

DOSSIÊ

História da Política e do Direito Internacional

Fernanda das Graças Corrêa¹

ENSAIO

INOVAÇÃO EM TECNOLOGIAS SUBMARINAS NA EXPLORAÇÃO OCEÂNICA: PASSADO E PRESENTE

INNOVATION IN UNDERWATER TECHNOLOGIES IN OCEAN EXPLORATION: PAST AND PRESENT

RESUMO:

O objetivo neste texto é analisar, ao longo da história, inovações em tecnologias submarinas desde as invenções de Leonardo Da Vinci aos dias de hoje e a multiplicidade de seus empregos na exploração da última fronteira: o mar.

Palavras-chave: inovação; tecnologias submarinas; exploração oceânica.

ABSTRACT:

The aim of this text is to analyze, throughout history, innovations in submarine technologies from the inventions of Leonardo Da Vinci to the present day and the multiplicity of their jobs in the exploration of the last frontier: the sea.

Keywords: innovation; underwater technologies; ocean exploration.

HISTÓRIA DE TECNOLOGIAS SUBMARINAS

Desde o século XVII, uma embarcação que pudesse submergir na água fazia parte do imaginário humano. Foi Leonardo Da Vinci (1452-1519) quem elaborou o primeiro desenho de um submarino. Porém, somente, em 1620, que o holandês Cornelius van Drebbel (1572-1633) construiu o primeiro submarino. De acordo com Frances Ashcroft, desde Drebbel, *“muito pouco progresso adicional no tocante à arte do submarino foi feito até meados do século XIX, quando submarinos movidos a vapor conhecidos como Davids, foram usados na Guerra Civil Americana”*. (ASHCROFT, 2001, 101) Isso se confirma a medida que, pelo menos, até o século XIX, a ciência progrediu a passos largos pelas mãos de indivíduos isolados geograficamente. Até então, os indivíduos,

ainda que interagissem entre si, não se organizavam em fóruns de encontro e/ ou discussão e a ciência ainda não dispunha de autonomia política e econômica.

O *American Turtle* foi o primeiro submarino construído pelo estadunidense David Bushnel (1740–1824) para finalidades bélicas. Caracteristicamente, este submarino era feito de madeira, dispunha de pequenas dimensões e era movido por impulso braçal da própria tripulação a fim de manobrar o submarino. Este submarino era acionado por manivelas dispostas horizontal e verticalmente e foi empregado durante a Guerra de Secessão (1861-1865). Embora não tenha obtido o êxito esperado, este submarino foi capaz de colocar uma carga explosiva sob o casco da fragata inglesa *Eagle* durante esta Guerra.

Além do *American Turtle* Houve outras inovações submarinas, como a do

¹ Atualmente, é Coordenadora no Departamento de Ciência, Tecnologia & Inovação da Secretaria de Produtos de Defesa do Ministério da Defesa. Pós-doutoranda em Modelagem de Sistemas Complexos pela Universidade de São Paulo. Pós-doutora em Ciências Militares pela Escola de Comando e Estado Maior do Exército Brasileiro. Doutora em Ciência Política na área de concentração Estudos Estratégicos pela Universidade Federal Fluminense. Diplomada no Curso de Altos Estudos em Política e Estratégia e no Curso Superior de Defesa pela Escola Superior de Guerra. E-mail: fernanda.das.gracas@hotmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-0480-7907>

submarino *Peral*, construído em setembro de 1884 pelo engenheiro espanhol Isaac Peral y Caballero (1851-1895). Da mesma forma que o *American Turtle*, o submarino *Peral* também foi construído para ser transformado em arma de guerra. De todas as inovações em submarinos, a única que, a priori, não foi destinada para o emprego em guerras foi o projeto do *Ictíneo*. O espanhol Narciso Monturiol (1819-1885) foi o inventor do *Ictíneo*. De acordo com Agustín Ramón Rodríguez González, “a observação do doloroso trabalho dos pescadores de coral em Cadaqués o fez conceber a idéia de um submersível que tornaria seu trabalho mais confortável e remunerado. Assim nasceu o *Ictíneo* lançado em 28 de junho de 1859 em Barcelona”² (GONZÁLEZ, 1993, 109) A idéia inicial de Monturiol era desenvolver submarinos para exploração de corais, especialmente, voltada para acidentes relacionados à pesca marinha. Em setembro de 1859, Monturiol realizou sua primeira demonstração pública ao lançar o primeiro submarino movido a vapor, o *Ictíneo I*. Diante do ministro da Marinha e Fomento, de acionistas, da imprensa e do público espanhol em geral, conseguiu que seu invento permanecesse submerso na água por duas horas e vinte minutos, com alcance de 20 metros de profundidade. Suas proporções eram de sete metros de comprimento, de 2,50 metros de largura e oito toneladas.

Embora o general Leopoldo O'Donnell y Jorris (1809-1867) tenha manifestado interesse, o *Ictíneo I* não conseguiu sensibilizar as autoridades governamentais da época para patrocinar a construção do submarino e Monturiol se viu obrigado a recorrer à sociedade civil para a construção do *Ictíneo II*. Segundo González,

como essa força se revelou problemática e insuficiente, Monturiol acoplou ao seu submarino uma engenhosa máquina a vapor criada por seu

futuro genro José Pascual Deop. Para evitar os problemas derivados, foi utilizado como combustível e como oxidante uma mistura de peróxido de manganês, zinco e cloreto de potássio, que não requeria consumo de oxigênio da atmosfera do submarino, os gases produzidos foram conduzidos para o exterior. Um dos 6 cv foi usado para navegar na superfície e outro dos 2 cv foi usado em imersão³ (GONZÁLEZ, 1993, 109-110).

O próprio Monturiol, ao perceber que suas idéias de emprego de submarinos para exploração científica não seria aceita pelo governo da Espanha, decidiu reorientar sua inovação submarina para aplicações militares. Neste sentido, idealizou inicialmente armar o submarino com o torpedo de bastão. Mais tarde, decidiu armá-lo com um canhão que poderia disparar submerso, com dez cm de calibre e com uma trajetória vertical. Monturiol, inclusive, imaginou poder recuperar Gibraltar com os seus *Ictíneos*. De acordo com González, seja pelo ceticismo diante de inventos como este, pela ideologia política do próprio Monturiol e, de forma mais concreta, das possíveis pressões externas para que o governo espanhol arquivasse o projeto, o submarino *Ictíneo* não foi a frente. (GONZÁLEZ, 1993, 110) Se por um lado, Monturiol pensou em transformar o submarino em uma arma de guerra, por outro, este impulso demonstrou-se desamparado politicamente.

O estadunidense John Philip Holland (1840-1914), da empresa *Torpedo Boat Company*, construiu um submarino que tornou-se o primeiro propulsado por um motor dínamo-elétrico e um engenho a gás. Esta embarcação foi denominada de *Holland*. Alguns submarinos da classe Holland foram comprados pelos Estados Unidos, pela Inglaterra, pela Rússia e pelo Japão.

Na França também houve inovação em tecnologias submarinas, como o submarino

² Versão original: “la observación del penoso trabajo de los pescadores de coral en Cadaqués Le hizo concebir La Idea de un submersible que hiciera su trabajo más cómodo y remunerado. Así nació El Ictíneo botado El 28 de junio de 1859 en Barcelona”.

³ Versão original: “como aquella fuerza se reveló problemática e insuficiente, Monturiol acopló a su submarino una ingeniosa máquina de vapor ideada por su futuro yerno José Pascual Deop. Para evitar los problemas derivados de ella, se utilizava como combustible y como carburante una mezcla peróxido de manganeso, zinc y cloruro de potasa, que no exigía consumir el oxígeno de la atmosfera del submarino, los humos producidos eran conducidos al exterior. Una de 6 cv servía para navegar en superficie y otra de 2 cv era utilizada en inmersión.”

Aigrette. Este modelo foi o primeiro submarino construído com um motor à diesel para propulsão de superfície e motor elétrico para operações submersas. A classe *Aigrette* foi lançada em 1904 e era composta por duas embarcações: o *Aigrette* e o *Cigogne*. Estas embarcações possuíam 36 metros de comprimento, quatro metros de largura e eram compostas por, no máximo, catorze tripulantes. O *Aigrette* aprimorou o conceito ao usar um motor propulsado à diesel para a navegação em superfície. Cerca de 74 submarinos foi concluído antes de 1914. Com o fim da 1ª Guerra Mundial, em 1919, ambos os submarinos foram desarmados.

O primeiro submarino russo foi construído em 1904 e pertencia a classe *Delfin*. Este submarino possuía 19,5 metros de comprimento, 3,35 metros de altura, alcançava uma profundidade de 50 metros e era armado com dois lança torpedos e dois torpedos de 380 mm.

A primeira vez que os submarinos militares tiveram um impacto significativo em batalha foi na Primeira Guerra Mundial. Embarcações como os U-Boats alemães atuaram em combate na batalha do Atlântico e foram responsáveis pelo afundamento do RMS Lusitania, o que recebe boa parte do crédito da decisão dos Estados Unidos de entrar na guerra. (GRANADOS, 9-10)

Essa tese pode ser comprovada pela própria força naval russa, a qual antes mesmo da 2ª Guerra Mundial dispunha de quatro frotas com 212 submarinos.

Na 2ª Guerra Mundial, o mundo passou a presenciar um tempo de constantes avanços tecnológicos, sobretudo, na área militar. O sucesso dos *U-Boats* alemães na 1ª Guerra Mundial foi a quantidade de submarinos que diversas armadas passaram a dotar suas esquadras. Contudo, embora, os submarinos alemães tivessem causados prejuízos consideráveis aos Aliados desde a 1ª Guerra Mundial, diante das cada vez mais modernas tecnologias anti-submarinas, essas embarcações alemães não estavam mais cumprindo com eficiência as missões que lhes eram destinadas. Os submarinos de então se demonstraram, diante das inovações

tecnológicas antissubmarinas, vulneráveis, à medida que possuíam pouco alcance em profundidade, limitada autonomia e pouca manobrabilidade. Em geral, a submersão destas embarcações ocorria quando manobravam, ficando a maior parte do tempo na superfície. A Alemanha nazista desenvolveu durante o curso da Guerra uma nova classe de submarinos, a qual teria um casco muito mais resistentes do que os das classes anteriores e alcançaria uma profundidade superior a 200 metros. Uma das circunstâncias que mudaram radicalmente o paradigma de operações submarinas ocidentais imediatamente após a 2ª Guerra Mundial foi “o advento de verdadeiros submarinos – inspirados em barcos alemães de tipo XXI, cuja tecnologia tornou-se acessível a todos os aliados”. (MEIS, 2002, 48) Os cientistas e submarinistas da época acreditavam que estes submarinos constituíam uma verdadeira revolução tecnológica na condução da guerra no mar. De acordo com Francisco Cavalin Neto,

o Tipo XXI – “Elektroboote” era um modelo de submersível avançado de “design” revolucionário estava equipado com o aparelho de respiração “schnörkel”, um recurso que lhe permitia navegar submerso com seus motores diesel em funcionamento. O Tipo XXI trouxe consigo várias inovações, tais como, uma aerodinâmica de formato inovador, baterias de grande capacidade, aparelho de sonar bifuncional (ativo e passivo) extremamente avançado, um sistema de recarga de torpedos muito rápido, além, de introduzir uma significativa melhora nas condições de habitabilidade física no submarino. (2010, 78)

O próprio conceito de revolução científica no século XVIII e XIX é alvo de crítica por parte de historiadores. Luiz Peduzzi afirma que, “*revoluções de grande envergadura na ciência envolvem dois estágios bem característicos: primeiramente se produz uma revolta capaz de destruir o sistema*

científico aceito; em seguida se introduz algo novo para ocupar o seu lugar". (PEDUZZI apud CELESTINO SILVA, 2006, 61) Os submarinos construídos nos séculos XIX e início do século XX constituíam inovações tecnológicas na arte da guerra; no entanto, apesar de provocar inúmeras baixas tanto na 1ª Guerra Mundial quanto na 2ª Guerra Mundial, não produziram uma revolta capaz de destruir o sistema científico até então aceito. Há um consenso entre os historiadores de que se os submarinos nazistas da classe XXI eram revolucionários.

Alguns historiadores afirmam também que, os alemães não venceram a 2ª Grande Guerra pela demora da entrada em operação dos submarinos da classe XXI. Apesar de a Alemanha ter sido o país que mais foi punido com o fim da Guerra, muitos cientistas e muitas tecnologias foram compartilhados com os Aliados. Estes ficaram tão maravilhados com os submarinos da classe XXI que não hesitaram em adquirir tanto os conhecimentos científicos e tecnológicos dessa inovação naval quanto as próprias unidades desses submarinos. De acordo com José Miguel Romaña,

os Aliados procederam à divisão dos exemplares que encontraram do Tipo XXI, estudando detalhadamente seus mecanismos e inovações. Várias unidades seriam reabilitadas para servir como navios de teste sob bandeiras inimigas. Entre 1945 e 1946, no decurso da Operação Deadlight, um total de 119 submersíveis e submarinos da Kriegsmarine acabaram afundados em práticas de tiro ou mediante explosões controladas, em um ponto situado a 160 quilômetros ao nordeste da Irlanda. (2010, 374)

Cavalin Neto corrobora com Romaña afirmando que, *"o design desse barco [Tipo XXI] influenciou, no pós-guerra os submarinos produzidos nos Estados Unidos e na União Soviética, neste último País eles forneceram tecnologia de ponta modernos submarinos russos da classe "W"*". (CAVALIN NETO, 2010, 79) A

Suécia, a Inglaterra, os EUA, a URSS e a França adquiriram unidades da classe XXI. (ROMAÑA, 2010, 374)

Os nazistas viam o prolongamento da 2ª Grande Guerra num conflito de grandes proporções entre EUA e URSS. Embora, as tensões da Guerra Fria (1945-1989) não tenham gerado uma nova guerra mundial, com a rendição alemã em 1945, muitos submarinos alemães afundaram propositalmente ou se entregaram em solos estadunidenses ou em aliados, o que tornou possível a migração de cientistas e a transferência de conhecimento científico e tecnológico desenvolvidos pelos alemães nazistas durante a 2ª Grande Guerra, em especial, para os EUA.

O SUBMARINO NUCLEAR NAUTILUS

É possível afirmar que o maior aprimoramento tecnológico em submarinos foi sua interface com a energia nuclear. Mais ameaçadores do que submarinos convencionais são os submarinos com propulsão nuclear. Em 1942, Enrico Fermi liderou um grupo de cientistas na Universidade de Chicago para construir o primeiro reator nuclear abastecido com urânio natural do mundo. Para produção de bombas nucleares, é necessária uma concentração de urânio muito maior que a de construção de reatores nucleares. Ao observar os feitos da equipe que desenvolveu a bomba nuclear e construiu reatores nucleares para geração de energia elétrica, a Marinha estadunidense incumbiu o almirante Hyman Rickover (1900-1986) para dirigir um programa nuclear na Marinha dos EUA. Foi a necessidade de uma fonte de energia capaz de manter os submarinos estadunidenses em longas missões no mar que impulsionou as pesquisas iniciais na propulsão nuclear. De acordo com Leonam dos Santos Guimarães,

o Nautilus não apenas transformou a guerra submarina, mas também lançou as bases para toda uma esquadra nuclear de porta-aviões e cruzadores, bem como da própria indústria de geração nucleoeletrônica

civil, pela usina nuclear de Shippingport, construídos pelo Almirante Rickover e suas equipes. (2010, 1)

Rickover é considerado pela História como o pai do projeto do submarino nuclear estadunidense. Em 1954, Rickover e sua equipe lançaram, nos EUA, o *Nautilus*, um submarino com propulsão nuclear, independente do ar atmosférica, com total autonomia e com profundidade superior a 400 metros. Este submarino era da classe *Trident* e seu reator era capaz de gerar vapor para propulsionar dois eixos motores. Até então, os submarinos do Tipo XXI ainda que dificultassem o alcance dos dispositivos anti-submarinos podiam ser detectados. Com o de propulsão nuclear, a detecção se tornou inviável. Isso promoveu uma escalada armamentista na construção de submarinos em outros países que se sentiam ameaçados pelo *Nautilus*. Embora os soviéticos tenham realizado a primazia na era espacial, nem seus satélites eram capazes de detectar os submarinos com propulsão nuclear estadunidenses. Na sequência, os ingleses, os franceses e os chineses também conseguiram construir submarinos com propulsão nuclear. O HMS *Dreadnought* (S101) foi o primeiro submarino de propulsão nuclear da Marinha britânica. Este submarino foi construído em 1959, no estaleiro *Vickers Armstrongs*, na cidade de *Barrow-in-Furness*. Construído em 1964, o *Redoutable* (S611) foi o primeiro submarino com propulsão nuclear da França. Este submarino foi construído pela empresa DCN (ex DCNS e atual *Naval Group*). Os chineses também buscaram construir submarinos com propulsão nuclear. O submarino nuclear do Tipo 091 foi construído pela empresa chinesa *Bohai Shipyard* por volta de 1970. Sua primeira comissão data de 1974. Outros países também buscaram construir submarinos com propulsão nuclear a partir da década de 1970, como a Índia e o Brasil.

Graças ao trabalho inicial com propulsão nuclear na Marinha dos EUA pelo almirante Rickover, a propulsão nuclear não se restringiu a

construção de submarinos. De acordo com o próprio Rickover, “a única coisa que fiz foi contratar pessoas mais espertas e inteligentes do que eu” (GUIMARÃES, 2010, 5). A fim de gerar e compartilhar o conhecimento absorvido na área nuclear, este almirante deu início a um rigoroso programa de treinamento para todos os participantes da sua organização, a *Naval Reactors*. Segundo Guimarães, “grande parte desse treinamento se fazia necessário porque naquela época poucos engenheiros da nova geração tinham conhecimentos sobre energia nuclear”. (2010, 6) A importância deste almirante no programa nuclear da Marinha dos EUA foi impactante na História, principalmente, pela formação de uma comunidade científica nuclear, instalada, em instituições militares, em empresas e em universidades.

Assim como a Marinha dos EUA, a Marinha da França também construiu navios aeródromos com propulsão nuclear. A Rússia, além de construir navios quebra-gelos com propulsão nuclear, recentemente, anunciou a elaboração de um projeto de construção de seu primeiro submarino com propulsão nuclear para uso civil. A perspectiva dos cientistas russos é empregar este submarino civil com propulsão nuclear na exploração de recursos naturais na região ártica. Este submarino será equipado com robôs e outros aparelhos não tripulados submarinos que permitirão mapear o fundo do mar na região ártica e tornará possível no futuro a exploração de recursos naturais da plataforma continental russa. De acordo com informações da Agência EFE de Notícias, no Plano Diretor do projeto, conduzido pela estatal russa Rubin, “o submersível terá 135,5 metros de comprimento, velocidade de 12,6 nós, autonomia de navegação de 90 dias, profundidade máxima de imersão de 400 metros e tripulação de 40 pessoas”. (EFE, 2017) O jornal acrescenta que “Putin afirmou que, segundo especialistas, a plataforma continental ártica acolhe quase um quarto dos recursos energéticos do planeta, enquanto o Ártico russo abriga 1,6 trilhão de toneladas de hidrocarbonetos” (EFE, 2017).

SUBMARINOS E ARRASTE TECNOLÓGICO

Rickover e sua equipe, ao promoverem o lançamento do *Nautilus*, e permiti-lo chegar com sucesso ao pólo norte, demonstrou ao mundo duas coisas: (1) que todas as partes do oceano poderiam ser exploradas e (2) que, este programa estratégico possuía um alto nível de arraste tecnológico. De acordo com Guimarães, *“a principal característica de um programa de arraste tecnológico é sua motivação, provocada por uma forte vontade política, capaz de criar uma verdadeira bandeira junto a qual uma significativa parcela da sociedade civil estaria pronta a cerrar fileiras”*. (2003, 196) O programa estratégico de submarinos da Marinha dos EUA gerou ambientes favoráveis ao estímulo e ao fomento ao desenvolvimento de todas as suas potencialidades e propiciou a motivação necessária capaz de convencer os diversos setores dos benefícios estratégicos e sociais derivados deste Programa.

Na década de 1930, tecnologias submarinas já eram desenvolvidas para exploração oceânica. Com a ajuda do engenheiro estadunidense Otis Barton (1899-1992), uma batisfera, esfera oca para mergulhos⁴, com um 1,5 metros de comprimento, pesando 2.850 kg e içada por um único cabo de aço, realizou seu primeiro teste de mergulho não tripulado alcançando uma profundidade de 500 metros, nas costas das Bermudas, em 30 de janeiro de 1930. Ao retornar a superfície, a esfera estava cheia d'água. A equipe de Barton, ao tentar abrir a escotilha, a batisfera foi arremessada à 15 metros de distância devido à pressão interna. Após anos de testes, Barton aprimorou a batisfera e inspirou o explorador estadunidense Charles William Beebe (1877-1962) a realizar diversos mergulhos nela. Em 1934, Beebe alcançou uma profundidade *record* de quase mil metros. Beebe desde antes de seus mergulhos na batisfera já era autor famoso de livros sobre expedições marinhas e colaborador regular da *National Geographic Magazine*, revista oficial da *National Geographic Society*. O fato de os exploradores em seus mergulhos na

batisfera relatarem apenas a existência de novas espécies de animais marinhos não atraiu o interesse nem da sociedade acadêmica, nem da Marinha dos EUA. Contudo, os submarinos construídos no pós 2ª Grande Guerra despertaram o homem para novas possibilidades, à medida que, os seus aprimoramentos e suas inovações tecnológicas no campo da profundidade, da autonomia e da velocidade, permitiram-no avançar no desenvolvimento de novas tecnologias submarinas, como os submersíveis tripulados e não tripulados. De acordo com K. G. Souza e L. R. Martins,

num sentido amplo, submarino significa um barco que pode operar livre acima e abaixo da superfície. Veículos para trabalhar sob a água com mobilidade limitada, que necessitam permanecer no mesmo lugar durante a maior parte do seu uso, tais como aqueles usados para resgate, pesquisas ou salvamentos, são chamados submersíveis. Os submersíveis são usualmente transportados para sua área de operação por navios de superfície ou grandes submarinos e tem um alcance de atuação muito pequeno. (2007, 26)

Há outras diferenças entre submarinos e submersíveis, tais como o fato de um submersível ser totalmente autônomo, necessitando de suporte para recarregar a bateria, ar pressurizado e reabastecimento de oxigênio. A partir da década de 1940, surgiram vários outros tipos de submersíveis capazes de alcançar enormes profundidades e que atendiam as outras áreas da ciência.

Batiscafo, terminologicamente, é um tipo de veículo submersível destinado à exploração oceânica em águas profundas. O batiscafo foi inventado em 1947, pelo suíço Auguste Antoine Piccard (1884-1962) para medir a profundidade dos oceanos. O batiscafo Trieste foi o primeiro deste tipo e realizou a sua primeira imersão em 26 de agosto de 1953, na Ilha de Capri, no mar Mediterrâneo. Embora tenha sido Auguste Piccard o invento do batiscafo, foi seu filho, Jacques Piccard (1922-2008), junto com o tenente da Marinha estadunidense Don Walsh, em 23 de

⁴ Descobriu-se que se o submersível fosse desenvolvido em formato esférico, a pressão era distribuída de forma uniforme.

janeiro de 1960, que desceram pela primeira vez ao fundo do oceano, no batiscafo Trieste, na Fossa das Marianas, nas costas das Filipinas, no oceano Pacífico. Eles permaneceram submersos por vinte minutos no fundo do oceano, numa expedição que durou aproximadamente nove horas. A profundidade alcançada de 10.911 metros ainda hoje é um *record* mundial. De acordo com Ashcroft,

a viagem do Trieste provou que as pessoas podem descer ao solo do oceano e retornar incólumes, e seu sucesso produziu uma nova geração de submersíveis em que o incômodo tanque de flutuação foi substituído por uma quilha de pressão que assegura a flutuação primária (2001, 102).

Outras tecnologias submarinas nesta época também foram projetadas por outros países. Contudo, ainda no século XX, pairava a dúvida na Marinha dos EUA em virtude da sua natureza voltada para a guerra se cabia a esta força ou não voltar seus esforços tecnológicos para o desenvolvimento de submersíveis. Em 1964, a Divisão de Ciências Aplicadas das Indústrias Litton desenvolveu o submersível Alvin com fundos cedidos pela Marinha dos EUA. Este submersível era capaz de transportar um piloto e dois observadores, podia ficar, no máximo, até três dias submersos, alcançava velocidade máxima de 7,5 km/h e, em 1977, foi o responsável pela descoberta de fontes hidrotermais. De acordo com Ricardo Serrão Santos,

multiplicaram-se os cruzeiros científicos e nos anos 60, com o submersível americano Alvin, iniciou-se uma nova era da investigação continuada do oceano profundo com acesso a sistemas de visualização. Só nos anos 80 outros submersíveis com capacidades equivalentes (mergulhar abaixo dos 4000 metros de profundidade): o Nautile da França, os MIR da então União Soviética e o Shinkai do Japão aparecem em cena (2009, 96).

Atualmente, alguns países dispõem de submersíveis tripulados capazes de atingir profundidades acima de onze mil metros. Podemos atribuir à era dos submersíveis não tripulados ou remotamente tripulados a dois

fatos: a perda de vida humana durante acidentes em mergulhos e, como Santos descreve, “*com o desenvolvimento das tecnologias robóticas várias outras plataformas entraram ao serviço das ciências do mar*”. (2009, 96) O Veículo Submarino Operado Remotamente (ROV, sigla em inglês) constitui um mini submersível equipamento que pode ser configurado e programado. Estes mini submersíveis permitem que o fundo do mar e as estruturas submarinas sejam observadas remotamente. O primeiro ROV foi criado pelo engenheiro e explorador francês Dimitri Rebikoff em 1953 e denominado *Poodle*. Seu pioneirismo no desenvolvimento de câmeras aquáticas na década de 1940 contribuiu para trabalhos de exploradores como Jacques-Yves Cousteau (1910-1997), oceanógrafo e oficial da Marinha francesa mundialmente conhecido por suas pesquisas e inventos tecnológicos submarinos. A publicação do livro *Exploration Sous-Marin* de Rebikoff ocorreu um ano antes do lançamento do livro *The Silent World* de Jacques-Yves Cousteau. As pesquisas, artigos e livros publicados e seus inventos em tecnologias submarinas tornou possível sua eventual migração para os EUA e colaboração em diversos projetos secretos da Marinha dos EUA.

Sobre os ROVs, “*também existem pequenos veículos submarinos utilizados em pesquisas, dotados de sistemas de foto-filmagem e braços mecânicos capazes de recolher amostras e efetuar pequenos consertos em estruturas subaquáticas*.” (MAGALHÃES et al, 2008, 138) Em virtude do risco de perdas humanas, os ROVs se tornaram mais vantajosos em algumas operações, como permanecer em altas profundidades por longos períodos e por poder operar em águas contaminadas. Os ROVs são ligados à superfície por meio de um cabo umbilical que permite a comunicação bidirecional e o transporte de energia para o veículo.

Desde a década de 1960, a Marinha dos EUA é a que mais tem desenvolvido ROVs para exploração oceânica. Os ROVs são usados em missões operacionais que vão desde detecção de minas, operações anfíbias e de defesa costeira até naufrágios, busca, salvamento, manchas de

poluição e mapeamento de áreas de trabalho. A indústria de óleo e gás foi a que mais se beneficiou com o desenvolvimento destas tecnologias submarinas autônomas ou remotamente controladas. Embora o desenvolvimento destas tecnologias tenha desacelerado durante a década de 1980, após as duas crises provocadas pelo choque do petróleo na década anterior, a partir da década de 1990 com as novas perspectivas de exploração *offshore* em águas profundas, os ROVs voltaram a ser construídos em ritmo acelerado.

No século XXI, as infinitas possibilidades de pesquisas de recursos minerais e marinhos permitiram novas perspectivas no emprego de submersíveis tripulados ou não em águas profundas. Atualmente, os submersíveis tripulados e não tripulados estão disponíveis no mercado em variados tamanhos, tipos de aplicação e preços.

A FORMAÇÃO DA COMUNIDADE CIENTÍFICA DO SETOR DE ÓLEO E GÁS NATURAL

A Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras) é uma empresa, atualmente, de economia mista. Esta empresa foi fundada em 1953 pelo então presidente Getúlio Vargas (1930-1945/ 1951-1954) e sua fundação esteve ligada à um amplo movimento nacional envolvendo diversos segmentos da sociedade brasileira para impedir que a exploração do petróleo brasileiro fosse entre as empresas estrangeiras e para estabelecer o monopólio brasileiro da exploração do petróleo em território nacional. De 1954 à 1997, a Petrobras monopolizou as operações de exploração e produção de petróleo, gás natural e derivados. Contudo, embora a campanha pela monopolização estatal do petróleo tivesse envolvido diversos segmentos da sociedade brasileira, não havia boa articulação entre governos, empresas e sociedade. Conforme ressaltam Marcos Ferreira da Costa Lima e Marconi Aurélio e Silva,

no caso brasileiro, universidades, empresas, governos e sociedade civil nem sempre atuaram nessa estreita sinergia. O tardio processo de

industrialização nacional (ocorrido amplamente a partir dos anos 1930) coincidiu com o surgimento das primeiras universidades, no Rio de Janeiro e em São Paulo. Entretanto, pelos tipos de negócios industriais que aqui foram inicialmente estabelecidos, não havia tanta necessidade de criação de estruturas permanentes de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) nas próprias empresas. Assim, algumas gerações de novos profissionais foram absorvidas pelo mercado para atuarem diretamente nas estruturas produtivas aqui instaladas (2012).

Graças ao papel do Estado como indutor do desenvolvimento econômico brasileiro, criando políticas públicas que promovessem a C&T, a Petrobras superou os desafios estratégicos da exploração de óleo e gás em terra. A fim de prover e antecipar soluções tecnológicas, a Petrobras criou em 1963 o Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello (Cenpes), responsável pelas atividades de P&D e de engenharia básica. Costa Lima e Silva acrescentam que a criação do Cenpes,

supriu a carência inicial de infraestrutura própria de P&D da Petrobras e do país. Com o novo Centro, a estatal atraiu não só recursos do próprio Estado brasileiro como também induziu, direta e indiretamente, políticas de formação profissional no setor. Em simultâneo, alavancou tecnologia própria capaz de consolidar a indústria nacional, atraindo, com isso, os melhores quadros de engenheiros, geólogos, físicos e químicos para atuar nos negócios da empresa. Além disso, estabeleceu parcerias com o setor produtivo visando garantir fornecedores de bens e serviços avançados para suas atividades, num primeiro momento, concentradas em refino e distribuição de derivados de petróleo importado e, posteriormente, ligadas à exploração e produção próprias. (2012)

Embora não fosse um processo condicionado, o Cenpes contribuiu diretamente para a formação de diversos profissionais, explicitamente ou não, ligados ao setor de exploração petrolífera. A partir de 1997, com a abertura do monopólio da exploração de óleo e gás, a criação da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis (ANP) e a criação dos Fundos Setoriais, que deram vida ao

Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), Haroldo Lima afirma que, “*as barreiras entre a comunidade científica e o setor de petróleo foram sendo ultrapassadas. A universidade foi se inserindo, de maneira competente, na formação de pessoal e no desenvolvimento tecnológico do setor de petróleo e gás*” (2012). A concentração das atividades de P&D do Cenpes na Cidade Universitária, campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), é fruto desta maior aproximação da comunidade científica com o setor de exploração de óleo e gás. O Cenpes na UFRJ é um dos complexos de pesquisa aplicada de referência internacional e dispõe de 227 laboratórios avançados, plantas experimentais, salas de simulações e imersão em processos da indústria de energia. As atuais áreas de atuação da empresa são: exploração e produção de petróleo e gás natural, refino, oferta de gás natural, distribuição, petroquímica e fertilizantes, geração de energia elétrica, produção de biocombustíveis e transporte e comercialização.

A EXPLORAÇÃO OCEÂNICA NO BRASIL E AS TECNOLOGIAS SUBMARINAS

Na década de 1970, o Brasil iniciou a exploração *offshore* em águas rasas. Em 1977, o Brasil alcançou o primeiro *record* na perfuração de poços petrolíferos submarinos a partir de 124 metros do nível do mar. A partir da exploração *offshore*, em virtude do risco de perda de vida humana, a Petrobras iniciou estudos para viabilizar o emprego de ROVs. Devido ao ambiente marinho, especialmente, em águas profundas, ser extremamente corrosivo para aços de média e baixa liga, as instalações de Árvores de Natal Molhadas (ANM)⁵ passaram a ser realizadas por ROVs.

Na década de 1980, a Marinha do Brasil (MB) passou a realizar estudos em parceria com a Petrobras e universidades brasileiras para mapear o solo e subsolo do Atlântico Sul. Este

mapeamento, denominado Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira (Leplac) foi a continuidade de um programa de mapeamento de solo e subsolo marinho denominado Reconhecimento da Plataforma Continental Brasileira (Remac), iniciado pela Petrobras em 1972. (CORRÊA, 2015, 35) O Leplac tinha como objetivo estabelecer o limite da Plataforma Continental além das 200 milhas da Zona Econômica Exclusiva (ZEE), em conformidade com os critérios estabelecidos pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), a qual foi assinada e ratificada pelo Brasil. Ao incluir as 200 milhas marítimas, em 1970, o Brasil passou a dispor de uma área total de 4.370.519,75 km², exercendo soberania plena, juridicamente, sobre esta região. Esta experiência foi profundamente importante para o País desenvolver capacidade técnica para estabelecer limites exteriores à plataformas continentais e, inclusive, oferecer assessoria a outros estados costeiros na fixação de limites exteriores à suas plataformas continentais.

Em 1997, a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM) aprovou a criação do Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (Remplac), por meio da Resolução Nº 004/97/CIRM (135ª Sessão Ordinária da CIRM) e do Comitê Executivo para o Remplac. O objetivo geral deste Programa é avaliar a potencialidade mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (PCJB). Dentre os objetivos específicos se encontram:

efetuar o levantamento geológico-geofísico básico sistemático da PCJB; Efetuar, em escalas apropriadas, projetos temáticos, levantamentos geológico-geofísicos de sítios de interesse geo-econômico-ambiental identificados na PCJB, visando avaliar sua potencialidade mineral; Acompanhar, a nível nacional e internacional, as atividades relacionadas à exploração e exploração dos recursos minerais de bacias oceânicas e sistemas de

⁵ A Árvore de Natal Molhada é um equipamento que se instalada cabeça do leito marinho, composta por conectores e válvulas para o controle dos fluxos de petróleo-gás-água dos poços.

cordilheira mesoceânicas.⁶

A prospecção das jazidas de minerais pesadas na PCJB no início da primeira década do século XXI se baseava principalmente em métodos geofísicos para determinação da espessura sedimentar e para a visualização das principais superfícies de discordância e das irregularidades do fundo e subsolo marinho. Mas, já se utilizavam também levantamentos batimétricos, sonográficos e sísmicos. Em 2009, a CIRM criou o Programa de Prospecção e Exploração de Recursos Minerais da Área Internacional do Atlântico Sul e Equatorial (Proarea), sob responsabilidade do Ministério das Relações Exteriores (MRE).. O objetivo do Proarea é *“identificar e avaliar a potencialidade mineral de áreas com importância econômica e político-estratégicas para o Brasil, localizadas nesta região”*⁷. Dentre os objetivos deste Programa se encontram: a ampliação da presença brasileira no Atlântico Sul e Equatorial e a coleta de dados para subsidiar futuras requisições brasileiras de áreas de prospecção e exploração mineral junto à Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (Isba). O Proarea foi dividido em dois projetos: o de Prospecção e Exploração de Sulfetos Polimetálicos da Cordilheira Meso-Atlântica (Procordilheira) e o de Prospecção e Exploração de Crostas Cobaltíferas na Elevação do Rio Grande (Proerg).

No início do século XXI, teve início a exploração de petróleo em águas profundas. Em fins do ano de 2007, foi encontrada uma extensa reserva de petróleo e gás natural nessa camada, em uma faixa que se estende por 800 km entre os estados de Espírito Santo e Santa Catarina. As profundidades variam de mil a dois mil metros de lâmina d'água e entre quatro mil à seis mil metros de profundidade no subsolo. Embora no início do século XXI, o mercado de ROVs já estivesse consolidado no segmento de exploração *offshore* no Brasil, as novas descobertas do Pré-sal trouxeram inúmeras oportunidades em P&D para a exploração oceânica nacional. De acordo com José

Mauro de Moraes,

nas compras iniciais de árvores de natal, a Petrobras ficou restrita às tecnologias, às ferramentas de instalação e aos desenhos de cada fabricante. Com o crescimento da escala de desenvolvimento de novos poços na Bacia de Campos, a companhia adquiriu conhecimentos acima das demais operadoras de petróleo, pois comprava de vários fabricantes para poder dispor a tempo de equipamentos. Dada a variedade de fornecedores, houve condições de avaliar o sistema adotado por cada fabricante e as partes que apresentavam melhor funcionamento em cada árvore de natal. Ao tomar conhecimento do funcionamento de cada árvores de natal, a Petrobras começou a especificar sua própria árvores de natal com os detalhes selecionados. (2015)

A partir de 300 metros de profundidade, o emprego de ROVs para a instalação de ANM era o único caminho a ser considerado pela Petrobras. Contudo, quanto maior a profundidade, maior é o custo da aquisição e do desenvolvimento de tecnologias submarinas.

O progresso conseguido na área de robótica submarina trouxe consigo o aumento do custo destes veículos (...) este custo torna restrita, na maioria dos casos, a utilização de ROVs por universidades e grupos de pesquisa, o que dificulta o desenvolvimento de novas tecnologias para o setor. Diversas empresas e institutos vem (sic) trabalhando com o intuito de desenvolver sistemas robóticos de baixo custo que possibilitem sua utilização em pesquisa. (AMAT, MONFERRER, BATLE, CUFF'I, 1999 apud BESSA, DUTRA, KREUZER, REIS, 2004, 1-2)

Além do custo do veículo e de sua manutenção, os especialistas apontam a inexistência de uma estrutura laboratorial como um impedimento da realização de experimentos em tecnologias submarinas robóticas. Um projeto de ROV nacional que pode ser considerado relevante neste estudo é o ROV teleoperado via Internet de autoria dos pesquisadores Wallace Moreira Bessa, Max Suell Dutra, Edwin Kreuzer e Ney Robinson Salvi dos Reis. Denominado *An*

⁶ Para consultar o REMPLAC, acesse aqui: <http://www.pggm.uerj.br/remplac3.htm>

⁷ Para consultar o Programa de Prospecção e Exploração de Recursos Minerais da Área Internacional do Atlântico Sul e Equatorial, acesse aqui: <https://www.mar.mil.br/secirm/portugues/proarea.html>

Experimental General-purpose Internet-based underwater Robot (Aegir, sigla em inglês), este projeto consiste em uma parceria entre universidades e centros de pesquisa do Brasil e da Alemanha para realizar remota de experimentos nas áreas de cinemática, dinâmica e controle de robôs submarinos e aquisição e processamento de sinais. Para evitar limites na transmissão de dados via *Internet* do operador para o veículo em águas profundas, o Aegir dispõe de autonomia suficiente sem que a teleoperação dependa diretamente dos robôs.

No contexto da geopolítica, o mar é a última fronteira a ser desbravada pela humanidade. Este desbravamento somente ocorrerá com investimentos maciços governamentais em ciência, tecnologia e inovação. O Atlântico Sul é um espaço de infinitas oportunidades e possibilidades de rentabilizar a economia brasileira e, embora a exploração petrolífera *offshore* já esteja consolidada na política econômica nacional, como as recentes pesquisas no solo e subsolo do Atlântico Sul têm demonstrado, há uma infinidade de outras riquezas minerais a serem exploradas neles.

Como demonstrado, desde 2009, a CPRM e a Marinha do Brasil têm desenvolvidos trabalhos de pesquisa oceanográfica em águas internacionais. O comitê executivo do Proarea (GO-Proarea) foi constituído em 2009. De acordo com a CPRM,

os projetos a serem desenvolvidos pelo GO-Proarea visam despertar o interesse de empresas brasileiras para o aproveitamento de recursos minerais que ocorrem nessa região, com foco nas dimensões socioeconômica visando crescimento sustentável, geração de emprego e renda, ampliação do mercado de trabalho, ampliação da produtividade, conquista de novos mercados internacionais, redução da vulnerabilidade externa, fortalecimento da identidade brasileira; político-estratégica, para uma integração do mar à cultura brasileira, preservação da soberania nacional e predomínio brasileiro em áreas internacionais, estabelecimento de novas alianças estratégicas, científico-tecnológica e ambiental, entre outras; científico- tecnológica de

forma a desenvolver atividades necessárias para a ampliação da capacidade de geração de conhecimento científico, tecnológico e de inovação; e ambiental dando ênfase à preservação ambiental, ampliação dos ecossistemas brasileiros e internacionais, uso sustentável dos recursos da biodiversidade marinha, uso sustentável das fontes de energia e dos minérios não-energéticos marinhos (CPRM, 2009).

Em 25 de abril de 2013, através de um acordo de cooperação entre Brasil e Japão, cientistas de ambos os países participaram de uma expedição inédita, denominada Iatá-Piúna, no Atlântico Sul. A expedição foi coordenada pela Agência Japonesa de Ciência e Tecnologia da Terra e do Mar (Jamstec, sigla em inglês), em parceria com o Instituto Oceanográfico de São Paulo, a CPRM e outras instituições de pesquisa, como o Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar (CTTMar), da Universidade do Vale do Itajaí (Univali). Foi a primeira vez que uma equipe de pesquisadores desceu a 4.200 metros até o leito do oceano, a bordo de um submersível tripulado. O grupo se dividiu em duas equipes. Parte do período esta equipe passou no Elevado do Rio Grande e na Dorsal de São Paulo, área onde está localizado o ponto mais profundo do Atlântico Sul. A primeira equipe partiu da Cidade do Cabo, na África, e a segunda equipe passou cerca de duas semanas na área continental brasileira entre Rio de Janeiro e Santos. Nas primeiras análises do Proerg foram encontradas no Elevado Rio Grande diversos minerais estratégicos, como: petróleo, carvão, gás natural, cobalto, níquel, cobre, manganês, enxofre, zircônio, tântalo, telúrio, tungstênio, nióbio, tório, bismuto, platina, cério, európio, molibdênio, lítio, hidratos de gás, sulfetos e nódulos polimetálicos, evaporitos, fosforitas, placeres (diamante, ouro e metais pesados), carbonatos, areia e cascalho. (DE SOUZA apud CORRÊA, 2015, 37) O submersível utilizado na expedição por meio da parceria sino-brasileira foi o *Shinkai 6500*. Desde 1991, este submersível japonês realiza missões de pesquisas topográficas e geológicas em águas profundas e é especializado em pesquisar organismos em altas

¹⁰ Fissuras que tiveram ligação com o nível de industrialização dos segmentos representados: os mais industrializados manifestaram-se a favor; os menos, contra (BRASILAGRO, 2020a).

profundidades no oceano Pacífico, no oceano Atlântico, no oceano Índico e no entorno geoestratégico marítimo do Japão. Até o ano de 2012, o *Shinkai 6500* já havia realizado um total de 1.300 mergulhos.

Os países que dominam a tecnologia de submersíveis com mais de um tripulante e com capacidade de mais de quatro mil metros de profundidade se limitam aos EUA (*Alvin e Triste*, 4.500 e 11.000m), Rússia (*Konsul e Mir*, 6.500 e 6.000m), Japão (*Shinkai*, 6.500m), China (7.5000m) e França (*Nautile*, 6.000).

Em fevereiro de 2015, em Brasília, representantes da CPRM se reuniram com representantes da estatal brasileira Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A. (Amazul) para propor parcerias para a construção de submersíveis. Segundo o Diretor-Presidente da CPRM, Manoel Barretto, *“durante o encontro foram discutidas as possibilidades de uma parceria entre as duas empresas para captação de recursos e a elaboração do projeto dos submersíveis tripulados e não tripulados para alavancar as pesquisas no Atlântico Sul”*. (CPRM, 2009 apud CORRÊA, 2015, 56) O interesse da Amazul em desenvolver o submersível é evitar a dependência tecnológica de submersíveis estrangeiros na exploração brasileira do mar profundo no Atlântico Sul. No projeto, o alcance do submersível denominado Veículo de Imersão Profunda (VIP) será de até seis mil metros de profundidade com capacidade para três ou quatro tripulantes.

Explorações minerais *offshores* não são novidade. Como demonstrado, o potencial econômico do Elevado do Rio Grande é imensurável e a exploração mineral nesta região pode incrementar abruptamente o nível de exportações e o fluxo de dólares na economia brasileira. Se a aplicabilidade destes recursos for gerenciada adequadamente, com investimentos maciços em educação, ciência, tecnologia e inovação, as receitas geradas oriundas da exploração dessas *commodities* tornarão possível a diversificação da economia e da pauta exportadora, evitando assim a excessiva dependência destes bens primários e protegendo a

economia das oscilações do dólar no mercado, e o crescimento da economia brasileira.

CONCLUSÃO

Como demonstrado, os submarinos nasceram como fruto do desenvolvimento científico e tecnológico. Porém, como a ciência, nos séculos XVII, XVIII e XIX, ainda se encontrava em fase de ambientação, nenhuma invenção que não transformasse, de fato, a forma como o homem interagisse com o meio, iria ter respaldo político. Gradativamente, os submarinos foram ganhando aprimoramentos tecnológicos. Contudo, mesmo sendo empregados na Primeira Guerra Mundial, apesar de perdas humanas e materiais provocadas, os submarinos convenceram os políticos a transformá-los em grandes estratégias políticas.

Foi no curso da própria Segunda Guerra Mundial, com a maior autonomia, maior profundidade e maior velocidade que os submarinos deixaram de apoiar logisticamente para, de fato, atuar estrategicamente nos vários palcos de guerra do cenário político mundial. Contudo, os submarinos alemães da classe XXI entraram operacionalmente na Guerra quando a Alemanha Nazista já se encontrava em fase de declínio. Apesar das numerosas punições sofridas pela Alemanha Nazista ao findar da Guerra, muitos cientistas alemães e seus submarinos, em especial, os da classe XXI, foram transferidos para os Aliados. O arraste e a dualidade tecnológica, produzidos, em especial, pelos submarinos, a partir da década de 1940, foram tamanhos que possibilitaram a consolidação da ciência como estratégia política. Além disso, a interface dos submarinos com a energia nuclear a partir da década de 1950 contribuiu ainda mais para transformar a vida da humanidade, a medida que estas belonaves, de diferentes projetos e tipos, podiam ser utilizados, simultaneamente, em guerras e em explorações científicas, em mapeamento geológico subaquático e em busca e salvamento em água profundas, em descobertas de tesouros e em despoluição ambiental.

Para além das questões belicosas, a possibilidade desta competência tecnológica já está mobilizando arraste e dualidade tecnológica, à medida que outros setores científicos da sociedade já estão se beneficiam das tecnologias submarinas geradas pós-2ª Grande Guerra. Os programas estratégicos de submarinos ao longo da História deram importantes contribuições para o desenvolvimento científico, tecnológico, social, econômico e políticos aos seus países de origem.

As tecnologias submarinas constituem a última fronteira geopolítica na exploração oceânica. Os oceanos demonstram fontes de recursos minerais e econômicos inesgotáveis. Como demonstrado, a Elevação do Rio Grande, uma das áreas no Atlântico Sul de maior interesse do Estado brasileiro, é uma fontes inesgotável de recursos minerais de oportunidades para empresas, universidades, centros de pesquisa e laboratórios brasileiros. Com a rentabilidade dos recursos explorados nesta região e com maiores investimentos em ciência, tecnologia e inovação, o Brasil poderá diversificar sua economia e exportações com alto valor agregado e fortalecendo a economia nacional.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Thiago Lobão de. TONÁCIO, Victor Coracini. SAMPAIO, Claudio Mueller. Projeto de Submarino de Passageiros para Sistemas de Produção "Offshore". **23º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore** Rio de Janeiro, 25 a 29 de Outubro de 2010. Disponível em < http://www.ipen.org.br/Artigos-congresso23-Sobena/SOBENA2010-20.pdf>.

AMAT, J., MONFERRER, A., BATTLE, J. CUFF'I, X., GARBI: A Low-cost Underwater Vehicle: Microprocessors and Microsystems, Vol. 23, 1999, pp. 61-67. In: BESSA, Wallace Moreira. DUTRA, Max Suell. KREUZER, Edwin. REIS, Ney Robinson Salvi dos. Projeto e construção de um veículo robótico submarino teleoperado via internet. **III Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**. Belém, 10–13

de Agosto de 2004. Disponível em https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiPvrbu_MzUAhWCipAKHXVFCnoQFggoMAA&url=http%3A%2F%2Farquivos.info.ufrn.br%2Farquivos%2F2009079067cd161701823b0bd2708917%2Fconem2004a.pdf&usg=AFQjCNHoxLoFHqS6e2u5_raeghy2uG2nHg

ASHCROFT, Frances. **A vida no limite: a ciência da sobrevivência**. Rio de Janeiro: Zahar, 2001.

BATES, Jimmy. **One Wrong Turn: And the World Changed Forever**. Reino Unido: Sunrise Books Ltd, 2010.

BESSA, Wallace Moreira. DUTRA, Max Suell. KREUZER, Edwin. REIS, Ney Robinson Salvi dos. Projeto e construção de um veículo robótico submarino teleoperado via internet. **III Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**. Belém, 10–13 de Agosto de 2004. Disponível em https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiPvrbu_MzUAhWCipAKHXVFCnoQFggoMAA&url=http%3A%2F%2Farquivos.info.ufrn.br%2Farquivos%2F2009079067cd161701823b0bd2708917%2Fconem2004a.pdf&usg=AFQjCNHoxLoFHqS6e2u5_raeghy2uG2nHg.

CAVALIN NETO, Francisco. **Kriegsmarine - Os Corsários Do Iii Reich**. São Paulo: Biblioteca 24 horas, 2010.

CELESTINO SILVA, Cibelle. (Org). **Estudos de História e Filosofia das Ciências**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

CORRÊA, Fernanda das Graças. **A AMAZUL e a Base Logística de Defesa: um estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia apresentada ao Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra como requisito à obtenção do diploma do Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia. 2015.

CPRM e Marinha do Brasil realizam expedições em águas oceânicas internacionais. CPRM, 26 de outubro de 2009. Disponível em <http://www.cprm.gov.br/publique/Noticias/CPRM-e-Marinha-do-Brasil-realizam-expedicoes-em-aguas-oceanicas-internacionais-1312.html>

GONZÁLEZ, Agustín Ramón Rodríguez. **Isaac Peral: historia de una frustración.** CARTAGENA: Caja Murcia, 1993.

GRANADOS, Francisco Porcel. Desarrollo Tecnológico em la Historia de la Humanidad: inventores e inventos. Drebbel y El Submarino. **Innovación y Experiencias Educativas.** P.p.9-10. Disponível em http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_27/FRANCISCO_M_PORCEL%20GRANADOS_1.pdf

GUIMARÃES, Leonam dos Santos. Estratégias de implementação e efeitos de arraste dos grandes programas de desenvolvimento tecnológico nacionais: experiências do programa nuclear da Marinha do Brasil. **Revista Pesquisa Naval**, Rio de Janeiro, v. 16, 2003.

GUIMARÃES, Leonam dos Santos. **Lições de Gestão de um Almirante.** Academia. Edu. 2010. Disponível em https://www.academia.edu/4163864/Li%C3%A7%C3%B5es_de_Gest%C3%A3o_de_um_Almirante

LIMA, Marcos Ferreira da Costa. SILVA, Marconi Aurélio e. Inovação em petróleo e gás no Brasil: a parceria Cenpes-Petrobras e Coppe-UFRJ. **Revista Soc. Estado**, Vol. 27, Nº 1, Brasília Jan./Abr de 2012. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-69922012000100007&script=sci_arttext .

MAGALHÃES, Paulo Henrique Vieira. Martinez, Carlos Barreira. BASTOS, Alexandre Augusto Marinho da Motta. GRUBERGER, Isaak. Estudo de um veículo submersível para uso em inspeção de estruturas hidráulicas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, 2008. Disponível em

<https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/8693>

MEIS, Leopoldo. **Ciência, educação e o conflito humano-tecnológico.** São Paulo: Senac., 2002.

MORAIS, José Mauro de. **Petrobras: uma história das explorações de petróleo em águas profundas e no pré-sal.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

Programa de Prospecção e Exploração de Recursos Minerais da Área Internacional do Atlântico Sul e Equatorial. Marinha do Brasil. Disponível em <https://www.mar.mil.br/secirm/portugues/proarea.html>

REMPLOC. Disponível em <http://www.pggm.uerj.br/remplac3.htm>

RAMOS, Alam Miguel Loyo. **Historia del submarino.** Disponível em < <http://www.monografias.com/trabajos82/historia-submarino/historia-submarino2.shtml> >

ROMAÑA, José Miguel. **As armas secretas de Hitler.** São Paulo: Madras, 2010.

Rússia desenha 1º submarino nuclear civil do mundo. **Agência EFE de Notícia**, 29 de março de 2017. Disponível em <https://www.efe.com/efe/brasil/tecnologia/russia-desenha-1-submarino-nuclear-civil-do-mundo/50000245-3222738> .

Rússia reivindica solo do Pólo Norte. **Globo. Com**, 1º de agosto de 2007. Disponível em < <http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL81256-5603,00-RUSSIA+REIVINDICA+SOLO+DO+POLO+NORTE.html> >.

SANTOS, Ricardo Serrão. O Conhecimento Científico do Mar. **Revista Nação & Defesa**. 2009. P. 96. Disponível em <http://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/3631>

SIDOLI, Osvaldo. **Historia y Arqueología Marítima.** Disponível em < <http://histarmar.net/InfGral/PrehistoriadelSubmarino-4S19-5.htm> >

SOUZA, K.G. MARTINS, L. R. Novas tecnologias aplicadas no estudo nos recursos minerais de mar profundo. **Revista Gravel**. 2007. P. 26. Disponível em http://colossus.ufrgs.br/gravel/5/Gravel_5_03.pdf