oceanos são espaços de poder nas relações inter-



Figura 5: Missões distantes dos SNA franceses.

nacionais e o mar continua sendo o maior patrimônio do Brasil, pois seu espaço marítimo (Amazônia Azul) é essencial para sua soberania.

Com efeito, este imenso espaço é um importante trunfo econômico, em virtude de:

- intercomunicação estratégica: aproximadamente 90% do volume de comércio brasileiro é realizado por via marítima;
- recursos fósseis: aproximadamente 90% da produção nacional de hidrocarbonetos provêm de áreas fluviais ou marítimas. A descoberta de jazidas de petróleo e gás natural no Polígono Pré-salino transforma o país em um dos maiores produtores de hidrocarbonetos do mundo;
- investigação científica civil, pesca, turismo etc. Pelas suas riquezas naturais, as águas brasileiras são os bens naturais mais importantes do Brasil e um fator essencial no setor de defesa.

Assim, os direitos soberanos e patrimoniais do Brasil abrangem cerca de 5,7 milhões de km² e cerca de 60 mil km de hidrovias. Essa grande área e os interesses que devem ser defendidos justificam o uso da propulsão nuclear para aumentar o alcance de seus submarinos.

Assim, a Marinha do Brasil intervém prioritariamente no imenso Atlântico Sul (os limites geoestratégicos do Atlântico Sul são ao Norte, o paralelo 16° N, ao Sul, o continente Antártico e a Leste a costa oeste africana) e se destacam neste espaço dois tipos de atividades da sua responsabilidade:

- atividades clássicas de defesa naval contra ameaças estatais;
- atividades de proteção e segurança marítima (combate à poluição, missões de salvamento, combate à criminalidade etc.).

Assim como a França, capaz de projetar seus SNA para longe e com rapidez, a Marinha do Brasil realizará suas missões com mais eficiência usando propulsão nuclear, referência em termos de desdobramentos distantes em alta velocidade com certo efeito dissuasor.

Assim, o PNM (Programa Nuclear da Marinha), lançado em 1979, garantirá um ganho operacional e tecnológico significativo garantindo:

- domínio da tecnologia de produção de combustível nuclear;
- treinamento tecnológico para projeto, construção, comissionamento, operação e manutenção de reatores nucleares do tipo PWR (*Pressurized Water Reactor*);
- desenvolvimento de um protótipo de reator para o submarino de propulsão nuclear.

É com base nisso que o desenvolvimento e implementação do futuro submarino nuclear SN-Br-1 (SN-10) Álvaro Alberto está previsto para a década de 2030, depois seguirá suas eventuais naves irmãs.

CONCLUSÃO

Assim como na França, o desenvolvimento de um submarino de propulsão nuclear para o Brasil atende aos objetivos do país de dissuasão, desenvolvimento econômico e autonomia tecnológica. Com essa tecnologia avançada, o Brasil está desenvolvendo uma força dissuasiva crível, possibilitando proteger contra possíveis ameaças e garantir a proteção de seu território e suas reservas de petróleo em águas profundas. Assim, nesta parceria estratégica franco-brasileira, a cooperação militar e operacional entre a marinha francesa e a Marinha do Brasil é essencial. Na medida em que a França vem implementando submarinos de propulsão nuclear há mais de cinquenta anos, é capaz de apoiar seu aliado brasileiro tanto na fase de desenvolvimento quanto na fase de implementação.



Figura 6: Submarino nuclear brasileiro Álvaro Alberto,



USO DO EFEITO *LLOYD MIRROR* NA DETECÇÃO DO RÚIDO IRRADIADO EM ÁGUAS RASAS



Capitão de Corveta Bruno Nunes Mendes

1. INTRODUÇÃO

Sinônimo de poder e riqueza de um povo desde a Antiguidade, o mar, que é a via de mais de 90% do comércio internacional, continua, de certo modo, obscuro. Assim, torna-se imperioso o seu conhecimento, que pode ser obtido por meio de técnicas de acústica submarina.

A onda acústica é um importante instrumento de exploração do mar, por se propagar a grandes distâncias. Normalmente, frequências de ondas acústicas entre 10 Hz e 1 MHz são utilizadas com essa finalidade. Entretanto, os levantamentos feitos em grande escala pelos satélites não conseguem penetrar mais do que alguns metros no oceano, devido ao fato de a onda eletromagnética não se propagar bem nos meios de boa condução elétrica.

Em termos militares, o uso da acústica submarina concentrou-se historicamente em águas profundas, em grande parte por conta da guerra antissubmarina, seja nas Guerras Mundiais como depois na Guerra Fria. Atualmente, seu uso tem foco maior nas águas rasas, tipicamente com profundidades inferiores a 200 m, pois os conflitos armados passaram a ocorrer em regiões com essas profundezas (Golfo Pérsico e Leste Europeu, por exemplo) e por causa da vigilância de portos, costas e plataformas de petróleo. Outras aplicações militares da acústica submarina em águas rasas são a localização de alvos a longas distâncias, localização de minas, determinação de parâmetros geoacústicos de fundo para previsão de alcance sonar, comunicações submarinas e monitoração de explosões a longa distância.

2. RAIA ACÚSTICA DE ARRAIAL DO CABO

A necessidade de conhecer o ruído irradiado gerado por nossos navios e submarinos, de realizar medições

de propagação de ondas sonoras para diversos perfis de temperaturas em águas rasas (velocidades, profundidades e condições climáticas), permitir medidas corretivas e outras pesquisas levou a Marinha do Brasil a estabelecer uma raia acústica em Arraial do Cabo, no estado do Rio de Janeiro. Esta raia é interessante por possuir profundidades relativamente grandes e próximas da costa, com variação lenta, quando não constante, além de permitir a fácil fixação do hidrofone para a aquisição de dados, facilitando assim a realização de experimentos.

Vale ressaltar que essa região é conhecida pela ocorrência do fenômeno de ressurgência, o qual propicia um cenário ímpar de variedades de situações ambientais e de sua avaliação. A seguir são apresentados alguns pontos principais relacionados ao ruído irradiado.

Detecção submarina: Analisando os sinais irradiados pelos nossos navios e submarinos, é possível obter frequências ótimas de propagação e de operação de forma a diminuir a possibilidade de serem detectados, além de servir de suporte para a operação de sistemas passivos e controle de navegação.

Dedução dos níveis de ruído produzidos na fonte: Para estimar os níveis de pressão sonora produzidos na fonte geradora de ruído (SPL @ 1m), através da caracterização do nível de pressão sonora produzido por tipo de embarcação.

Parâmetros geoacústicos de fundo: A faixa de frequências de interesse nesta dissertação corresponde a altas frequências onde as ondas têm pouca penetração no sedimento e onde as ondas sofrem principalmente absorção pela camada superficial do sedimento. Através da análise deste ruído irradiado é possível a determinação de parâmetros geoacústicos de fundo e do meio.

3. EFEITO LLOYD MIRROR

O efeito *Lloyd Mirror* é um fenômeno óptico que foi descrito pela primeira vez em 1834 por Humphrey Lloyd em Transactions da Academia Real de Ciências Irlandesa e em seu livro *Elementary Treatise on the Wave-Theory of Light*. Seu objetivo original era fornecer evidências com relação à natureza ondulatória da luz; estas evidências seriam adicionais às fornecidas por Thomas Young e Augustin-Jean Fresnel. No experimento, a luz de uma fonte de fenda monocromática reflete em uma superfície de vidro em um pequeno ângulo, e esta luz parece vir de uma fonte virtual. A luz refletida interfere na luz direta da fonte, formando franjas de interferência (Figura 1).

Em acústica submarina, quando a superfície do mar é suave e perfeitamente refletora, o som de uma fonte pontual localizada logo abaixo da superfície da água gera interferência construtiva e destrutiva entre os percursos diretos e os percursos refletidos (Figura 2) das ondas que chegam no receptor. O som refletido na superfície do mar pode ser considerado originário de uma fonte-imagem localizada no lado oposto (imagem espelhada) da superfície (Figura 2). Este sinal da imagem terá uma amplitude quase igual à do sinal incidente, mas estará fora de fase, ou seja, as reflexões sonoras estarão quase 180 graus fora de fase com as ondas incidentes.

Quando os dois sinais se recombinam no receptor, eles se sobrepõem e causam interferência. O caminho refletido na superfície não terá apenas um deslocamento de 180 graus de fase devido à reflexão, mas também terá um segundo deslocamento de fase devido às diferenças no tempo de viagem (*delays*) ao longo dos dois caminhos. Quando eles se recombinam, eles produzem um padrão de interferência exclusivo chamado Efeito de Espelho de Lloyd. A Figura 3 mostra um padrão de interferência típico desse efeito.

Em geral, o padrão de interferências pode ser dividido em três regiões distintas, com base no intervalo. Na região do campo próximo, normalmente muito próximo da fonte, o caminho refletido na superfície será muito maior que o caminho direto, resultando em uma atenuação muito maior. Quando eles se recombinam, o caminho refletido na superfície não tem força para causar interferência significativa e o efeito geralmente é insignificante nessa região.

No campo intermediário, de aproximadamente a par-

tir de algumas dezenas de metros da fonte, o tempo de viagem entre os sinais começa a ser comparável. Os picos e nulos na interferência são criados pela diferença de fase entre os sinais que se combinam. Os picos correspondem a um estado quase em fase em que o sinal é praticamente duplicado, enquanto os nulos correspondem ao estado fora de fase em que o sinal é quase eliminado.

Finalmente, na região do campo distante, os sinais estão cada vez mais fora de fase à medida que os dois caminhos se tornam idênticos, resultando em uma perda de transmissão cada vez maior e a intensidade cai com o inverso da quarta potência da distância.

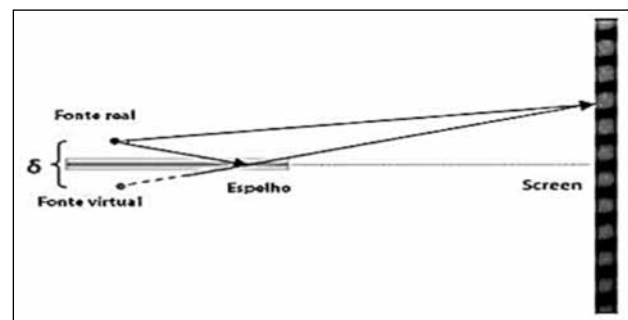


Figura 1: Configuração do experimento Espelho de Lloyd.

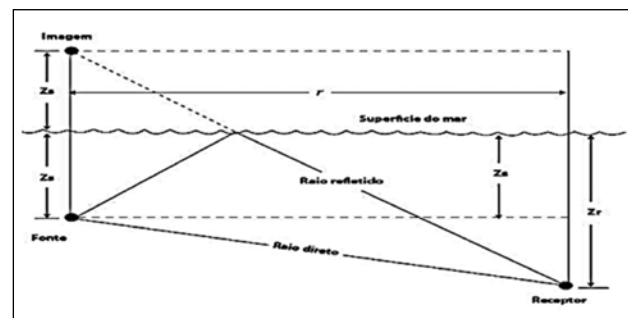


Figura 2: Percursos direto e refletido.

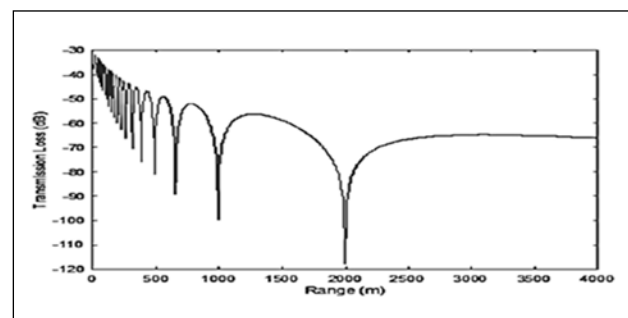


Figura 3: Exemplo de padrão de interferência Lloyd Mirror, profundidade da fonte 50m, profundidade do receptor 100m, frequência 300 Hz.

Uma vez que o escopo de este artigo é a região de campo próximo, a seguir entraremos em mais detalhes.

3.1 Padrão de campo próximo Lloyd-Mirror

Esse efeito consiste em um padrão de interferência acústica criado por uma fonte pontual colocada perto de uma suave e perfeitamente refletora superfície do mar. A geometria desse efeito pode ser observada na Figura 4, com S indicando a posição da fonte a uma profundidade z_s abaixo da superfície do mar ($z = 0$). Uma expressão geral para a perda de transmissão do *Lloyd Mirror* pode ser difícil de obter para todas as fontes, exceto para as mais simples.

Para uma fonte pontual, que transmite em uma única frequência, o campo total de pressão acústica $P(r, z)$ pode ser escrito simplesmente como a soma de contribuições devidas a duas fontes pontuais, conforme mostra a Equação (1):

$$P(r, z) = \frac{e^{ikR_1}}{R_1} - \frac{e^{ikR_2}}{R_2} \quad (1)$$

onde:

$$k = 2\pi/\lambda \text{ é o número de ondas acústico}$$

$$R_1 = \sqrt{r^2 + (z_r - z_s)^2}$$

$$R_2 = \sqrt{r^2 + (z_r + z_s)^2}$$

A Equação 1 representa um padrão de interferência bastante complexo. O sinal de menos nessa equação representa a inversão de fase sofrida pelo sinal refletido na superfície do mar.

Neste trabalho, transportando os conceitos para nosso caso específico de estudo, temos que o hélice do navio

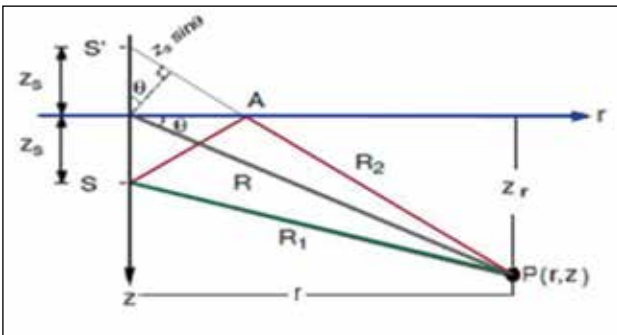


Figura 4: Esquema básico do efeito Lloyd-Mirror, adaptado de [2].

(fonte pontual), o qual está localizado a uma certa profundidade (z_s), emitindo ruídos de cavitação que chegam ao hidrofone (receptor) de forma direta e refletidos na superfície do oceano. Usando-se a Figura 4, pode-se obter uma expressão simplificada (2):

$$p(r, z) = \frac{-2i}{R} \text{sen}(kz_s \text{sen}(\theta)) e^{ikR} \quad (2)$$

Módulo:

$$|p(r, z)| = \frac{2}{R} |\text{sen}(kz_s \text{sen}(\theta))| \quad (3)$$

A Equação (3) retrata a variação da amplitude, os pontos máximos e mínimos dessa amplitude ocorrem quando $\text{sen}(kz_s \text{sen}(\theta)) = \pm 1$. A Figura 5 ilustra esta variação, o sinal de pressão oscila entre contribuições construtivas ($\text{seno} = 1$) e destrutivas ($\text{seno} = 0$):

3.2 Espectrograma de Lloyd Mirror

O experimento de *Lloyd Mirror* usado para descrever os padrões de interferência observados entre os caminhos diretos e refletidos dos raios de luz foi estendido aos padrões de interferência posteriormente vistos em sinais acústicos no oceano. Logo após o trabalho original do espelho de Lloyd, Doppler e Fizeau mostraram independentemente que a frequência aparente de uma onda muda como resultado do movimento relativo entre a fonte e o receptor.

Esses dois efeitos, ou seja, o *Lloyd Mirror* e o deslocamento Doppler, foram usados por Hudson para mostrar que, para uma embarcação em curso e velocidade constantes passando próximo de um sensor acústico, é possível calcular a velocidade, profundidade e alcance ao PMA (Ponto de Maior Aproximação). Para aplicar esse

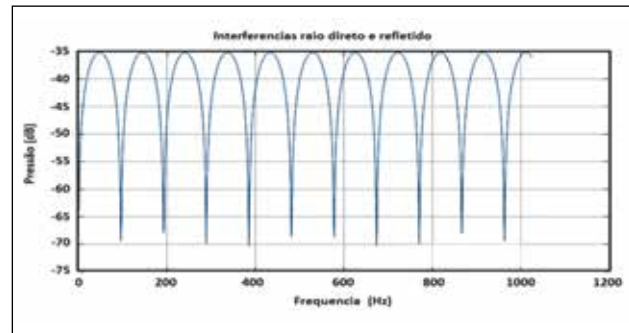


Figura 5: Variação do sinal de pressão.

método, o transmissor precisa emitir sons de banda larga e banda estreita.

A análise de Hudson assumiu propagação linear simples, na qual o som viajando ao longo do caminho direto interferia no som refletido na superfície do oceano. A existência desse padrão de interferência ou espectrograma requer uma superfície relativamente lisa e intervalos curtos para preservar a coerência dos dois percursos. Tanto a superfície lisa como a coerência dos percursos são condições importantes para aplicar esse método.

Um exemplo de um espectrograma de *Lloyd Mirror* ou espectro de interferência pode ser observado na Figura 6, em que o eixo x corresponde ao tempo (s), onde 0,313s é o intervalo de tempo entre cada amostragem, e o eixo y corresponde às frequências (Hz).

Como os padrões de *Lloyd Mirror* são comumente observados em intervalos razoavelmente curtos devido à interferência entre um caminho refletido na superfície e um caminho direto, a refração é ignorada.

4. MODELO DESENVOLVIDO

A arquitetura foi implementada em MATLAB® e é constituída por 2 submodelos especializados (funções), parte de um modelo maior (*script* principal). Este modelo principal compara duas matrizes de ruído: a primeira matriz corresponde a dados medidos na raia acústica brasileira e posteriormente tratados para eliminar espúrios, e a segunda matriz corresponde aos dados de ruídos obtidos usando a modelagem baseada na teoria de *Lloyd Mirror*/efeito Doppler de forma a reproduzir os dados medidos, que são melhorados usando técnicas de otimização. Em

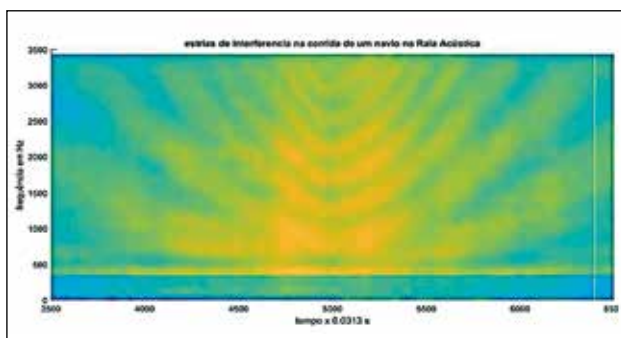


Figura 6: Espectrograma da passagem de um navio sintetizada mostrando o efeito Doppler e o efeito Lloyd Mirror. O eixo horizontal mostra o tempo e o eixo vertical a frequência. A cor indica pressão sonora.

um processo cíclico, as duas matrizes são comparadas e obtém-se o coeficiente de correlação entre elas. Se o coeficiente de correlação for maior que 7,0, o processo cíclico para e como resultado são obtidas a distância horizontal (r) e a profundidade da fonte emissora de ruídos de cavitação (z_c) (ver Figura 4).

O submodelo 1 é o modelo de tratamento de dados medidos; e o submodelo 2 corresponde à simulação.

RESULTADOS

Foram escolhidos três conjuntos de dados de medições acústicas do ruído produzido por navios na raia acústica brasileira, mantendo um curso e velocidade constantes à medida que passavam pelo PMA (esta raia é considerada fixa e pouco profunda).

Estes dados inicialmente foram tratados e são representados nas Figuras 7-9, nas quais podemos observar os resultados desta melhora do sinal, assim como seus correspondentes espectrogramas. Nas Figuras 10-12, apresenta-se a comparação entre os sinais médios (sinais sem os extremos de máximos e mínimos) com os sinais medidos e tratados no PMA. Nas Figuras 13-15, apresentam-se os resultados finais dos cálculos da distância horizontal e a profundidade da fonte, resultados estes que foram possíveis depois de atingir um valor alto de correlação entre as matrizes (dados tratados e dados simulados). Observe que, para as três Figuras, ocorreu uma concentração de valores. A comparação dos mesmos é apresentada na Tabela I a seguir:

Tabela I – Comparação dos resultados para os três casos considerados

Arquivo do sinal	Distância Horizontal (m)	Profundidade da fonte (m)
senal1.wav	43	3,4
44C02.wav	44	3,1
44C03.wav	43	3,3
7114303.wav	43	3,2

O modelo proposto consegue tratar os sinais de ruído irradiado dos navios e gerar o espectrograma de *Lloyd Mirror*. Este modelo será de grande utilidade também em experimentos e investigações na Raia Acústica.

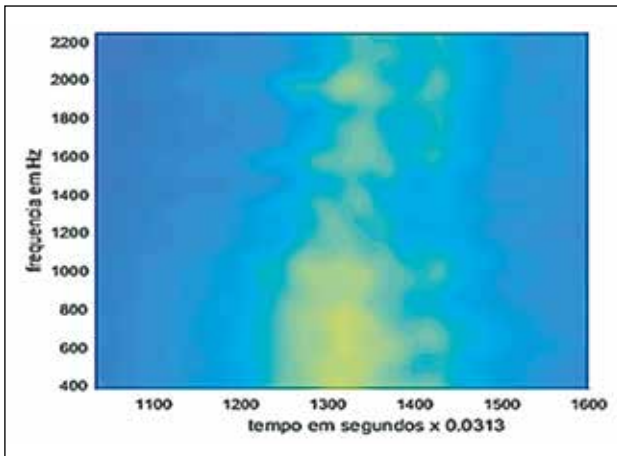


Figura 7: Melhora do sinal.

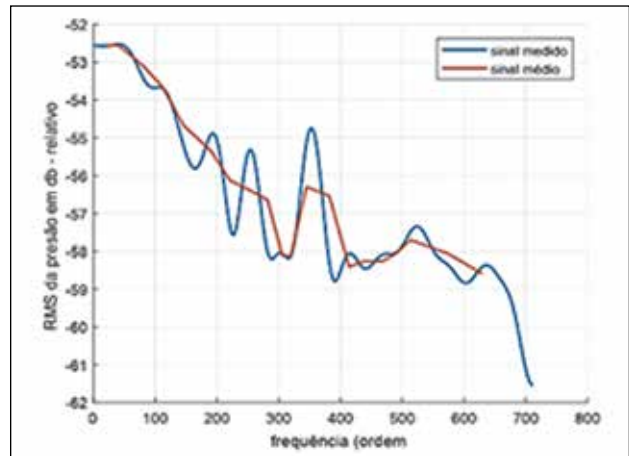


Figura 10: Sinal médio vs o sinal medido no PMA.

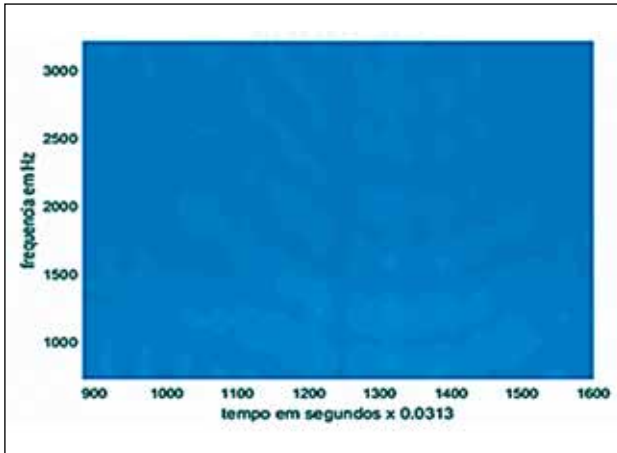


Figura 8: Melhora do sinal.

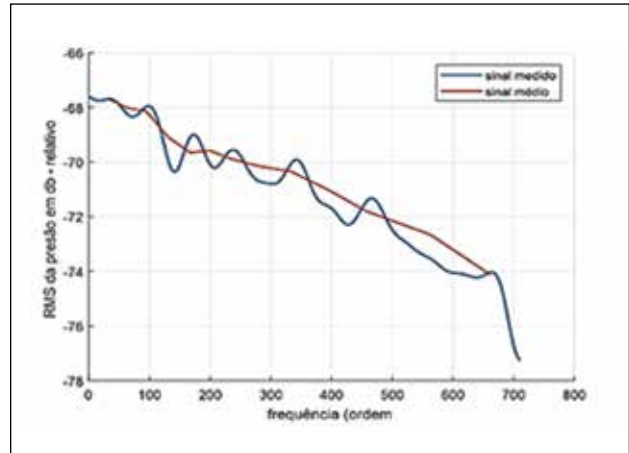


Figura 11: Sinal médio vs o sinal medido no PMA.

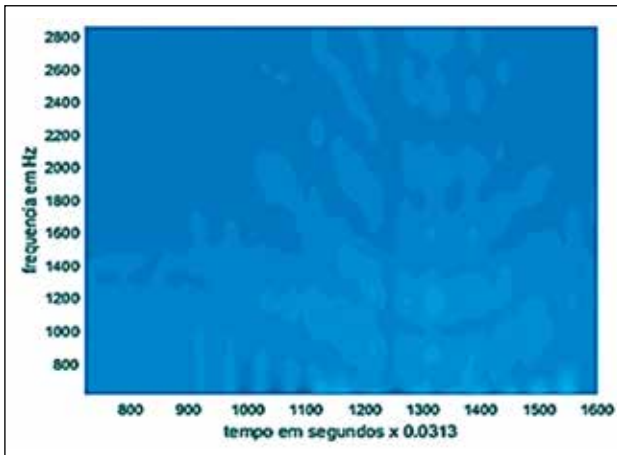


Figura 9: Melhora do sinal.

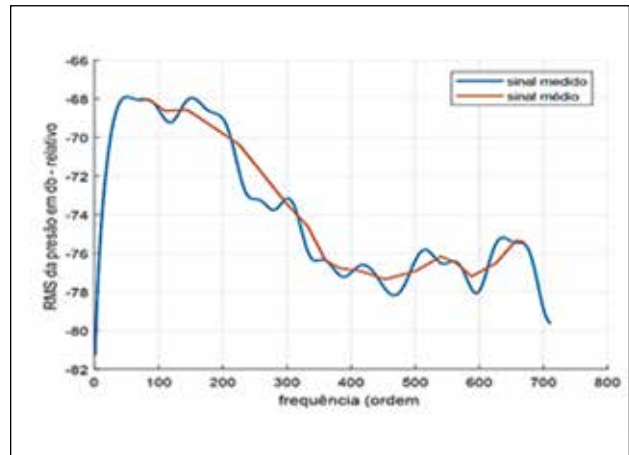


Figura 12: Sinal médio vs o sinal medido no PMA.

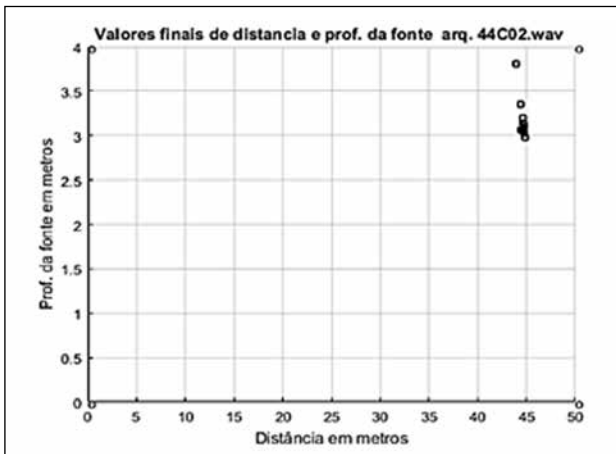


Figura 13: Distância vs profundidade.

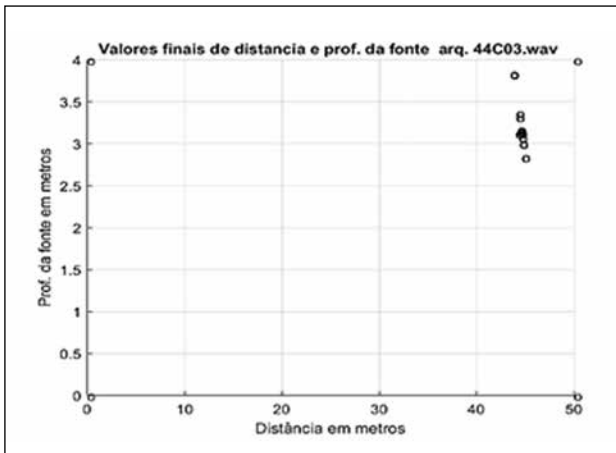


Figura 14: Distância vs profundidade.

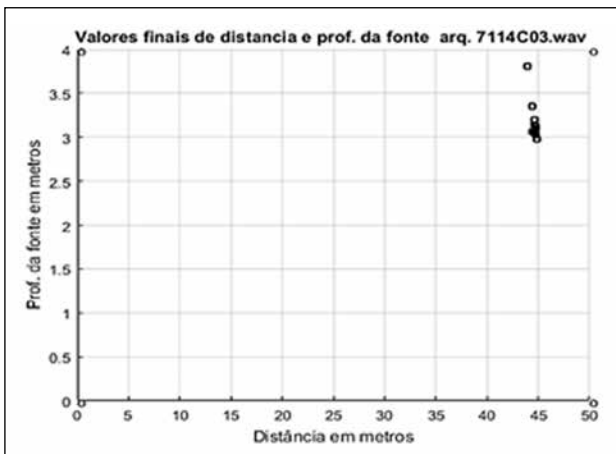


Figura 15: Distância vs profundidade.

UMA PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE UM PERISCÓPIO DE REALIDADE ESTENDIDA



Capitão-Tenente André Ribeiro Breitinger
 Capitão de Corveta (RM3-T) Leandro Aparecido Simal Moreira

RESUMO

Os submarinos são considerados extremamente estratégicos para qualquer Marinha devido à sua capacidade furtiva. Os periscópios são sensores cruciais para os submarinos, sendo necessário emergir à superfície ou à cota periscópica para identificar os contatos visuais por meio desse dispositivo. Essa manobra tem muitos procedimentos e geralmente tem de ser rápida e ágil para evitar a exposição. Este artigo apresenta e implementa uma nova arquitetura para periscópios. Nosso sistema consiste em uma sonda que está conectada ao navio e carrega uma câmera 360°. Projetamos e tiramos as imagens dentro da embarcação usando dispositivos VR/XR (Realidade Virtual/Estendida) tradicionais. Também propomos e implementamos uma técnica de MR (Realidade Mista) baseada em visão computacional eficiente para estimar e exibir os navios detectados de forma eficaz e precisa. O modelo de detecção de navios é treinado usando imagens sintéticas. Assim, construímos e disponibilizamos um conjunto de dados composto por 99 mil imagens. Por fim, também estimamos as distâncias dos elementos classificados, mostrando todas as informações em uma interface baseada em AR (Realidade Aumentada). Embora a sonda seja conectada por fio, ela permite que a embarcação fique em cotas profundas, reduzindo sua exposição e introduzindo uma nova maneira de manobras e operações submarinas. Validamos nossa proposta por meio de um experimento de usabilidade, usando dezenove especialistas em operações de periscópio.

1. INTRODUÇÃO

Submarinos estão entre as unidades navais mais capazes e estratégicas para operar em áreas onde o inimigo exerce

algum grau de controle. O procedimento adotado por muitos países sugere que as ações submarinas são prioritárias no monitoramento do inimigo, não só para reduzir o controle exercido por eles, mas também para apoiar as ações de outras forças. A disponibilidade e a presença de submarinos também aumentam significativamente o potencial de dissuasão devido à incerteza de sua posição real.

Uma manobra crítica para submarinos é a observação do periscópio, que exige que o navio navegue na cota periscópica (Figura 1). Essa exposição é estrategicamente perigosa, pois o submarino pode ser detectado por inimigos próximos visualmente ou por radar, tornando-se vulnerável.

A observação do periscópio é feita por meio de um periscópio longo, um equipamento óptico capaz de girar 360°, proporcionando uma visão panorâmica da superfície. Devido ao grau de perigo, esta exposição deve ocorrer por apenas alguns segundos. Também deve ser realizado por um oficial treinado operando o periscópio, que é designado para identificar contatos na faixa visual considerados de risco potencial durante esse curto período. A Taxa de Indiscrição Submarina (TIS) é definida como uma razão percentual entre a soma dos períodos de indiscrição e o tempo total de operação do submarino. O objetivo do comandante do submarino é cumprir sua missão ao mesmo tempo em que obtém a mínima TIS possível.

Stanton et al. (2017) apresentam todos os desafios, riscos e soluções estratégicas relacionados às operações submarinas. Nosso trabalho é inspirado nas questões relacionadas levantadas no documento, em que é demonstrado que ficar ao nível do mar quebra a invisibilidade do submarino e o torna vulnerável a outras embarcações e veículos aéreos. Stanton et al. (2017) também explicam por que a

transição da cota de segurança para a cota periscópica é uma das operações mais perigosas devido ao potencial de colisão com navios de superfície.

Realidade virtual envolve a criação de um ambiente imersivo totalmente renderizado digitalmente em uma simulação do mundo real. Segundo, o contínuo Realidade-Virtualidade é constituído por diferentes níveis de imersão, indo desde o Ambiente Real, Realidade Aumentada, Virtualidade Aumentada e Realidade Virtual.

Embora nossa solução resida no estágio de Realidade Aumentada (AR), usamos dispositivos de Virtualidade Aumentada como interfaces. Realidade Mista (MR) é uma tecnologia que usa abordagens AR e VR, criando uma mistura perfeita entre elementos do mundo real e conteúdo virtual.

Vídeos em 360° são capturados com câmeras direcionais ou um conjunto de câmeras de tal forma que permitem que os espectadores olhem em todas as direções. As tecnologias imersivas consistem em experiências digitais multissenso-riais envolvendo vídeos AR, VR, MR e 360°.

Nosso paper publicado na revista *Sensors* (2021) propõe uma solução inovadora e poderosa capaz de diminuir o tempo de exposição do periscópio e aumentar drasticamente as tarefas de observação através de técnicas de Visão Computacional.

2. O XR PERISCOPE

Nossa solução, Periscópio de Realidade Estendida (XR Periscope), é baseada em uma sonda com fio que carrega uma câmera de 360° de alta resolução e é conectada a um dispositivo HMD (*Head-Mounted Display*) comercial. Utilizamos diferentes técnicas de Visão Computacional e Aprendizado Profundo para classificação de elementos de superfície e inferência de distância, que têm o potencial de diminuir o uso de requisitos de estadímetros convencionais. Também propomos incluir diferentes informações de navegação no display HMD usando estratégias de Realidade Aumentada (AR).

A câmera é montada em uma sonda flutuante. A sonda é projetada de tal forma que pode ser arrastada por um veículo submarino e possui uma hidrodinâmica precisa para obter estabilidade na imagem da câmera e altura suficiente para estender a linha do horizonte e detectar elementos de superfície e embarcações. O vídeo 360° é transmitido para o dispositivo HMD, colocado dentro do submarino. O movimento do HMD realiza a seleção da área de vídeo 360° que está sendo visualizada pelo operador do periscópio e processada pelo módulo de visão computacional. Recursos AR são inseridos na imagem, incluindo tipo de embarcação, rumo e informações de cálculo de distância. A Figura 2 mostra a visão esquemática de nossa solução.

3. MÓDULO DE VISÃO COMPUTACIONAL

Uma vez que as imagens são transmitidas ao submarino, aplicamos diferentes abordagens de visão computacional



Figura 1: Submarino na Cota Periscópica.



Figura 2: Visão esquemática da solução proposta.

para melhorar e detectar contatos. Redes Neurais Profundas (DNN) têm mostrado melhorias significativas em vários domínios de aplicação, incluindo Processamento de Imagens e Processamento de Sinais. Em Visão Computacional, um tipo específico de DNN, conhecido como Redes Neurais Convolucionais (CNN), revolucionou o estado da arte de detecção e reconhecimento de objetos, alcançando resultados mais rápidos e precisos. Usamos o modelo YOLOv4 na implementação atual do nosso sistema, mas também podemos aplicar outras soluções de detecção e classificação de objetos.

A ideia por trás do YOLO é que uma única rede neural seja aplicada a uma imagem inteira. Isso permite que o YOLO analise globalmente a imagem ao gerar previsões. A rede YOLO divide a imagem em uma grid de células $S \times S$, onde S é um hiperparâmetro definido pelo usuário de acordo com suas necessidades e as características do conjunto de dados de entrada. O YOLO prevê caixas delimitadoras para objetos detectados em cada célula da grade e calcula probabilidades de classe C para esses objetos. O número de classes C depende do conjunto de dados, enquanto o usuário fornece o hiperparâmetro S .

Usamos uma estratégia de ajuste fino para treinar nosso modelo. Então, pegamos o YOLOv4 treinado no conjunto de dados MS COCO e especializamos seu treinamento em nosso novo conjunto de dados sintéticos. As primeiras camadas convolucionais aprendem recursos de baixo nível (curvas, cores, bordas, bolhas). À medida que avançamos na rede, ele aprende mais recursos ou padrões de nível médio/alto. Congelamos esses recursos de baixo nível treinados no MS COCO e apenas treinamos novamente os recursos de alto nível necessários para nosso novo problema de classificação de imagem, substituindo a camada de classificação por nossa configuração, com um número diferente de classes.

Após o estágio de treinamento, a CNN retorna várias caixas delimitadoras alinhadas ao eixo sempre que enviamos uma imagem de entrada. Cada caixa delimitadora é definida por (x, y) , w , e h , onde (x, y) é o centro da caixa e w e h , sua largura e altura, respectivamente. Ao multiplicar a probabilidade condicional da classe pelas previsões de confiança da caixa individual, obtemos a pontuação de confiança específica da classe para cada caixa e usamos esses dados para desenhar as caixas na imagem de saída. Usamos

a altura da caixa e informações adicionais sobre a classe do navio para calcular a distância do objeto até a sonda.

3.1 Banco de dados

Devido ao posicionamento do periscópio e à elevação da câmera 360° acima da água, é plausível afirmar que os objetos na superfície necessariamente cruzam a linha do horizonte. Geramos nossos dados de treinamento com esse conceito em mente e colocamos a câmera virtual usada no cenário simulado cerca de 40 cm acima do nível da água. A Figura 3 ilustra este ponto de vista e configuração, e a Figura 4 mostra um exemplo de imagens sintéticas geradas usando o simulador de passadiço do Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV).

3.2 Estimativa de distância

Desenvolvemos um método inspirado em estadímetros para estimar a distância de navios de classes identificadas e classificadas. Nossa abordagem é baseada na semelhança de triângulos, de modo que são necessários três parâmetros para calcular a distância do navio.

1. A altura do objeto no espaço tridimensional (H): Uma vez classificada a embarcação, temos sua altura conhecida, pois esta informação geralmente está disponível para o oficial do periscópio;
2. Altura do objeto na imagem (P): Após aplicar o modelo de detecção e classificação, obtemos a caixa delimitadora alinhada ao eixo de cada navio detectada e sua respectiva pontuação de confiança indicando quão boa é a detecção. Assumimos que a altura da caixa delimitadora é a altura P do objeto no espaço da imagem, medida em pixels;
3. Distância focal da câmera (f): Pode ser encontrada nas especificações da câmera ou estimada por triangulação.

Assim, é possível detectar a distância utilizando a fórmula: $D = (fxH)/P$.

4. RESULTADOS

Os testes realizados no banco de dados sintético alcançaram quase 100% de acurácia. A Figura 5 mostra exemplo do modelo aplicado a uma imagem sintética. O modelo alcança pontuações de alta precisão na detecção e classificação mesmo em grandes distâncias e diferentes ângulos de proa.

A Figura 6 mostra o resultado do sistema completo funcionando, já com cálculo de distância.

TESTE COM USUÁRIOS

Realizamos, no Centro de Instrução e Adestramento Almirante Áttila Monteiro Aché (CIAMA), uma simulação do uso real do nosso XR Periscope, utilizando óculos de realidade virtual. A Figura 7 demonstra o layout observado pelos usuários. Em seguida, aplicamos questionários a dezenove oficiais submarinistas qualificados em periscópios. Nosso objetivo era verificar as hipóteses seguintes:

- **Hipótese 1.** O Periscópio XR melhora a segurança no procedimento de retorno à periscópica;
- **Hipótese 2.** As tarefas secundárias que envolvem a observação de pontos e embarcações de interesse podem ser realizadas a partir da cota de segurança com o Periscópio XR;
- **Hipótese 3.** A detecção de navios, classificação e estimativa de distância melhora o processo de navegação e o periscópio XR contribui para reduzir a taxa geral de indiscrição submarina.

As hipóteses foram confirmadas através dos questionários e comentários realizados pelos usuários e podem ser conferidas em detalhes no artigo *An augmented reality periscope for submarines with extended visual classification* (2021).

REFERÊNCIAS

BOCHKOVSKIY, A.; WANG, C.Y.; LIAO, H.Y.M. **YOLOv4**: optimal speed and accuracy of object detection, 2021, [s. l.]. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2004.10934>. Acesso em: 19 ago. 2021.

BRASIL. Estado-Maior da Armada. **EMA-305**: Doutrina Militar Naval. Brasil: Marinha do Brasil, 2017.

BREITINGER, A.; CLUA, E.; FERNANDES, L.A.F. An Augmented reality periscope for submarines with extended visual classification. *In: SENSORS*, [s. l.], 21., 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s21227624>. Acesso em: 1 abr. 2022.



Figura 3: Ponto de vista do periscópio.



Figura 4: Imagem sintética de uma fragata.



Figura 5: Imagem sintética de contêiner.



Figura 6: Sistema completo sendo testado com o Aviso da Escola Naval.



Figura 7: Teste realizado no CIAMA.

LECUN, Y.; BOSER, B.; DENKER, J.; HENDERSON, D.; HOWARD, R.; HUBBARD, W.; JACKEL, L. Backpropagation applied to handwritten zipcode recognition. *In: NEURAL COMPUT*, 1., 1989, [s. l.]. 541–551 p.

LIN, T.Y.; MAIRE, M.; BELONGIE, S.; HAYS, J.; PERONA, P.; RAMANAN, D.; DOLLÁR, P.; ZITNICK, C.L. Microsoft COCO: Common objects incontext. *In: PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN CONFERENCE ON COMPUTER VISION (ECCV)*, Zurich, Suíça. **Anais[...]**. Suíça, 6–12 set., 2014. 740–755 p.

MILGRAM, P.; TAKEMURA, H.; UTSUMI, A.; KISHINO, F. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *In: TELEMANIPULATOR AND TELEPRE-SENCE TECHNOLOGIES*, 2351., jan. 1994, [s. l.]

STANTON, N.A.; ROBERTS, A.P.J.; FAY, D.T. Up periscope: understanding submarine command and control teamwork during a simulated return to periscope depth. *In: COGN. TECHNOL. WORK*, 19., 2017, [s. l.]. 399–417 p. Disponível em: [doi:10.1007/s10111-017-0413-7](https://doi.org/10.1007/s10111-017-0413-7). Acesso em: 3 abr. 2022.



TECNOLOGIAS SUBAQUÁTICAS APLICADAS NA ECONOMICIDADE DE RECURSOS NA MARINHA DO BRASIL



Capitão-Tenente Fábio Lima da Cruz

1. INTRODUÇÃO

Na indústria, o ultrassom é utilizado para detectar falhas estruturais durante a manufatura de peças, ou na análise posterior de equipamentos que sofrem desgastes, para detecção de descontinuidades e, o que é o foco do nosso texto, medir espessuras quando só se tem acesso a um dos lados. O início dos estudos sobre a física de sinais de ultrassom data do fim do século XVIII e possui este nome por se tratar de uma forma de energia possuidora de frequências acima do máximo audível humano, em torno de 20 kHz. Uma das vantagens da utilização deste método de ensaio reside no fato de não existir a necessidade de parada na produção, como no caso da inspeção de cascos de navios. O método subaquático de medição de espessura por ultrassom é utilizado desde o final da década de 70 do século passado. A implementação deste método de captação de dados para manutenção preditiva nos cascos dos navios já estava sendo experimentada e amplamente discutida em 1978-1979, respectivamente nas 27^a e 28^a “Conferência de Ensaio Não Destrutivos (E.N.D.) do Ministério da Defesa dos Estados Unidos da América”. Este artigo tem por propósito demonstrar a possibilidade de utilização na Marinha do Brasil (MB) de um método mais econômico e assertivo, já amplamente aplicado na iniciativa privada, na realização de ensaios não destrutivos subaquáticos por ultrassom em cascos de navios, utilizando uma mão de obra disponível e com um valor de investimento de aprestamento aceitável, tanto pessoal quanto material.

O prévio mapeamento subaquático de espessura das chapas do casco seria a fonte de dados principais a serem analisados através de um *software* modelado computacionalmente a fim de auxiliar na tomada de decisão, sugerindo novas ordens de docagem de navios em função de níveis de prioridades.

2. O ENSAIO NÃO DESTRUTIVO POR ULTRASSOM SUBAQUÁTICO NA INICIATIVA PRIVADA E NA MB

O principal motivo para a exigência da docagem de um navio mercante se dá pela necessidade da inspeção das obras vivas e equipamentos que ficam submersos, como leme e hélice, pois não é possível a realização de inspeção e consequente manutenção durante a operação. Aproveitando-se dos dias necessários para realizar tal avaliação, são realizadas manutenções nas outras regiões do navio, que também são de difícil execução, ou não se encontra tempo necessário para execução quando operando. O casco é o responsável pela maioria das obras da embarcação, este é o motivo principal para a necessidade da retirada do navio da água, já que a garantia de uma boa condição é que o torna seguro. Sendo assim, é feita uma avaliação da estrutura do casco, para garantir a sua integridade. O principal meio utilizado para tal avaliação é o método de leitura de espessura via ultrassom. Nele é possível identificar, através da emissão de ondas sonoras, a espessura de todas as chapas do navio. Entre estas docagens existem os períodos de Inspeção Intermediária, a qual pode ser subaquática para avaliação das estruturas submersas, sem a necessidade de retirada do navio da água, caso não seja encontrada nenhuma avaria grave.

Um navio convencional segue, desde sua construção, regras de uma sociedade classificadora e de autoridades portuárias, como a Marinha do Brasil (Norman 01, da DPC). Com isso, o navio, após término de sua construção, recebe uma série de certificados que possuem validade de cinco anos, sendo feitas inspeções anuais no período próximo à data de aniversário da emissão, e uma intermediária a cada 2,5 anos.

Assim, em todo fim de docagens, ou na entrega da construção do navio, é iniciado um ciclo de inspeções, tendo uma docagem no aniversário da intermediária, com uma janela de mais ou menos seis meses, e outra no fim do ciclo quando os certificados atingem os cinco anos, renovando os certificados e iniciando um novo ciclo.

Esses ciclos se repetirão até o fim da vida útil da embarcação. Vale notar que, até os quinze anos de idade da embarcação, essa inspeção intermediária pode ser subaquática para avaliação das estruturas submersas, sem a necessidade de retirada do navio da água caso não seja encontrada nenhuma avaria grave (NEVES, 2019). A norma que regulamenta o E.N.D (ME-US) subaquático NBR 16794-03/2020 é amplamente conhecida, e em 2020 sofreu uma revisão para se atualizar.

Atualmente na MB ainda não existe inspeção de Medição de Espessura Ultrassonográfica (ME-US) subaquática para auxiliar em uma prévia avaliação estrutural de casco com o navio ainda flutuando, o que leva a uma considerável falta de disponibilidade de diques vagos para docagem dos nossos meios navais. O procedimento de inspeção e critérios de aceitação de descontinuidades encontram-se na ENGENALMARINST N° 10-01A – Anexo A, que está dividida em dois estágios descritos a seguir.

Inspeção Visual – 1º Estágio da Inspeção – O inspetor (membro da tripulação do Navio) deve fazer essa inspeção para identificar corrosão nos elementos estruturais. Quando o inspetor constatar anomalias (mossas, rachaduras etc.) e corrosão em uma área superior a 10% da área total ou uma quantidade elevada de *pittings* de corrosão, deve ser solicitada uma inspeção detalhada à Organização Militar Prestadora de Serviço (OMPS).

Inspeção Detalhada – 2º Estágio da Inspeção – Esta inspeção deve ser solicitada pelo Navio à OMPS sempre que houver evidência de que a estrutura se encontra em processo acelerado de degradação (corrosão) ou com avarias (mossas ou trincas).

— Medições de espessura no 2º Estágio da Inspeção

As regiões que apresentam sinais de corrosão na forma de manchas de ferrugem devem ter atenção especial dos inspetores, devendo ser realizada a medição da espessura

do chapeamento por ultrassom em caso de dúvidas do inspetor. As medições de espessura devem ser feitas por meio de micrômetro ou paquímetro, quando praticável, ou por aparelhos de ultrassom. Somente pessoal devidamente qualificado no uso desses aparelhos deve efetuar as medições de espessura. A aferição dos aparelhos de ultrassom deve ser comprovada antes e durante as medições.

Como regra geral, a escolha dos pontos de medição de espessura deve ser feita através de uma inspeção visual da região observada, dando-se maior atenção às áreas visualmente mais deterioradas ou com pintura descascando, e também àquelas de acesso mais difícil. Os critérios existentes quanto à quantidade mínima e distribuição dos pontos de medição de espessura a serem seguidos ocorrem em função dos diversos elementos estruturais do navio. Como exemplo de regiões mais suscetíveis à corrosão citam-se:

- a) região do fundo das praças de máquinas e de caldeiras (ou seja, região sob o estrado desses compartimentos);
- b) conveses expostos e casco externo;
- c) tanques de lastro e aguada;
- d) compartimentos de UCA / URA (Unidade Condicionadora de Ar e Unidade Resfriadora de Água);
- e) compartimento da máquina do leme;
- f) cozinhas; e
- g) banheiros e lavanderias. (ENGENALMARINST N° 10-01A - Anexo A).

3. PROPOSTA

Um dos desafios para a programação dos períodos de manutenção é a disponibilidade de diques secos desocupados. Desta forma, é de grande valia obtermos um método mais eficiente na tomada de decisão sobre qual navio é mais necessário docar.

Desta forma, é necessário fornecer uma classificação obtida através das projeções geradas pela inspeção subaquática em locais do chapeamento do casco estatisticamente conhecidos por apresentarem espessuras menores que as aceitáveis pela norma (como os descritos na ENGENALMARINST N° 10-01A – Anexo A), locais onde a resistência friccional (atrito causado pelo arrasto da massa de água deslizando no casco) é maior, onde o ânodo de sacrifício apresentou alguma anormalidade e na linha d'água.

A simulação computacional utilizaria diferentes pesos para diferentes locais e espessuras do chapeamento do casco, retornando um enquadramento em, por exemplo, três status: Urgente, Necessária ou Aconselhável.

— Análise dos possíveis imprevistos da metodologia de sondagem por ultrassom na MB

De acordo com os procedimentos de inspeções pré-docagem em vigência na MB, observamos o distanciamento entre as metodologias adotadas pela iniciativa privada no que se refere à não utilização da inspeção ME-US subaquática, obtendo-se com isso possíveis imprevistos no dique que não haviam sido planejados. Estes imprevistos podem ser: constatação de que o casco se encontra com as chapas em bom estado e sem necessidades de substituição. O que a uma primeira vista seria um acontecimento positivo na verdade demonstra a deficiência de um bom planejamento de manutenção fundamentado em dados sólidos, ocasionando assim uma possível docagem precipitada em detrimento a docagens de navios em pior estado, os quais podem estar perigosamente aguardando a disponibilidade do dique, visto que o número de diques é estreito se comparado à quantidade de navios que necessitam de inspeção/repares que aguardam seu período de *manutenção preventiva* planejada, fundamentado unicamente no fator tempo, ou uma avaria que torne sua docagem emergencial. Neste último, sua docagem seria priorizada. Com isso, ocasionam-se as seguintes consequências: atraso na execução do PM do navio docado e uma necessidade inopinada e não planejada de uma série de operações complexas que deverão ser realizadas imediatamente.

Além disso, há o incremento da necessidade de trocas/repares em chapas de aço e, conseqüentemente, o aumento do período de tempo que o navio permanecerá docado, elevando o valor da manutenção com variação diretamente proporcional.

CONCLUSÃO

O objetivo deste artigo é apresentar uma ferramenta computacional no auxílio de tomada de decisão para hierarquizar as futuras docagens dos navios da MB, de forma mais atual e precisa, levando em consideração, de forma mais assertiva, o real estado do navio.

Este presente projeto está sendo pesquisado e escrito por mim, Capitão-Tenente Escafandrista Fábio Lima da Cruz, Engenheiro Mecânico com Ênfase em Materiais pelo Instituto Politécnico do Rio de Janeiro (UERJ-Nova Friburgo), para ser submetido como tese de Mestrado.

Cabe destacar que, para a qualificação de pessoal e a compra do ultrassom subaquático, seria necessário investir aproximadamente R\$ 30 mil, o que é um valor irrisório, comparado aos custos de uma docagem. Hoje possuímos mergulhadores extremamente motivados para aprender e contribuir para a implementação desta modernização em nossos processos de tomada de decisão, adicionando novas possibilidades para a Marinha do Brasil.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Marinha do Brasil. Diretoria de Engenharia Naval. **Engenmarinst nº 10-01A**. Rio de Janeiro, 2016. Acesso em: 15 abr. 2022.

COSTA, A. C. **Ensaio por ultrassom com técnicas convencional A – Scan e Phased Array em juntas soldadas dissimilares de aços carbono e aço inoxidável austenítico**. Belo Horizonte, 2011, 104p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

NEVES, E. J. C. **Docagem de embarcações – Navios Graneleiros**. Rio de Janeiro, 2019. 42p. Projeto (Graduação em Engenharia Naval), Faculdade Politécnica – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.



A CRISE DOS MÍSSEIS DE 62 E OS SUBMARINOS CLASSE FOXTROT SOVIÉTICOS



Capitão-Tenente Diego de Oliveira Bizarro

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Após o fim da Segunda Guerra Mundial, o mundo ficou dividido entre duas superpotências vencedoras, Estados Unidos (EUA) e União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), que passaram a rivalizar a influência global em termos econômicos, ideológicos e militares. Consequentemente, foi iniciada, entre estas, uma grande corrida armamentista. Tal corrida, que proporcionou grande inovação tecnológica, contemplou diversos setores, e a área nuclear foi um dos destaques.

Com o avançar dos anos, as tensões da Guerra Fria aumentavam, e, em 1953, o Premier Nikita Khrushchev subiu ao poder na URSS com a promessa de superar os americanos não somente no campo militar, mas também em termos de qualidade de vida, fato que acirraría mais ainda a disputa entre os blocos capitalista e socialista.

Em 1956, o Alto Comando Naval Soviético determinou que a Frota de Submarinos, além de realizar operações costeiras, também realizaria longas patrulhas e estabeleceria sua presença nos oceanos ao redor do globo (WEIR; BOYNE, 2003). E, para isso, o Almirante Sergei Gorshkov, arquiteto desta mudança de paradigma, implementou o projeto de construção em larga escala de submarinos e também investiu num grande programa de qualificação de militares. Tudo isso estava apoiado na visão de Khrushchev de que a marinha é um importante elemento para a política externa (REED, 2010).

2. DESENNOLAR DOS ACONTECIMENTOS

Em 1959, Fidel Castro assume o poder em Cuba e decide por gravitar na esfera política de Moscou. Com isso, Khrushchev – que estava inconformado com o fato de os EUA terem instalado mísseis de alcance intermediário na Turquia, os quais poderiam alcançar Moscou



Figura 1: Submarino Classe Foxtrot.

em poucos minutos – decide por deflagrar a operação *Anadyr*, que consistia em instalar mísseis ofensivos com ogivas nucleares em Cuba.

Dentro dessa operação, haveria a *Kama*, vertente naval da operação *Anadyr*. A *Kama* consistiria em movimentar, permanentemente para Cuba, inicialmente quatro submarinos da classe Foxtrot, Projeto 641 Diesel Elétricos e, posteriormente, sete submarinos lançadores de mísseis balísticos da classe Golf. Havia também a intenção de movimentar *destroyers*, cruzadores e caça-minas. Essa operação objetivava equipar a República Socialista de Cuba com meios e suporte suficientes para evitar uma possível agressão americana.

Para essa tarefa, foram designados os submarinos classe Foxtrot B-59, B-36, B-130 e B-4 com os respectivos Comandantes *Second Rank*¹, Savitsky, Dubivko, Shumkov Ketov. Esses meios estariam munidos de armas especiais que deveriam fazer frente às forças navais americanas que viessem a interferir nos planos soviéticos em Cuba. Essas armas consistiam em torpedos nucleares que possuíam um

¹ O termo não tem tradução na Língua Portuguesa, mas tem equivalência a *Capitães de Fragata*.

raio de destruição de 16 milhas após sua explosão. Tais armas eram de sigilo altamente secreto e tinham sido testadas há apenas um ano antes do início da operação *Kama*.

O teste foi realizado por apenas um dos submarinos, o B-130. No momento do teste, Shumkov presumiu que, se tivesse de utilizar esse torpedo em operações reais, haveria grande possibilidade de ser atingido pelo efeito destruidor da explosão. Verifica-se que, no momento da *Kama*, as tripulações tinham pouca familiaridade com o torpedo, no caso do B-130, ou nenhuma, no caso das outras três tripulações. De acordo com o Alto Comando Naval Soviético, na figura de Gorshkov, seria suficiente para a realização da operação que apenas um dos três Comandantes já tivesse operado essa arma (WEIR; BOYNE, 2003).

O planejamento da *Kama* tinha diversos questionamentos, dentre eles destacam-se:

1. o fator tempo/distância para chegada em Cuba era incompatível com a velocidade de cruzeiro projetada para os submarinos classe Foxtrot, já que a velocidade de projeto era 5-6 nós, e a planejada foi de 9 nós;
2. a comunicação entre o Alto Comando Naval e os meios seria realizada todos os dias à meia-noite do horário de Moscou, e este tornou-se inapropriado, em virtude de Moscou e Havana estarem separados por 7 horas de fuso, logo meia-noite em Moscou era dia no Caribe, e, com isso, aumentava a possibilidade de os Submarinos serem detectados, visto que, para realizar a comunicação, era necessário se aproximar da superfície;
3. a previsão meteorológica era inadequada, devido à necessidade de atravessar o furacão *Ella* durante o trajeto à Cuba.

Visto que os comandantes não tinham muita autonomia e não receberam regras de engajamento claras, a comunicação era o fator de maior relevância, pois esta, sendo realizada apenas uma vez ao dia, tornaria difícil o conhecimento acerca da autorização para a utilização dos torpedos nucleares, no caso de um ataque americano.

Os Projetos 641 tinham a missão de transitar secretamente pelo Oceano Atlântico até Mariel, Cuba, realizando o reconhecimento da rota e aferindo as condições acústicas da região para a entrada no porto de sete submarinos de mísseis balísticos classe Golf.

Cada submarino levaria um grupo de nove especialistas

em espionagem eletrônica, denominado OSNAZ (osoben-nogonaznachnieniya), que significava, em russo, designação especial. Cinco desses eram especialistas em comunicação na língua inglesa e objetivavam interpretar dados e monitorar as bandas de frequências HF (*High Frequency*) e UHF (*Ultra High Frequency*) para terem conhecimento, antecipadamente, sobre a preparação dos americanos e sobre o local onde estariam concentrando suas forças.

Durante o trajeto, para navegar sem serem detectados, os submarinos deveriam demandar a maior velocidade quando submersos, carregar as baterias à noite e obter ajuda das condições climáticas. Outro fator que dificultava sua ocultação era o novo sistema americano chamado SOSUS (*Sound Surveillance System*), que consistia em placas de sonares passivos instalados no mar ao redor do mundo, principalmente no Atlântico Norte, objetivando acompanhar os submarinos soviéticos.

Os classe Foxtrot suspenderam em 1 de outubro de 1962, de *Kola* Península, e, ao passar pelo mar na Noruega, demandaram um rumo entre a Islândia e Ilhas Faroé objetivando evitar contato com meios antissubmarinos (AS) da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), além obter tempo encoberto, que os ajudou a se ocultarem durante as constantes carga de bateria. O GIUK (Groenlândia, Islândia e Reino Unido), linha imaginária entre Groenlândia, Islândia e Reino Unido, local por onde tiveram de navegar, por ser o caminho de saída dos Submarinos da Frota do Norte Soviética em direção ao Atlântico, preocupava significativamente os comandantes, em virtude de ser uma região constantemente patrulhada (REED, 2010).

Com o passar dos dias, a taxa de avarias nos submarinos foi aumentando, gerando diversas restrições operativas. Constatou-se que as baterias não estavam armazenando energia como deveriam em virtude de as últimas revisões gerais terem sido inadequadas. O número excessivo de cargas de bateria necessário para manter uma velocidade média de cruzeiro de 9 nós mais o encontro dos submarinos com furacão *Ella* corroboraram para degradar a situação do material e provocar acidentes de pessoal. Adicionalmente, havia grande desconforto devido ao calor intenso no interior do submarino. O ar-condicionado desses meios foi projetado para operação em águas frias, e, ao navegar em águas tropicais, esse sistema tornou-se inadequado.

3. AUMENTO DA CRISE

Em 20 de outubro, o Presidente Kennedy e seus conselheiros concluíram que os soviéticos ultrapassaram os limites, pois foi constatado que havia em Cuba capacidade nuclear ofensiva. Com isso, Kennedy decidiu pelo bloqueio naval, também conhecido como *quarantine line*. Com essa medida, todo navio russo que se aproximasse dessa linha em direção a Cuba deveria ser inspecionado ou deveria demandar rumo contrário de modo a se afastar.

Como Moscou não enviava atualizações aos submarinos sobre o contexto geopolítico, o OSNAZ passou a monitorar as frequências de rádio comerciais abertas em busca de notícias, objetivando saber se a guerra já teria começado. Dessa forma, foi verificado que a guerra ainda não havia começado porque as rádios comerciais americanas estavam noticiando assuntos aleatórios e não orientando a população a ir para abrigos.

Em 22 de outubro, o OSNAZ escutou o presidente Kennedy falando à nação que a Marinha tinha iniciado a *quarantine line* ao redor de Cuba para bloquear os navios soviéticos que carregavam armas em direção a esse país. Assim, os comandantes imaginaram que receberiam ordens de Moscou autorizando o uso do torpedo nuclear para furar o bloqueio americano, porém essa ordem não chegou.

Em 25 de outubro, o Secretário de Defesa americano Robert McNamara, sabendo da aproximação de Submarinos Soviéticos, anunciou que a Marinha usaria o código de sinal internacional de três cargas de profundidade não destrutivas para sinalizar que qualquer submarino soviético detectado perto da *quarantine line* deveria ir à superfície e se afastar, demandando rumo leste.

Na época, os americanos possuíam um projeto secreto chamado *Boresight HFDF*, sistema que funcionava através de multiangulação da fonte emissora. Através dessa nova tecnologia e de constantes atualizações, conseguiram localizar a posição dos submarinos soviéticos no Caribe. Com essas informações, foram formados grupos de batalha, capitaneados por porta-aviões, realizando buscas AS implacáveis, a fim de localizar esses meios soviéticos e forçar a vinda deles à superfície. Para dissuadir os soviéticos, os navios



Figura 2: Instalações militares Soviéticas em Cuba.

reportavam para as aeronaves as posições dos submarinos, utilizando linhas abertas de comunicação, justamente para os soviéticos saberem que sua localização era conhecida.

No final, os B-36, B-130, B-59 foram forçados a retornar à superfície e demandar rumo a voltar para seus portos-base. Apesar de o B-4 não ter ido à superfície, este comunicou aos americanos que cumpriria as orientações e demandaria rumo leste. Consequentemente, como os classe Foxtrot não conseguiram cumprir suas missões, os classe Golf não foram enviados.

4. SOLUÇÃO PACÍFICA DA CRISE

Em 20 de novembro, Kennedy anunciou para a imprensa que Castro finalmente aceitou remover todas as armas ofensivas em trinta dias, e consequentemente o Presidente ordenou o fim do bloqueio naval de Cuba.

No contexto da Crise dos Mísseis de 1962, o fato narrado no texto foi o foco de maior tensão, pois os americanos, ao se aproximarem dos submarinos, lançavam as cargas explosivas não destrutivas para que os projetos 641 viessem à superfície. Em diversas situações, os comandantes soviéticos ficaram na iminência de lançarem seus torpedos nucleares, pois não sabiam se a guerra já havia iniciado e se os americanos estavam tentando

destruí-los. Logo, esses militares foram de grande importância, pois ficou na responsabilidade deles iniciar a guerra entre as duas maiores potências do globo. Caso um desses torpedos fosse lançado, aniquilaria diversos navios americanos, além do próprio submarino soviético, em virtude da proximidade destes, e provavelmente escalaria a crise para uma guerra nuclear.

Apesar de o Presidente Kennedy e o Secretário de Defesa McNamara possuírem suspeitas de que os quatro Submarinos Foxtrot estivessem carregando torpedos nucleares, a verdade foi revelada ao mundo somente em 1995. Enquanto o mundo estava focado na instalação de mísseis em território cubano, crise acima d'água, acreditando ser o perigo mais imediato, a história desses quatro submarinos e que poderia ser o estopim para início da guerra ficou desconhecida pela sociedade em geral.

CONCLUSÃO

Constata-se que a ocultação na operação de submarinos como meio dissuasório é essencial, visto que, se os americanos não possuíssem a posição dos classe Foxtrot, o bloqueio naval ao redor de Cuba não teria eficácia em evitar a passagem de meios submersos soviéticos.

Ao analisar os questionamentos sobre o planejamento da operação, nota-se que uma boa e detalhada preparação são de suma importância para o sucesso das viagens, principalmente nas longas, proporcionando melhores condições para condução do submarino pela tripulação e contribuindo sobremaneira para o cumprimento da missão.

Além disso, é de conhecimento que a cobertura pela imprensa de guerras e crises é realizada através de meios aéreos, satelitais e localmente por correspondentes, que relatam os acontecimentos e reúnem imagens. Essas formas de coleta de informações são inaplicáveis para narrar os fatos realizados no fundo do mar.

Conclui-se que a guerra submarina não é coberta pela mídia e que os acontecimentos no fundo dos mares, na maioria das vezes, tornam-se segredos de estado, chegando ao conhecimento do público somente décadas depois. Ao analisar o contexto geopolítico atual, pós-invasão da Ucrânia pela Rússia, e a degradação das re-



Figura 3: Principais atores da crise. Da esquerda para a direita: John F. Kennedy, Fidel Castro e Nikita Khrushchev.

lações diplomáticas entre EUA e Rússia, verifica-se que possivelmente teremos notícias de atividades submarinas entre essas nações no futuro.

REFERÊNCIAS

EDITORES da Enciclopedia Britânica. Cuban missile crisis: international incident. **Enciclopédia Britânica**, 1962. Disponível em: <https://www.britannica.com/event/Cuban-missile-crisis>. Acesso em: 25 mar. 2022.

KRISHNAN, Vijay. Cold War Question: Why was the Cuban Missile Crisis so terrifying for Americans and how was it resolved? What did the Cuban Missile Crisis reveal about human politics? **Quora**, 2003. Disponível em: <https://www.quora.com/Cold-War-Question-Why-was-the-Cuban-Missile-Crisis-so-terrifying-for-Americans-and-how-was-it-resolved-What-did-the-Cuban-Missile-Crisis-reveal-about-human-politics>. Acesso em: 25 mar. 2022.

LARSON, C. **Classe Foxtrot da Rússia**: o submarino que quase começou a terceira guerra mundial. Disponível em: <https://nationalinterest.org/blog/buzz/russias-foxtrot-class-submarine-nearly-started-world-war-iii-137532>. Acesso em: 25 mar. 2022.

REED, W. C. **Red November**: Inside the secret US-Soviet submarine war. Harper Collins, 2010.

WEIR, G. E., Boyne, W. J. **Rising tide**: the untold story of the russian submarines that fought the cold war. (v. 4, p. 112). New York: Basic Books, 2003.

O FANTASMA DE MÁRMARA

Traduzido e adaptado do livro Submarines! Eight Exciting Stories, de Carey Miller, 1971, Piccolo True Adventures, Capítulo 2, The Phantom of the Marmara.

Capitão-Tenente Bruno Avelino Vasconcelos

Capitão-Tenente (RM2-T) Antonia Clécia Teixeira da Silva Reis

A Primeira Guerra Mundial marca a primeira vez na história em que dois lados puderam atacar-se, mutuamente, com submarinos que funcionavam de verdade. Embora tivessem crescido em tamanho e fossem, então, gigantes de 800 toneladas comparados aos *Holland* de 100 toneladas, os submarinos em 1914 ainda eram lentos e armas não confiáveis. Era necessário ser um bravo marinheiro para poder tripulá-lo.

Na deflagração da guerra, os submarinos eram construídos para passar a maior parte do tempo na superfície, onde eles poderiam se mover relativamente rápido; porém, se tornavam um alvo fácil para navios de superfície fortemente armados. Quando eles submergiam, só conseguiam chegar até 100 pés e a velocidade mais alta embaixo d'água era de cerca de oito nós. Enquanto estava embaixo d'água, a tripulação tinha de trabalhar com um cheiro nauseante de vapor de diesel e pouco oxigênio no ar. As condições eram tão desagradáveis que, geralmente, os submarinos tinham de retornar à superfície o mais rápido possível. Viver em um submarino por semanas seguidas era extremamente desconfortável, para não dizer um jeito perigoso de defender um país.

Esse novo tipo de arma de guerra trouxe consigo uma diferente linhagem de marinheiros, comandados por capitães corajosos e serenos que pareciam progredir em meio ao desconforto e aos perigos inesperados, pois se identificavam com essas armas submarinas. Um desses foi o Comandante Martin Nasmith, capitão do famoso submarino E-11. Suas ousadas façanhas no Mar de Mármara permanecerão vivas por muito tempo na história naval britânica.

O Mar de Mármara foi um dos mares mais importantes na Primeira Guerra Mundial. Ele atravessa o meio da Turquia, aliada da Alemanha, na luta contra a Inglaterra, a França e a Rússia. Ele se estende para dentro da

Turquia como um grande bolso e, era óbvio, qualquer navio que conseguisse entrar ficaria numa posição forte para atacar os turcos.

O Estreito de Dardanelos separava o Mar Egeu do Mar de Mármara. Como essa era a rota mais comum dos aliados britânicos entre o Mar de Mármara e Constantinopla, a capital da Turquia, ela era mais fortemente protegida do que qualquer outra faixa de água no mundo. As margens do Dardanelos estavam repletas de tubos de torpedos e de todo tipo de armas de várias formas e tamanhos. Várias fileiras de campos minados – uma quantidade infeliz para qualquer navio que por ali passasse –, holofotes brilhantes para garantir a mesma claridade da luz do dia. Os turcos estavam preparados, de verdade, para enfrentar os problemas.

No dia 18 de março de 1915, chegaram dezoito majestosos encouraçados com enormes armas barulhentas. Eles penetraram o Dardanelos, mas, depois de apenas algumas poucas milhas, três deles afundaram, três foram seriamente danificados e setecentos homens foram mortos. A frota logo recuou. Eles não retornaram.

O ataque seguinte foi orquestrado pelas tropas britânica e francesa, que pousaram na península de Gallipoli e tentaram derrotar as defesas turcas pela retaguarda. O ataque duraria oito longos meses. Para que os britânicos conseguissem derrotar o exército turco por terra, era vital que eles cortassem as vias de suprimentos, os navios que traziam as tropas, a comida e a munição de Constantinopla e de Panderma para Gallipoli. Como os navios aliados não conseguiam atravessar o Estreito de Dardanelos e as bombas aéreas ainda não estavam plenamente desenvolvidas, a única esperança possível era utilizar o que havia de mais novo em armamento: o submarino.

Cinco submarinos aliados entraram pelo Mármara antes do E-11. Quatro deles logo fracassaram; mas um deles, o

E-14, passou três semanas dentro da Turquia, atacando os navios inimigos. Sua grande vitória foi o naufrágio de um grande navio de transporte de tropa, o *Guy Djemal*. Isso fez com que os turcos entrassem em pânico. A ideia de que existiam novos submarinos amedrontava a maioria das pessoas, porém, imaginar que havia um sem-número de submarinos meticulosamente se amotinando bem embaixo deles deixou todos alarmados. Eles não faziam ideia de que existia apenas um!

Martin Nasmith estava muito impressionado com as façanhas do E-14 e com o pânico que ele tinha causado. Ele ansiava que seu submarino, o E-11, também fosse escolhido para uma missão parecida. Nenhum navio inimigo tinha conseguido entrar, em quinhentos anos, no porto de Constantinopla. Contudo, Nasmith era um homem otimista!

Infelizmente, o E-11 desenvolveu vários problemas no motor e, enquanto aguardava o reparo, Nasmith pesquisou e descobriu o máximo que pôde acerca de Dardanelos; suas correntes, o posicionamento e os tipos de suas muitas armas e como lidar com esses perigos quando ele os encontrasse. Finalmente, o serviço no E-11 foi finalizado e, em 19 de maio de 1915, ele partiu para sua primeira comissão adentro do Mar de Mármara. Era um submarino grande, um navio bem construído que comportava dez torpedos a serem usados em seus cinco tubos. Visto que seria uma longa comissão, o navio estava carregado de equipamentos sobressalentes, mas as condições internas de sobrevivência eram muito limitadas.

A jornada pelos campos minados era mais fácil do que eles esperavam, ainda que tivessem a sensação de inúmeras paradas cardíacas quando ouviam a “saudação” do som dos cabos das minas se arrastando pelo casco do E-11. Certa vez, Nasmith elevou seu periscópio à superfície para fazer uma varredura e, pego por um fecho de luz de um holofote, foi alvejado e quase abalroado por um contratorpedeiro.

Navegando em sua capa de invisibilidade, o E-11 não tinha problema com avanço e, às 13h30 do dia 20, ele chegou seguro ao Mar de Mármara. Naquele momento, o ar dentro do submarino já estava muito contaminado. Na verdade, o nível de oxigênio era tão baixo, que alguns palitos de fósforo sequer acendiam. A tripulação, que já

estava sofrendo com os efeitos tardios de sua aventura e com as condições de confinamento no navio, foi forçada a aguardar até o anoitecer para se arriscar a levar o E-11 à superfície. Foi um grande alívio respirar ar puro novamente, ainda que tivessem adentrado excessivamente em território inimigo.

No dia seguinte, o E-11 navegou lentamente pelo Mar de Mármara à procura dos navios inimigos que traziam tropas e suprimentos para as linhas de frente em Gallipoli. Eles ficaram maravilhados em ver que o mar estava praticamente vazio! É claro que, rapidamente, se espalhou a notícia de que havia outro submarino – uma palavra que causava terror nos corações turcos – que estaria causando um tumulto no Mármara. Na manhã do dia 22, a sorte deles mudou quando avistaram um porta-aviões vazio um pouco mais à frente. Enquanto o perseguiam, eles se tornaram o alvo de uma canhoneira turca. Nasmith disparou um de seus torpedos na canhoneira, e, enquanto esta afundava, atirou de volta no submarino uma bomba 6-1b, o que fez um buraco no top do periscópio do E-11. Foi um tiro perfeito!

Depois de retirarem a carenagem superior do periscópio avariado e de taparem o buraco, eles seguiram sua derrota. O êxito seguinte foi alcançado com o navio cargueiro *Nagara*. Antes de afundá-lo, a tripulação partiu usando botes salva-vidas e, depois de arrebataram a tripulação do *Nagara*, eles se regalaram com a comida fresca encontrada no cargueiro. Como a comida fresca deles tinha se estragado, a tripulação estava sobrevivendo à base de carne enlatada e de biscoitos. Foi uma grata surpresa se deparar com manteiga e ovos! Depois de um belo jantar, Nasmith permitiu que a tripulação tomasse banho nas águas salgadas e quentes. Depois de dias no interior úmido do submarino, isso deve ter sido considerado um tratamento de primeira!

Impaciente por não encontrar outro navio inimigo para atacar, Nasmith decidiu, em seguida, rumar para a capital Constantinopla. Ele sabia que muitos *High Value Unit* (HVV) estavam atracados lá, porque não ousavam enfrentar o Mármara enquanto submarinos estivessem espreitando. Ele sabia também que havia fortes correntes em torno do porto que poderiam tornar a viagem perigosa. Porém, sua ambição conseguia extrair o melhor dele.

Ignorando as correntes, o E-11 navegou submerso pela entrada do porto em 25 de maio e adentrou Constantinopla. Após deixar para trás aquele mar vazio, Nasmith agora contemplava uma imagem totalmente diferente em seu periscópio. O porto estava abarrotado por navios de todos os tipos. A dificuldade agora era escolher em qual deles atirar primeiro! Por fim, ele escolheu um navio de transporte de tropas que estava atracado ao lado de outro navio. Se tivesse sorte, acertaria os dois com um só disparo!

Mirando, cuidadosamente, ele disparou o primeiro torpedo. Porém, imediatamente após sair do submarino, o torpedo virou-se na direção errada, saltou indomável pelo ar e, então, desapareceu do visual. Sem querer perder nem um segundo, Nasmith disparou outro torpedo e, dessa vez, ele atingiu o alvo na mosca! Antes mesmo de parabenizar a si mesmo pelo feito, Nasmith ficou em choque ao ver que seu primeiro torpedo lançado com falha, agora estava voltando para atingir o próprio E-11, após ter dado uma volta completa no porto.

Só havia tempo suficiente para que submergisse o pequeno submarino antes de o torpedo descontrolado passar por cima e dali explodir contra um dos cais no porto. O torpedo passou de raspão e, depois de afundar apenas um navio, *Stamboul*, o E-11 retirou-se apressadamente. As ondas o comprimiram com muito mais vigor dessa vez. O submarino parecia estar, subitamente, no meio de um redemoinho, girando como um pião. Contudo, ele venceu a correnteza e, em seguida, pegou o caminho de volta para Mármara. A tripulação, como se fosse um só homem, respirou aliviada.

Por trás dele, em Constantinopla, se formou um pandemônio. Convencidos de que os Aliados tinham desembarcado, muitos turcos fugiram da cidade. Eles fecharam lojas e tropas ficaram de sobreaviso nos quartéis. Nenhum navio deixaria mais Constantinopla naquele dia! Contento com sua tripulação, Nasmith decidiu dar licença no dia seguinte, permitindo que eles usassem o dia para dormir e nadar o quanto quisessem. Ao mesmo tempo ele se certificava de que os torpedos estivessem bem-acondicionados; já bastava de acidentes!

Depois de um dia de folga, a tripulação do E-11 voltou a explorar o Mar de Mármara mais uma vez. O submarino

foi perseguido dia 27 por duas vezes. Primeiro por um contratorpedeiro decidido a atacar-lhe e, depois, por um pequeno iate que revelou, de súbito, um canhão de convés e abriu fogo.

O dia seguinte começou mais promissor ao conseguirem abordar um navio de suprimentos e explodi-lo. Logo depois, ao avistar um navio de carga, Nasmith lançou um torpedo de boreste, mas falhou novamente. O torpedo atingiu o navio, mas não explodiu. Após o navio se afastar do cenário, a tripulação foi em busca do torpedo. Encontraram-no a algumas milhas dali, flutuando inofensivamente na superfície. Nasmith, sem parar para pensar nos perigos envolvidos, tirou a roupa e saltou pela borda, levando consigo apenas uma chave inglesa.

Com extremo cuidado, ele removeu o explosivo do nariz do torpedo e nadou de volta para o navio com o artefato em seu poder. Em seguida, a tripulação içou aquele grande projétil de mais de 5 metros com uma correia gigante e embarcou a arma pela escotilha de vante. Como os torpedos são muito valiosos e não podiam ser substituídos, Nasmith estava determinado a aproveitar todo seu potencial, usando-o mais de uma vez.

Como Nasmith não conseguiu encontrar mais nada em que usar seus últimos torpedos, ele decidiu voltar para casa em 6 de junho. Além de precisarem de um novo conjunto de torpedos, Nasmith percebeu que uma arma montada no convés seria de grande utilidade em uma comissão daquele porte. Ele estava determinado a instalar uma quando voltassem para Malta. Se eles realmente conseguissem voltar... o traiçoeiro Dardanelos ainda os aguardava.

Era dia 7 e o sol acabara de nascer quando o E-11 submergiu no Dardanelos em seu longo caminho de volta para casa. O submarino ainda carregava um torpedo em seus tubos, aquele que Nasmith resgatou na esperança de encontrar algum encouraçado em seu caminho de volta. Por diversas vezes, durante a patrulha, tinham vislumbrado o poderoso encouraçado turco Barbarossa e nutriam grandes expectativas de que este estivesse patrulhando o Dardanelos – um alvo fácil para seu último torpedo. Como não havia nenhum sinal do Barbarossa, Nasmith disparou seu último torpedo em um navio de transporte vazio e o afundou. A comissão foi finalizada com um total de sete navios e uma canhoneira abatidos.

Enquanto passavam embaixo do segundo campo minado, subitamente, o E-11 começou a ser chacoalhado na água como se estivesse sendo arrancado por uma mão invisível. Isso perturbou Nasmith. Seria isso uma malícia das correntes ou estaria o E-11 apresentando sérios defeitos? Ele agiu com rapidez e ordenou que o submarino subisse para 20 pés abaixo da superfície. Ele içou o periscópio na esperança de encontrar uma pista que explicasse o comportamento estranho do E-11 e ficou horrorizado ao ver uma grande bola pontuda repousada no convés do E-11. Uma mina! De alguma maneira, o cabo da mina ficou preso entre o submarino e o leme horizontal de bombordo. Como ele não ousaria tentar tirar a mina dali, tendo tantas armas apontadas para ele logo acima, Nasmith não teve outra escolha a não ser levá-la com ele. Ele decidiu manter esse segredo só pra si. Parecia improvável que o E-11 fosse capaz de chegar inteiro ao fim da comissão enquanto estivesse carregando aquele passageiro mortal, mas falar com a tripulação sobre isso não ajudaria.

Nasmith cruzou os dedos e deu ordem para imersão. Então, ele subiu pelo torreão e observou a mina pela escotilha, conforme ela era puxada para baixo junto com eles para as profundezas. Não havia nada que ele pudesse fazer, a não ser tentar manter o pequeno submarino o mais estável possível. O pior momento viria quando eles tiveram de mergulhar ainda mais fundo para poder passar embaixo do terceiro campo minado. A imersão foi muito tranquila e, tirando o atrito próprio dos cabos das minas no casco do E-11, tudo correu bem. A todo instante, Nasmith esperava que a própria mina do E-11 se chocasse com alguma outra mina e causasse uma explosão dupla.

Depois de um tempo que pareceu durar horas, um de seus oficiais informou a Nasmith que eles estavam passando pelo campo minado. Naquele momento, havia uma atmosfera muito feliz a bordo do E-11. Até onde a tripulação sabia, eles estavam sãos e salvos! Nasmith sofria sozinho e dava ordens para ir à superfície, pois ele sabia que isso significaria mover o leme, o que deslocaria o cabo da mina e a traria de volta para perto do torreão. O pequeno submarino lentamente ganhava ponta até atingir a cota periscópica. A mina, espantosamente, estava se balançando bem diante deles. Àquela altura, é claro que ela já tinha sido notada por alguns da tripulação.

Naquele momento, eles tinham chegado à segurança de suas águas territoriais e podiam ouvir as hélices de um contratorpedeiro vindo na direção deles. Ao reconhecer o fogo como amigo, Nasmith ordenou que um de seus homens guarnecesse o torreão e ficasse pronto para içar a bandeira deles, caso o contratorpedeiro tentasse abatê-los. Tinha chegado a hora do E-11 se livrar de seu convidado indesejável. Nasmith ordenou que o submarino desse máquinas à ré. Ao fazer isso, a pressão da água na direção oposta empurrou o cabo da mina para fora do leme horizontal e, devido ao seu próprio peso, a mina afundou, pousando inofensivamente no fundo da baía.

A tripulação ficou radiante ao se livrar de sua última carga mortal e conduziu o E-11 para a superfície, içando, em seguida, sua bandeira. Eles foram recebidos com vibração pelos homens do contratorpedeiro que foram enviados para procurá-los. As notícias de sua fantástica patrulha de vinte dias tinham se espalhado e Nasmith e seus homens já eram considerados heróis. Depois desse feito, Nasmith foi condecorado com a *Victoria Cross* por sua bravura em serviço.

Enquanto o E-11 estava passando por reparos em Malta e sendo paramentado com uma 12-1b, os receosos turcos também estavam ocupados. Determinados a afastar as ameaças do submarino, eles prenderam uma rede de aço, como se fosse uma teia gigante de aranha, na parte mais estreita do Dardanelos. Felizes com seu próprio feito, ficaram atentos aguardando pelas “moscas”. Os dois primeiros foram o E-12 e o E-7. Os dois submarinos consideraram que a rede daria trabalho, mas nada impossível de superar. Eles se aproximaram dela com velocidade máxima e a forçaram, repetidamente, até que, por pura força bruta, conseguiram romper os espessos cabos de 2,5 polegadas, abrindo um buraco grande o suficiente para passarem se espremendo. Quando o E-7 regressou depois de 24 dias de patrulha, Nasmith foi enviado novamente ao Mármara. Os turcos estavam mandando cada vez mais suprimentos, em frotas de pequenas embarcações, tipo barcaças, fazendo com que fosse necessário que dois submarinos patrulhassem a área ao mesmo tempo.

A segunda jornada do E-11 pelo Dardanelos foi mais perigosa do que a primeira. As minas tinham sido colocadas mais abaixo na água e, por duas ou três vezes, a tripulação

sentiu que elas efetivamente esbarravam no casco. Surpreendentemente, não houve nenhuma explosão. Se o E-11 tivesse sete vidas, poderia agora estar com quase nenhuma. Nasmith esperava driblar a rede toda de uma vez ao mergulhar sob ela. Porém, mesmo estando a 110 pés, o submarino foi bruscamente contido. Em seguida, eles tentaram o método de colisão usado pelos dois submarinos anteriores e, desse modo, o E-11 também conseguiu trespassar a rede. Logo após vencê-la, Nasmith içou seu periscópio em busca de alvos. Com um torpedo cuidadosamente posicionado, ele afundou um navio de transporte vazio fundeado. Ali ele se sentiu de volta à batalha, fazendo alguma coisa para ajudar as tropas britânicas que estavam lutando por suas vidas na península.

Na tarde do dia seguinte, o E-11 encontrou-se com o E-14 no meio do Mármara, bem no coração do país inimigo. Deve ter sido uma visão extraordinária, avistar os dois capitães dessas novas máquinas bizarras, de pé no passadiço, gritando um para o outro em meio às ondas.

Dois dias depois, o E-11 encontrou o que ele estava procurando desde o seu primeiríssimo dia no Mármara. Um fio de fumaça preta no horizonte avistada através dos binóculos de Nasmith camuflou a passagem do único navio turco que restara, o evasivo Barbarossa! Como ele estava navegando em direção ao submarino, Nasmith não podia fazer nada, a não ser assistir ao poderoso navio ficando cada vez maior dentro de seu pequeno periscópio. Ao se deparar com o navio, o capitão do submarino sentiu que sua coragem começava a abandoná-lo.

Ele ainda tinha uma longa missão pela frente e não ousou arriscar usar mais do que um torpedo com o Barbarossa. Desesperadamente, ansiava que o seu alvo fosse real e que o torpedo não falhasse de novo. Seu projétil precioso atingiu o grande depósito de munição do navio e houve uma grande explosão que deixou o imenso navio inclinado para boreste. Imediatamente, o navio mudou de curso, rumando para a praia, na esperança de afundar em águas mais rasas. Mas já era tarde demais. Aconteceu outra grande explosão e o navio afundou e sumiu da visão.

Naquele mesmo dia, mais tarde, Nasmith recebeu um pedido de socorro de Boyle (comandante do E-14), que estava atirando em um transportador de tropas vazio. O

E-11 se apressou para socorrê-lo e provou sua primeira dose de má sorte. O armamento do convés, do qual ele tanto se orgulhava, explodiu enquanto disparava, lançando o pobre atirador pelos ares e, daí, para dentro do mar. Ele foi resgatado com alguns ferimentos, mas o armamento foi praticamente partido ao meio. À primeira vista parecia não ter reparo, porém após horas de um trabalho diligente, a comprometida tripulação conseguiu fazê-lo funcionar novamente.

Após afundar um importante navio transportador de carvão e algumas barcaças comerciais abandonadas, Nasmith voltou sua atenção para a rodovia Berlim-Bagdá, que em alguns pontos corria junto à costa. Ele percebeu que, embora os dois submarinos estivessem cruzando as rotas do mar turco, os suprimentos continuavam chegando até Gallipoli pela ferrovia. E se alguma coisa também pudesse ser feita para atrapalhar as rotas ferroviárias? O lugar mais fácil para atacar a ferrovia ficava a cerca de trinta milhas ao longo da costa de Constantinopla, onde ela se cruzava com um viaduto de ferro. Era bem próximo ao mar e bem ao alcance do armamento do E-11. Porém, assim que abriu fogo, a forte artilharia da patrulha do porto turco bombardeou o E-11, forçando-o a submergir em emergência e bater em retirada.

Era preciso uma atitude menos óbvia e mais astuta, e D'Oyley Hughes, o imediato de Nasmith, sugeriu um plano ousado. D'Oyley Hughes, um irlandês enérgico e rígido, foi lançado pela borda do E-11, às 2h da manhã do dia 21 de agosto. O submarino tinha navegado, vagarosamente, o mais próximo possível da costa e Hughes nadou até a praia, empurrando um bote carregado de explosivos suficientes para explodir o viaduto.

Hughes chegou são e salvo com seu bote em terra. Vestiu seu uniforme seco – se ele fosse pego sem uniforme, seria alvejado como espião. Pegando uma pistola, uma baioneta, um apito e os explosivos, saiu em busca do viaduto. Levou meia hora para que ele o encontrasse no escuro. Ele ficou arrasado ao encontrá-lo sob uma pesada guarda. Enquanto varria o ambiente, buscando por brechas, Hughes pulou sobre uma mureta e aterrissou em meio a um bando de galinhas. A barulheira que aquelas galinhas mal-humoradas faziam era suficiente para acordar um morto. Porém, rapidamente, ele se dirigiu à parede

oposta e já tinha pulado sobre ela antes que qualquer um pudesse vir procurar saber que barulho era aquele. Depois desse episódio, ele abandonou o primeiro plano e decidiu destruir as pistas.

Infelizmente, ele precisou disparar sua pistola para poder acender o fusível dos explosivos. Isso fez com que os turcos o notassem e o perseguissem até a praia. Com os assobios das balas dos rifles zumbindo em seus ouvidos, Hughes rastejou pelos penhascos em direção à praia. Ele já estava quase alcançando a praia quando ouviu uma terrível explosão. Sabendo que a ferrovia deveria ficar inutilizada por algum tempo, ele nadou em mar aberto procurando o E-11, tocando seu apito bem alto ao mesmo tempo. Não havia sinais do E-11 e ele percebeu que sua fuga do inimigo tinha o levado mais distante da costa do que ele imaginava. Cansado e preocupado, ele nadou de volta à costa e cambaleou em direção à praia. O dia ainda estava claro, quando Hughes encontrou o E-11, que estava sob o fogo dos turcos. Ele nadou novamente

e, dessa vez, foi resgatado para bordo por seus camaradas em completo êxtase.

O E-11 ficou outros treze dias no Marmara antes de voltar para casa, onde receberam outra recepção calorosa. Ele fez apenas mais uma incursão no Marmara, regressando em dezembro, após a patrulha que o fez quebrar o recorde de quarenta e sete dias. A luta pela península de Gallipoli agora era finda. Após oito meses de lutas e de muitas mortes de ambos os lados, as tropas aliadas remanescentes foram forçadas a deixar Gallipoli e os turcos puderam recuperar seu país novamente. Tinha sido uma guerra inútil, com a perda de muitas vidas; como, normalmente, costumam ser as guerras.

O submarino emergiu com uma nova reputação. Ele tinha demonstrado a um mundo incrédulo como bons comandantes e uma boa tripulação poderiam usar essa nova arma para auferir excelentes vantagens. Na campanha do Dardanelos, ele foi vitorioso quando todos os outros recursos fracassaram.

O DESENVOLVIMENTO DO APOIO EM SAÚDE NO COMPLEXO NAVAL DE ITAGUAÍ, MISSÃO E DESAFIOS



Capitão de Corveta (MD) Thiago Lopes da Rocha Reis

1. INTRODUÇÃO

Independentemente da localização e do nível de desenvolvimento econômico em uma área na qual se localiza uma Organização Militar, alcançar a equidade em saúde e atender às necessidades de militares e dependentes sempre foi um dos pilares da Marinha do Brasil (MB). Um de seus desafios mais complexos no planejamento em saúde é garantir que militares que vivem em locais remotos tenham acesso a:

- I. um atendimento médico imediato com possibilidade de rápida remoção para unidades de maior complexidade;
- II. atividade pericial e toda logística de exames necessários para sua conclusão; e
- III. apoio a atividades operativas sejam elas em terra, no ar ou no mar.

Em 23 de dezembro de 2008, foi estabelecida uma parceria estratégica entre os Presidentes do Brasil e da França e um acordo de cooperação foi firmado entre os respectivos Ministros da Defesa. Um contrato comercial foi firmado entre a Marinha do Brasil, representada pelo Diretor-Geral de Material da Marinha (DGMM) e o Consórcio Baía de Sepetiba (CBS), integrado pela *Direction des Constructions Navales e Services* (DCNS) e pela Construtora Norberto Odebrecht S.A. (CNO). Tal acordo visava ao fornecimento de materiais, prestação de serviços, transferência de tecnologia para a construção de quatro Submarinos Convencionais Brasileiros (S-BR) e um Submarino com Propulsão Nuclear (SN-BR), assim como a construção, na Ilha da Madeira – Itaguaí (RJ), de instalações de apoio para a construção, manutenção e operação dessa parcela do Poder Naval.

Dentre as instalações a serem construídas, uma Base Naval para prestar apoio aos futuros submarinos em suas fases operativas era essencial. Assim, a Base de Submarinos

da Ilha da Madeira (BSIM), com sede na Ilha da Madeira, no Município de Itaguaí, Estado do Rio de Janeiro, foi criada pela Portaria nº 274, de 23 de setembro de 2019, do Comandante da Marinha, procedendo sua Mostra de Ativação em 17 de julho de 2020, cuja missão é: “contribuir para o aprestamento dos meios navais da MB, prioritariamente dos submarinos, e para a manutenção das Organizações Militares (OM) apoiadas. Para a consecução de seu propósito, cabem à BSIM as seguintes tarefas:

- I. prover facilidades portuárias e apoio administrativo aos meios navais nela atracados, prioritariamente aos submarinos da MB;
- II. prover infraestrutura de apoio às OM nela sediadas;
- III. contribuir, organizar e supervisionar a Segurança de Áreas e Instalações (SAI) do Complexo Naval de Itaguaí (CNI), incluindo os perímetros marítimo, terrestre e áreas comuns do CNI, em coordenação com as demais Organizações Militares e empresas sediadas no CNI; e
- IV. prover elementar apoio de saúde às tripulações dos meios navais nela atracados e OM sediadas no CNI.

Hoje, às vésperas da passagem do S-BR Riachuelo para o setor operativo da Marinha do Brasil, o recém-criado Ambulatório Médico da Base de Submarinos da Ilha da Madeira (BSIM) tem o desafio de apoiar as atividades assistenciais, periciais e operativas em todo o Complexo Naval de Itaguaí (CNI) e fora dele, lidando com as dificuldades logísticas relacionadas ao seu afastamento das demais Organizações Militares da MB. A seguir, num futuro próximo, o desenvolvimento de ações em saúde dentro do Programa de Desenvolvimento de Submarinos da Marinha – o PROSUB, visa, como objetivo final, ao desenvolvimento de um projeto maior com pronto apoio nuclear na área de Itaguaí ao Submarino Nuclear SN-BR Álvaro Alberto.

2. EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES DE SAÚDE NO CNI

2.1 Primeiros militares da saúde embarcados

Em agosto de 2019 embarcou no Núcleo de Implantação da Base de Submarinos da Ilha da Madeira (NI-BSIM) o primeiro militar da saúde, Segundo Sargento (EF) Valcir Santos. Além de prover um atendimento de suporte básico de vida local, assessorava o núcleo de implantação com assuntos relacionados a atendimentos de saúde da tripulação, desde a realização de pequenos curativos até a efetiva remoção para unidades próximas como UPA, Hospital Municipal São Francisco Xavier e Policlínica Naval de Campo Grande.

O NI-BSIM era apoiado também na assistência médica durante o expediente normal pela Odebrecht Engenharia & Construção (OEC), localizado no canteiro de obras da área sul. Tal apoio possuía um médico, sete técnicos de enfermagem, dois motoristas de ambulância, três leitos de enfermaria, três salas de ambulatório e

duas ambulâncias para remoção. Após o expediente, o apoio de saúde era feito pelo Estaleiro de Construção (ESC), que contava com uma equipe composta de um médico, um enfermeiro, um técnico de enfermagem e ambulância com motorista para eventual remoção de paciente.

No início de 2020, embarcou o primeiro militar médico da futura BSIM, o Guarda Marinha (Md) Fabbri. Tratava-se de um médico temporário, do Serviço Militar Obrigatório (SMO), que contava com pouca estrutura médica local, atendendo em uma área improvisada no núcleo, e apoiava nos atendimentos do CNI.

2.2 Atividade inicial na enfermaria de suporte ao escape do CIAMA-30 (Centro de Instrução e Adestramento Almirante Áttila Monteiro Aché)

Em meados de 2020, com o funcionamento do Departamento de Treinadores e Simuladores (DTS), uma pequena enfermaria de suporte ao teste de escape foi



Figura 1: Saída da Enfermaria do CIAMA-30 em frente ao tanque do DTS.

ativada e os militares da saúde da BSIM tiveram a oportunidade de prestar apoio médico ao CNI neste local, oferecendo uma estrutura de suporte avançado com monitor, desfibrilador, respirador, oxigênio e carrinho de parada cardiorrespiratória, elevando assim o nível do atendimento médico na área do CNI.

Com o término do período de serviço militar obrigatório do primeiro médico da BSIM, alguns destaques sucessivos foram realizados até o embarque efetivo de um Capitão de Corveta Médico, cursado em Medicina de Submarino e Escafandria (MEDSEK), em março de 2021. O embarque visava ao comissionamento iminente do Ambulatório Médico da BSIM, exercendo o controle ativo do recebimento do prédio e dos equipamentos, a idealização não só do seu funcionamento, como também a necessidade de pessoal especializado para atuar em áreas técnicas específicas como radiologia, laboratório e odontologia. Também já apoiava mergulhos locais e estava, pela sua formação (MEDSEK), ligado ao assessoramento da infraestrutura de apoio hiperbárico na área.

2.3 Comissionamento do Ambulatório Médico da BSIM

Em 7 de dezembro de 2021 ocorreu a cerimônia de comissionamento do Ambulatório da Base de Submarinos da Ilha da Madeira (BSIM). A nova estrutura médica possui uma área de aproximadamente 460 m², composta de consultórios médicos, um consultório odontológico, raio-X, sala de trauma com dois leitos de suporte avançado, sala de medicação, observação masculina e feminina, farmácia, sala de procedimentos, central de esterilização e laboratório. Com uma Tabela Mestre de Força de Trabalho (TMFT) planejada para 35 militares da área de saúde dentre médicos, dentista, enfermeiros e farmacêutico, o objetivo principal é oferecer atendimento inicial emergencial na ocorrência de acidentes e enfermidades, realizando sua devida estabilização e remoção para unidade hospitalar.

Além da sua atividade assistencial, a futura equipe de saúde deve contar nos próximos anos com uma Junta de Saúde de Atividades Especiais (JSAE) e ampliar os apoios já prestados como destaques junto às escolas de Mergu-



Figura 2: Enfermaria do CIAMA-30.

lhadores de Combate e Mergulho, destaques no Navio de Socorro Submarino Guillobel (K120), apoio a testes de escape no DTS com câmara hiperbárica (em processo de aquisição) e aos mergulhos realizados na área do CNI.

A presença do Ambulatório Médico da BSIM representou um avanço no atendimento médico e odontológico dos militares sediados no Complexo Naval de Itaguaí, sendo a prontificação da unidade um importante passo em prol da robustez do Programa de Desenvolvimento de Submarinos da Marinha.

3. PROJETO FUTURO

Devido ao afastamento geográfico da BSIM em relação a outras organizações militares, o planejamento inicial de saúde no CNI previa um atendimento ambulatorial, laboratorial e odontológico mais amplo e completo, pois esta unidade não contaria com as facilidades do apoio direto de outras organizações de saúde tais como a Unidade Médica da Esquadra (UMEsq), Hospital Central da Marinha (HCM), Odontoclínica Central da Marinha (OCM) e Policlínica de Niterói.

Toda a atividade foi inicialmente projetada para funcionar em um grande complexo de saúde, denominado Departamento Médico da BSIM, que se localizará fora da área exposta a possíveis acidentes radiológicos e nucleares, posicionada a alguns quilômetros do futuro submarino nuclear. Essa área já está prevista conforme projeto criado pela CNO/MB e se localizará próximo à Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas (UFEM).

Com a possibilidade de ocorrências de emergências relacionadas a incidentes radiológicos, nucleares e químicos, o futuro Departamento necessitará de uma estrutura maior com previsão de atendimento emergencial e internação para 24h, possibilidade de embarque de médico em comissões dos SN-BR e criação de estruturas de atendimento como Juntas Regulares de Saúde, Juntas de Saúde de Atividade Especial, centro cirúrgico para pequenas e médias cirurgias baseadas em *damage control*, fisioterapia, centro de esterilização, farmácia, Setor de Distribuição de Medicamentos (SeDiMe), enfermaria para radio acidentados com embarque de médico especializado em medicina nuclear e a idealização e treinamento em remoção destes pacientes



Figura 3: Ambulatório Médico.

para hospital de referência (Hospital Naval Marcílio Dias – HNMD).

DESAFIOS E CONCLUSÃO

Apesar do grande avanço no nível de atenção à saúde no CNI nos últimos anos, o suporte médico ainda enfrenta desafios importantes para atingir a excelência esperada em uma base de submarinos nuclear. Algumas etapas no processo do planejamento em saúde seguem obedecendo à evolução cronológica natural do projeto e outras aguardam ajustes logísticos junto ao Sistema de Saúde da Marinha e o embarque de pessoal especializado.

Conforme exposto no tópico anterior, a edificação definitiva do Departamento de Saúde próximo à UFEM ainda está em fase de projeto e, diferentemente do atual ambulatório médico, necessitará de pessoal especializado para lidar com incidentes radiológicos, como médicos, enfermeiros e todo pessoal necessário para apoiar o futuro Submarino Nuclear com a devida segurança. Essa parece ser uma das maiores adversidades no horizonte da preparação da região do CNI, em termos de apoio à saúde, a ser superada até o comissionamento do submarino nuclear.

Outros importantes desafios que ainda necessitam de aprimoramento na saúde do CNI, mas que já estão em processo de resolução e devem ser sanados em curto/médio prazo, são:

- incentivo para voluntariado e treinamento de médicos nas futuras áreas de atuação necessárias no âmbito do CNI, para compor corpo técnico de excelência no apoio a uma base nuclear;
- aquisição de uma câmara hiperbárica para elevar o nível de prontidão a acidentes de mergulho e no apoio às atividades do DTS;

- um aperfeiçoamento na cadeia logística de evacuação médica do paciente grave do CNI para uma unidade médica de qualidade mais próxima; e
- concretização do comissionamento do Ambulatório Médico da BSIM que se encontra em fase de finalização.

Por fim, profissionais de saúde qualificados e motivados em número suficiente no lugar certo e na hora certa são essenciais para fornecer serviços de saúde eficazes e melhorar os resultados diante de potenciais fatalidades. O bom planejamento em saúde, o preparo de pessoal, especialmente em situações críticas, os protocolos de atendimento, resgate e remoção, e ainda a provisão de meios são imprescindíveis no cumprimento da missão e reduzem os potenciais riscos em uma área com possibilidade de acidentes de grandes proporções.

Com o propósito de desenvolver uma medicina de submarino e escafandria de qualidade na área do CNI, que sirva de incentivo e segurança junto às Forças Navais, e no intuito de despertar uma mentalidade OPERATIVA de excelência no Complexo Militar mais tecnológico da Marinha do Brasil, o Departamento de Saúde da BSIM não hesitará em assessorar Comandos e Forças para que o desenvolvimento do apoio em saúde no CNI caminhe junto com o avanço natural do PROSUB.

“Between us and the bottom of the sea was less than an inch of wood. And yet, I aver it, and I averit again, I was unafraid.”

Jack London, *The Sea Wolf*.

MAKING NAVAL HISTORY

NAVAL GROUP PROJETA, CONSTRÓI E REALIZA A MANUTENÇÃO DE SUBMARINOS E NAVIOS DE SUPERFÍCIE EM TODO O MUNDO.

Graças à nossa experiência única e nossa trajetória comprovada em matéria de cooperação internacional, estamos dispostos a criar e apoiar alianças com as marinhas, a indústria e os parceiros de conhecimento.

Soberania, inovação, excelência operacional: o nosso futuro será feito de desafios, paixão e empenho.

ATIVIDADES DO COMANDO DA FORÇA DE SUBMARINOS 2022

PASSAGENS DE COMANDO 2022



05 DE JANEIRO DE 2022

SUBMARINO TAPAJÓ

Passa o Comando: Capitão de Mar e Guerra Alexandre Nonato Nogueira

Assume o Comando: Capitão de Fragata Cristian Modesto de Rezende



06 DE JANEIRO DE 2022

BASE DE SUBMARINOS DA ILHA DA MADEIRA

Passa o Comando: Capitão de Mar e Guerra Fernando de Luca Marques de Oliveira

Assume o Comando: Capitão de Mar e Guerra Alexandre Nonato Nogueira



27 DE JANEIRO DE 2022
CENTRO DE INSTRUÇÃO E ADESTRAMENTO ALMIRANTE ÁTILA MONTEIRO ACHÉ

Passa o Comando: Capitão de Mar e Guerra Luis Antonio de Menezes Cerutti

Assume o Comando: Capitão de Mar e Guerra André Moraes Barros



31 DE JANEIRO DE 2022
GRUPAMENTO DE MERGULHADORES DE COMBATE

Passa o Comando: Capitão de Mar e Guerra Eligio Guimarães de Moura

Assume o Comando: Capitão de Fragata André Teixeira Borges

DESPEDIDA DO SUBMARINO TIKUNA PARA DEPLOYMENT 2022
21 DE MARÇO DE 2022



MOSTRA DE ARMAMENTO NA REINCORPORAÇÃO À ARMADA
DO AVISO DE APOIO COSTEIRO “ALMIRANTE HESS”
04 DE MAIO DE 2022

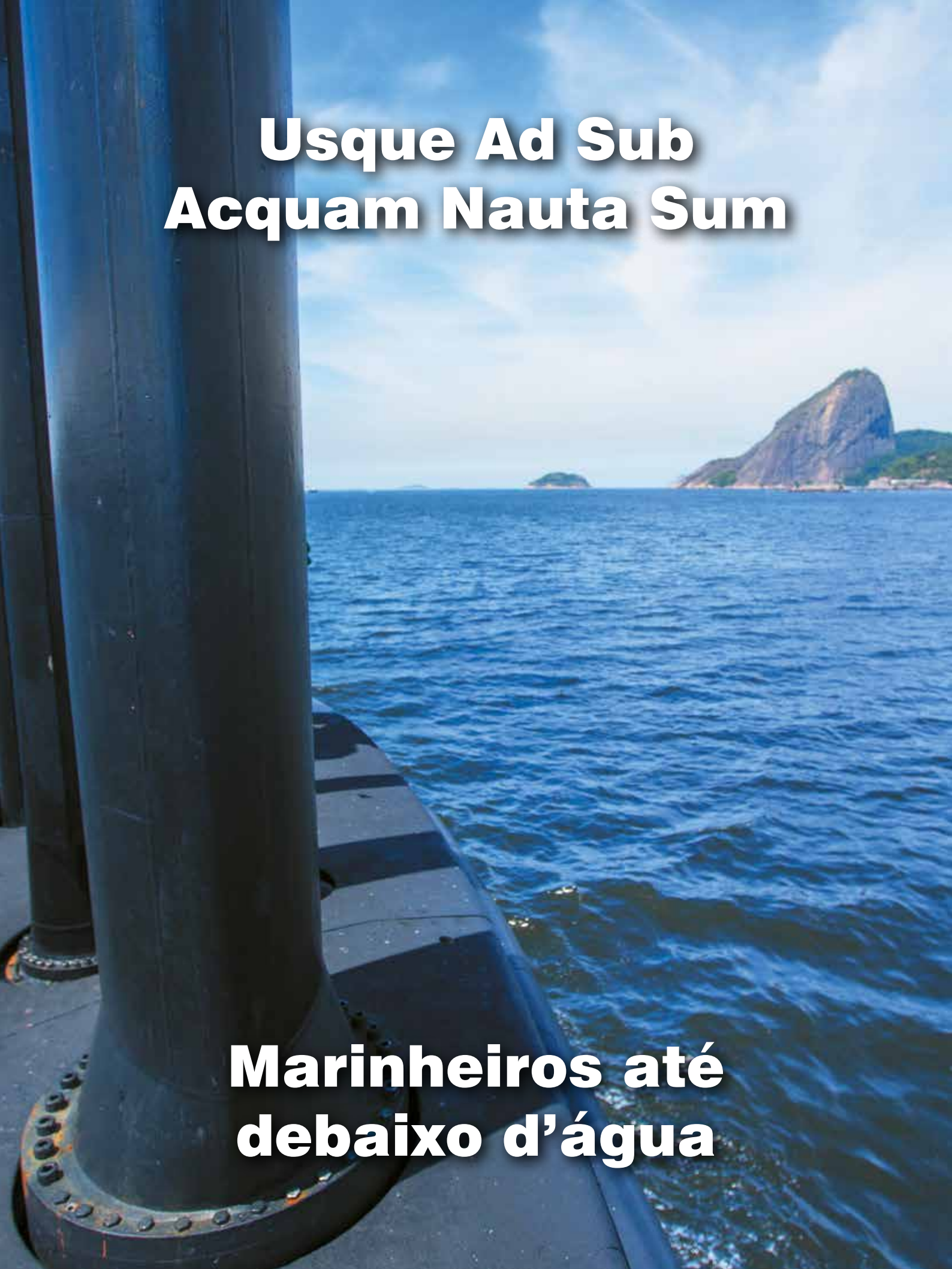


PC 0.3- 12 KHZ
0 08
AUDIO



0.05 0.4 0.6 0.8 1.2 1.6 2.4 3.2 4.0 4.8 5.6 6.4 7.2 8.0 12 KHZ

C R 298.7 DEG
M 009.8 DEG
T R 262.7 DEG
M 003.7 DEG

A photograph taken from the deck of a ship, looking out over a vast blue ocean. In the foreground, a large, dark, cylindrical metal structure, likely part of the ship's hull or a mast, dominates the left side of the frame. The ocean extends to the horizon under a clear blue sky with a few wispy clouds. In the distance, a large, prominent rock formation, possibly a sea stack or a small island, is visible on the right side of the horizon. The overall scene is bright and clear, suggesting a sunny day.

**Usque Ad Sub
Acquam Nauta Sum**

**Marinheiros até
debaixo d'água**