

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK

CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM
PROPULSÃO NAVAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MARINHA DO BRASIL: O DESAFIO DA CONCEPÇÃO DO SUBMARINO NUCLEAR E
PERSPECTIVAS FUTURAS

CAPITÃO-TENENTE RONALDO DE OLIVEIRA JUNIOR

CIAW
Rio de Janeiro
2020

CAPITÃO-TENENTE RONALDO DE OLIVEIRA JUNIOR

MARINHA DO BRASIL: O DESAFIO DA CONCEPÇÃO DO SUBMARINO NUCLEAR E
PERSPECTIVAS FUTURAS

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Wandenkolk como requisito parcial à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Propulsão Naval.

Orientadores:

Prof. Dr. Su Jian

CA (RM1) Paulo Cesar Demby Corrêa

CIAW
Rio de Janeiro
2020

FOLHA DE APROVAÇÃO

CAPITÃO-TENENTE RONALDO DE OLIVEIRA JUNIOR

MARINHA DO BRASIL: O DESAFIO DA CONCEPÇÃO DO SUBMARINO NUCLEAR E
PERSPECTIVAS FUTURAS

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Wandenkolk como requisito parcial à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Propulsão Naval.

Aprovada em _____

Banca Examinadora:

Prof. Su Jian, D.Sc. – UFRJ _____

Paulo Cesar Demby Corrêa, CA (RM1) – MB _____

Carlos Alfredo Orfão Martins, CC (RM1-EN) – CIAW _____

CIAW
Rio de Janeiro
2020

Dedico este trabalho a Deus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família que sempre me apoiou em todas as minhas escolhas pessoais e profissionais através do exemplo e amor incondicional, os tenho como sólida base para tudo na vida, sem vocês certamente não teria chegado até aqui. E aos meus orientadores, Professor Su Jian e Almirante Demby que com paciência e profissionalismo, conduziram a confecção deste trabalho, sempre atentos e preocupados em transmitir da melhor maneira possível as informações e ensinamentos oportunos e necessários durante todo o processo, balizaram-me com maestria desde o início até o final. A todos muito obrigado.

A MARINHA DO BRASIL E O DESAFIO DA CONCEPÇÃO DO SUBMARINO NUCLEAR E PERSPECTIVAS FUTURAS

Resumo

Este trabalho busca atender a proposta de apresentar as riquezas naturais e condições geopolíticas do Brasil que justificam o empenho e investimentos do país para desenvolver e dominar a tecnologia nuclear além de esforços na adaptabilidade dessa nova fonte de energia para a propulsão naval na figura do submarino nuclear brasileiro. Abordando as organizações direta e indiretamente envolvidas nos diversos processos que permitem a utilização do combustível nuclear a bordo e os possíveis benefícios que os avanços nessa área podem proporcionar também em outros setores do país uma vez que demanda de energia é vital para o mundo.

Para que isso se torne realidade a Marinha do Brasil desenvolve desde 1979 o Programa Nuclear da Marinha que possui como propósito o domínio da tecnologia de produção de combustível nuclear para que seja possível a criação de um protótipo do reator nuclear e em paralelo o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) desenvolve desde julho de 2012 o projeto do primeiro submarino com propulsão nuclear brasileiro contemplando a construção de um estaleiro e base naval (EBN) em Itaguaí que já é uma realidade, o que demonstra que essa força tem concentrado esforços através de desenvolvimento projetos que nos forneçam pessoal qualificado, indústria de apoio e um local apropriado, requisitos indispensáveis para que então num futuro próximo torne-se enfim realidade a concepção do submarino nuclear brasileiro.

Para um país como o Brasil, responsável por aproximadamente 5,7 milhões de km² de área oceânica ao longo de sua costa, a nossa Amazônia azul, desenvolver e dominar essa tecnologia ampliaria consideravelmente suas capacidades principalmente no que diz respeito à utilização no meio militar a fim de que cada vez mais nos tornemos melhores para bem cumprir nossa missão e servir com excelência a nação brasileira, além de proporcionar diversos benefícios permanentes, fruto do arrasto tecnológico das etapas de todos os processos.

Palavras- chave: Propulsão naval, Submarino Nuclear, energia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração da Amazônia Azul e espaços marítimos brasileiros	10
Figura 2 - As riquezas da Amazônia Azul	11
Figura 3 - O Brasil em relação aos demais países.....	12
Figura 4 - Almirante Álvaro Alberto Patrono da CT&I da MB.....	17
Figura 5 - Submarino Nuclear Brasileiro “Álvaro Alberto”	17
Figura 6 - O Brasil já domina o Ciclo do combustível Nuclear.....	19
Figura 7 - Novo organograma das organizações militares de CT&I da MB	20
Figura 8 - Investimentos no novo complexo naval de Itaguaí	22
Figura 9 - Apresentação gráfica do EBN.....	23

LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABC	ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS
AgNSNQ	AGÊNCIA NACIONAL DE SEGURANÇA NUCLEAR E QUALIDADE
AMAZUL	AMAZÔNIA AZUL TECNOLOGIAS DE DEFESA S.A.
CF	CAPITÃO DE FRAGATA
CHEMAQ	CHEFE DE MÁQUINAS
CINA	CENTRO INDUSTRIAL NUCLEAR DE ARAMAR
CNEN	COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
CNPq	CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO
COGESN	COORDENADORIA-GERAL DO PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE SUBMARINO COM PROPULSÃO NUCLEAR
CT	CAPITÃO-TENENTE
CTMSP	CENTRO TECNOLÓGICO DA MARINHA EM SÃO PAULO
DCNS	DIRECTION DES CONSTRUCTIONS NAVALES SERVICES
DGDNTM	DIRETORIA-GERAL DE DESENVOLVIMENTO NUCLEAR E TECNOLÓGICO DA MARINHA
EBN	ESTALEIRO E BASE NAVAL
END	ESTRATÉGIA NACIONAL DE DEFESA
EUA	ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA
FINEP	FINANCIADORA DE PROJETOS
IBBD	INSTITUTO BRASILEIRO DE BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTAÇÃO

IMPA	INSTITUTO DE MATEMÁTICA PURA E APLICADA
INB	INDÚSTRIAS NUCLEARES BRASILEIRAS
INPA	INSTITUTO DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA
LABGENE	LABORATÓRIO DE GERAÇÃO NÚCLEO ELÉTRICA
MB	MARINHA DO BRASIL
NG	NAVAL GROUP
NUCLEP	NUCLEBRÁS E EQUIPAMENTOS PESADOS
PIB	PRODUTO INTERNO BRUTO
PNM	PROGRAMA NUCLEAR DA MARINHA
PROSUB	PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE SUBMARINOS
RMB	REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO
SN BR	SUBMARINO NUCLEAR BRASILEIRO
UFEM	UNIDADE DE FABRICAÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS
UFF	UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
UFPB	UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UFPE	UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
UFRJ	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

SUMÁRIO

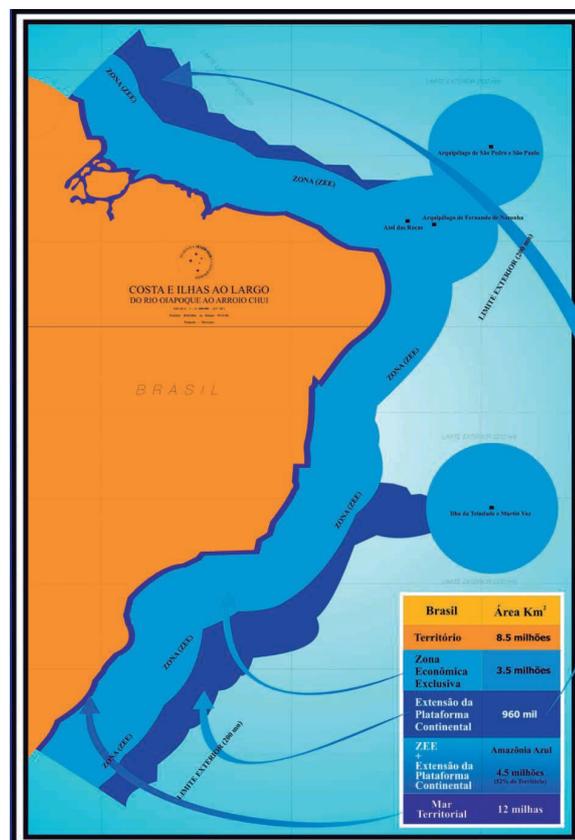
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Apresentação do Problema	13
1.2 Justificativa e Relevância	14
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo Geral	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Almirante Álvaro Alberto da Motta e Silva – Patrono da Ciência, Tecnologia e Inovação da MB	17
2.2 PROSUB e empresas envolvidas	18
2.3 PNM e as pesquisas nucleares	23
2.4 Submarino nuclear X Convencional	25
2.5 Arrasto tecnológico e dualidades	27
3 CONCLUSÃO	29
4 METODOLOGIA	31
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

Devido à dimensão enorme da Amazônia Azul com uma área que abrange cerca de 3,5 milhões de quilômetros quadrados, é necessário que a nossa Marinha procure dotar-se de uma frota com raio de ação e autonomia suficientes para patrulhar, realizar tarefas de busca e salvamento, e principalmente coibir a presença de potenciais contendores nas águas jurisdicionais brasileiras (CARVALHO, 2012).

Com dimensões continentais e ocupando a quinta posição do globo em extensão territorial, o Brasil faz fronteira com dez países, sendo aproximadamente 15.500 km de fronteira terrestre e 7.500 km de costa oceânica voltada para o atlântico, cujo prolongamento constitui uma extensa área marítima superior a 3,5 milhões de quilômetros quadrados sob sua jurisdição, que devido a sua importância estratégica foi denominada pela Marinha do Brasil (MB) como Amazônia Azul conforme figura 1.

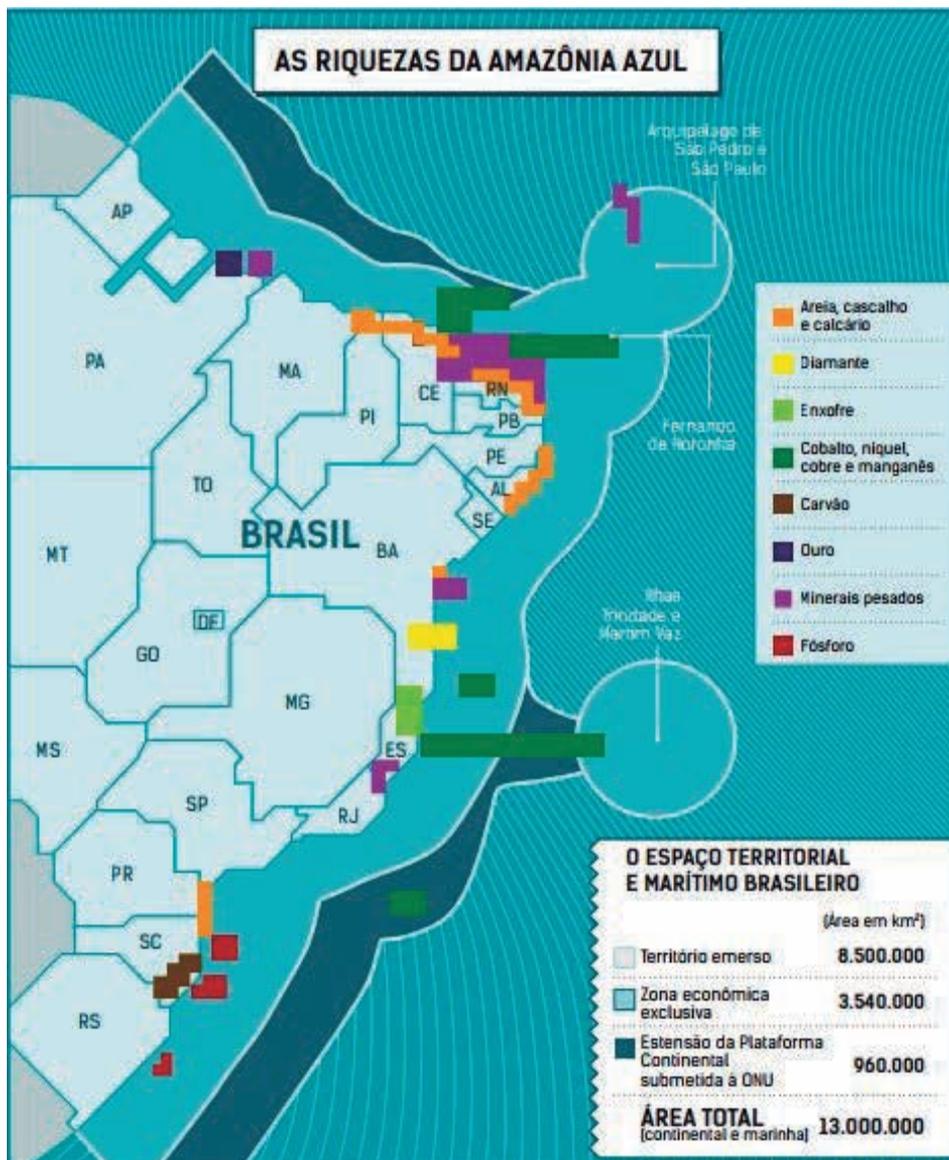
Figura 1 - Ilustração da Amazônia Azul e espaços marítimos brasileiros



Fonte: Marinha do Brasil (2019)

Área de importância precípua para o país, onde grande parte de uma população composta aproximadamente por 250 milhões de habitantes concentra-se próxima ao litoral além de possuir uma rica fauna marinha dentre diversas outras riquezas naturais como por exemplo 93% da produção de petróleo e 75% da produção de gás natural que tem origem no mar como se pode observar na figura 2.

Figura 2 - As riquezas da Amazônia Azul

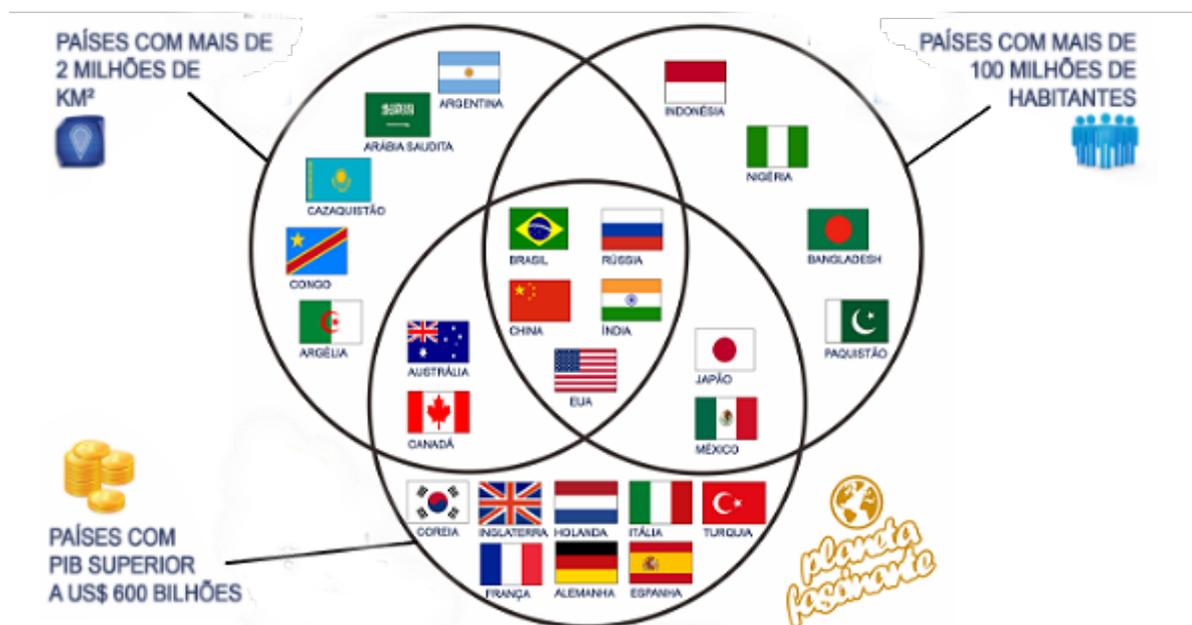


Fonte: Lana (2014, p.31).

Cabe também destacar, que como detentor do nono PIB mundial, possuímos uma economia extremamente dependente do comércio, e que 95% do comércio do nosso país é viabilizado pelo mar, além disso, 10% da carga mundial atravessa essas águas e passam por

pelo menos um dos quase 230 portos que possui o país (100 estatais e 128 privados) além de conter as linhas de comunicação brasileiras necessárias ao transporte marítimo. É válido mencionar que, no mundo, considerando-se nações com as características citadas em comum, o Brasil é o único que utiliza a energia nuclear somente para fins pacíficos eliminando de suas pesquisas e área de atuação qualquer tipo de armamento nuclear, fato comprovados através de diversos acordos e tratados internacionais, além de transparente conduta de ações.

Figura 3 - O Brasil em relação aos demais países



Fonte: Marinha do Brasil (2018)

Haja vista os motivos ora mencionados, é notória a extrema responsabilidade que possui o Brasil em não somente explorar com responsabilidade, consciência e eficiência como também, e principalmente, preservar e praticar sua soberania além de garantir a segurança das águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), o que naturalmente demanda justificados investimentos e esforços de diversos setores do país.

Neste contexto, o trabalho em questão pretende apresentar de que forma tornou-se possível o desenvolvimento do primeiro Submarino Nuclear Brasileiro (SN-BR) e os motivos que justificam o alinhamento do país junto à MB para o desenvolvimento da tecnologia nuclear aplicada a propulsão desse meio naval sob a perspectiva do Programa Nuclear da Marinha (PNM) e o Programa do Submarino Nuclear (PROSUB) e de que forma o domínio desta, pode-se dizer, nova fonte de energia com esta finalidade no nosso país, contribui para

ampliar sobremaneira suas capacidades e permitir o cumprimento de forma mais segura e eficiente das atividades mencionadas.

1.1 Apresentação do Problema

O uso de energia nuclear envolve o domínio de uma tecnologia reconhecidamente complexa e restrita, desde 1979 a MB busca conquistar condições que permita ao Brasil participar de um grupo seleto de países composto por: Estados Unidos da América (EUA), Rússia, Reino Unido, França e China capazes de projetar, construir e operar um submarino nuclear. Ainda em 1982 o país alcançou uma grande conquista adquirindo conhecimento que permitiu dominar o conjunto de etapas do processo industrial que transforma o mineral urânio, desde quando ele é encontrado em estado natural até sua utilização como combustível, o chamado ciclo do combustível.

Vencer o desafio das barreiras tecnológicas para dominar no século do conhecimento a energia nuclear provocaria uma disrupção, nos permitindo lançar mão de uma arma ímpar como submarino de propulsão nuclear, cujas capacidades serão abordadas ao longo do trabalho em questão, além de proporcionar diversas outras vantagens e capacidades em variadas áreas para o país, consequência do arrasto tecnológico proporcionadas pelo desenvolvimento e domínio dessa nova fonte de energia e tecnologia relacionada. Assim como o carvão foi a principal fonte de energia do século XIX e o petróleo do século XX, vislumbra-se que ocorra com a energia nuclear no século XXI. A utilização da fissão nuclear como fonte de energia para propulsão do submarino implica em diversos desafios tais quais: conhecimento técnico-científico, tecnológico, pessoal qualificado para projetar, fabricar, manter e operar materiais componentes e meios relacionados, uma indústria de apoio, estaleiro e base de apoio em condições de apoiar um meio que apresenta demandas específicas e peculiares não apenas de um submarino (que por si só já não são triviais), mas principalmente, relacionadas à tecnologia nuclear aplicada a bordo como fonte de energia para propulsão.

Outro fator relevante nesse processo ocorreu em 2008, com a criação do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB). Este programa, alicerçado por um acordo firmado entre os governos do Brasil e da França, previa a construção, em estaleiro nacional, de quatro submarinos convencionais e do primeiro Submarino Nuclear Brasileiro (SN-BR),

envolvendo também a transferência de tecnologia de projeto e de construção. Entretanto, apesar de fundamental, essa parceria não contempla transmissão de informações que envolva a propulsão nuclear propriamente dita, o que configura um grande desafio para o país cujos passos e a maneira que tudo vem sendo conduzido até aqui serão abordados neste trabalho. De acordo com Casaes Junior, “[...] seria ilusório acreditar que algum país entregue seu patrimônio tão exclusivo para outro, mesmo que cobrando muito por esse valor intangível” (CASAES JUNIOR, 2009, p. 81).

Nenhum país transmite ou até mesmo comercializa esse tipo de conhecimento, o que de certa forma, nos obriga a “aprender sozinho”, nos organizando e unindo esforços para que seja possível dominar os desafios da energia nuclear e, além disso, e não menos complexo, diga-se de passagem, embarcá-lo num meio naval com espaço extremamente restrito e projetado para operar submerso. É importante destacar, que apesar do assunto despertar desconfiança, curiosidade e o interesse da comunidade internacional, o Brasil é o único que utiliza esse tipo de energia somente para fins pacíficos, fato comprovado através de diversos tratados e acordos internacionais além de conduta extremamente profissional e transparente em todas as etapas, naturalmente preservando conhecimentos adquiridos proporcionalmente aos seus respectivos valores.

1.2 Justificativa e Relevância

A Amazônia Azul possui diversos ativos a serem explorados e principalmente protegidos, além de riscos a serem gerenciados e mitigados. A existência de tais potencialidades e ameaças justifica a presença e a vigilância da MB nessas áreas, reforçando a importância de prover meios de atuação adequados a essa Força.

(Faria, 2011) elenca algumas das principais vulnerabilidades brasileiras nessas regiões: i) concentração da produção de petróleo no mar sem um sistema de defesa eficaz; ii) concentração das grandes cidades e dos sistemas produtivo e energético no litoral; iii) comércio exterior dependente de linhas de comunicação extensas; e iv) a existência de ilhas oceânicas sem um sistema de defesa. Deve-se ressaltar, ainda, a ameaça apresentada pelos ilícitos transnacionais (pirataria, tráfico, contrabando etc.), bem como a necessidade da garantia dos recursos naturais nas águas e no entorno estratégico.

Pode-se também observar tamanha relevância no trecho da Estratégia Nacional de Defesa (END), que, ao se referir aos objetivos estratégicos da Marinha, expressa que “[a] negação do uso do mar, o controle de áreas marítimas e a projeção de poder devem ter por foco (...) prontidão para responder a qualquer ameaça, por Estado ou por forças não convencionais ou criminosas, às vias marítimas de comércio” (Brasil, 2012).

Podemos perceber com facilidade a ampla capacidade de uma arma com as características de um submarino diante do que expõe Brandão (1996), o submarino é o único meio naval capaz de, a um só tempo, exercer ação de presença estando ausente, e punir exemplarmente todo aquele que duvidar da sua presença, quando de fato ele existir (p. 22).

É então imperativo e oportuno que o Brasil priorize, entre as políticas públicas de defesa, a manutenção e expansão da sua esquadra de submarinos. A defesa dos abundantes recursos minerais localizados em suas águas bem como a importância estratégica da negação do uso do mar torna premente o investimento na Força de Submarinos da MB.

Portanto, é notório que nossa segurança depende da nossa segurança no mar o que reflete a importância de uma Marinha capaz de manter-se com um nível de patrulha e combate que a permita bem cumprir sua missão cuidando das pessoas e garantindo nossos direitos no mar.

Neste contexto torna-se indiscutível o empenho no desenvolvimento tecnológico na área nuclear, que aplicado à propulsão do submarino aumenta sobremaneira suas capacidades, fortalecendo ainda mais sua capacidade dissuasória, conforme abordaremos no desenvolvimento deste trabalho.

Então em atendimento a toda essa demanda nasceu o Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), que tem como principais propósitos: construir quatro submarinos convencionais e o primeiro submarino de propulsão nuclear do país, além de desenvolver as instalações e as tecnologias necessárias para tal promovendo um arrasto tecnológico de suma importância para diversas áreas que não somente de Defesa e militar.

1.3 Objetivos

Apontar os principais desafios enfrentados pelo país para alcançar o desenvolvimento e domínio da tecnologia nuclear, as vantagens e dificuldades de adaptação no que diz respeito à aplicabilidade dessa nova fonte de energia na propulsão naval, neste

caso, ilustrado através do submarino nuclear brasileiro. E os motivos que justificam o empenho em todo esse processo, suas capacidades, arrasto tecnológico e uma vez concluído o SN-BR o legado que ficará para o país o que configura o encerramento de um ciclo e início de outro em nível bastante superior, tamanha é a sua expressão e importância em diversos setores do país.

1.3.1 Objetivo Geral

Apresentar, através da perspectiva da MB, de que forma tornou-se possível o desenvolvimento do Programa Nuclear da Marinha e do Projeto do Submarino Nuclear Brasileiro e quais foram às mudanças e ações que permitiram tal conquista. Sugerir, uma vez concluído e incorporado o submarino nuclear ao meio operativo, possibilidades de atuação para as novas Organizações Militares que surgiram através da demanda oriunda desse processo, além de mostrar as possíveis dualidades que o domínio dessa nova fonte de energia pode proporcionar ao país em diversas outras áreas que não necessariamente militar ou de defesa. Destacando sempre o viés pacífico de desenvolvimento nesta área que norteou todos os projetos desde e segue com total transparência neste sentido.

1.3.2 Objetivos Específicos

Realizar a coleta e análise de dados em artigos, revistas, internet, bibliografias e outras fontes que possam apresentar relatos e/ou informações relevantes relacionadas ao Programa Nuclear da Marinha e Programa de Desenvolvimento de Submarinos para acompanhar tudo que foi alcançado até o momento e expectativas de desenvolvimento num futuro próximo baseado nas capacidades do país.

Analisar tanto a infraestrutura já existente como o que ainda estão sendo criado e sua imprescindibilidade para a construção, manutenção e futuro descarte do SN BR. E então com base nessas informações sugerir, uma vez concluído todos os submarinos previstos no projeto e entregues ao meio operativo, possibilidades de emprego e utilização de toda essa infraestrutura além do rico conhecimento adquirido durante todas as etapas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Almirante Álvaro Alberto da Motta e Silva – Patrono da Ciência, Tecnologia e Inovação da MB

Figura 4 - Almirante Álvaro Alberto Patrono da CT&I da MB



Fonte: Marinha do Brasil (2020)

Personalidade que originou o nome do primeiro SN-BR, o Almirante (Almte) Álvaro Alberto nasceu no Rio de Janeiro em 1.889 tornado-se aspirante da Escola Naval em 1906 onde iniciou uma brilhante carreira que mudaria os rumos em desenvolvimento do nosso país. Recém formado como engenheiro geógrafo começou a dar aulas e já nos anos vinte apresentou suas primeiras invenções como novos tipos de explosivos e uma espécie de tinta antivegetativa com propriedades importantes utilizadas nos cascos dos navios, sempre visando e contribuindo para independência financeira do Brasil.

Figura 5 - Submarino Nuclear Brasileiro “Álvaro Alberto”



Fonte: Marinha do Brasil (2020)

Já no posto de Capitão de Fragata (CF) atuou como professor titular de química e tornou-se Presidente da Academia Brasileira de Ciências (ABC) o que lhe permitiu aprofundar ainda mais seus conhecimentos, sempre demonstrou preocupação no que diz respeito ao desenvolvimento da soberania científica do país, propôs ao governo em 1951 a criação do, à época, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) atual Conselho Nacional de Pesquisas tornando-se então seu primeiro Presidente, onde pode então perceber ainda de maneira mais clara o potencial do nosso país em áreas estratégicas. Como Almirante foi autor do primeiro programa de política nuclear do Brasil, além de criar diversas instituições importantes tais quais: Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA), Instituto de Pesquisas da Amazônia (INPA) e o Instituto Brasileiro de Bibliografia e Documentação (IBBD).

Com uma visão além do seu tempo e pioneiro em diversos feitos de extrema importância para o país, tornou-se então patrono do desenvolvimento CT&I da MB, permitindo então desenvolver-se uma nação cada vez mais inteligente e inovadora, pois percebeu e difundiu desde cedo a acertada idéia que o desenvolvimento científico e tecnológico está diretamente ligado com a riqueza de um país como podemos observar em suas próprias palavras: “o desenvolvimento científico e tecnológico está intimamente ligado com a prosperidade do País” (Almirante Álvaro Alberto). Deve-se muito às suas iniciativas, pois graças às mesmas hoje alcançamos muitas conquistas em diversas áreas como: segurança, educação, saúde, tecnologia e agropecuária, transformando conhecimento em oportunidades e principalmente produtividade. Testemunhando a capacidade de transformação através do desenvolvimento que a ciência tem sobre um país.

2.2 PROSUB e empresas evolvidas

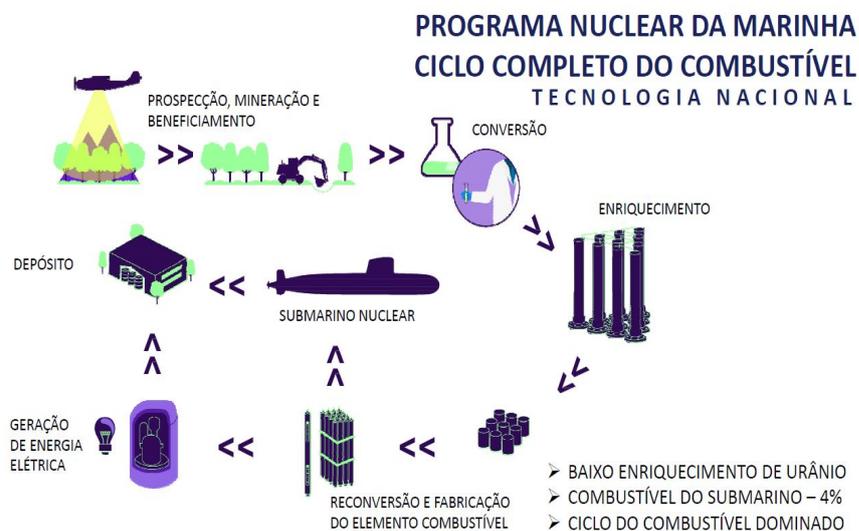
Brasil e França assinaram parceria estratégica em dezembro de 2008, na qual se destaca a instituição do PROSUB que foi criado com a proposta de ampliar a estrutura nacional de defesa, incorporando à força naval quatro submarinos convencionais e um com propulsão nuclear, a serem fabricados no Brasil, com transferência de tecnologia de parceiros externos. O programa inclui o projeto e a construção dos Estaleiros e Base Naval (EBN) e da Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas (UFEM), ambas as instalações sediadas na cidade de Itaguaí (RJ), sendo que a última está em plena operação, para apoio à operação dos

novos meios. Importante observar que, no que diz respeito aos assuntos referentes especificamente à área nuclear, conforme já mencionado, não haverá troca de conhecimentos. Toda a tecnologia nuclear para o PROSUB está sendo desenvolvido no Brasil, por meio do Programa Nuclear da Marinha (PNM), nas instalações do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP).

A escolha pela França ocorreu em um contexto no qual apenas cinco países projetavam submarinos de propulsão nuclear – Estados Unidos, Reino Unido, Rússia e China, além da França. O Reino Unido e os Estados Unidos, por sua vez, não produzem submarinos convencionais, o que reduziria o escopo da parceria a ser firmada. Um amplo programa que abarca transferência de tecnologia, capacitação de pessoal e aprimoramento da infraestrutura necessária para a construção dos submarinos, o PROSUB prevê ainda um programa de nacionalização de equipamentos e sistemas de alto teor tecnológico, elevando o nível de ciência, tecnologia e inovação do país e das empresas brasileiras (Marinha do Brasil, 2018c).

Executado desde 1979 o Programa Nuclear da Marinha (PNM) com a finalidade de alcançar dois objetivos principais: dominar o ciclo do combustível nuclear (atualmente já alcançado) e construir uma planta nuclear de geração de energia elétrica – o Laboratório de Geração de Energia Núcleo-Elétrica (LABGENE) além de contribuir para fortalecimento do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) e a construção de um protótipo do reator que servirá de base para o primeiro submarino de propulsão nuclear do país (Brasil, 2012).

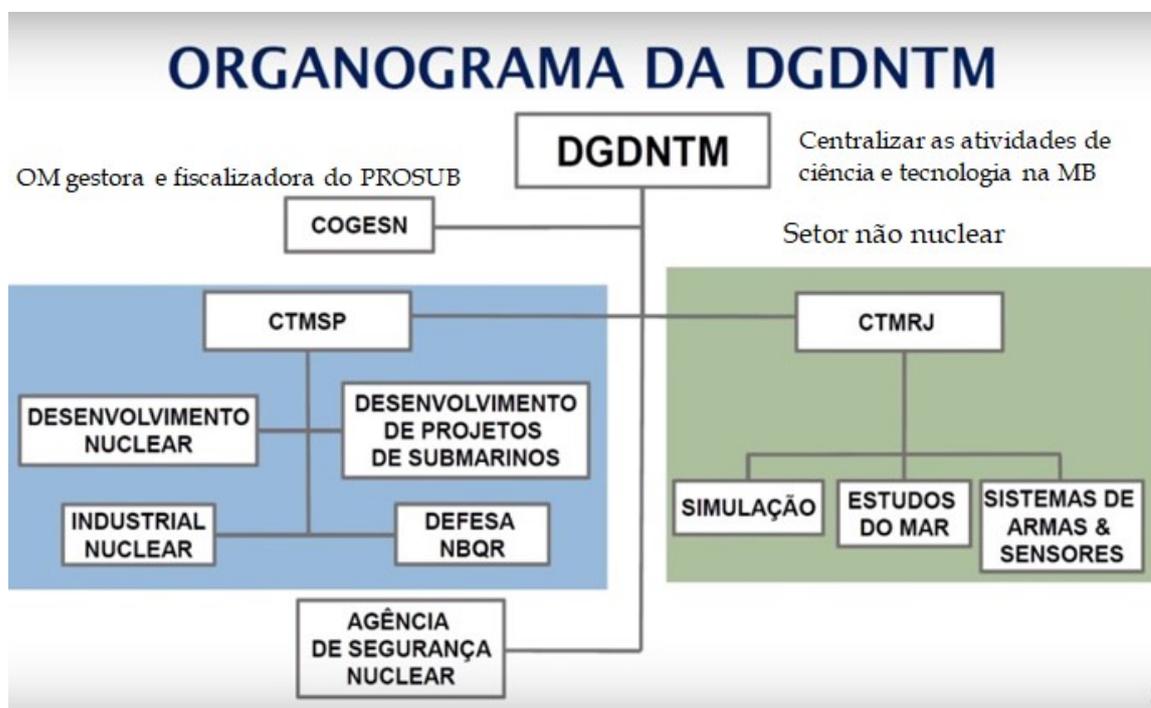
Figura 6 - O Brasil já domina o Ciclo do combustível Nuclear



Fonte: Marinha do Brasil (2018)

Intimamente relacionados, o PROSUB e o PNM são programas subordinados à Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM), que incorporou também o CTMSP. Por meio do Decreto nº 8.900, de 10 de novembro de 2016, formaliza-se a alteração da denominação da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) da Marinha para DGDNTM, e a incorporação das atividades do PROSUB e do Programa Nuclear da Marinha, agregando as estruturas organizacionais de gestão de CT&I da Marinha.

Figura 7 - Novo organograma das organizações militares de CT&I da MB



Fonte: Marinha do Brasil (2018)

A reestruturação da DGDNTM visou racionalizar a alocação de recursos, fato importante no período de contingenciamento orçamentário que o país atravessa, e a execução do projeto de desenvolvimento do submarino de propulsão nuclear. Tornou-se o órgão executivo central do Sistema de Ciência e Tecnologia da Marinha, agregando a ela a coordenação superior das atividades de gestão de pesquisa e de desenvolvimento de CT&I (Marinha do Brasil, 2017).

Corroborando o que reza o trecho da Estratégia Nacional de Defesa (END) publicada em 2008:

“Para assegurar o objetivo de negação do uso do mar, o Brasil contará com força naval submarina de envergadura, composta de submarinos convencionais e com propulsão nuclear. O Brasil manterá sua capacidade de projetar e de fabricar tanto submarinos de propulsão convencional, como de propulsão nuclear. Acelerará os investimentos e as parcerias necessários para executar o projeto do submarino de propulsão nuclear.” (Brasil, 2008, p. 21). O PROSUB é desenvolvido com parcerias entre a iniciativa pública e privada composta por grandes empresas do mercado nacional e internacional sob a coordenação da Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (COGESN) que é o setor da Marinha, subordinado à DGDNTM, responsável pelo gerenciamento de todas as atividades de projeto, desenvolvimento, nacionalização e construção, sendo, portanto, a gestora de todos os contratos comerciais com empresas parceiras. Atualmente esses contratos contemplam a efetivação de três grandes empreendimentos: i) o projeto e a construção de um Estaleiro e Base Naval (EBN) e de uma Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas (UFEM); ii) a construção de quatro submarinos convencionais (S-BR), tendo como modelo a classe francesa Scorpène, e o projeto de detalhamento de sua seção intermediária, modificada para atender aos requisitos da MB; e iii) o projeto e a construção do casco do primeiro SN-BR. E no que diz respeito ao armamento desses meios: aquisição de trinta torpedos (possivelmente do modelo F21) e de cinquenta despistadores de torpedo, ou seja, nada relacionado a tecnologia nuclear nesse sentido (Marinha do Brasil, 2014).

Dentre as diversas empresas componentes do programa destacam-se: Naval Group (NG): antiga Direction des Constructions Navales et Services (DCNS) responsável pela transferência de tecnologia do projeto, que não inclui a tecnologia nuclear, e por prestação de serviços e informações técnicas especializadas. Grupo francês com mais de 350 anos de experiência na construção de navios de guerra e uma das líderes mundiais no setor, o NG garante ao Brasil a transferência da mais moderna tecnologia na construção de submarinos; a construtora Noberto Odebrecht: é a parceira nacional escolhida pelo NG por ser reconhecida internacionalmente como capaz de executar obras civis e atividades industriais complexas. Juntos, Odebrecht e NG constituíram uma Sociedade de Propósito Específica (SPE), a Itaguaí Construções Navais (ICN) responsável pela construção dos submarinos convencionais e com propulsão nuclear e na Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas (UFEM) acontece a produção, instalação e montagem das estruturas internas, tubulações, dutos, suportes, sistemas e equipamentos nas seções; e a Nuclebrás Equipamentos Pesados (NUCLEP), encarregada da mecânica pesada, com enormes prensas, calandras e máquinas de corte e solda, molda chapas de aço, formando anéis metálicos que são as subseções dos cascos dos submarinos. Em

seguida, essas subseções cilíndricas são alinhadas e unidas, dando origem às quatro seções que compõem o casco resistente do submarino.

Pode-se então perceber investimentos maciços para que efetivamente toda a demanda oriunda de um programa dessa relevância possa ser atendida. De forma abrangente podemos observar em números, apenas no complexo naval de Itaguaí, investimentos na ordem de R\$ 480 milhões de reais na NUCLEP (maior prensa da América Latina), R\$ 7,6 bilhões no estaleiro e base naval, com destaque para o montante de R\$ 5 bilhões na capacitação de técnicos e engenheiros no exterior, reflexo de quão caro custa a transferência de conhecimento e tecnologia e demonstração do patrimônio intangível que fica para a nação compondo parte do arrasto tecnológico. Todo esse investimento vem acompanhado de 4,8 mil empregos diretos, 12,5 mil empregos indiretos além do envolvimento no programa de cerca de 700 empresas (serviços, materiais, equipamentos e insumos) e 18 universidades e institutos de pesquisa.

Figura 8 - Investimentos no novo complexo naval de Itaguaí



Fonte: Marinha do Brasil (2018)

A construção do estaleiro e base naval (EBN), sob incumbência da ODEBRECHT e realizada com a supervisão técnica do Naval Group, iniciou-se efetivamente em 2010, tendo sua previsão de término para 2021. O projeto abrange dois estaleiros para construção e manutenção dos submarinos, base naval, centro de manutenção especializada, plataforma elevatória e área administrativa para o programa. O EBN inaugurou o prédio principal do

estaleiro de construção, em 2014, e realizou o comissionamento da plataforma elevatória no final de 2017, o que ilustra o avanço na execução dos projetos.

Figura 9 - Apresentação gráfica do EBN



Fonte: Marinha do Brasil (2014)

O desenvolvimento do primeiro submarino nuclear brasileiro SN-BR “Álvaro Alberto” pode ser considerado o objetivo “final” do programa e proporcionará, além de suas funções estratégicas de negação do uso do mar e de vigilância das fronteiras marítimas, um processo de arrasto tecnológico e uma intensa nacionalização de avançados componentes e sistemas mecânicos, eletrônicos e industriais.

Estruturado no tripé transferência de tecnologia, nacionalização e capacitação de pessoal, o projeto está profundamente ligado a ciência, tecnologia e inovação (CT&I), garantindo, em todas suas etapas, consideráveis retornos e externalidades positivas para a sociedade.

2.3 PNM e as pesquisas nucleares

As primeiras idéias do Brasil relacionadas à construção de um submarino nuclear surgiram em meados de 1976 através de negociações com a Alemanha, que à época propôs

incluir propulsão nuclear nos meios, porém sem a negociação de construção de um casco específico para o submarino. Excesso de dependência, restrições e interferências nos termos do acordo chamaram a atenção do Brasil para uma questão que cedo ou tarde se tornaria inevitável: para avançar nesta área o país fatalmente deveria desenvolver sua de maneira independente sua tecnologia nuclear.

Transcorridos apenas dois anos, em 1978, a MB já destacava a importância de nos tornarmos capazes de dominar desde o projeto passando pela execução, operação e manutenção de submarinos desse tipo, porém de maneira extremamente inteligente, reconhecia que, para que se tornasse possível, deveriam ser cumpridas diversas etapas anteriores, como por exemplo, o domínio do ciclo do combustível nuclear e a partir de então avançar por etapas até alcançar um sistema de propulsão nuclear para o submarino com tecnologia totalmente nacional (Lana, 2014).

O PNM é desenvolvido no complexo industrial de Aramar e coordenado pelo CTMSP, o programa tem o objetivo de desenvolver capacidade técnica nacional e independente para dominar todas as fases de conhecimento relacionado ao reator nuclear do tipo Reator de Água Pressurizada (PWR, na sigla em inglês) que é o tipo que foi selecionado e está sendo desenvolvido para ser utilizado no SN BR, além de ser capaz de produzir também o combustível. Uma vez alcançado o objetivo de dominar o ciclo do combustível nuclear, o PNM busca também a construção de uma planta de energia elétrica nuclear (Marinha do Brasil, 2007; Lana, 2014).

Uma contribuição muito importante da MB no que se refere à pesquisa nuclear se deu em setembro de 1987, quando permitiu ao Brasil declarar o domínio das técnicas de enriquecimento de urânio por ultracentrifugação: conhecimento que poucos países detêm, o que nos permite avançar ainda mais no cenário internacional além de, conforme já citado anteriormente, já dominarmos totalmente o controle científico de todas as fases do ciclo de combustível nuclear, demonstrando avanços significativos para o Brasil nesta área (Lana, 2014; CNEN, 2016).

Outra linha de desenvolvimento do PNM é a construção de uma planta nuclear de geração de energia: o Laboratório de Geração de Energia Núcleo Elétrica (LABGENE) que esta sendo construído no complexo industrial de Aramar também pela MB. Trata-se de um protótipo para testes em terra do sistema de propulsão nuclear do SN BR que consiste numa planta nuclear com um reator que possui aproximadamente 10 metros de altura (Lana, 2014).

Já na parte de supervisão, fiscalização, estabelecimento e atualização das normas e regulamentos e principalmente segurança, temos a CNEN¹ que tem como cooperador técnico a Agência Nacional de Segurança Nuclear e Qualidade (AgNSNQ²), organização criada com intuito de atuar também como órgão regulador e fiscalizador, com a diferença de ter como principal cliente os meios navais e suas instalações de apoio, ou seja, contribuindo para segurança e na garantia da qualidade no desenvolvimento tecnológico de produtos e sistemas navais de defesa (CNEN, 2020; Linhares 2018).

2.4 Submarino nuclear X Convencional

O submarino convencional atual utiliza propulsão diesel elétrica que consiste de maneira básica na utilização de um motor de combustão interna que, através da queima de combustível (fóssil) recarrega uma série de baterias e proporciona alguma autonomia para que o mesmo tenha então capacidade de operar mergulhado e lançar mão da sua principal característica: a ocultação. Porém este tipo de propulsão além de fornecer uma autonomia limitada ao submarino (apenas a quantidade de energia que as baterias são capazes de armazenar) exige que o submarino se exponha ou na superfície ou na cota periscópica (com a utilização de um esnorquel³), para que consiga tanto eliminar os gases da combustão, como também “respirar”, ou seja, obter o oxigênio necessário para que o motor possa novamente “queimar” combustível e recarregar as baterias, além de não poder operar com altas velocidades por muito tempo e não ser capaz de navegar grandes distâncias quando comparados ao submarino nuclear. Essas características tornam seu emprego limitado à patrulha de menores áreas ou de forma tática se posicionando de maneira estratégica fazendo com que seu inimigo “passe por ele ou próximo”. A vantagem do meio convencional quando comparado ao nuclear é o custo de posse notadamente mais baixo.

A capacidade do submarino nuclear de operar de maneira anaeróbica, utilizando como fonte energia o reator nuclear, faz com que o mesmo tenha “irrestrita” autonomia (limitado apenas pelo fator humano da tripulação principalmente relacionado ao consumo de gêneros) e seja capaz de navegar maiores distâncias desempenhando maiores velocidades por

1 A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é o órgão superior de planejamento, orientação, supervisão e fiscalização que estabelece normas e regulamentos em radioproteção e é responsável por regular, licenciar e fiscalizar a produção e o uso da energia nuclear no Brasil.

2 Agência criada com o propósito de atuar como órgão regulador e fiscalizador das atividades de segurança e licenciamento nucleares, na Marinha, de meios navais e instalações terrestres, bem como supervisionar as atividades da área de qualidade da Marinha do Brasil.

3 O esnorquel (ou snorkel) é um sistema que o submarino convencional utiliza com o objetivo de absorver o ar atmosférico sem que haja a necessidade de o submarino emergir totalmente à superfície. O sistema admite o oxigênio necessário para o funcionamento dos motores à combustão, possibilitando recarregar as baterias que acionam o sistema propulsor elétrico.

mais tempo, assim podendo ser empregado em escoltas de Forças ou navios além de perseguição de algum suposto contato de interesse. Possui também estrutura mais robusta, que por resistir a elevadas pressões o permite mergulhar mais fundo. Em contrapartida todas essas vantagens são acompanhadas por elevado custo de posse em comparação com os custos de um submarino convencional.

Apontadas as características de ambos é importante destacar que não existe um meio que predomine sobre o outro, apesar de aparentemente o submarino nuclear sobressair em um número maior de vantagens quando comparado ao convencional, nem sempre será o meio ideal para o cumprimento de todas as missões, dependendo do objetivo de emprego pode-se considerar adotar de maneira mais eficaz o convencional. Mesmo que Marinhas imponentes como a Americana e Britânica tenham, equivocadamente, desconsiderado a utilização dos submarinos convencionais, é estrategicamente muito importante que uma Força Naval possa contar com ambos os tipos, principalmente no que diz respeito à atuação em zonas costeiras, onde mergulhando em águas mais rasas o submarino convencional pode operar com melhor desempenho, dessa forma preservando seu valor estratégico como ator importante para as operações navais na faixa costeira brasileira. Por essa perspectiva, torna-se notório que ambos os modelos se complementam, uma vez que o submarino nuclear utiliza a estratégia de movimento e o convencional, por sua vez, de posição (Galante, 2013).

Apesar de demandar vultosos investimentos e esforços consideráveis, a construção de um submarino nuclear pelo Brasil, permitiria a iniciativa da ação no atlântico sul pela MB. Dotado de maior velocidade e autonomia, o submarino nuclear é capaz de ir ao encontro do contato de interesse ou até mesmo persegui-lo e decidir o melhor momento de engajá-lo enquanto que o convencional de maneira mais limitada deve posicionar-se estrategicamente aguardando seus alvos ou atuar em pontos de interesse específicos (Galante, 2013).

O desdobramento do submarino de propulsão nuclear brasileiro fragmenta-se em quatro etapas: compreensão e pesquisas de viabilidade, projeto preliminar, projeto de detalhamento e construção. Em julho de 2012 ocorreu efetivamente o início do projeto, que teve a finalização da primeira fase em agosto de 2013. A realização do projeto preliminar, que foi a fase seguinte, fornece as circunstâncias necessárias para que se faça o detalhamento, essa etapa foi concluída em 2017. A construção do SN BR deverá ter seu marco inicial ainda em

2020, por meio da fabricação da Seção de Qualificação⁴, com previsão de conclusão até 2029, quando finalmente o primeiro submarino nuclear brasileiro irá cumprir uma série de testes e passar pelas provas de cais e mar, para que possa ser então transferido ao setor operativo da MB (Marinha do Brasil, 2018).

Com aproximadamente 9 metros de diâmetro e 100 metros de comprimento o primeiro submarino nuclear brasileiro será capaz de operar abaixo de mais de 300 metros de profundidade e terá capacidade de deslocamento de 6 mil toneladas. Enquanto os convencionais aqui construídos deslocarão 2 mil toneladas com aproximadamente 75 metros de comprimento e podendo chegar a profundidades de 250 metros em média (Padilha, 2012; Lana, 2014).

2.5 Arrasto tecnológico e dualidades

O significado de arrasto tecnológico apresenta-se intensamente relacionada à inovação e ao efeito de transbordamento de uma tecnologia militar para diversos domínios civis. Sendo assim, a indústria de defesa, integra-se em um significativo motivador de geração e desenvolvimento de CT&I, incentivando outros setores tecnológicos e industriais. Dessa forma, a compreensão tecnológica é considerada um elemento de ascendência e domínio perante outros países, promovendo e intensificando o poder dissuasório de uma nação. (Schmidt, 2011; Andrade e Leite, 2017).

Através da nacionalização de equipamentos e sistemas e de relevantes esforços relacionados a pesquisas contando com a interação e apoio mútuo entre universidades, institutos e empresas de vários diferentes setores, o PROSUB proporciona ao país todas as condições para desenvolver expressivo arrasto tecnológico. O desenvolvimento científico e tecnológico possibilitado pelo programa compõe parte do interesse estratégico do país, e pode ser ilustrado através de benefícios como: geração de empregos qualificados, qualificação técnica de alto nível para as pessoas e conseqüentemente incentivos na economia local e nacional além de progressos nas condições de vida da sociedade de maneira geral.

A grande relevância atribuída à nacionalização de componentes desenvolvidos ou adquiridos nas diversas fases do programa envolvendo mais de 700 empresas permitirá um desenvolvimento ímpar das mesmas principalmente a médio e longo prazo.

⁴ Seção de qualificação representa, de forma genérica, o corte da primeira chapa da seção, o recebimento inicial e transporte dos lotes de materiais e a qualificação inicial do pessoal para fabricação de um submarino

Dentre as várias contribuições da MB, destaca-se o fornecimento de tecnologia para que as INB (Indústrias Nucleares Brasileiras) atingissem a competência necessária para enriquecer o urânio. Tal fato culminou na capacidade que o país atingiu de exportar urânio enriquecido para a Argentina, quando no passado somente éramos capazes de comercializar o minério bruto. Com este avanço, nos tornamos competentes para ofertar a outros países um produto de maior valor agregado e relevante, o que reposicionou o país no mercado de combustíveis nucleares, agora muito mais importante. Assim, vale ressaltar que atualmente somos a única nação latino-americana que domina esse tipo de tecnologia (Drummond,2017).

Atingindo capacitação plena num horizonte não tão distante, cabe a reflexão: porque não tornar-se também exportador de equipamentos e sistemas de submarinos e até mesmo dos próprios meios. Essa linha de pensamento em breve será possível para o Brasil e é extremamente interessante que a mesma não seja eliminada (Drummond, 2017).

A tecnologia industrial extremamente avançada e a tecnologia nuclear desenvolvidas no projeto permitirão avanços importantes também nas áreas da medicina nuclear, da agricultura, do meio ambiente e da indústria química. Tais empregos ocorrerão, especialmente, no âmbito do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) que através do fornecimento de radioisótopos pode ser utilizado com diferentes objetivos nestas diversas áreas.

Importante observar que a capacitação da indústria nacional na qualificação e teste de materiais e combustíveis nucleares são fatores indispensáveis para segurança em todas as fases de fabricação e desenvolvimento desse tipo de produto (CNEN, 2016).

A CNEN é, com apoio da Financiadora de Projetos (Finep), responsável pela execução do RMB além de contar também com a Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A. (Amazul) para execução em conjunto do projeto detalhado do reator. O reator será construído em Iperó (SP) num terreno com cerca de 2 milhões de m² vizinho ao CINA porém será operado pelo CNEN.

Radioisótopos são elementos utilizados na fabricação de radiofármacos que servem para tratamento e diagnóstico de doenças como o câncer. Anualmente o Brasil gasta aproximadamente R\$48 milhões importando insumos de países como Argentina, Rússia e África do Sul e distribuindo entre os mais de 400 hospitais e clínicas do país. A concepção do RMB é capaz de tornar o país independente no que diz respeito à produção desses elementos, um grande passo no avanço tecnológico na área da medicina.

Já nos setores de meio ambiente, indústria e agricultura, o RMB pode ser utilizado no desenvolvimento de tecnologia que permita a utilização de testes em materiais como

sensores inerciais utilizados nas plataformas de petróleo, traçadores radioativos, localização de fissuras em superfícies como, por exemplo, nas asas de um avião e verificação do nível de agrotóxicos contidos em alimentos (Drummond, 2017).

Também neste contexto é importante citar o projeto DES-SAL que propõem a utilização de um reator PWR de pequeno porte (a partir de um modelo desenvolvido no LABGENE), que combinado com alguns sistemas de dessalinização, tornar-se capaz de produzir energia e água potável. Envolvendo parcerias entre CNEN, CTMSP e diversas universidades (UFRJ, UFPB, UFF, UFBA e UFBE) o DES-SAL é um expressivo projeto de arrasto tecnológico que como resultado direto prevê o abastecimento energético e hídrico de determinada região beneficiada além de revitalizar as áreas de concepções de reatores nos institutos e universidades que com o passar do tempo e interrupção de utilização em alguns casos estavam se extinguindo.

No entanto é notório que os avanços nos estudos relacionados a tecnologia nuclear e o arrasto tecnológico fruto da transferência de tecnologia do PROSUB, concretizados através do RMB, proporcionarão muitos benefícios à sociedade brasileira e ao país, tanto na área de Defesa como também em diversos outros setores civis como observado nas linhas decorrentes deste capítulo.

3. CONCLUSÃO

A partir das análises apresentadas neste trabalho pode-se então perceber que os programas relativos ao desenvolvimento nuclear desenvolvidos no país atendem pelo menos dois objetivos de suma importância, os quais justificam de maneira clara os esforços e investimentos. Num primeiro momento permite à MB, através do incremento de sua capacidade operacional, aprimorar substancialmente seu poder dissuasório e proteção de interesses nas águas nacionais, possibilitando a capacidade de patrulhar maiores áreas. O segundo objetivo, é o arrasto tecnológico proporcionado pelo desenvolvimento e aprimoramento das tecnologias desenvolvidas para serem então embarcadas no submarino, elevando o nível de CT&I do país. Deve-se, ainda, ressaltar que, proporcionam um alto nível de capacitação nas áreas industrial e tecnológica.

Além disso, uma vez terminada as entregas dos submarinos previstos no projeto ao setor operativo da MB, permanecerá um valioso legado representado por diretorias e

coordenadorias administrativas com capacidade de gerenciar e administrar planos complexos relacionados ao assunto como, por exemplo, organização, logística e execução, além de diversas unidades com infraestrutura completa, acompanhadas por um conhecimento e capacitação técnica de alto nível que foram adquiridos e desenvolvidos durante os projetos.

Considerando também as possibilidades de emprego da COGESN algumas funções como: transferência para o setor de material da MB, permanência como órgão de pesquisa e desenvolvimento tecnológico definitivo ou até mesmo tornar-se uma diretoria especializada de submarinos o que contribuiria sobremaneira na estrutura organizacional da DGDNTM, além de proporcionar melhor gerenciamento e atendimento das demandas da Força de Submarinos da Esquadra Brasileira.

Outro potencial que permanecerá à disposição do país é o EBN que em conjunto com a UFEM, serão potenciais “fábricas” e “oficinas” de submarinos de ambos os tipos, totalmente capacitadas e operadas por brasileiros, ou seja, concluídos os projetos, poderíamos utilizá-las para construir, reparar e manter submarinos e, se for o caso, mantidas as proporções e cumpridas às devidas exigências, oferecer esses serviços ou até mesmo meios para outros países.

Dessa forma, presume-se então o arcabouço de organismos que compõem o Setor Nuclear, quer do Estado brasileiro, quer da Marinha, ou até mesmo de capital privado, conforme hoje estão organizados, permite afirmar que o país estará adequadamente preparado para a construção, operação, controle, manutenção e descarte de submarinos convencionais e com propulsão nuclear, bem como gerenciar todas as demais iniciativas nesse aspecto.

De fato, sob a perspectiva do SN BR, justificam-se os esforços envidados para que os programas relacionados à energia nuclear se tornem realidade. Sugere-se a possibilidade de adaptação e transformação de algumas Organizações que nasceram com o programa nuclear para emprego, após a conclusão do mesmo, em atividades diversas. Destacam-se os reflexos sociais, econômicos e tecnológicos para o país, que aliados a determinação, inteligência e trabalho árduo, certamente, trarão resultados efetivos que deixarão a nação brasileira preparada para um futuro desafiador.

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada na produção desse estudo foi: levantamento bibliográfico, coleta e análise de dados em livros, artigos, revistas, monografias, dissertações e teses, além de consultas a profissionais envolvidos direta ou indiretamente que atualmente trabalhem nas organizações militares da Marinha do Brasil que participam do desenvolvimento e aplicação da tecnologia nuclear. Seguida da compilação e posterior apresentação desses dados.

REFERÊNCIAS

_____. **100 anos da Força de Submarinos do Brasil**. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil; Força de Submarinos & FGV Projetos, 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/Z4MQxt>>. Acesso em: 05 Fev.2020.

_____. **Clipe da transferência das seções do Submarino Riachuelo**. 17 jan. 2018b. Vídeo. Disponível em: <<https://goo.gl/f8CmKu>>. Acesso em: 01 Fev.2020.

_____. **Estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil**. 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/asA5HF>>. Acesso em: 12 Fev.2020.

_____. **Finalidade. Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB)**. 2018. Disponível em: <<https://goo.gl/gtmiwH>>. Acesso em: 21 Fev.2020.

_____. **Governo inclui mais quatro projetos militares no PAC**. Valor Econômico. 3 maio 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/9qoEzL>>. Acesso em: 02 Nov. 2019.

_____. **MB e ICN realizam transferência das Seções do Submarino “Riachuelo”**. 14 jan. 2018. Disponível em: <<https://goo.gl/xuSfVQ>>. Acesso em: 11 Fev.2020.

_____. **Perguntas frequentes**. Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB). 2018. Disponível em: <<https://goo.gl/qtVnWr>>. Acesso em: 14 Fev.2020.

_____. **Política nacional de defesa – Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília: Ministério da Defesa, 2016. (Minuta sob apreciação do Congresso Nacional). Disponível em: <https://www.defesa.gov.br/arquivos/2017/mes03/pnd_end.pdf>. Acesso em: 26 Mar.2020.

_____. **Programa Nuclear da Marinha**. Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo – CTMSP. 2018. Disponível em: <<https://goo.gl/kwh8Fb>>. Acesso em: 13 Fev.2020.

_____. **Projeto e construção: submarino com propulsão nuclear**. Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB). 2018. Disponível em: <<https://goo.gl/o6t6uU>>. Acesso em: 13 Fev. 2020.

_____. **PROSUB: Programa de Desenvolvimento de Submarinos**. Folder. 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/cmVgW6>>. Acesso em: 10 Fev.2020.

_____. **PROSUB: Programa de Desenvolvimento de Submarinos. UFEM – Primeiro passo rumo ao futuro**. [s.d]. Disponível em: <<https://goo.gl/rfSM4C>>. Acesso em: 02 Fev.2020.

_____. **Responsabilidade social.** Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB). 2018. Disponível em: <<https://goo.gl/YyEhxT>>. Acesso em: 13 Jan.2020.

_____. **UFEM.** Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB). 2018. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/prosub/ufem>>. Acesso em: 19 Fev.2020.

ANDRADE, I. O. **Base Industrial de Defesa (BID): contextualização histórica, conjuntura atual e perspectivas futuras.** In: Ipea – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (Orgs.). Mapeamento da Base Industrial de Defesa. Brasília: ABDI; Ipea, 2016.

ANDRADE, I. O. FILHO, E. B. S.; HILLEBRAND, G. R. L.; SUMI, M. C. **O fortalecimento da indústria de defesa do Brasil.** Rio de Janeiro: Ipea, 2016. (Texto para Discussão, n. 2182).

ANDRADE, I. O. LEITE, A. W. **A indústria de defesa no contexto da política de inovação.** In: TURCHI, L. M.; MORAIS, J. M. (Orgs.). Políticas de apoio à inovação tecnológica do Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações. Brasília: Ipea, 2017.

ANDRADE, I. O. et AL. **SUBMARINO NUCLEAR BRASILEIRO: DEFESA NACIONAL E EXTERNALIDADES TECNOLÓGICAS.** Brasília: Ipea, 2018. (Texto para Discussão, n. 2428).

ARRUDA, R. G. **Amazônia Azul: um patrimônio a ser defendido.** Monografia (diploma do Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia – CAEPE) – Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2014.

BRANDÃO, João Paulo Moreira. **Por que o Brasil precisa de submarino nuclear?** REVISTA DA ESCOLA DE GUERRA NAVAL, [S.l.], n. 6, p. 19-23, mar. 2017.

CARVALHO, J. F. de. **O espaço da energia nuclear no Brasil.** Estud. av., São Paulo , v. 26, n. 74, p. 293-308, 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142012000100021&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 11 jan. 2020.

CASAES JUNIOR, Adalberto. **O submarino nuclear brasileiro, uma visão**. Revista Marítima Brasileira, Rio de Janeiro. Diretoria do Patrimônio Histórico e Documentação da Marinha, v.129 n. 04/06, p.76-92, abr/jun. 2009.

CNEN – COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Programa Política Nuclear: PPA 2016-2019 e LOA 2016**. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/Dc11no>>. Acesso em: 03 Fev.2020.

CNEN – COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Quem somos..** Disponível em: < <http://www.cnen.gov.br/quem-somos>>. Acesso em: 26 Mar.2020.

DRUMMOND, C. **A Marinha mostra o rumo**. Carta Capital, São Paulo, Ed. 974, 18 out. 2017.

FARIA, E. P. O poder naval brasileiro e os interesses do país no Atlântico Sul. In: ACIOLY, L.; MORAES, R. F. (Orgs.). **Prospectiva, estratégias e cenários globais: visões de Atlântico Sul**, África Lusófona, América do Sul e Amazônia. Brasília: Ipea, 2011.

GALANTE, A. **Submarinos convencionais e nucleares de ataque**. Poder Naval, 25 maio 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/c3Egjq>>. Acesso em: 25 Set.2019.

GALANTE, A.; MARTINI, F. **Os 100 anos da Força de Submarinos e o PROSUB**. Poder IPEN. **Programa de Propulsão Nuclear da Marinha do Brasil: catalisador do desenvolvimento tecnológico nacional**. Disponível em: < <https://www.ipen.br/biblioteca/2002/inac/08711.PDF>>. Acesso em 24Set.2019.

JUNIOR, Vinícius Augusto Martins Ferreira. **Utilização de reator naval em geração de energia elétrica em áreas remotas**.2018.97f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Tecnologia Nuclear para Oficiais da Marinha do Brasil)- Centro de Instrução Almirante Wandenkolk, Rio de Janeiro, 2018.

LANA, L. **Submarinos: defesa e desenvolvimento para o Brasil**. Rio de Janeiro: Versal, 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/gttqKf>>. Acesso em: 05 Jun. 2019.

LINHARES, Tuxuaua Q. **Agência Naval Nuclear de Segurança e Qualidade**. Rio de Janeiro: UFRJ. 2016. Disponível em: <<http://www.nuclear.ufrj.br/semana2018/apresentacoes/Painel%20-%20Marinha/CMG%20Tuxaua.pdf>>. Acesso em: 26 Mar. 2020.

MARINHA DO BRASIL. **O Programa Nuclear da Marinha**. Comando da Marinha. Apresentação do Comandante da Marinha para a Comissão de Minas e Energia, Comissão de Ciência, Tecnologia, Comunicação e Informática e Comissão de Relações Exteriores e de Defesa Nacional da Câmara dos Deputados. Brasília, 12 set. 2007. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cme/audiencias-publicas/anos-anteriores/2007/12-09-2007-apresentacao-do-programa-nuclear-da-marinha/material/Programa%20Nuclear%20da%20Marinha-Texto.pdf>>. Acesso em: 09 Fev.2020.

MARINHA DO BRASIL. **Programa Nuclear da Marinha**. 2017. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/ctmsp/programa-nuclear-da-marinha>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

MARTINS, Daniel Villalva. **Opções de combustível nuclear para aplicação naval**. 2018.52f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Tecnologia Nuclear para Oficiais da Marinha do Brasil)- Centro de Instrução Almirante Wandenkolk, Rio de Janeiro, 2018.

O EXPLORADOR. **Rickover, pai da marinha nuclear**. 2017. Disponível em: <<http://www.oexplorador.com.br/hyman-rickover/>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

PADILHA, L. **SBr – Submarino ‘Riachuelo’ (S40)**. Defesa Aérea & Naval. 5 dez. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/nkLzez>>. Acesso em: 06 Jan. 2020.

PODER NAVAL. **Submarinos convencionais e nucleares de ataque**. 2018. Disponível em: <<http://www.naval.com.br/blog/2013/05/25/submarinos-convencionais-e-nucleares-de-ataque/>>. Acesso em: 12 out. 2019.

SCHMIDT, F. H. **Desafios e oportunidades para uma indústria espacial emergente: o caso do Brasil**. Brasília: Ipea, 2011. (Texto para Discussão, n. 1667). Disponível em: <<https://goo.gl/pPmHX8>>. Acesso em: 02 Fev.2020.

SILVA, M. M. F. F. **SUBMARINO NUCLEAR DE ATAQUE: Nova Dimensão Estratégica para a Defesa Nacional**. Rio de Janeiro: Escola Superior de Guerra, 2012.

SILVA, M. M. F. F. **Submarino nuclear de ataque: Nova Dimensão Estratégica para a Defesa Nacional**. Monografia (Especialização) – Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2012.

STEELE, George P. **Os submarinos nucleares**. Flamboyant, 1963, SP.