

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

SUBMARINO COM PROPULSÃO NUCLEAR BRASILEIRO:

características operacionais desejáveis

Rio de Janeiro

2011

C-PEM 2011

SUBMARINO COM PROPULSÃO NUCLEAR BRASILEIRO:

características operacionais desejáveis

Monografia apresentada à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Política e Estratégia Marítimas.

Orientador: C-PEM 2011

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval
2011

RESUMO

As características operacionais do submarino com propulsão nuclear brasileiro deverão atender a defesa da magnitude dos interesses marítimos do País prioritariamente na Zona Econômica Exclusiva e no Atlântico Sul, conforme evidencia a Estratégia Nacional de Defesa. A Amazônia Azul, área marítima que constitui a Zona Econômica Exclusiva, assim denominada por ter área equivalente à da Amazônia, encerra uma diversidade de riquezas biológicas e minerais. Relewa notar que, mais de 90% do nosso petróleo é oriundo do mar e o restante extraído em terra está próximo ao litoral. Em paralelo, mais de 95% do nosso comércio exterior, cerca de US\$ 384 bilhões, conforme dados consolidados da Balança Comercial no ano de 2010, flui por via marítima. A concepção estratégica naval brasileira prevê o emprego de submarinos em todas as tarefas básicas do Poder Naval, isto é, no controle de área marítima, na negação do uso do mar, na projeção do poder sobre terra e na contribuição para a dissuasão. A negação do uso do mar que consiste em dificultar o estabelecimento do controle de área marítima pelo inimigo ou a exploração de tal controle é a tarefa em que o submarino mais se destaca, em especial, o nuclear em face da sua elevada mobilidade, autonomia e capacidade de ocultação. Dotado dessas características, o submarino nuclear nacional será empregado, prioritariamente, em operações de ataque e antissubmarino. Secundariamente, poderá realizar operações de esclarecimento, minagem e especiais. Assim sendo, deverá ser armado com torpedos, mísseis e minas. Estabelecido o ambiente operacional, o emprego prioritário e o tipo de armamento, este estudo apontou outras características operacionais relevantes que se traduzem nas habilidades e competências requeridas da tripulação, configuração de sistemas e equipamentos, com destaque para o sistema de combate, casco, sistema de comunicações exteriores, instalação propulsora nuclear, sistema de propulsão em emergência, sistema de socorro e salvamento e aquelas afetas à segurança nuclear, vida útil e nacionalização. O Programa Nuclear da Marinha e o Programa de Desenvolvimento de Submarinos, ambos ora em andamento, se complementam no desenvolvimento da tecnologia necessária ao projeto e construção do primeiro submarino de propulsão nuclear brasileiro, a ser incorporado à Armada até 2024.

Palavras-chave: Características operacionais. Submarino. Propulsão Nuclear. Estratégia.

ABSTRACT

The operational characteristics of the Brazilian nuclear powered submarine shall comply with the defense of the mightiness of the maritime interests of the Nation, mainly at the Economic Exclusive Zone and in the South Atlantic Ocean, as established in the Strategy of National Defense. The so-called Blue Amazon, maritime area that constitutes the Economic Exclusive Zone, named as such because its area is equivalent to the area of the Amazon itself, comprehends a diversity of biological and mineral resources. It is relevant to notice that more than 90% of our oil comes from the sea and the remainder is extracted from a land strip close to the littoral. Besides, more than 95% of our external trade, about US\$ 384 billion, according to consolidated data of the Balance of Trade of 2010, is done by sea. The Brazilian naval strategic conception establishes the employment of submarines for all basic tasks of the Naval Power, i.e., the control of maritime area, negation of use of the sea, power projection upon land and contribution to dissuasion. The negation of the use of the sea that consists in jeopardizing the establishment of the control of a maritime area by the enemy or the exploration of that control is the task in which the submarine is unsurpassed, the nuclear powered, in special, due to its high mobility, autonomy and capacity of occultation. With these characteristics, the national nuclear submarine will be employed mainly in attack and antisubmarine operations. Secondly, it can carry out surveillance, mining and special operations. Thus, it shall be armed with torpedoes, missiles and mines. As the operational environment, the priority employment and the type of armament are established, this study has pointed out other relevant operational characteristics that result in the skills and competences required for the crew, configuration of systems and equipments, mainly the weapon systems, hull, external communications, nuclear power propulsion plant, emergency propulsion system, search and rescue system and those systems related to nuclear safety, useful life and nationalization. The Brazilian Navy Nuclear Program and the Program of Submarine Development, both currently underway, complement each other for developing the required technology for the project and construction of the first Brazilian nuclear powered submarine, to be incorporated to the Brazilian Navy by 2024.

Key-words: Operacional Characteristics. Submarine. Nuclear Propulsion. Strategy.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABACC	Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares
AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
AMRJ	Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro
ASN	Autoridade de Segurança Nuclear
CEA	Centro Experimental de Aramar
CIRM	Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
CLPC	Comissão de Levantamento da Plataforma Continental
C3I	Comando, Controle, Comunicações e Inteligência
COMTOM	Comando do Teatro de Operações Marítimo
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CTMSP	Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo
CVSG	<i>Carrier Strike Groups</i>
DBM	Doutrina Básica da Marinha
DCNS	<i>Direction des Constructions Navales e Services</i>
DSRV	<i>Deep Submergence Rescue Vehicle</i>
END	Estratégia Nacional de Defesa
EUA	Estados Unidos da América
GMDSS	Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima
ICN	Itaguaí Construções Navais S.A
IKL	<i>Ingenieur Kontor Lübeck</i>
INB	Indústrias Nucleares do Brasil
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
IPN	Instalação Propulsora Nuclear

IRD	Instituto de Radioproteção e Dosimetria
LABGENE	Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica
LCM	Linhas de Comunicações Marítimas
LEPLAC	Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira
MAGE	Medidas de Apoio a Guerra Eletrônica
MB	Marinha do Brasil
MEP	Motor Elétrico Principal
MNF	Marinha Nacional da França
NNPS	<i>Naval Nuclear Power School</i>
NPTU	<i>Nuclear Power Training Unit</i>
ODEBRECHT	Construtora Norberto Odebrecht S.A.
ONU	Organização das Nações Unidas
PALI	Plano de Apoio Logístico Integrado
PC	Plataforma Continental
PDE	Período de Docagem Extraordinária
PDN	Política de Defesa Nacional
PDR	Período de Docagem de Rotina
PM	Período de Manutenção
PMA	Período de Manutenção Atracado
PMG	Período de Manutenção Geral
PMM	Período de Modernização de Meios
PNB	Programa Nuclear Brasileiro
PNM	Programa Nuclear da Marinha
PRS	Período de Revalidação para Submarinos
PWR	<i>Power Water Reactor</i>

SCCC	Sistema Comum de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares
SOBC	<i>Submarine Officer Basic Course</i>
SN-BR	Submarino com propulsão nuclear brasileiro
SRS	Sino de Resgate de Submarino
SSBN	Submarino de propulsão nuclear lançador de mísseis balísticos
SSGN	Submarino de propulsão nuclear lançador de mísseis de cruzeiro
SSN	Submarino de propulsão nuclear de ataque
TNP	Tratado sobre a Não-Proliferação Nuclear
USEXA	Usina de Hexafluoreto de Urânio
VLF	Frequência muito baixa
ZEE	Zona Econômica Exclusiva

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	A EVOLUÇÃO DA ARMA SUBMARINA	13
2.1	O submersível	13
2.2	O submarino convencional moderno	17
2.3	O submarino nuclear	18
3	O SUBMARINO NUCLEAR NACIONAL	23
3.1	O ambiente operacional.....	25
3.1.1	Interesses marítimos territoriais nacionais	27
3.1.2	Interesses marítimos econômicos nacionais	29
3.2	Possibilidades de emprego	32
3.3	Segurança nuclear	38
3.4	Tripulação	45
3.5	Sistema de combate.....	53
3.6	Casco	54
3.7	Sistema de comunicações exteriores	55
3.8	Sistema de propulsão em emergência	55
3.9	Socorro e salvamento	56
3.10	Vida útil e manutenção.....	57
3.11	Nacionalização	58

4	OUTROS ASPECTOS	59
4.1	O Programa Nuclear da Marinha.....	59
4.2	O Programa de Desenvolvimento de Submarinos.....	63
5	CONCLUSÃO	66
	REFERÊNCIAS	70
	ANEXO A	76
	ANEXO B	98

1 INTRODUÇÃO

A característica marcante do submarino, que influencia toda a tática de emprego, é a sua capacidade de ocultação. O oponente, ao planejar as ações anti-submarino [*sic*], enfrenta a possibilidade de encontrá-lo em qualquer ponto da derrota, pronto a atacar, o que o obriga ao deslocamento de unidades para a proteção dos navios de maior valor, ao uso de comboios para o trânsito mercante e a extrema cautela no planejamento das ações ofensivas. (BRASIL, 1996, p. 4).

A Marinha do Brasil (MB) tem sólida experiência na operação de submarinos, adquirida ao longo de 97 anos, desde a criação da nossa Força de Submarinos, em 17 de julho de 1914. Inicialmente operamos os submersíveis da classe “F”, os F1, F2 e F3, construídos na Itália, a partir de 1912 e incorporados, a partir de 1914. Seguiram-se o SE Humaytá, incorporado em 1929, e os da classe *Perla*, os Tupy, Tymbira e Tamoyo, recebidos a partir de 1938, todos de origem italiana, que assim como os “F” apresentavam várias limitações operacionais. A partir de 1957, abandonamos a linha italiana e passamos a incorporar submarinos cedidos pelo governo dos Estados Unidos da América (EUA). Nesta fase recebemos quatro submarinos *Fleet Type* e sete tipo *Guppy*, que trouxeram novas tecnologias, principalmente no campo de sensores, baterias de grande capacidade e sistema de esnorquel. A partir de 1973, passamos a incorporar uma série de três submarinos da classe Humaitá, construídos na Inglaterra, cujo projeto era baseado na classe *Oberon* daquele país. Eram silenciosos e dotados de moderno sistema de direção de tiro e torpedos de duplo emprego¹ guiados a fio. Cabe ressaltar que o processo de obtenção destes meios de origem inglesa incluiu a transferência de conhecimentos avançados relativos à doutrina de emprego operativo de submarinos, bem como de novos conceitos de manutenção planejada de sistemas e equipamentos (WIEMER, 2010).

Atualmente, a MB possui cinco submarinos, sendo quatro da classe Tupi, os Tupi, Tamoio, Timbira e Tapajó e o Tikuna, que veio a constituir uma classe única, incorporando

¹ Torpedos de duplo emprego podem ser lançados contra navios de superfície ou submarinos (Nota do Autor).

uma série de melhorias e modificações em relação aos da classe Tupi. O primeiro foi construído no estaleiro HDW, em *Kiel*, na Alemanha, baseado no modelo IKL-209-1400, projeto da firma alemã *Ingenieur Kontor Lübeck* (IKL), amplamente testado e aprovado por diversas marinhas do mundo, e incorporado à Armada em 1989. Os demais foram construídos no Brasil, no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) e incorporados à MB entre 1994 e 2005. Foram baseados no mesmo projeto do primeiro, sendo o Tikuna uma versão modificada. Cabe destacar que um programa de modernização destes meios navais vem sendo aplicado, colocando-os no mesmo patamar dos modernos submarinos convencionais existentes no mundo. Tais programas incluem principalmente o sistema de direção de tiro integrado a torpedos pesados de duplo emprego de última geração, sistema sonar, sistema MAGE², sistema de comunicações exteriores, sistema de navegação inercial e sistemas auxiliares.

A excelente qualidade de nossos submarinos e seus tripulantes pode ser verificada durante a participação, com sucesso, em diversas operações com outros países, tais como: *Deployment*, *Lynked-Seas*, *Atlasur*, *Unitas*, *Fraterno*, entre outras. Além disso, são realizados frequentes destaques de nossos oficiais submarinistas em submarinos de marinhas amigas, inclusive nos nucleares, e vice-versa, bem como diversos intercâmbios de cursos, em especial, para comando de submarinos convencionais.

Em paralelo, ao programa de obtenção de submarinos dos anos 70 foi criado, em 1979, o Programa Nuclear da Marinha (PNM), visando à consecução de dois objetivos: a capacitação para a produção do combustível nuclear, já conquistado, e o desenvolvimento da planta propulsora nuclear para emprego em submarinos, a ser concluído.

Em 2008, foi constituído o Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB) decorrente do Acordo estratégico entre o Brasil e a França na área de submarinos,

² Sistema MAGE significa Sistema de Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica. É composto por equipamento e antena capaz de buscar, interceptar, localizar, registrar e analisar emissões radar (Nota do Autor).

visando a que num futuro próximo a MB se torne capacitada a projetar e construir seus próprios submarinos, em especial os nucleares, de maneira a contribuir com o Poder Militar no atendimento das necessidades estratégicas do País.

É nesse contexto que se pretende desenvolver a presente monografia, que tem como propósito identificar as características operacionais desejáveis para o primeiro submarino com propulsão nuclear brasileiro (SN-BR). Cabe ressaltar que os dados operacionais oficiais de submarinos nucleares existentes poderiam ser elementos de estudo valiosos. Entretanto, não são divulgados ou são insuficientes, posto que seu conhecimento implica vulnerabilidade estratégica inaceitável para as marinhas que os detêm. Adicionalmente, enfatizo que as características operacionais vislumbradas incluem-se entre as mais relevantes na visão deste autor, porém não esgotam o assunto.

Inicialmente, será apresentada a evolução da arma submarina, desde o surgimento dos primeiros engenhos submarinos operacionais, a partir da segunda metade do século XVIII até o advento do primeiro submarino com propulsão nuclear, o USS *Nautilus*, em 1954, da marinha norte-americana. Desta forma, no segundo capítulo serão abordadas as características básicas, potencialidades e as formas de emprego do submarino na guerra naval, em cada estágio de seu desenvolvimento, até o início da era nuclear, de modo a esclarecer a importância desse meio e, sobretudo evidenciar as mudanças que promoveu na estratégia naval.

No terceiro capítulo, serão delineadas as características operacionais relevantes do SN-BR, à luz de aspectos político-estratégicos, legais e ambiente operacional. Tais características se traduzem nas possibilidades de emprego; habilidades e competências requeridas da tripulação; configuração de sistemas e equipamentos, com destaque para o Sistema de Combate, Casco, Sistema de Comunicações Exteriores, Instalação Propulsora Nuclear (IPN), Sistema de Propulsão em Emergência, Sistema de Socorro e Salvamento; e

aquelas relacionadas à segurança nuclear, vida útil, manutenibilidade e nacionalização.

No quarto capítulo, serão descritos sucintamente o PNM e o PROSUB, evidenciando o que foi feito, o que está sendo realizado e quais são as metas para obtenção do SN-BR.

Finalmente, será elaborada a conclusão visando apontar elementos ou sugestões que poderão ser aplicados, caso julgados pertinentes, na definição das características operacionais desejáveis do primeiro SN-BR.

2 A EVOLUÇÃO DA ARMA SUBMARINA

2.1 O submersível

A concepção de um equipamento de exploração submarina encontra seus primeiros esboços em obras de Leonardo da Vinci (1452-1519). Posteriormente, coube ao norte-americano David Bushnell projetar e construir o primeiro engenho submarino utilizado em guerra. Feito em madeira e batizado de *Turtle* – Tartaruga, destinava-se a colocar minas com carga explosiva sob o casco dos navios inimigos. O veículo era manobrado por apenas um tripulante, tinha a forma de um ovo e possuía a capacidade de alagar tanques para mergulhar e esgotá-los, por meio de bomba manual, para voltar à superfície. A propulsão era baseada em manivelas dispostas horizontal e verticalmente. Em 1776, durante a Guerra de Independência dos EUA (1775-1783), este primitivo submersível fracassou na tentativa de instalar um artefato explosivo no casco da fragata britânica HMS *Eagle*, nau capitânia, fundeada nas proximidades da Ilha de Manhattan, em Nova Iorque (LAFAYETTE, 2003). Todavia, seu êxito foi alcançar a quilha do navio alvo sem ser percebido.

Em 1864, durante a Guerra de Secessão Americana (1861-1865), o submersível confederado *Hunley*, batizado com o nome do seu inventor, tornou-se a primeira máquina submarina a destruir um navio de guerra ao afundar o vapor federalista USS *Housatonic*, que realizava operação de bloqueio ao porto de Charleston. O *Hunley* podia navegar numa profundidade de cinco metros, mas tinha que voltar à superfície, a cada 25 minutos, a fim de que fosse renovado o ar para respiração da tripulação. A propulsão era obtida pelo esforço de oito homens atuando num eixo de manivelas e o armamento consistia num explosivo preso na ponta de uma haste fixada ao casco (LAFAYETTE, 2003). Esse fato histórico assinala uma nova dimensão no confronto naval decorrente das possibilidades de emprego, ainda que

rudimentares, da arma submarina.

O final do século XIX marcou o início de grande progresso no projeto, desenvolvimento e construção dos submersíveis. A produção passou a ser realizada em série, destacando-se o engenho norte-americano *Holland III* e o francês *Narval*. O primeiro foi lançado em 1898 e deslocava cerca de 70 t. Na superfície utilizava um motor a gasolina para navegar e, em imersão, um motor elétrico. O segundo, lançado em 1899, contava com uma propulsão a vapor e eletricidade e um deslocamento com cerca de 200 t. Em paralelo, os alemães inovaram, adotando em seus projetos o motor a diesel, tornando a propulsão na superfície satisfatória (LAFAYETTE, 2003).

Em 1880, o inglês Whitehead inventa um artefato que veio a se tornar o armamento por excelência do submarino: o torpedo autopropulsado. Desta forma, o ataque sob o alvo poderia ser feito à distância, com menor exposição da plataforma submarina e com maior capacidade destrutiva, possibilitando sua evasão com segurança da área de engajamento, após o lançamento da arma (CIMINELLI, 1993).

Na mesma época, projetos e experimentos de modelos submersíveis foram realizados também, no Brasil, pelas mãos dos oficiais de Marinha: Luís Jacinto Gomes (1892), Luís de Mello Marques (1901) e do Almirante engenheiro naval Emílio Júlio Hess (1905). Lamentavelmente, nenhum desses projetos foi materializado em face da escassez de recursos orçamentários (OBINO, 2001). Todavia, graças aos esforços subsequentes, foram incorporados à MB, em 1914, três submersíveis da classe “F” (F1, F3 e F5) construídos no estaleiro da Fiat-Saint Giorgio, em La Spezzia, Itália.

A Primeira Guerra Mundial (1914-1918) acelerou a evolução técnica da arma submarina e evidenciou a eficácia de seu emprego. Em 1917 os *U-Boats* alemães quase levaram a Grã-Bretanha ao colapso econômico cortando as suas linhas de abastecimento no Atlântico. Em apenas um mês colocaram a pique cerca de 400 navios aliados e neutros,

totalizando cerca de 890 mil toneladas afundadas. A decisão do Almirantado britânico pelo retorno ao sistema de comboio³ para proteção do tráfego mercante, o surgimento de novos experimentos aplicados à guerra antissubmarino (hidrofonos, granadas antissubmarino, etc), a utilização do esclarecimento⁴ aéreo e o emprego de um maior número de escoltas⁵ levaram à distensão da crise imposta aos ingleses (COUTAU-BEGÁRIE, 2010).

Na Segunda Guerra Mundial (1939-1945) a flotilha de *U-Boats*, comandada pelo Almirante Karl Doenitz, contabilizou, nos anos de 1940 e 1941, o afundamento de aproximadamente quatorze milhões de toneladas, entre navios mercantes e de guerra aliados. Assim como na Primeira Guerra, a estratégia de desgaste econômico consistia em interromper as linhas de suprimentos vitais para o Reino Unido. Segundo Doenitz, a tonelagem dos navios mercantes afundados deveria superar o total dos navios a serem construídos. Inseria-se nesta estratégia a destruição da frota britânica de petroleiros a fim de infligir a escassez de combustível para as belonaves da Marinha Real, o que seria tão eficaz quanto afundá-las. Entretanto, a quantidade insuficiente de *U-Boats* para uma batalha decisiva⁶ e a multiplicação dos escoltas, meios aéreos, o surgimento do radar e de outras inovações técnicas aliadas provocaram um declínio irreversível da ofensiva submarina germânica no Atlântico (COUTAU-BEGÁRIE, 2010). Cabe ressaltar que os aliados dispunham de uma inestimável vantagem estratégica: a quebra dos códigos navais alemães, que contribuiu, sobremaneira, para a localização da área de operações dos *U-Boats* (MILLER; JORDAN, 1987).

Em meados de 1943, a Alemanha investiu numa nova configuração para seus

³ Comboio significa “Conjunto de navios mercantes e/ ou de Apoio Logístico, reunidos para uma travessia, normalmente protegidos por uma escolta, contra ataques inimigos” (BRASIL, 1981, p. 31).

⁴ Esclarecimento significa “Operações efetuadas por navios, aeronaves ou submarinos com o propósito de:

- obter informações táticas e estratégicas a respeito do inimigo;
- obter informações de caráter geográfico, hidrográfico, meteorológico, etc, sobre a área provável de operações; e
- manter atualizadas essas informações” (BRASIL, 1981, p. 51-52)

⁵ Escolta significa “Força naval ou navio que acompanha, para proteger, um conjunto de navios de guerra ou mercantes ou um navio isolado” (BRASIL, 1981, p. 52)

⁶ Batalha decisiva significa “Batalha naval na qual as perdas e avarias sofridas são de tal monta que incapacitam quem as sofreu para qualquer ação posterior” (BRASIL, 1981, p. 20)

U-Boats: os Tipo XXI, que, ao terminar a guerra, estavam em fase final de prontificação. Este novo projeto incorporava grupos motor-gerador a diesel de melhor performance, baterias com maior capacidade de armazenamento de energia e um casco mais resistente e hidrodinâmico resultando, portanto, num melhor desempenho em imersão. O sistema de esnorquel⁷, de concepção holandesa, foi acrescentado ao projeto, a fim de possibilitar o carregamento das baterias e a renovação do ar para respiração da tripulação quando navegando submerso. Nas provas de mar em imersão foi alcançada a velocidade máxima de 17 nós (LAFAYETTE, 2003).

Observa-se que os *U-Boats* antecessores ao Tipo XXI não possuíam um sistema de esnorquel, por conseguinte, permaneciam a maior parte do tempo na superfície, tornando-se muito vulneráveis aos ataques aliados. Mergulhados, dispunham de pouco tempo para operar em função do consumo das baterias. Em tese poderiam navegar a uma velocidade de sete nós quando submersos, mas essa velocidade só podia ser mantida por uma hora, quando então as baterias descarregam quase por completo. Normalmente, empregavam velocidades de dois a quatro nós em imersão (MILLER; JORDAN, 1987). Em termos de estágio tecnológico estavam mais para submersíveis avançados do que para submarinos convencionais, propriamente ditos.

No Pacífico, os submarinos *Fleet Types* norte-americanos, uma versão copiada e aprimorada do Tipo XXI alemão, lograram êxito ao empregar a estratégia de desgaste sobre a economia do Japão ao devastar praticamente a totalidade de sua frota mercante. Em paralelo, foram empregados em apoio à sua força naval para destruir ou neutralizar os meios navais nipônicos (LAFAYETTE, 2003).

⁷ Esnorquel é um sistema que permite a admissão de ar para o interior de um submarino mergulhado com a finalidade de suprir oxigênio para a combustão de seus motores a diesel e renovar o ar interno para respiração da tripulação. Consiste, basicamente, de um mastro que é içado numa profundidade próxima à superfície para possibilitar a entrada de ar e de um sistema de exaustão que descarrega abaixo d'água os gases provenientes da queima dos motores, evitando, assim, que a fumaça seja observada na atmosfera. Deste modo, geradores acoplados aos motores a diesel carregam as baterias que são a fonte de energia para a propulsão elétrica do submarino convencional em imersão. O advento desta inovação tecnológica ampliou o poder de ocultação da arma submarina, deixando de ser, apenas, um mero submersível (Nota do Autor).

Assim, o emprego da arma submarina nas duas guerras mundiais resultou, não apenas, em imensos danos econômicos e materiais impostos ao adversário, mas, sobretudo promoveu profundas mudanças na estratégia naval. A partir de então, a conquista da hegemonia sobre os mares se completa na supremacia sob os mares.

2.2 O submarino convencional moderno

Terminada a Segunda Guerra Mundial, os novos submarinos de propulsão diesel-elétrica ou convencionais tiveram seus projetos baseados na concepção do Tipo XXI alemão. Desde então, passaram a incorporar o inventário do Poder Naval de diversas nações (MILLER; JORDAN, 1987). Os aprimoramentos tecnológicos introduzidos ampliaram suas características de ocultação, mobilidade e poder de fogo. Entretanto, pode-se afirmar que mesmo com suas capacidades aperfeiçoadas, sucessivamente, aliadas a uma tripulação altamente adestrada, o submarino convencional, incluindo o mais moderno em serviço, ainda, possuirá algumas restrições notadamente relevantes. A principal delas é a total dependência do ar atmosférico para a combustão dos motores a diesel durante a operação em esnorquel. Nesta situação estará vulnerável devido à exposição dos mastros, à elevação do ruído irradiado e ao calor gerado abaixo d'água, proveniente da alta temperatura dos gases de descarga dos motores. Tal indiscrição favorece sua detecção visual, radar, acústica, térmica e magnética pelo inimigo.

Outra não menos relevante vulnerabilidade do submarino convencional diz respeito à capacidade de desenvolver altas velocidades, somente, por curtos períodos de tempo. A razão desta limitação está associada ao fato de as baterias, fonte de energia para a propulsão submersa, descarregarem com maior rapidez à proporção que é exigida maior velocidade de operação. Desta forma, os submarinos convencionais operam, na maior parte do

tempo, em baixas velocidades, reservando uma alta descarga das baterias, por exemplo, para se aproximarem de um alvo distante e possível de ser atacado, ou para se evadirem a fim de evitar um contra-ataque iminente. Tal restrição implica que sejam empregados segundo uma estratégia de posição, por serem mais aptos para operar em áreas marítimas específicas, denominadas áreas focais de navegação, isto é, os locais onde é intenso o fluxo de navios mercantes, como, nas proximidades das entradas e saídas de portos, canais ou cabos a serem contornados ou em zonas de patrulha situadas ao longo da provável derrota⁸ de uma força tarefa ou unidade naval adversária. Assim, o emprego dos submarinos convencionais segundo uma estratégia de posição compensa sua baixa mobilidade inerente, possibilitando maiores chances de êxito contra os alvos de interesse (LIBERATTI, 2002).

2.3 O submarino nuclear

Ao final da Segunda Guerra Mundial, os principais vencedores (EUA, ex-União Soviética e Reino Unido) deram início às pesquisas para o desenvolvimento da energia nuclear aplicável à propulsão de navios de superfície e submarinos. Coube aos EUA, em 1954, o pioneirismo do projeto e o lançamento ao mar do primeiro submarino nuclear do mundo, o USS *Nautilus*. As poucas nações que o sucederam, ao disporem de submarinos nucleares, contam com um efetivo instrumento de elevado poder dissuasório para conter uma eventual ameaça bélica na disputa de interesses no jogo político internacional.

Submarino nuclear é a denominação dos submarinos dotados de sistema de propulsão nuclear (BRASIL, 1981). Cabe assinalar que a propulsão nuclear nada tem haver com armas nucleares. Aquela constitui emprego pacífico da energia nuclear, enquanto estas são artefatos destinados à explosão nuclear. Nesse sentido, o termo nuclear não possui relação

⁸ O termo derrota é a “representação gráfica da projeção, na superfície terrestre, da trajetória desejada ou percorrida por uma aeronave ou navio. O mesmo que rota” (BRASIL, 1981, p. 41).

com o armamento do submarino, mas sim com seu sistema de geração de energia empregado na propulsão. Esta fonte de energia é produzida num reator nuclear tipo PWR – “*Pressurized Water Reactor*” ou “Reator de Água Pressurizada”, que segundo Guimarães (1999) está presente em mais de 95% dos submarinos nucleares já construídos. Desta forma, o SN-BR deverá incorporar aquele tipo de reator, que apresenta as seguintes características básicas:

- produção de energia por reações de fissão do núcleo do isótopo de Urânio U-235 por nêutrons térmicos;
- moderação dos nêutrons feita pela mesma água que também tem função de fluido de resfriamento para remoção do calor do combustível nuclear;
- núcleo combustível e fluido de resfriamento contidos no interior de um envelope estanque de alta integridade (barreira de pressão do “Circuito Primário”);
- barreira de pressão do “Circuito Primário” envolvida por um segundo envelope estanque de alta integridade (Compartimento do Reator);
- potência térmica da ordem de 50-100 MWth;
- combustível cerâmico sólido (UO₂) sob forma de pastilhas planas ou cilíndricas, de baixo enriquecimento no isótopo U-235 e encamisado por revestimento metálico; e
- núcleo combustível formado por elementos do tipo vareta ou do tipo placa.

A FIG.1 mostra uma IPN típica de um submarino, que compreende dois circuitos termo-hidráulicos em ciclo fechado, utilizando água como fluido de trabalho. No circuito primário (sistema de resfriamento do reator) a água é mantida na fase líquida a temperatura elevada devido à alta pressão, ou seja, é um circuito fechado de água pressurizada que recebe calor gerado pelas reações nucleares de fissão no reator. Esta água radioativa e aquecida é bombeada para um trocador de calor, denominado gerador de vapor, retornando resfriada ao reator para ser reaquescida. No circuito secundário, que constitui um ciclo fechado de água de

baixa pressão, não contaminada, o calor removido do primário no gerador de vapor é convertido em vapor. Este vapor irá acionar as turbinas principais para movimentar o eixo propulsor, via engrenagem redutora e acionará, também, os turbogeradores para a demanda elétrica de bordo. Após produzir trabalho nas turbinas, o vapor é convertido em líquido no condensador e novamente bombeado para o gerador de vapor (GUIMARÃES, 1999).

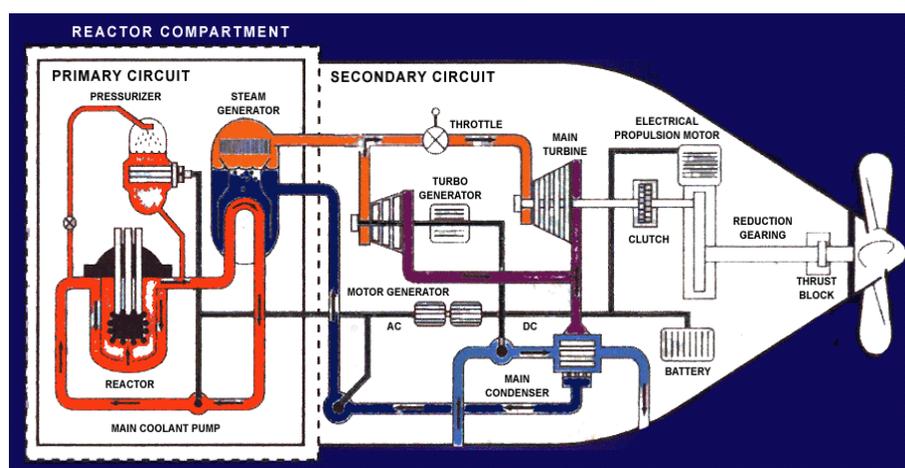


FIGURA 1 – Instalação propulsora nuclear típica de submarino

Fonte: *World Nuclear Association – WNA. Public Information Service*. 2011. Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/inf34.html>>. Acesso em: 15 abr. 2011.

O processo de conversão da energia nuclear em outras formas de energia, isto é, para atender a propulsão (energia mecânica) e a demanda elétrica de bordo (energia elétrica) não necessita de oxigênio. Este fato, associado à faculdade de o submarino nuclear produzir oxigênio para renovar o ar de respiração da tripulação, por meio de eletrólise da água do mar, processo que demanda grande quantidade de energia, o capacita a operar independentemente do ar atmosférico por períodos quase ilimitados (LIBERATTI, 2002). Assim sendo, a propulsão nuclear propiciou ao submarino explorar plenamente a discricção ou ocultação.

Dispondo de uma fonte quase inesgotável de energia, diferentemente dos submarinos convencionais, o nuclear é dotado de grande mobilidade, ou seja, a possibilidade de desenvolver altas velocidades em imersão, por períodos praticamente ilimitados. Desta forma, possui habilidade para operar segundo uma estratégia de movimento (LIBERATTI,

2002). Nessa qualidade, é apropriado para varrer extensas zonas de patrulha e alcançar com rapidez pontos ou áreas de interesse e alvos distantes.

Outra importante característica intrínseca e notável dos submarinos nucleares é a sua ampla autonomia. Atualmente existe uma nova geração de reatores instalados a bordo que não precisam de carregamento de combustível nuclear ao longo de toda a vida útil do submarino, ou seja, cerca de quarenta anos (LIBERATTI, 2002). Esta abundante fonte de energia o permite ao submarino operar afastado da base de apoio de terra, durante o tempo necessário ao cumprimento da missão. Caso não haja problemas de manutenção, o fator limitador é a resistência psicofísica da tripulação e a necessidade de reabastecimento de alimentos ou de reposição do armamento utilizado. Normalmente, os submarinos nucleares operam com rodízio de suas tripulações, a um intervalo de tempo específico.

A análise das possíveis desvantagens de emprego dos submarinos nucleares evidencia-se a restrição em operar em locais de águas rasas, onde os convencionais podem atuar. Este fato é devido ao maior deslocamento⁹, via de regra, daqueles em relação a estes. Além disso, mesmo dispondo de excelente mobilidade, não poderão desenvolver altas velocidades em áreas rasas, sob o risco de colidirem com o fundo ou denunciarem suas presenças, caso se exponham involuntariamente na superfície (BRASIL, 1996).

Segundo Guerra (1997), os submarinos nucleares podem ser agrupados em três classes distintas:

- submarino de propulsão nuclear lançador de mísseis balísticos (SSBN), cuja missão é permanecer oculto, exercendo o poder de retaliação nuclear, isto é, de revidar o ataque nuclear do país inimigo;

- submarino de propulsão nuclear lançador de mísseis de cruzeiro (SSGN), cuja missão é atacar forças navais ou objetivos terrestres estratégicos com elevado poder de

⁹ O termo deslocamento significa o peso de uma embarcação, flutuando em águas calmas, o qual é idêntico ao peso do volume de água deslocada pela parte imersa do casco. Pode ter várias especificações: carregado, máximo, leve, normal etc. (DICIONÁRIO, 2001).

destruição; e

– submarino de propulsão nuclear de ataque (SSN), cuja tarefa primária é atacar e destruir navios e submarinos inimigos. Seu armamento principal é o torpedo, podendo, também, ser armados com mísseis antissuperfície e minas.

3 O SUBMARINO NUCLEAR NACIONAL

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 vedou o uso da energia nuclear para fins que não sejam exclusivamente pacíficos, de acordo com o contido na alínea a, inciso XXXIII do Artigo 21:

Art. 21. Compete à União: XXIII – explorar os serviços e instalações nucleares de qualquer natureza e exercer monopólio estatal sobre a pesquisa, a lavra, o enriquecimento e reprocessamento, a industrialização e o comércio de minérios nucleares e seus derivados, atendidos os seguintes princípios e condições:
a) toda atividade nuclear em território nacional somente será admitida para fins pacíficos e mediante aprovação do Congresso Nacional (BRASIL, 1988).

Na política externa, o governo brasileiro reafirmou o compromisso de uso pacífico da energia nuclear. Nesse intuito, foram assinados e colocados em vigor vários Atos Internacionais, dentre os quais cabe citar: o Acordo Bilateral com a Argentina de Uso Exclusivamente Pacífico da Energia Nuclear; o Acordo Quadripartite; o Tratado de Tlatelolco; e o Tratado sobre a Não-Proliferação Nuclear (TNP).

O primeiro Acordo foi celebrado em 18 de julho de 1991 e, entre outras providências, criava a Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC) cuja missão é verificar se os materiais nucleares existentes entre ambos os países estão sendo utilizados para fins exclusivamente pacíficos. Para o cumprimento dessa missão foi estabelecido o Sistema Comum de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (SCCC), que regulamentou os procedimentos de salvaguardas utilizados nos dois países. Um aspecto relevante para a MB está contido no Artigo III do presente Acordo:

Art. III. Nada do que dispõe o presente Acordo limitará o direito das Partes a usar a energia nuclear para a propulsão ou a operação de qualquer tipo de veículo, incluindo submarinos, uma vez que ambas são aplicações pacíficas da energia nuclear (AGÊNCIA..., 1991a).

Em complemento ao Acordo Bilateral, o Brasil, a Argentina, a ABACC e a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) firmaram o Acordo Quadripartite, em dezembro de 1991, garantindo à comunidade internacional que todas as atividades e materiais

nucleares a serem desenvolvidos nos territórios do Brasil e Argentina não serão aplicados na produção de armas atômicas (AGÊNCIA..., 1992b).

Em setembro de 1994, o Brasil ratificou o Tratado para a Proscrição das Armas Nucleares na América Latina e Caribe, mais conhecido como o Tratado de Tlatelolco, assinado por mais 32 países desde sua conclusão em fevereiro de 1967. Por este Tratado, os signatários se comprometem a utilizar a energia nuclear para fins exclusivamente pacíficos e a proibir o uso, fabricação e produção, de toda e qualquer arma nuclear em seus territórios (BRASIL, 1994). Decorridos quatro anos, o Brasil aderiu ao TNP por meio do Decreto nº 2.864, de 7 de dezembro de 1998 (BRASIL, 1998).

Atualmente, 189 países e Taiwan, que a Organização das Nações Unidas (ONU) reconhece como território chinês, são signatários do referido Acordo. Apenas Israel, Paquistão, Índia e Coreia do Norte não o ratificaram (COSCELLI; GODOY; 2010). Os compromissos para cada Estado membro do TNP são assimétricos quando relacionados com o direito da posse ou não de armamento nuclear, apesar de aquele Tratado estabelecer a não proliferação de artefatos explosivos atômicos e o uso pacífico da tecnologia nuclear.

Desde 1997, os Estados Partes do TNP podem aderir ao Protocolo Adicional, que prevê procedimentos de fiscalização mais rigorosos e restrições mais severas aos países que almejam o pleno domínio da tecnologia nuclear. O documento foi ratificado por 93 países, todavia as potências nucleares não são obrigadas a permitir inspeções em suas instalações de produção de material nuclear. Cabe assinalar que o Brasil, a par da assimetria de direitos entre os Estados membros do TNP, armados e desarmados nuclearmente, permite o monitoramento remoto, via sensores eletrônicos e câmeras de televisão, de suas instalações de produção de combustível nuclear, incluindo até inspeções periódicas por agentes da AIEA em uma organização militar, como o Centro Experimental de Aramar (CEA), em Iperó, no interior de São Paulo. O Brasil vem rejeitando a adesão ao termo aditivo proposto pela ONU, a fim de

preservar o segredo industrial das nossas ultracentrífugas de enriquecimento de urânio desenvolvidas pela MB. Tais equipamentos apresentam elevado rendimento, qualidade superior e baixo custo em relação aos similares fabricados nos demais países (COSCELLI; GODOY, 2010).

Em resumo, a postura pacífica do Estado brasileiro, claramente, expressa em nossa Constituição e nos demais Acordos aqui mencionados, assegura que em nosso território não será admitido o desenvolvimento, a realização de testes, o armazenamento e a aquisição de armas nucleares. Desta forma, nossa Esquadra não poderá dispor, em seu inventário, de submarinos nucleares lançadores de mísseis balísticos de longo alcance e de alto poder de destruição em massa. Tais meios, os SSBN, são empregados pelas potências nucleares como parcelas da Estratégia de “Deterrência”¹⁰ ou de dissuasão nuclear com o propósito de desencorajar uma eventual opção militar nuclear inimiga. Nesse sentido, torna-se evidente que o SN-BR terá a mesma natureza de um SSN dotado de armamento convencional, ou seja, sua característica operacional predominante será o ataque.

3.1 O ambiente operacional

A Política de Defesa Nacional (PDN), aprovada pelo Decreto n.º 5.484, de 30 de junho de 2005, é “o documento condicionante de mais alto nível para o planejamento de defesa e tem por finalidade estabelecer objetivos e diretrizes para o preparo e o emprego da capacitação nacional [...]”. Define que a Defesa Nacional é “o conjunto de medidas e ações do Estado, com ênfase na expressão militar, para a defesa do território, da soberania e dos interesses nacionais contra ameaças preponderantemente externas, potenciais ou manifestas” (BRASIL, 2005, p. 3-5). Assinala que o País visualiza um entorno estratégico que extrapola a

¹⁰ A Estratégia de “Deterrência” ou de dissuasão nuclear possui os seguintes vetores que constituem a chamada tríade da “deterrência”: os SSBN, as aeronaves dotadas de bombas nucleares e os mísseis balísticos intercontinentais (ICBM) com ogivas nucleares (Nota do Autor).

massa do subcontinente sul-americano, projetando-se pela fronteira do Atlântico Sul e os países limítrofes da África (BRASIL, 2005, p. 8). Considera que “o Brasil atribui prioridade aos países da América do Sul e da África, em especial aos da África Austral e aos de língua portuguesa, buscando aprofundar seus laços com esses países” (BRASIL, 2005, p. 12). Enumera os objetivos da Defesa Nacional com destaque para a “projeção do Brasil no concerto das nações e sua maior inserção em processos decisórios internacionais” (BRASIL, 2005, p. 14). Finalmente, estabelece as orientações estratégicas realçando que “em virtude da importância estratégica e da riqueza que abrigam, a Amazônia brasileira e o Atlântico Sul são áreas prioritárias para a Defesa Nacional” (BRASIL, 2005, p. 17).

A Estratégia Naval brasileira fundamentada na PDN distingue quatro áreas marítimas estratégicas relevantes para o emprego do Poder Naval, em ordem decrescente de prioridade, conforme Assis¹¹ (2007):

- Área Vital: região do Atlântico Sul que engloba o Mar Territorial, a Zona Contígua, a Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e a Plataforma Continental (PC).

- Área Primária: representa o Atlântico Sul - entendido como a região delimitada pelo paralelo 16°N, o litoral oeste da África, a Antártica, leste da América do Sul e leste da Antilhas Menores, excluindo-se, portanto, o Mar do Caribe.

- Área Secundária: envolve o Mar do Caribe e o Pacífico Sul - este entendido como a região delimitada pelo canal de Beagle, a costa da América do Sul, o meridiano de 085° W e o paralelo do Canal do Panamá.

- Áreas restantes do Globo.

Desta forma, a concepção estratégica brasileira aponta para o Atlântico Sul como uma região de elevada prioridade e que envolve os seguintes interesses marítimos territoriais e econômicos, a seguir.

¹¹ Almirante-de-Esquadra Kleber Luciano de Assis, Chefe do Estado-Maior da Armada em 2007 (Nota do Autor).

3.1.1 Interesses marítimos territoriais nacionais

O Brasil contempla um território de proporções continentais de cerca de 8,5 milhões de km², contornado a Leste por uma costa de aproximadamente 7,5 mil km, da foz do rio Oiapoque à foz do arroio Chuí. Adjacente a esta extensa margem litorânea, o País exerce jurisdição sobre uma vasta área marítima, cujos limites e o uso do seu solo, subsolo e da camada de água sobrejacente são regulamentados por critérios estabelecidos na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), celebrada em 10 de dezembro de 1982, em Montego Bay na Jamaica. Este Acordo Internacional, por meio do Decreto nº 1.530, de 22 de junho de 1995, passou a vigorar no Brasil a partir de 16 de novembro de 1994 (BRASIL, 1995). Atualmente encontra-se ratificado por mais 156 países, respaldando-lhes o direito de explorar os recursos naturais da massa líquida, do solo e subsolo no interior das fronteiras marítimas estabelecidas (BRASIL, [2011a]).

O Artigo 2 da Parte II da CNUDM estabelece que “a soberania do Estado costeiro estende-se além de seu território e de suas águas interiores e, no caso de Estado arquipélago, das suas águas arquipelágicas, a uma zona de mar adjacente designada pelo nome de mar territorial” e que “esta soberania estende-se ao espaço aéreo sobrejacente ao mar territorial, bem como ao leito e subsolo deste mar” (CONVENÇÃO..., 1982, p. 37). O Brasil fixou em 12 milhas náuticas a largura do seu mar territorial, medidas a partir de linhas de base¹², e em consonância com o limite máximo da largura permitida na citada Convenção. Nesta faixa de mar é válida a aplicação de nossas leis e está assegurada a navegação inofensiva¹³ de qualquer país. Segue-se uma zona contígua ao nosso mar territorial e de igual largura, em que não temos soberania plena, mas temos alguns direitos, como, por exemplo, o de fazer valer nossa

¹² A linha de base adotada como referência para medir a largura do mar territorial é a linha de baixa-mar ao longo da costa, tal como indicada nas cartas marítimas de grande escala, reconhecidas oficialmente pelo Estado costeiro (CONVENÇÃO..., 1982).

¹³ Navegação inofensiva é aquela que não afeta a segurança do Estado costeiro. No Brasil recebe a denominação de “passagem inocente” (CONVENÇÃO..., 1982).

legislação tributária, aduaneira, sanitária e o de perseguição (CONVENÇÃO..., 1982).

Respeitando o contido na Parte V da Convenção, o Brasil estabeleceu sua ZEE em 200 milhas náuticas de largura, contadas a partir das linhas de base das quais se mede a largura do seu mar territorial. Nesta ZEE o país exerce os direitos de soberania para fins de exploração e aproveitamento, conservação e gestão dos recursos naturais, vivos ou não vivos do espaço marinho e seu subsolo, e no que se refere a outras atividades com vista à exploração e aproveitamento econômico; e de jurisdição referente à “colocação e utilização de ilhas artificiais, instalações e estruturas; investigação científica marinha; proteção e preservação do meio marinho” (CONVENÇÃO..., 1982, p. 67).

O Artigo 76 da Parte VI da CNUDM prevê que a PC¹⁴ dos Estados costeiros poderá ser estendida até uma distância de 350 milhas náuticas das linhas de base, nos casos em que o bordo exterior da margem continental¹⁵ exceda as 200 milhas náuticas das linhas de base a partir das quais se mede a largura do mar territorial (CONVENÇÃO..., 1982). Assim sendo, foi criado o Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira (LEPLAC), que é um programa de governo brasileiro instituído pelo Decreto nº 98.145, de 15 de setembro de 1989, com o propósito de estabelecer o limite exterior da nossa PC no seu enfoque jurídico, ou seja, determinar a área marítima, além das 200 milhas náuticas, na qual o Brasil exercerá direitos de soberania para efeitos de exploração de seus recursos minerais e outros recursos não vivos do espaço marinho e seu subsolo, bem como dos organismos vivos pertencentes a espécies sedentárias (BRASIL, 1989). Nesse contexto, qualquer Estado estrangeiro detentor de tecnologia adequada para a exploração das riquezas advindas da nossa PC, somente, poderá exercê-la com o devido consentimento expresso pelo governo brasileiro

¹⁴ A PC compreende o leito e o subsolo das áreas submarinas que se estendem além do seu mar territorial, em toda a extensão do prolongamento natural de seu território terrestre, até o bordo exterior da margem continental, ou até a distância de duzentas milhas náuticas das linhas de base, a partir das quais se mede a largura do mar territorial, nos casos em que o bordo exterior da margem continental não atinja essa distância (CONVENÇÃO..., 1982).

¹⁵ A margem continental compreende o prolongamento submerso da massa terrestre do Estado costeiro, sendo constituída pelo leito e subsolo da PC, pelo talude e pela elevação continental (CONVENÇÃO..., 1982).

O total da área marítima reivindicada corresponde a 960 mil km², além das 200 milhas náuticas, distribuídos ao longo da costa brasileira, principalmente nas regiões Norte (região do Cone do Amazonas e Cadeia Norte Brasileira), Sudeste (Região da Cadeia Vitória-Trindade e Platô de São Paulo) e Sul (região de Platô de Santa Catarina e Cone do Rio Grande). Em abril de 2007, após concluir a análise da nossa proposta, a Comissão de Levantamento da Plataforma Continental (CLPC) da ONU não concordou com uma área marítima equivalente a 190 mil km² do total reivindicado. Desde então, o governo brasileiro por meio da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar¹⁶ (CIRM), vem preparando uma nova proposta de limite exterior da PC além das 200 milhas náuticas, a ser oportunamente encaminhada à CLPC (BRASIL, [2011b]).

Em síntese, esta vasta área marítima sob a jurisdição brasileira totalizará cerca de 4,5 milhões de km², dimensão equivalente à “Amazônia Verde” ou a metade do território continental. Esta vasta região marítima foi denominada pela MB de “Amazônia Azul”.

3.1.2 Interesses marítimos econômicos nacionais

A PDN assinala que a CNUDM permitiu ao Brasil exercer o direito de jurisdição sobre os recursos econômicos na “Amazônia Azul”. Incluem-se aí, principalmente, as maiores reservas de petróleo e gás na camada do pré-sal e a existência de um grande potencial pesqueiro (BRASIL, 2005).

Em 2009, do total de 712 milhões de barris de petróleo produzidos no País, 646 milhões foram extraídos do mar. Mas recentemente, em 2010, dos 766 milhões de barris produzidos, 710 milhões foram prospectados na ZEE. Nesta perspectiva, mais de 90% do

¹⁶ A Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM) foi criada, por Decreto, em 1974, com a finalidade de assessorar o Presidente da República na consecução da Política Nacional par os Recursos do Mar (PNRM). Essas atividades são desenvolvidas conjuntamente pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN), Empresa Brasileira de Petróleo S.A. (PETROBRAS) e Comunidade Científica Brasileira. Disponível em: < <https://www.mar.mil.br/secirm/leplac.htm>>. Acesso em: 10 maio 2011.

petróleo explorado no País são oriundos de campos marítimos e o restante extraído em terra está próximo ao mar. Quanto ao pré-sal, há uma estimativa de 50 a 80 bilhões de barris de reserva recuperáveis. No que diz respeito ao gás natural foram extraídos 15,5 bilhões de m³ do mar em 2010. As profundidades de extração de petróleo e gás são cada vez maiores, e alguns dos campos já se afastam a mais de 150 milhas náuticas da costa, o que dá uma ideia da dimensão das riquezas da nossa PC e das dificuldades em defendê-las. Desta forma, caso fôssemos privados desse petróleo e gás, por uma eventual agressão externa, a subsequente crise energética e de insumos paralisaria, em pouco tempo, o País (MOURA NETO¹⁷, 2011).

Em relação às importações e exportações, mais de 95 % do nosso comércio exterior flui por via marítima. Em termos financeiros representa valores da magnitude de centenas de bilhões de dólares, conforme dados consolidados da Balança Comercial Brasileira¹⁸. Em 2009, foi de US\$ 280,7 bilhões, e em 2010, atingiu o expressivo montante de US\$ 383,6 bilhões (BRASIL, 2010a). Neste período houve um tráfego de, em média, 600 navios mercantes por dia (MOURA NETO, 2011). Tal fato representa uma tendência nos últimos anos de maior inserção do Brasil no comércio mundial, que é essencial a sobrevivência e bem-estar do País.

Não menos relevante que as potencialidades econômicas supramencionadas, destaca-se a pesca como valiosa fonte de alimentos, geração de divisas, empregos e renda. Segundo o Ministério da Pesca e Aquicultura (2010b), a produção brasileira de pescado aumentou 25% nos últimos oito anos, passando de 990.899 t anuais para 1.240.813 t em 2009. Entre 2008 e 2009, houve um crescimento de 15,7%, sendo que a aquicultura¹⁹ apresentou

¹⁷ Almirante-de-Esquadra Julio Soares de Moura Neto. Assumiu o cargo de Comandante da Marinha em 1de março de 2007.

¹⁸ Dados consolidados em 2010 da Balança Comercial Brasileira referente aos anos de 2009/2010. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1298052907.pdf>. Acesso em: 27 maio 2011.

¹⁹ Aquicultura é o cultivo de organismos cujo ciclo de vida em condições naturais se dá total ou parcialmente em meio aquático. Assim como o homem aprendeu a criar aves, suínos e bovinos, bem como a plantar milho e trigo, também aprendeu a cultivar pescado. Desta forma, assegurou produtos para o consumo com mais controle e regularidade (Cf. Ministério de Pesca e Aquicultura). Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/#aquicultura/informacoes/o-que-e-aquicultura>>. Acesso em: 27 maio 2011).

uma elevação 43,8%, passando de 289.050 t/ano para 415.649 t/ano.

A Balança Comercial do Pescado registra que as exportações brasileiras em 2008 alcançaram o montante de US\$ 239 milhões, correspondendo a 36 mil t e, em 2009, recuaram para US\$ 169 milhões, o que equivaleu a 30 mil t de pescado. Já as importações seguiram caminho inverso, posto que em 2008 o País importou US\$ 658 milhões e 208 mil t, enquanto em 2009 as importações aumentaram para US\$ 688 milhões e 230 mil t (BRASIL, 2010b).

A análise da Balança Comercial do Pescado nos últimos cinco anos evidencia uma tendência de déficits comerciais devido à vigência de uma pesca artesanal, entre outros fatores. Para reverter esse quadro o governo federal vem implantando alguns programas de fomento para a produção sustentável de pescado (BRASIL, 2010b). Cabe assinalar que o esgotamento dos recursos marinhos vivos em outras regiões, até porque não são ilimitados, poderá deslocar para as águas brasileiras frotas pesqueiras de outras nações.

Dentre as orientações estratégicas elencadas, a PDN estabelece que “no Atlântico Sul, é necessário que o País disponha de meios com capacidade de exercer a vigilância e a defesa das águas jurisdicionais brasileiras, bem como manter a segurança das linhas de comunicações marítimas” (BRASIL, 2005, p. 17).

Nesse sentido, a Estratégia Nacional de Defesa (END), aprovada pelo Decreto nº 6.703, de 13 de dezembro de 2008 estabelece como prioridade para o Poder Naval, a tarefa de Negação do Uso do Mar. A seguir complementa: “a negação do uso do mar ao inimigo é a que organiza, antes de atendidos quaisquer outros objetivos estratégicos, a estratégia de defesa marítima do Brasil” (BRASIL, 2008a, p. 20). Em seguida, a END enuncia:

Para assegurar o objetivo de negação do uso do mar, o Brasil contará com força naval submarina de envergadura, composta de submarinos convencionais e de submarinos de propulsão nuclear. O Brasil manterá e desenvolverá 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. Armará os submarinos, convencionais e nucleares, com mísseis e desenvolverá capacitações para projetá-los e fabricá-los. Cuidará de ganhar autonomia nas tecnologias cibernéticas que guiem os submarinos e seus sistemas de armas e que lhes possibilitem atuar em rede com as outras forças navais, terrestres e aéreas (BRASIL, 2008a, p. 21).

Em resumo, caso não haja mudanças de vulto no cenário internacional, o Atlântico Sul, em especial as Áreas Vital e Primária, será a região prioritária de atuação do SN-BR, contribuindo com o Poder Naval em fazer valer as fronteiras da “Amazônia Azul”.

3.2 Possibilidades de emprego

A Doutrina Básica da Marinha (DBM) prevê que os submarinos podem ser empregados em todas as tarefas básicas do Poder Naval, ou seja, no Controle de Área Marítima, na Negação do Uso do Mar ao Inimigo, na Projeção de Poder Sobre Terra e na Contribuição para a Dissuasão (BRASIL, 2004b).

O Controle de Área Marítima visa a atingir os seguintes efeitos desejados, segundo a DBM:

- assegurar áreas de operações para projeção de poder sobre terra;
- possibilitar a defesa das Linhas de Comunicações Marítimas (LCM) de interesse do Brasil;
- assegurar a preservação, exploração e exploração dos recursos naturais dentro da ZEE; e
- impedir ao inimigo do uso de área marítima para projetar seu poder sobre o território brasileiro ou sobre as plataformas de petróleo e gás no mar.

A adequabilidade do SN-BR como instrumento desta tarefa assumirá papel coadjuvante ou complementar ao esforço a ser exercido pelas unidades navais de superfície e aeronaves de combate lançadas de terra ou embarcadas. Suas possibilidades de emprego irão desde o apoio aproximado ao afastado às forças navais que exercerão o controle da área. Em face da elevada mobilidade poderá integrar força tarefa nucleada em porta-aviões, a fim de prover escolta ou proteção antissubmarino, à semelhança dos SSN empregados em Grupos de

Ataque nucleados em um navio-aeródromo – *Carrier Strike Groups (CVSG)*²⁰ da Marinha dos EUA, bem como integrar dispositivos de proteção antissubmarino de comboios. Assim como os submarinos convencionais, poderá efetuar operações de esclarecimento, coletando e enviando às forças amigas informações táticas, técnicas ou estratégicas do inimigo, bem como dados geográficos ou meteorológicos das áreas de operações a serem controladas. Em operação de bloqueio poderá contribuir com a força naval na tarefa de impedir o acesso de navios inimigos à determinada área de interesse.

Na Negação do Uso do Mar ao Inimigo, definida na DBM como a tarefa “que consiste em dificultar o estabelecimento do controle de área marítima pelo inimigo ou a exploração de tal controle”, as ações a serem desenvolvidas pelo SN-BR, assim como pelos nossos submarinos convencionais, terão como propósito a destruição ou neutralização das unidades navais hostis e navios empregados nas comunicações marítimas do inimigo. A elevada mobilidade intrínseca de um submarino nuclear de ataque o torna apropriado, também, para desgastar ou enfraquecer gradualmente a força naval adversária, por meio de ataques sucessivos às unidades de interesse. Assim como os submarinos convencionais, o SN-BR poderá executar tarefas de minagem, como outra modalidade de desgaste, que consiste no lançamento de minas em áreas selecionadas, para destruir navios inimigos ou impedir seu trânsito.

Na Projeção do Poder sobre Terra, os submarinos podem executar tarefas semelhantes às aquelas de Controle de Área Marítima ou projetar poder, por si próprios, seja empregando mergulhadores de combate para ações em terra com o propósito de destruir ou danificar objetivos relevantes, capturar ou resgatar pessoal ou material, obter informações ou

²⁰ Grupos de Ataque nucleados em um navio-aeródromo - *Carrier Strike Group (CVSG)* é um tipo de força tarefa da marinha norte-americana composta por um porta-aviões nuclear de ataque, navios de apoio logístico, e navios de reabastecimento, escoltados por cruzadores, contratorpedeiros, fragatas e submarinos nucleares de ataque. A composição de um CVSG inclui dois submarinos na escolta antissubmarino próxima ou afastada do porta-aviões por serem os próprios submarinos os meios adequados para se contrapor a ameaça de outro(s) submarino(s) adversário(s), sem excluir a possibilidade de atacar os demais alvos de superfície da força oponente (CARRIER..., 2011).

produzir efeitos psicológicos perturbadores ao inimigo, seja lançando mísseis de cruzeiro para bombardeio de objetivos terrestres. Em relação às possibilidades de armamento do futuro SN-BR, abstraem-se os mísseis dotados de ogivas nucleares, em face das peculiaridades de natureza pacífica expressas na legislação brasileira.

A capacidade de projeção de poder sobre terra, a partir de submarinos, pode ser demonstrada pela Marinha dos EUA na Guerra do Golfo (1990-1991) quando, em 19 de janeiro de 1991, o USS *Louisville* (SSN-724) lançou mísseis de cruzeiro *Tomahawk* contra alvos de alto valor militar no Iraque, tornando-se o primeiro submarino a empregar este tipo de armamento em combate. Na ocasião, o USS *Louisville* e o USS *Chicago* (SSN-721), ambos da classe *Los Angeles*, efetuavam patrulha no Mar Vermelho em proveito das forças navais aliadas (BGM-109..., 2011). Inúmeros conflitos subsequentes evidenciaram o poder de ataque em profundidade dos submarinos, como, por exemplo, na mais recente ação militar internacional denominada operação *Odissey Dawn* liderada pelos EUA contra o regime líbio de *Muammar Khadafi*, desencadeada em 19 de março de 2011, com a participação dos submarinos norte-americanos *USS Providence* (SSN-719), *USS Florida* (SSN-728), *USS Newport News* (SSN-750) e *USS Scranton* (SSN-756) (JOINT..., 2011).

Para o cumprimento de suas tarefas o SN-BR poderá ser armado com torpedos, mísseis e minas, que serão abordados a seguir:

– torpedo – os torpedos modernos são armas sofisticadas e caras, com tecnologias de propulsão, busca acústica e guiagem dominadas por poucos países. São normalmente guiados a fio na primeira fase da trajetória e depois por seu próprio sistema sonar passivo/ativo na fase final de ataque. São de duplo emprego, isto é, podem ser lançados contra navios de superfície ou submarinos e carregam alta carga explosiva para destruição do alvo. Possuem capacidade anticontramedidas, isto é, discriminam alvos falsos e apresentam, em média, alcance maior que 40 km e velocidade superior a 80 km/h.

Como exemplos dessas armas destacam-se: o *MK 48 ADCAP* (norte-americano); *Black Shark* (italo-francês); *Spearfish* e *Tigerfish* (inglês); DM-A3 e DM2-A4 (alemão); *Whitehead A184 Mod.3* (italiano); e *ECAN F17 Mod.2* (francês) (JANE'S..., 2000).

– mísseis táticos – são armas de longo alcance e precisão que podem ser lançados por submarinos contra unidades navais de superfície, tráfego marítimo inimigo e alvos terrestres de alto valor, desde que apoiados por uma estrutura de comando, controle, comunicações e inteligência (C3I). No tocante ao apoio de uma estrutura de C3I adequada é devido ao fato de que os alcances dessas armas são significativamente maiores do que os obtidos pelos sensores de bordo. Isto implica a necessidade de recebimento e atualização dos dados do alvo, quer por satélites, quer por aeronaves de esclarecimento ou outros meios atuando em proveito do submarino lançador.

Normalmente, os mísseis táticos possuem carga explosiva com capacidade de destruição limitada, ou seja, são empregados para a neutralização de alvos. Ao aflorarem à superfície apresentam como desvantagem a possibilidade de denunciar a presença do submarino lançador. Como exemplo dessas armas, destaca-se o míssil *Tomahawk*, pertencente ao inventário das Marinhas dos EUA e Reino Unido. Fabricado pela Raytheon Systems, incorporou na versão mais atual, denominada Block IV, um sistema de orientação por satélite. Distinguem-se quatro tipos básicos: TLAM-N (contra alvos terrestres / ogiva nuclear); TASM (anti-navio); TLAM-C (contra alvos terrestres / ogiva convencional); e TLAM-D (contra alvos terrestres / ogivas múltiplas). O tipo TLAM - *Tomahawk Land Attack Missile* tem alcance maior que 2 mil km e velocidade superior a 800 km/h. Outro exemplo, os SM-39 (família Exocet) equipam os SSN franceses (JANE'S..., 2000).

Os mísseis táticos podem ser carregados nos tubos de torpedos ou num sistema de lançamento vertical. A desvantagem do primeiro método de carregamento é a redução da quantidade de torpedos disponíveis para emprego imediato, porém permite que o submarino

acrescente mísseis táticos ao seu armamento, a qualquer momento, mesmo que não constem no seu projeto original. Já o segundo método requer a incorporação de um sistema de lançamento vertical no projeto do submarino.

– minas – são artefatos basicamente constituídos por uma carga explosiva e um detonador. Em geral, após o lançamento, em área selecionada, permanecem estacionárias, depositadas ou presas ao fundo. Explodem por influência ou impacto quando da aproximação do casco de uma embarcação. A ameaça que representam pode restringir ou retardar o trânsito de navios inimigos, além de destruí-los. Segundo a DBM, a minagem está associada ao conceito de desgaste ou enfraquecimento da força adversária. Os submarinos podem lançar minas em uma área controlada pelo inimigo e evadir-se sem serem detectados. Por exemplo, as minas MK67 fazem parte da dotação do armamento dos SSN norte-americanos. São autopropulsadas, isto é, podem alterar a posição de plantio e detonam por múltipla influência (JANE'S..., 2000). A incorporação de minas ao inventário do SN-BR intensificará seu potencial de dissuasão.

O Brasil não fabrica torpedos, mísseis táticos e minas, portanto, a solução para armar o SN-BR virá do mercado externo ou, preferencialmente, pelo desenvolvimento nacional desse tipo de armamento.

Em síntese, à luz da DBM, o SN-BR será empregado, prioritariamente, em operações de ataque e antissubmarino contribuindo com o Poder Naval para a consecução das tarefas básicas de Negação do Uso do Mar ao Inimigo, Controle de Área Marítima e Projeção de Poder sobre Terra. Na Contribuição para a Dissuasão, tarefa a ser executada desde a situação de paz, a posse do SN-BR em condição de pronto emprego ampliará, significativamente, a capacidade de dissuasão do País contra ameaças externas vindas do mar.

Nas operações de ataque realizará tarefas de destruição ou neutralização de unidades navais e navios utilizados nas LCM do inimigo, além de destruição ou neutralização

de objetivos terrestres de interesse, caso dotado de mísseis contra alvos de terra. Nas operações antissubmarino realizará tarefas com o propósito de negar ao inimigo o uso eficaz desses meios. Adicionalmente, poderá ser empregado em operações de esclarecimento, minagem e especiais.

Estrategicamente, poderá ser empregado na destruição do tráfego marítimo inimigo, visando a exaurir seu poder econômico ou desviar parte do esforço do poder naval oponente para proteger suas LCM; em operações de bloqueio naval, a fim de contribuir com a força naval amiga nas tarefas de impedir o inimigo a ter acesso às áreas marítimas de interesse; em ações de desgaste, a serem concretizadas por operações de ataque sucessivas em face da grande mobilidade e, ou, operações de minagem, visando o enfraquecimento gradual da força naval adversária; em ações de apoio aproximado ou afastado às forças navais amigas, de modo a colaborar com o Comando do Teatro de Operações Marítimo (COMTOM)²¹; e na dissuasão, justificada pelo elevado grau de ameaça que representará quando da sua existência.

Dentre as possibilidades de emprego do SN-BR em tempo de paz, evidenciam-se:

- Contribuir com a política externa do País em visitas a portos estrangeiros amigos, exercícios com marinhas amigas, operações de evacuação e resgate de não combatentes em regiões de risco e demais interesses do governo brasileiro;
- Contribuir para operações de patrulha naval em áreas marítimas sob jurisdição brasileira;
- Contribuir para a formação e adestramento do pessoal submarinista;

²¹ Comando do Teatro de Operações Marítimo (COMTOM) significa “Grande Comando Combinado, diretamente subordinado ao Comando Supremo, a cujas forças caberá realizar operações singulares e combinadas, bem como participar de operações conjuntas, concernentes à consecução da campanha naval a ser empreendida e cuja área de responsabilidade compreenderá toda extensão oceânica, inclusive ilhas e trechos do litoral, necessária ao desenvolvimento das operações navais” (BRASIL, 1981, p.30); Comando Combinado significa “Comando com responsabilidade de cumprir determinada missão e que tem como subordinados elementos de mais de uma Força Armada” (BRASIL, 1981, p.29); Operação Combinada significa “Aquele em que elementos ponderáveis de mais de uma Força Singular operam sob comando único”; e Operação Conjunta significa “Emprego coordenado de elementos de mais de uma Força Singular, com propósitos interdependentes ou complementares, sem que haja a constituição de um comando único no escalão considerado” (BRASIL, 1981, 91-92).

- Contribuir para o adestramento da Esquadra brasileira, em especial, nos exercícios relacionados à operação antissubmarino;
- Contribuir para a preservação das nossas plataformas de exploração e exploração de petróleo e gás no mar, contra ações terroristas vindas do mar; e
- Contribuir para a dissuasão.

3.3 Segurança nuclear

O fator SEGURANÇA é imprescindível a bordo de submarinos. O domínio dessa plataforma polivalente exige um perfeito conhecimento de suas singularidades e potencialidades. Assim como os navios de superfície, todo submarino está exposto a avarias decorrentes, por exemplo, de colisões; incêndios; explosões; encalhes; alagamentos; ruptura de redes de água salgada, de óleo hidráulico, de combustível, de ar comprimido de alta pressão; panes elétricas. Tais eventos indesejados podem ter sua origem em falhas do material que comprometem sua funcionalidade, erros de procedimento, condições desfavoráveis de mar, impactos de armas, entre outros. Todavia, a ocorrência de avarias se reveste de maior gravidade quando se opera abaixo d'água, mesmo estando-se, normalmente, imune a severas condições de mar e tempo na superfície. A perda de controle da plataforma, enquanto se combate um incêndio, alagamento ou qualquer avaria grave, caso não restabelecido com rapidez, poderá levar o submarino a atingir a profundidade de colapso, ou seja, a profundidade na qual o casco não mais resiste à pressão externa da massa líquida envolvente, sendo então literalmente rompido.

Nesse sentido, a minimização dos riscos de avarias em um submarino depende de uma completa intimidade da tripulação com o material (sistemas, equipamentos e armamento) e uma contínua manutenção e preparo para empregá-lo. Cabe assinalar que a ênfase dada à

segurança a bordo de um submarino não visa apenas à sobrevivência deste, e, por conseguinte, da sua tripulação, mas implica também a proteção do meio ambiente no qual se insere, em especial quando dotados de uma instalação propulsora nuclear. O processo de geração de energia em uma IPN é o mesmo de uma usina termonuclear em terra. Entretanto, existem diferenças expressivas entre ambas, em especial, no que tange à segurança nuclear²².

Guimarães (1999) especifica que riscos potenciais de exposição radiológica são qualitativamente os mesmos para uma IPN e uma instalação nuclear baseada em terra ou estacionária, dado que os tipos de partículas existentes no núcleo de um reator de propulsão naval não diferem qualitativamente daqueles existentes em um reator eletronuclear²³. Porém, quantitativamente, o inventário de produtos radioativos presentes no reator de um submarino é expressivamente menor do que aquele presente num reator de potência eletronuclear equivalente a Angra II, por exemplo. Isto significa que, considerando situações acidentais de mesma natureza, as consequências radiológicas seriam da ordem de cinquenta vezes inferiores para um submarino nuclear de ataque, quando comparado com uma central nuclear, porém não menos relevante.

Acrescenta Guimarães (1999) que a gravidade dos perigos potenciais nos reatores está vinculada à sua potência térmica, que é diretamente proporcional ao inventário dos materiais radioativos presentes na instalação. Assim sendo:

- para reatores de uma instalação nuclear embarcada, a potência térmica equivale a 50-100 MWth²⁴;
- para reatores de centrais nucleares comerciais, a potência térmica equivale a

²² Segurança nuclear consiste em todas as ações empreendidas para proteção de indivíduos e meio ambiente, a fim de evitar a ocorrência de acidentes que envolva uma IPN com liberação de material radioativo acima de níveis aceitáveis, bem como minimizar suas consequências, considerando a possibilidade da ocorrência de acidentes. “A Segurança Nuclear tem sua ênfase principal colocada sobre a integridade do reator e, complementarmente, sobre a integridade das barreiras físicas que contêm os produtos radioativos em caso da ocorrência de acidentes, como meio e atingir seu objetivo” (GUIMARÃES, 1999, p.348).

²³ Reator eletronuclear é um reator de potência cujo propósito é produzir energia térmica para geração de eletricidade em uma central nuclear baseada em terra (Nota do Autor).

²⁴ MWth significa megawatt térmico, corresponde, portanto, à produção de potência térmica (Nota do autor).

1.000-3.800 MWth;

- para reatores de pesquisa²⁵, a potência térmica é da ordem de 0-800 MWth.

Cabe destacar que o reator de propulsão naval está sujeito a severas condições de funcionamento quando comparado ao reator de uma instalação estacionária. Nesse sentido, a IPN do SN-BR deverá ser capaz de suportar, sem desligamento, variações frequentes de potência, bruscas ou não, relacionadas às alterações de velocidade do meio naval. Adicionalmente deverá ser silenciosa e não apresentar falhas quando submetida aos balanços e caturros²⁶ (navegação na superfície) e inclinações de casco (mudanças de profundidades ou cota).

Observa-se, também, que as restrições impostas pelo espaço reduzido destinado à IPN de um submarino impossibilitam que seja aplicada uma diversidade de soluções de segurança encontradas em uma central nuclear comercial. Desta forma, a instalação nuclear embarcada, não é somente uma unidade independente de geração de energia como a instalação estacionária. Além disso, é parte integrante e indissociável do submarino, que condicionará seu projeto e operação.

Os reatores nucleares possuem duas propriedades que os distinguem das demais instalações de geração de energia, conforme Guimarães (1999):

- em situação normal de operação armazenam, de forma acumulativa, uma grande quantidade de produtos radioativos, dos quais os indivíduos devem estar efetivamente protegidos e que podem ocasionar sérios acidentes, caso sejam liberados em grande escala no meio ambiente; e

- em situação inerte, ou seja, desligado, continuam produzindo uma significativa quantidade de energia, por longo período, devido à desintegração dos produtos

²⁵ Reatores de pesquisa “são aqueles cuja missão é produzir fluxo de nêutrons para irradiação de materiais diversos, tais como: produção de radioisótopos, dopagem de semicondutores, materiais a serem usados em reatores de potência ou outras aplicações nucleares” (GUIMARÃES, 1999, p. 49).

²⁶ Caturro significa o “jogo” do navio no sentido longitudinal, ou seja, no sentido de proa a popa, provocado pela agitação do mar. É o vaivém do mergulhar da proa do navio (Nota do Autor).

radioativamente instáveis derivados da fissão e contidos na matriz do combustível nuclear.

Assim sendo, o risco potencial dos reatores nucleares advém principalmente da possibilidade de liberação de material radioativo, acima de níveis aceitáveis, para fora da blindagem do reator. Para reduzir esta possibilidade, é necessário garantir o cumprimento de três funções básicas relacionadas à segurança de reatores (GUIMARÃES, 1999, p. 51) e que deverão estar presentes no SN-BR:

- Controle eficaz da reação nuclear;
- Resfriamento adequado do combustível; e
- Contenção dos materiais radioativos, por meio de encamisamento do combustível nuclear, blindagem do circuito primário, blindagem do compartimento do reator e blindagem de todas as partes que contenham materiais radioativos.

A perda de uma ou mais daquelas funções de segurança implicará a ocorrência de três cenários acidentais, ainda, segundo Guimarães (1999):

- Acidentes de Reatividade (ou de Criticalidade) – relacionam-se com perda do controle externo sobre a reação de fissão nuclear, ocasionando, por exemplo, um aumento extremamente rápido de energia gerada no núcleo do reator;
- Acidentes de Perda de Resfriamento – caracterizam-se por um desequilíbrio acentuado entre a potência térmica gerada no reator e a potência térmica removida pelo seu sistema de resfriamento, podendo ocasionar a fusão do núcleo do reator; e
- Acidentes de Perda de Estanqueidade – constituem-se na dispersão de materiais radioativos para o meio ambiente devido ao comprometimento de uma ou mais blindagens ou barreiras de contenção.

Historicamente, destacam-se três acidentes em centrais nucleares, conforme a seguir:

- *Three Mile Island*, nos EUA, em 1979, ocorreu por falha de resfriamento do

reator nº2, resultando no derretimento do seu núcleo. Não houve registros de mortes ou lesões, tanto de operadores, como do pessoal da comunidade local, bem como não houve registro de liberações inaceitáveis de materiais radioativos para o meio ambiente. Entretanto, a partir de então, foram estabelecidas mudanças radicais envolvendo procedimentos em situações de emergência, treinamento de operadores do reator, estabelecimento de requisitos de proteção radiológica e implementação de novos sistemas e dispositivos adicionais de segurança (THREE..., 2010);

– *Chernobyl*, na ex-União Soviética, em 1986, foi produto de um reator com falhas de projeto juntamente com erros graves de testes cometidos por operadores, sendo que dois destes morreram na noite do acidente. Após algumas semanas, 28 pessoas morreram devido aos efeitos da exposição à radiação aguda. Além disso, houve uma elevada contaminação ambiental (CHERNOBYL..., 2011); e

– *Fukushima*, em março de 2011, no Japão, com a liberação de expressiva quantidade de produtos radioativos na atmosfera. Ocorreu devido às agressões externas oriundas de terremoto e tsunami. Suas consequências e desdobramentos, ainda, estão sendo avaliadas pelo governo japonês e agências nucleares de vários países.

Observa-se que nos acidentes supracitados ocorreu a perda de resfriamento e de estanqueidade do reator.

Com relação a acidentes nucleares relacionados aos meios navais, em especial submarinos, não há disponibilidade de informações claras pelos governos envolvidos sobre tais ocorrências. Normalmente, as notícias são associadas ao desaparecimento ou afundamento destes meios, sem correlacioná-las com as possíveis causas ou investigações posteriores. Todavia, o acidente ocorrido, em julho de 1961, com o submarino soviético K-19, em missão no Atlântico Norte, decorrente de falha do resfriamento do reator, tornou-se bastante conhecido do público em geral, após o lançamento de um filme pela indústria

cinematográfica sobre tal episódio. A tripulação sofreu exposição radiológica acentuada, em particular, os marinheiros envolvidos, diretamente, no árduo reparo da IPN avariada. Alguns destes heróis vieram a falecer, posteriormente.

A prevenção de acidentes nucleares em uma IPN deve obedecer quatro objetivos de segurança, assim discriminados, conforme Guimarães (1999):

– Objetivo Geral

Tem como propósito a proteção dos indivíduos (tripulantes, pessoal de apoio em terra e público em geral) e do meio ambiente contra riscos potenciais de origem radiológica decorrentes da operação de um submarino nuclear de ataque. Tais ameaças, caso concretizadas, implicam efeitos prejudiciais a saúde do ser humano, como a possibilidade de desenvolvimento de câncer, e em danos ao meio ambiente devido a contaminação por produtos radioativos da fauna e flora marinha, bem como da atmosfera, inviabilizando o consumo de alimentos provenientes da área afetada.

– Objetivo de Proteção Radiológica

Em situação normal, visa a assegurar que a dose de radiação recebida pela tripulação, pessoal de apoio em terra e público externo, decorrente da exposição direta e da liberação controlada para o ambiente de material radioativo oriundo da IPN, seja mantida abaixo do limite aceitável. Em caso de acidentes, visa a prover estruturas, sistemas e procedimentos para restringir a extensão da exposição radiológica ou mitigar suas consequências.

– Objetivo de Confiabilidade e Seguridade

Destina-se a garantir recursos confiáveis à IPN, a fim de evitar a ocorrência de acidentes ou deter sua progressão, por meio da implementação de dispositivos especiais de segurança e meios que assegurem o controle eficaz da reação nuclear, a manutenção de resfriamento do reator e a contenção dos materiais radioativos, bem como o estabelecimento

de procedimentos de emergência apropriados. Enfim, este objetivo é aplicado à prevenção de acidentes, minimização de suas consequências e gerenciamento de situações de emergências, de modo a garantir um alto grau de confiabilidade e segurança à IPN.

– Objetivo de Disponibilidade

Visa a assegurar certo grau de disponibilidade à IPN, de modo que a segurança de um submarino nuclear não seja afetada, em situações em que o reator esteja parcialmente avariado ou degradado. Assim sendo, dispositivos especiais de segurança deverão ser implementados para garantir o fornecimento contínuo de energia aos sistemas vitais do meio naval, a fim de garantir às condições mínimas de manobrabilidade. Simultaneamente, os riscos potenciais de exposição radiológica deverão ser considerados na avaliação pela manutenção do funcionamento ou desligamento do reator.

O cumprimento dos objetivos supracitados deve ser garantido por uma Autoridade de Segurança Nuclear (ASN) que, segundo Guimarães (1999), é um órgão estabelecido pelo Estado, totalmente independente da Organização Operadora. Nesse sentido, a ASN deverá estabelecer políticas gerais, normas rígidas de segurança e emissões de licenças administrativas, a fim de validar o projeto, a construção, a operação e a manutenção do futuro SN-BR, obviamente, em consonância com as necessidades operativas da MB.

Em resumo, a natureza nuclear da propulsão do SN-BR não deverá produzir efeitos prejudiciais à tripulação, pessoal de apoio em terra, público em geral e meio ambiente durante todo o ciclo de vida²⁷ deste meio naval. Assim sendo, uma segurança nuclear eficaz deverá compor o espectro das características operacionais desejáveis para o futuro SN-BR.

²⁷ O ciclo de vida de um submarino é definido “como a sequência de fases que se inicia com o estabelecimento das necessidades militares às quais deverá atender (Requisitos de Estado-Maior - REM) seguindo-se com o projeto, fabricação de componentes, construção naval, montagem eletromecânica, comissionamento, períodos de operação, períodos de manutenção, eventuais obras de atualização e modernização, e descomissionamento, esta última marcando o fim de sua vida útil. Conclui-se este ciclo com o desmantelamento do submarino descomissionado e a disposição final de suas partes e do combustível irradiado ao longo de sua vida útil” (GUIMARÃES, 1999, p. 7).

3.4 Tripulação

Outra característica operacional relevante para o SN-BR traduz-se na capacitação profissional a ser exigida dos seus tripulantes, em especial, do pessoal que estará envolvido diretamente na operação e manutenção da instalação nuclear embarcada. É possível vislumbrar que o salto tecnológico decorrente da incorporação dessa nova arma implicará mudanças significativas de rumos para a MB, em particular, no processo de formação e qualificação de oficiais e praças submarinistas para condução da IPN. Em outras palavras, a tripulação do futuro SN-BR deverá ter competências e habilidades na área nuclear semelhantes às aquelas encontradas nas tripulações dos submarinos nucleares das marinhas que operam esses meios. Nesse sentido será apresentada uma pesquisa da formação e carreira dos submarinistas das marinhas francesa e norte-americana, por estarem disponíveis, mesmo sem detalhes, no intuito de se tentar visualizar que capacidades a tripulação do SN-BR deverá ter para torná-lo efetivamente operacional na área nuclear.

Bechler²⁸ (2011), conforme entrevista constante do anexo A, registra que a preparação do oficial submarinista da Marinha Nacional da França (MNF) se inicia com o aprendizado de conhecimentos básicos em submarinos de propulsão nuclear na Escola de Navegação Submarina. Ressalta que esta fase preliminar é comum para os oficiais “maquinistas e operativos”²⁹. Após a conclusão desta etapa, a formação segue de modo distinto, já que os primeiros estarão envolvidos diretamente com a manutenção, operação e supervisão da IPN e demais sistemas mecânicos e elétricos de bordo e os segundos com o emprego tático da plataforma submarina.

²⁸ Laurent Bechler é Capitão-de-Fragata da Marinha Nacional Francesa e exerce atualmente a função de Assessor Especial do Diretor de Ensino da Marinha do Brasil. Concedeu entrevista ao Capitão-de-Mar-e-Guerra Nelson Nunes da Rosa, oficial da ativa da Marinha do Brasil (Anexo A).

²⁹ Oficial maquinista é aquele aperfeiçoado em mecânica e eletricidade e oficial operativo é aquele aperfeiçoado em eletrônica, armamento ou comunicação, após a saída da Escola Naval (Nota do Autor).

O QUADRO 1 apresenta um resumo das principais capacitações e qualificações requeridas para a formação e carreira de oficiais submarinistas da MNF da área de máquinas e os períodos médios de duração de cursos e comissões. Adotou-se a seguinte simbologia: (Δt) = intervalo de tempo; (d) = dia; (m) = meses; e (s/inf) = sem informação.

QUADRO 1

Principais cursos e comissões para oficiais “maquinistas” submarinistas da MNF e períodos médios envolvidos

Curso / Comissão	(Δt)
Curso básico de submarinos nucleares	15 (d)
Curso de Oficial de Águas	45 (d)
Comissão como Ajudante do Oficial Encarregado da Divisão Plataforma ou da Divisão Propulsão/Eletricidade	12 a 24 (m)
Curso de Engenharia nuclear, Segurança nuclear e Radioproteção	12 (m)
Curso de Supervisor de Reator	7 (m)
Curso de Chefe de Máquinas e Logística Operativa	15 (d)
Curso de conhecimentos avançados em submarinos nucleares	17 (d)
Comissão como Oficial Encarregado da Divisão Plataforma ou da Divisão Propulsão/Eletricidade	18 a 24 (m)
Comissão como Encarregado da Divisão do Reator	18 a 24 (m)
Comissão em um órgão de manutenção ou instrutoria em terra	24 a 36 (m)
Comissão como Chefe do Departamento de Máquinas	24 (m)
Curso na Escola de Guerra Naval	12 (m)
Comissão no Estado-Maior da Força de Submarinos ou em outros Setores da MNF	(s/inf)
Cursos de Altos Estudos Militares	(s/inf)

Desta forma, a formação teórica e qualificação do oficial maquinista submarinista abrangem cursos de engenharia nuclear, segurança nuclear, radioproteção, supervisor de reator e de conhecimentos avançados em submarinos. Acrescentam-se outros como o de oficial de águas³⁰ e o módulo “Chefe de Máquinas e Logística Operativa”. Em complemento a

³⁰ Oficial de águas significa aquele que é responsável pelo controle de manobra da plataforma submarina em imersão. O oficial de águas deverá manter o submarino na cota ou profundidade ordenada, bem como executar as demais manobras determinadas pelo comandante e aquelas previstas em situações de emergência (Nota do Autor).

cada curso é realizada a correspondente parte prática a bordo e em simuladores de terra. As principais funções ou comissões desempenhadas a bordo são como oficial de águas, encarregado da divisão “plataforma” ou da divisão “propulsão/eletricidade”, encarregado da divisão “reator”, supervisor do reator e chefe do departamento de máquinas. Como encargo colateral é o assessor do Imediato nos assuntos referentes à segurança nuclear e radioproteção. Cabe assinalar que após exercer a função de chefe de máquinas, raramente concorre ao cargo de Imediato e Comandante. Normalmente, após carreira no mar, assumem funções ligadas à área nuclear, seja em órgãos de segurança nuclear, seja no Estado-Maior da Força de Submarinos ou no Estado-Maior da MNF. Caso não ascendam ao posto de Almirante, estarão, naturalmente, capacitados a serem contratados para exercer cargos ou funções intra ou extra-MNF, no campo nuclear.

Em relação à preparação do oficial submarinista da área de operações, seguem-se cursos de segurança nuclear, radioproteção e conhecimentos avançados na área de submarinos. Quanto aos cursos de carreira, destacam-se o de “doutrina e procedimentos táticos” e um específico de comando. Este último visa a selecionar os oficiais que preenchem os requisitos para exercer o comando de submarino. Aqueles que obtiverem uma avaliação favorável estarão em condições de concorrer à escala de comando. As principais funções ou comissões desempenhadas a bordo, ao longo da carreira, são como oficial de serviço no passadiço, oficial de periscópio, encarregado da divisão de navegação, encarregado da divisão de comunicações, encarregado da divisão de guerra antissubmarino/armamento, chefe do departamento de operações, imediato e comandante.

O QUADRO 2 apresenta um resumo das principais capacitações e qualificações requeridas para a formação e carreira de oficiais submarinistas da MNF da área de operações e os períodos médios de duração de cursos e comissões.

QUADRO 2

Principais cursos e comissões para oficiais operativos submarinistas da MNF e períodos médios envolvidos

Curso / Comissão	(Δt)
Curso básico de submarinos nucleares	15 (d)
Comissão como Encarregado da Divisão de Navegação/Comunicação	12 a 24 (m)
Possibilidade de Comissão como Comandante de um pequeno navio de superfície, normalmente, navio de patrulha	12 (m)
Curso de Doutrina e Procedimentos Táticos de submarinos	8 (m)
Curso de Segurança nuclear e Radioproteção	2,5 (m)
Comissão como Encarregado da Divisão de Guerra Antisubmarino/Armamentos	24 (m)
Curso de conhecimentos avançados em submarinos nucleares	17 (d)
Comissão como Chefe do Departamento de Operações	24 (m)
Curso avançado de Segurança nuclear e Radioproteção	6 (m)
Comissão como Imediato de submarino nuclear de ataque	12 a 24 (m)
Curso de Comando de submarino	2 (m)
Comissão como Comandante de submarino nuclear de ataque	18 (m)
Curso na Escola de Guerra Naval	12 (m)
Comissão no Estado-Maior da Força de Submarinos ou em outros Setores da MNF	24 (m)
Imediato de submarino nuclear balístico	18 a 24 (m)
Comandante de submarino nuclear balístico	24 (m)
Cursos de Altos Estudos Militares	(s/inf)

O processo de formação e qualificação das praças submarinistas voltado para área nuclear envolve um curso teórico de funcionamento de reatores e outro de operador desses equipamentos. Ambos para as praças maquinistas, isto é, especializadas em mecânica e eletricidade. As principais funções exercidas a bordo pelos “mecânicos” correspondem às de operador do painel de controle do reator ou do painel de controle do circuito secundário, supervisor de reator e químico nuclear. O QUADRO 3 apresenta um resumo das principais capacitações e qualificações requeridas para a formação e carreira de praças submarinistas da MNF especializadas em mecânica voltada para área nuclear e os períodos médios de duração de cursos e comissões.

QUADRO 3

Principais cursos e comissões para praças “mecânicos” submarinistas da MNF da área nuclear e períodos médios envolvidos

Curso / Comissão	Δt
Curso superior de mecânico adaptado para área nuclear	4 (m)
Curso teórico de funcionamento de reator	6 (m)
Curso de operação de reator	7 (m)
Comissão como operador do painel de controle do reator ou do painel de controle do circuito secundário. Depois a praça pode optar em exercer a função de químico nuclear ou de supervisor de reator	5 a 6 anos
Curso de químico nuclear	18 (m)
Comissão como químico nuclear	3 a 6 anos
Curso de Supervisor de Reator (engenharia nuclear, segurança nuclear e radioproteção)	12 (m)
Comissão como supervisor de reator	4 a 6 anos

Quanto aos eletricitas, podem assumir as funções de vigilante de compartimento avante, operador das plantas de regeneração de ar, operador do painel de controle de sistemas elétricos, supervisor de reator e instrumentista. Cabe mencionar que a supervisão de reator exige a formação em engenharia nuclear, segurança nuclear e radioproteção. O QUADRO 4 apresenta um resumo destas capacitações e qualificações requeridas.

QUADRO 4

Principais cursos e comissões para praças “mecânicos” submarinistas da MNF da área nuclear e períodos médios envolvidos

Curso / Comissão	Δt
Curso superior de eletricista adaptado para área nuclear	5 (m)
Curso teórico de funcionamento de reator	6 (m)
Curso de operação de reator	7 (m)
Comissão como operador do painel de controle dos sistemas elétricos. Depois a praça pode optar em exercer a função de instrumentista nuclear ou de supervisor de reator	5 a 6 anos
Curso de instrumentista nuclear	8 (m)
Comissão como instrumentista nuclear	4 a 6 anos
Curso de Supervisor de Reator (engenharia nuclear, segurança nuclear e radioproteção)	12 (m)
Comissão como supervisor de reator	4 a 6 anos

Em relação às praças da área de operações, Bechler (2011) não identifica nenhuma incumbência ligada à área nuclear. As funções são similares às aquelas exercidas por nossas praças a bordo dos submarinos convencionais da classe Tupi e Tikuna, entre outras, as funções de operador e supervisor sonar, operador e supervisor do sistema de direção de tiro, timoneiro, auxiliar de navegação, operador do radar e equipamento de guerra eletrônica, operador de torpedo e auxiliar de comunicações.

O ingresso de praças na MNF é efetuado por alistamento, como marinheiro, ou por concurso à Escola de Sargentos. Enquanto o recrutamento como marinheiro requer, apenas, a conclusão dos estudos do primeiro grau, o ingresso via Escola de Sargentos exige que se tenha pelo menos o ensino médio completo. No que tange às praças maquinistas que optam pela carreira submarinista, ressalta Bechler (2011) que a maioria é oriunda da Escola de Sargentos, provavelmente, por estarem mais bem preparadas academicamente para absorverem os complexos conhecimentos intrínsecos à área nuclear. Após ter sido supervisor de reator, a praça pode se candidatar a oficial.

A certificação dos supervisores de reator (oficiais e praças) e operadores de reator (praças), não é realizada somente pela MNF, mas, também, pelo Instituto Nacional das Ciências e Técnicas Nucleares daquele país e por uma comissão cuja composição é validada pela ASN. Anualmente, tanto os supervisores como os operadores de reator naval são avaliados em provas escritas e práticas nos simuladores pela seção de adestramento da Força de Submarinos da MNF, conforme procedimentos aprovados pela ASN. Os oficiais da área de operações que concorrem à escala de serviço no porto são avaliados uma vez por ano em conhecimentos pertinentes a segurança nuclear e radioproteção.

Diferentemente da MNF, o oficial submarinista da Marinha dos EUA tem a mesma formação e qualificação na área nuclear. Inicialmente, é submetido a três cursos em terra. O primeiro é realizado na *Naval Nuclear Power School* (NNPS), com duração de seis

meses, que fornece aos oficiais alunos a base de conhecimentos necessários para uma compreensão teórica de uma IPN. No segundo, o processo de aprendizagem envolve treinamento prático durante 26 semanas em uma *Nuclear Power Training Unit* (NPTU), onde existem vários reatores protótipos em operação, bem como toda a planta nuclear em escala real. Segue-se o *Submarine Officer Basic Course* (SOBC), um curso básico de submarinos realizado em *New London, Connecticut*, com duração de 12 semanas. Concluída com êxito esta fase inicial em terra, a qualificação do oficial prossegue com embarque em um submarino nuclear durante três anos. Após esse período, caso aprovado, passa a ostentar em seu uniforme a insígnia de submarinista. A partir de então, segue períodos alternados entre comissões embarcadas e em terra, tendo como obrigatória a validação periódica de sua proficiência na área nuclear (SUBMARINE..., 2011). Em termos de carreira todos os oficiais submarinistas norte-americanos possuem as mesmas oportunidades, inclusive de imediato e comandar um submarino nuclear, desde que provem habilidade e competência para tal.

Em linhas gerais, Marques³¹ (2011), conforme entrevista constante do anexo B, identifica a necessidade dos seguintes serviços para a condução da IPN do futuro SN-BR, tanto em regime de viagem, como em regime de porto:

- Operador do circuito primário: responsável pela condução do reator, bombas de circulação de resfriamento, pressurizador e gerador de vapor, entre os itens mais importantes;
- Operador do circuito secundário: responsável pela operação dos turbogeradores, condensadores, bombas de circulação de resfriamento, ejetores para vácuo em condensadores, válvulas pneumáticas ou de garganta, entre outros equipamentos;
- Operador do circuito de propulsão: responsável pelo funcionamento do Motor

³¹ André Luiz Ferreira Marques é Capitão-de-Mar-e-Guerra da ativa da Marinha do Brasil e exerce atualmente a função de Coordenador do Programa de Propulsão Nuclear no Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTEMSP). Concedeu entrevista ao Capitão-de-Mar-e-Guerra Nelson Nunes da Rosa, oficial da ativa da Marinha do Brasil (Anexo B).

Elétrico Principal (MEP) e demais sistemas elétricos associados;

- Supervisor da propulsão: função exercida pelo profissional mais experiente na condução da IPN; e

- Vigilante do compartimento de Máquinas: responsável pelo monitoramento de instrumentos, sensores e atuadores, entre outros equipamentos.

Baseado em Bechler (2011), outras atribuições poderiam ser incluídas na lista supracitada:

- Supervisor do Reator: responsável pela IPN formado em engenharia nuclear, segurança nuclear e radioproteção.

- Instrumentista nuclear: responsável pelo monitoramento de material radioativo;

- Químico nuclear: responsável pelo controle da qualidade da água do circuito primário e secundário;

- Operador das plantas de regeneração de ar: responsável pelo monitoramento da atmosfera de bordo; e

- Enfermeiro com especialização no tratamento de radioacidentados.

À vista do exposto, o SN-BR deverá ter como característica operacional das mais relevantes, uma tripulação ou grande parte dela com sólida capacitação na área nuclear. A preparação do pessoal exigirá profundos conhecimentos em matemática, física clássica e nuclear, eletricidade e mecânica, tecnologia de reatores nucleares, termodinâmica, química, resistência de materiais, metalurgia, engenharia nuclear, segurança nuclear, radioproteção, entre outros. Assim sendo, a formação do pessoal será distinta daquelas atualmente existentes nos Corpos e Quadros da MB. A manutenção das competências necessárias ao desempenho das diversas funções relacionadas à condução da IPN dependerá de uma periódica validação das qualificações, certificações e licenças, seja em simuladores, seja em provas escritas ou cursos de reciclagem. Os conhecimentos existentes em nosso País encontrados no PNM,

Programa Nuclear brasileiro, Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), universidades e outros órgãos ou instituições ligadas à área nuclear em muito poderão contribuir para a preparação dos futuros submarinistas nucleares da MB.

3.5 Sistema de combate

É desejável que o SN-BR tenha um sistema de armas capaz de lançar mísseis táticos contra alvos de superfície e objetivos terrestres inimigos, além da capacidade de lançar minas e torpedos. Este último é empregado sem exceção por qualquer submarino, até mesmo os lançadores de mísseis balísticos, que os tem para autodefesa. Adicionalmente é importante que seja dotado de um sistema de defesa antitorpédico constituído por despistadores (alvos falsos). Atualmente os sistemas de defesa antitorpedo são empregados de duas maneiras distintas: aqueles projetados para destruir os torpedos que ameaçam o submarino, e os projetados para apenas desviar os torpedos lançados pelo inimigo ou simular um contato submarino.

Ao mesmo tempo, almeja-se que o sistema de combate do SN-BR tenha elevada capacidade de compilação tática, precisão e engajamento. Nesse sentido, deverá ter capacidade de integrar e processar os dados oriundos dos diversos sensores de bordo (sonares, periscópio de ataque, mastro de busca optrônico³², radar de navegação, sistema MAGE, sistema de navegação inercial, sistema de navegação por satélite, hodômetros eletromagnéticos³³, entre outros) e o armamento, de apresentar em tempo real o cenário das ameaças presentes na área de operações e de possibilitar uma resposta imediata para contrapô-las com precisão.

³² É um mastro que possui uma série de sensores opcionais. Normalmente vem equipado com telêmetro laser, câmera normal e infravermelha, MAGE, *Low Light Television*, antena de GPS/comunicações, entre outros (Nota do Autor).

³³ São sensores utilizados para medir a distância percorrida e a velocidade do meio naval (Nota do Autor).

Por fim, é fundamental que o armamento, sensores e componentes relevantes do sistema sejam de projeto preferencialmente nacional, a fim de garantir atualizações e manutenções, tanto de *hardware* como de *software*, sem dependência ou “boa vontade” de fornecedores ou governos estrangeiros.

3.6 Casco

É vantajoso taticamente que o SN-BR tenha excelente manobrabilidade, desenvolva altas velocidades silenciosamente e atinja grandes profundidades. O casco contribui significativamente para que essas qualidades de desempenho sejam alcançadas. Assim sendo, a geometria do casco deverá ser a mais hidrodinâmica possível. Adicionalmente, poderá ser revestido externamente com placas anecóicas³⁴ que são constituídas por material razoavelmente eficaz na supressão de ruídos próprios, bem como absorvedor da energia incidente dos sonares ativos inimigos. Já a profundidade é diretamente proporcional ao tipo de ligas metálicas utilizadas na construção do casco resistente e a espessura de sua chapa. O desenvolvimento dessas ligas vem conferindo maiores limites de resistência ao casco e, por conseguinte, maiores profundidades de operação podem ser atingidas.

Entre outros parâmetros, ainda, a serem considerados no projeto do casco, destacam-se seu diâmetro, comprimento, deslocamento do submarino e resistência ao choque e impacto. Em relação aos três primeiros é desejável que tenham os menores valores de medida possíveis, a fim de propiciar maior discrição à plataforma e flexibilidade para poder operar em águas rasas, caso necessário. Em relação aos dois últimos, é importante que tenha o maior grau de resistência possível, visando à integridade do casco e da IPN, ou seja, à

³⁴ Anecóico é aquilo que “não produz eco; que tem baixíssimo grau de reverberação; à prova de som” (DICIONÁRIO, 2001).

sobrevivência do próprio SN-BR.

3.7 Sistema de comunicações exteriores

É indispensável para empregar o SN-BR que se disponha de meios de comunicação a bordo com capacidade de recepção e transmissão de voz e dados para trafegar com navios, aeronaves e estações de terra, tanto na superfície quanto na cota periscópica. Entretanto, para que as comunicações ocorram com um risco mínimo de serem detectadas é necessário um sistema militar de comunicações por satélite nacional.

Releva observar que é possível a recepção de mensagens de terra em cotas profundas, a fim de evitar que um submarino exponha mastros ou antenas de comunicação na cota periscópica. Nesse sentido é necessário que o SN-BR tenha capacidade de receber mensagens em “frequência muito baixa” (VLF). Isso implica a existência de pelo menos uma estação transmissora de VLF em terra de grande potência, garantindo que o submarino possa receber mensagens sem quebrar sua notável propriedade de ocultação.

Em especial, é necessário que o SN-BR tenha capacidade de estabelecer comunicações por fonia submarina com outros meios, tanto para fins táticos como para o emprego em operações que envolvam socorro e salvamento do próprio meio. Adicionalmente, deverá dispor de equipamentos compatíveis com o Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima (GMDSS)³⁵.

3.8 Sistema de propulsão em emergência

Em caso de uma eventual inoperância do reator nuclear, é recomendável que o

³⁵ O GMDSS é uma sigla utilizada internacionalmente, que significa *Global Maritime Distress and Safety System*, e foi traduzida para o português como Sistema Marítimo Global de Socorro e Segurança. É um sistema internacional de comunicação utilizado para que as autoridades de busca e salvamento, localizadas em terra, bem como as embarcações nas proximidades de um navio em perigo, sejam rapidamente alertadas do incidente, de modo que elas possam participar de uma operação de busca e salvamento (BRASIL, 2010c).

SN-BR disponha de uma fonte de energia elétrica alternativa com capacidade de prover imediata alimentação da propulsão, bem como dos sistemas e equipamentos elétricos vitais. Esta fonte de energia auxiliar, a ser operada em emergência, poderia ser similar ao sistema de geração de energia elétrica de um submarino convencional, porém em menor escala. Assim sendo, em emergência, o MEP poderia ser alimentado por baterias, que seriam mantidas carregadas por uma planta diesel-elétrica equipada com sistema de esnorquel.

3.9 Socorro e Salvamento

O SN-BR deverá dispor de recursos que possibilitem o escape da tripulação, caso ocorra um acidente que impossibilite o retorno do submarino à superfície. Tais recursos a serem empregados dependerão da profundidade do sinistro. Obviamente, o submarino deverá estar pousado no fundo numa profundidade muito aquém da profundidade de colapso do casco resistente, a fim de que a pressão exercida pela coluna d'água sobre o corpo humano durante o escape não seja fatal. Desta forma, o SN-BR deverá dispor de estações de salvamento, com pelo menos uma localizada na seção de vante e outra na seção de ré do submarino, que permitam o escape da tripulação vestida e protegida com macacões especiais de salvamento.

Em situações em que a profundidade do sinistro seja proibitiva ao escape livre da tripulação, o SN-BR deverá ter capacidade para receber o Sino de Resgate de Submarino (SRS) do NSS Felinto Perry da MB, que permite resgatar até seis tripulantes por vez. Sua grande vantagem é não submeter a tripulação a variações de pressão durante o socorro, afastando o perigo da ocorrência de doenças descompressivas ou barotraumas. Tal equipamento pode ser utilizado até a profundidade de 300 m.

Ao mesmo tempo, é conveniente que o SN-BR seja adaptado para receber

equipamentos de resgate de outros países, por exemplo, o *Deep Submergence Rescue Vehicle* (DSRV) da Marinha norte-americana, cujo projeto prevê seu emprego em profundidades de até 600 m, permitindo resgatar até 24 tripulantes por vez. Entretanto, o uso deste veículo depende de convênio com aquela marinha (BRASIL, 2004a).

Entre outros recursos, o SN-BR deverá dispor de bóia transmissora de sinal internacional de socorro e marcadora de posição³⁶, a ser liberada na ocorrência do sinistro, além de válvulas de casco para receber ar externo, a ser utilizado tanto para renovação do ar interno como para esgoto dos tanques de lastro e dispositivos de lançamento de pirotécnicos.

3.10 Vida útil e manutenção

Segundo Guimarães (1999), a vida útil de um submarino nuclear de ataque é, em geral, prevista para 30 anos. Assim sendo, deverá ser elaborado um Plano de Apoio Logístico Integrado (PALI) visando a garantir a disponibilidade do SN-BR por um período de no mínimo igual ao citado. Ao longo da vida útil deverão ser programados ciclos operativos seguidos de períodos de manutenção (PM)³⁷ objetivando manter o material nas melhores condições para emprego com confiabilidade, segurança e custo viável (BRASIL, 2002). É importante que se planeje um período para modernização do meio ao atingir a metade de sua vida útil, visando à atualização técnica, total ou parcial, de seus sistemas e equipamentos.

³⁶ É dita “marcadora de posição” por permanecer ligada ao casco do submarino sinistrado, por meio de um extenso cabo de aço.

³⁷ Períodos de manutenção (PM) são os períodos em que o meio permanece indisponível, para fins operativos, visando à realização das atividades de manutenção. Há vários tipos de PM, entre os mais relevantes, destaca-se: o Período de Manutenção Geral (PMG) que envolve a inspeção detalhada e completa do material e as respectivas ações de manutenção planejadas necessárias a reconduzi-lo ou mantê-lo dentro de suas especificações técnicas, sendo normalmente de longa duração; o Período de Docagem de Rotina (PDR) que envolve ações de manutenção planejadas a serem executadas em dique; o Período de Docagem Extraordinária (PDE) que envolve um eventual reparo corretivo que necessite de dique; o Período de Manutenção Atracado (PMA) destinado a manutenção de pequeno vulto; o Período de Revalidação para Submarinos (PRS) destinado as ações de manutenção que visam a extensão do período operativo do submarino; e o Período de Modernização de Meios (PMM) que tem por objetivo à atualização técnica, total ou parcial, de sistemas e equipamentos, sem alterar suas características básicas (BRASIL, 2002).

3.11 Nacionalização

É fundamental que o processo de construção do SN-BR contemple uma expressiva nacionalização, principalmente para o sistema de comando, controle e de direção de tiro, sistema de navegação inercial, sistema de comunicações, sonares, radar de navegação, sistema de periscópios, armamento e sistemas auxiliares³⁸. Quanto à IPN, já vem sendo desenvolvido um protótipo em terra com tecnologia nacional, conforme será visto no quarto capítulo do presente trabalho.

Cabe assinalar que a busca de um alto índice de nacionalização contribuirá não somente para aparelhar o País com um eficaz meio naval de negação do uso do mar ao inimigo, mas também para promover o desenvolvimento de tecnologia de ponta que poderá ser utilizada em vários segmentos da indústria nacional, trazendo crescimento econômico e benefícios para nossa sociedade.

³⁸ Sistemas auxiliares são os sistemas de ar comprimido, óleo hidráulico e combustível, compensação, trimagem e esgoto, ventilação e extração, ar condicionado, controle de avarias, salvatagem, produção e armazenamento de água doce, ejeção de lixo, frigorífica, entre outros (tais sistemas são encontrados também num submarino convencional). Em relação a planta nuclear os sistemas auxiliares são constituídos pelos dispositivos de segurança do reator, sistemas de proteção radiológica, bombas de circulação, entre outros. (Nota do Autor).

4.0 OUTROS ASPECTOS

4.1 O Programa Nuclear da Marinha

A participação científica e tecnológica da MB na capacitação nuclear brasileira remonta à década de 40. Nessa época foram dados os primeiros passos para o domínio do ciclo do combustível nuclear e o desenvolvimento de reatores de potência, requisitos indispensáveis à conquista da independência tecnológica nuclear do País e à viabilização da construção do primeiro SN-BR.

Em 1946, o Almirante Álvaro Alberto foi designado nosso representante na Comissão de Energia Atômica, da recém criada ONU, onde atuou com determinação contra a aprovação da versão do Plano *Baruch*, apresentado pelos EUA, que previa a desapropriação de todas as jazidas minerais radioativas para uma agência internacional de controle, sob a alegação de uma necessária correção da ocorrência desigual e injusta destas riquezas na natureza. Na época, as maiores jazidas de minérios de interesse na aplicação nuclear pertenciam ao Congo Belga, à África do Sul, à Índia e ao Brasil. Entretanto, o Almirante Álvaro Alberto declarou que aceitava tal pretensão, desde que as ocorrências mundiais de petróleo e carvão tivessem um tratamento semelhante de controle. Somava-se à argumentação brasileira o conceito das compensações específicas que defendia o acesso à tecnologia nuclear como um direito dos países fornecedores de urânio, tório e seus compostos. Face ao exposto, o plano norte-americano foi rejeitado (SILVA, 1989, p. 17).

Em 1956, o Almirante Octacílio Cunha, presidente da recém-criada CNEN, iniciava mais uma participação da Marinha no desenvolvimento nuclear brasileiro. Durante sua gestão, que perdurou até 1961, foi inaugurado no antigo Instituto de Energia Atômica (IEA), o atual Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), o primeiro reator nuclear construído na América Latina. Ainda na liderança daquele órgão foi iniciada a

construção do reator argonauta, por empresa nacional, que depois foi incorporado ao Instituto de Energia Nuclear da Universidade do Rio de Janeiro, e criado o atual Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD). Portanto, pode-se constatar que a atuação do Almirante Octacílio Cunha foi fundamentada na continuidade do estímulo da pesquisa nuclear nos institutos e universidades do País. Após o término da sua administração inicia-se uma duradoura lacuna do envolvimento da Marinha na capacitação nuclear do Brasil, que vai se estender até o final da década de 1970 (SILVA, 1989, p. 19).

Em 1978, o Almirante Maximiano da Fonseca, então Diretor-Geral do Material da Marinha incumbiu ao então Comandante Othon Luiz Pinheiro da Silva, que regressava de um curso de pós-graduação em engenharia nuclear nos EUA, que apresentasse um relatório analisando a possibilidade de desenvolvermos uma tecnologia nacional de reatores nucleares para propulsão naval. O relatório enviado propunha o desenvolvimento de um programa autóctone visando ao domínio do ciclo do combustível nuclear, em primeiro lugar, e a construção de um reator de potência aplicável à propulsão de submarino. Ao final do mesmo ano a Marinha decidiu retomar as atividades no campo nuclear e, em 1979, foi institucionalizado o PNM (SILVA, 1989, p. 19-21).

Atualmente, o PNM que vem sendo desenvolvido pelo Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) está estruturado em dois grandes projetos: o Projeto do Ciclo do Combustível e o Projeto do Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica (LABGENE). O principal objetivo do Programa, segundo o Almirante Moura Neto (2007) em audiência pública no Senado Federal, consiste no “desenvolvimento de capacitação tecnológica nacional no projeto, construção, comissionamento, operação e manutenção de reatores núcleo-elétricos do tipo PWR e na produção de combustível nuclear”. O produto dessas tecnologias se traduz na geração de energia elétrica, quer para complementar a matriz energética brasileira, quer para a propulsão de submarinos.

O Projeto do Ciclo do Combustível tem como meta a fabricação do combustível nuclear. O domínio completo do ciclo, já conquistado, tem início nos trabalhos de prospecção e pesquisa. Atualmente, o Brasil ocupa a posição de sétima maior reserva geológica de urânio do mundo com ocorrências, principalmente, nos municípios de Caldas, no Estado de Minas Gerais, Lagoa Real e Caetité, na Bahia, e Santa Quitéria, no Ceará. É relevante assinalar que foram prospectados, até então, apenas 25 % do território nacional (URÂNIO, 2011).

Seguem-se a mineração e o beneficiamento, quando o urânio é extraído do minério, purificado e transformado num sal de cor amarela, conhecido como *yellow cake*, ou concentrado de U_3O_8 . A partir de então é efetuada a conversão, isto é, a transformação do concentrado sólido *yellow cake* em gás hexafluoreto de urânio ou UF_6 , que será a matéria prima a ser processada nas ultracentrífugas. A produção desse gás em escala industrial depende da prontificação da Usina de Hexafluoreto de Urânio (USEXA), em fase final de construção no Complexo Experimental de Aramar, em Iperó, no Estado de São Paulo.

No processo de ultracentrifugação o gás UF_6 é enriquecido, ou seja, a concentração dos isótopos urânio 235 é incrementada de 0,7% para cerca de 5% (MONTALVÃO, 1999, p. 17). Essa etapa, principal obstáculo para a fabricação do combustível nuclear, foi superada, em 1982, quando a MB produziu a primeira ultracentrífuga totalmente nacional, a par da sistemática negação imposta pelas potências nucleares ao acesso do País à tecnologia desses equipamentos. Decorridos seis anos, foi construída a primeira cascata de ultracentrífugas, viabilizando a produção contínua de urânio enriquecido, em escala laboratorial (PROGRAMA..., 2009, p. 288).

Desde então, a MB vem desenvolvendo e fornecendo cascatas de ultracentrífugas para que a empresa Indústrias Nucleares do Brasil (INB), situada em Resende, no Estado do Rio de Janeiro, possa implantar a primeira planta de enriquecimento isotópico de urânio, em escala industrial. Estima-se para 2012 a conclusão da primeira fase do empreendimento,

compreendendo o total de dez cascatas contratadas ao CTMSP, que fornecerão a quantidade de urânio enriquecido para a produção de combustíveis nucleares para suprimento de 100% das necessidades do reator de Angra I e 20% de Angra II (COMBUSTÍVEL..., 2011).

Cabe ser mencionado que a tecnologia de enriquecimento de urânio é dominada. Somente, pelos EUA, França, Rússia, Grã-Bretanha, Alemanha, Japão e Holanda, além do Brasil, sendo que os dois primeiros utilizam o processo de difusão gasosa, que é considerado obsoleto, pelo fato de consumir vinte e cinco vezes mais energia do que o processo de ultracentrifugação, utilizado pelo Brasil e demais países. Todavia, há uma singularidade na tecnologia da ultracentrífuga nacional, visto que seu rotor gira levitando por ação eletromagnética. Nos outros países o rotor gira sustentado num mancal, o que aumenta o atrito, o desgaste e a frequência de manutenção (PROGRAMA..., 2009, p. 292-293).

Anualmente, o Brasil importa cerca de 350 t de gás hexafluoreto de urânio da Corporação Cameco, localizada no Canadá, cujo enriquecimento é realizado pelo Grupo europeu URENCO, a um expressivo custo de US\$ 40 milhões (PROGRAMA..., 2009, p. 294). Portanto, a conclusão da USEXA e da planta de enriquecimento de urânio da INB contribuirá significativamente para a independência tecnológica e econômica do País no âmbito nuclear.

Após o enriquecimento, o gás é reconvertido em material sólido, na forma de um pó preto, conhecido por dióxido de urânio ou UO_2 , que será empregado para confecção das pastilhas, que serão montadas no interior de varetas de liga de zircônio. Um conjunto dessas varetas constitui o elemento combustível dos reatores de potência do tipo PWR (MONTALVÃO, 1999, p. 17).

Em paralelo, o Projeto do LABGENE destina-se ao desenvolvimento e a construção de uma planta nuclear de potência para geração de energia elétrica, que, ainda, não está concluída. O LABGENE será um protótipo em terra de uma instalação propulsora naval

que permitirá a homologação experimental de equipamentos, componentes e sistemas e a implementação de procedimentos de operação, a fim de readequá-lo ao futuro SN-BR. Em complemento, a tecnologia desenvolvida poderá ser aplicada a diversos projetos nacionais, inclusive o de reatores (PROGRAMA..., 2009, p. 289).

Desde o início, em 1979, até o final de 2006, foram investidos no PNM o equivalente a US\$ 1,12 bilhão, sendo que cerca de US\$ 901 milhões vieram do orçamento da MB e cerca de US\$ 216 milhões de recursos extra-MB. Falta, ainda, um aporte financeiro da ordem de R\$ 1,04 bilhão para terminá-lo (MOURA NETO, 2007). Em julho de 2007, o Presidente da República anunciou a intenção de garantir um fluxo anual de R\$ 130 milhões, ao longo de oito anos, de modo que o Programa esteja concluso até 2014 (PROGRAMA..., 2009, p. 291).

Releva notar que, o Projeto Manhattan, cujo principal desafio foi dominar a tecnologia de enriquecimento de urânio, custou ao governo norte-americano, somente, na primeira metade da década de 1940, US\$ 2 bilhões de dólares, que equivaleria atualmente a cerca de US\$ 25 bilhões de dólares (PROGRAMA..., 2009, p. 292).

Somente após a conclusão do PNM e de ter-se logrado êxito na operação da planta nuclear estarão criadas as condições para a construção do SN-BR (CARVALHO, 2007).

4.2 O Programa de Desenvolvimento de Submarinos

Em 23 de dezembro de 2008, foi firmado, pelos Presidentes do Brasil e da França, um Plano de Ação visando a dar novo impulso à parceria estratégica entre os dois Países. Dentre as metas estabelecidas releva a cooperação nos campos de defesa, econômico, comercial, espacial e energia nuclear (BRASIL, 2008b). Na mesma data, foi assinado um Acordo estratégico na área de submarinos, pelos respectivos Ministros da Defesa e um Ajuste

Técnico, pelos respectivos Comandantes das Marinhas, detalhando os termos desse Acordo. Adicionalmente, foi assinado um contrato comercial entre a MB e o Consórcio Baía de Sepetiba (CBS), composto pela *Direction des Constructions Navales e Services* (DCNS) e pela Construtora Norberto Odebrecht S.A. (ODEBRECHT), para o desenvolvimento e a produção compartilhada de quatro submarinos convencionais da classe *Scorpène* e assistência ao desenvolvimento da parte não-nuclear do projeto do SN-BR, bem como a construção de um Estaleiro Naval e de uma Base de Submarinos para dar suporte a fabricação, operação e manutenção desses meios navais (FRAGELLI, 2010).

Em 3 de setembro de 2009, foram celebrados, entre a Diretoria-Geral do Material da Marinha e as empresas DCNS, ODEBRECHT, CBS e a Itaguaí Construções Navais S.A. (ICN), os seguintes documentos contratuais, abaixo relacionados, referentes ao PROSUB:

- Construção de quatro S-BR baseados no modelo da classe *Scorpène*;
- Projeto e construção de um SN-BR;
- Fornecimento de torpedos e despistadores de torpedo;
- Projeto e construção de um estaleiro naval dedicado à construção de submarino convencional e nuclear e de uma Base de Submarinos;
- Administração, Planejamento e Coordenação do Projeto e da Construção do SN-BR;
- Transferência de tecnologia, segundo métodos e processos franceses, sem contemplar o propulsor nuclear, já em desenvolvimento exclusivo pela MB, no âmbito do PNM;
- OFFSET

Com a assinatura desses contratos, a MB receberá, até 2015, um estaleiro e uma base naval dedicados à construção e ao apoio de submarinos; incorporará à Armada, até 2017, o primeiro dos quatro submarinos convencionais, e até 2024, o primeiro SN-BR (FRAGELLI,

2010).

O custo total do Programa equivale a € 6,7 bilhões, dos quais € 4,3 bilhões serão financiados com recursos oriundos de operação de crédito externa e o restante será custeado diretamente pelo Tesouro Nacional.

Dessa forma, o PROSUB, planejado pela MB, visa, em essência, a dotar o Poder Naval com o primeiro submarino à propulsão nuclear totalmente projetado e construído no Brasil. Ao seu término, o País poderá dispor de mais quatro submarinos convencionais e um à propulsão nuclear, além de estaleiro e base naval dedicados à construção e ao apoio desses meios.

5 CONCLUSÃO

A passagem do século XIX para o século XX assinala o surgimento do binômio propulsor (motor/eletricidade) aplicado ao submarino. Tal fato representa um marco na evolução deste meio naval que deixou de ser movimentado pela energia humana, como os pioneiros *Turtle* e *Hunley*, passando a incorporar a propulsão diesel-elétrica como padrão.

O transcurso das duas guerras mundiais registrou uma acentuada evolução técnica da arma submarina, bem como evidenciou a eficácia de seu emprego. A campanha submarina alemã durante os primeiros anos dos dois conflitos quase levou a Grã-Bretanha ao colapso econômico cortando as suas linhas de abastecimento no Atlântico. Já no Pacífico, durante a Segunda Guerra, os submarinos norte-americanos lograram êxito ao empregar a estratégia de desgaste sobre a economia do Japão.

Terminada a Segunda Guerra, o projeto e a construção dos novos submarinos convencionais passaram a incorporar o sistema de esnorquel e os avanços tecnológicos baseados no Tipo XXI alemão. Tais aprimoramentos ampliaram as características de ocultação, mobilidade e poder de fogo daqueles meios.

Entretanto, mesmo com suas capacidades aperfeiçoadas, o submarino convencional depende da energia das baterias para se deslocar em imersão e do ar atmosférico para carregá-las durante os períodos de esnorquel. Assim sendo, opera na maior do tempo em baixas velocidades para “economizar” energia, reservando o emprego de altas velocidades somente, em emergência ou quando a situação tática exigir. Essa baixa mobilidade implica que seja adequado empregá-lo em cenários de dimensões mais restritas. Além disso, os períodos de esnorquel favorecem sua detecção pelo inimigo face à exposição de mastros, a elevação do ruído irradiado e a energia térmica dissipada abaixo d’água pela descarga de gases dos motores.

O submarino nuclear, por outro lado, dispõe de sistema de propulsão que

independe do ar atmosférico que lhe permite desenvolver altas velocidades em imersão por longos períodos de tempo. Dotado, portanto, de elevada mobilidade, autonomia e capacidade de ocultação, é apto para ser empregado em cenários de grandes dimensões. Tais características tornam o SN-BR adequado para contribuir com a defesa de nossos interesses no Atlântico Sul, em especial na ZEE, áreas marítimas priorizadas pela estratégia naval brasileira em consonância com a PDN.

À luz da DBM, o SN-BR será empregado, prioritariamente, em operações de ataque e antissubmarino e, secundariamente, em operações de esclarecimento, minagem e especiais, de modo a contribuir com o Poder Naval na consecução das tarefas básicas de Negação do Uso do Mar ao Inimigo, Controle de Área Marítima, Projeção de Poder sobre Terra e Dissuasão. Nesse sentido, deverá ser armado com torpedos, mísseis e minas.

No que se refere à segurança nuclear, ficou evidenciado que o SN-BR deverá ter uma IPN capaz de não produzir efeitos prejudiciais à tripulação, pessoal de apoio em terra, público em geral e meio ambiente durante todo o ciclo de vida deste meio naval. Tais efeitos adversos estão relacionados à liberação de materiais radioativos acima de limites aceitáveis. Nesse sentido, o reator embarcado deverá atender a três requisitos básicos de segurança: o controle eficaz da reação nuclear, o resfriamento adequado do combustível e a contenção dos materiais radioativos por meio de blindagens e dispositivos de segurança. Em caso da necessidade do desligamento do reator é recomendável que o SN-BR disponha de uma planta diesel-elétrica de emergência com capacidade de prover o imediato restabelecimento da propulsão e a alimentação elétrica de sistemas e equipamentos vitais. Adicionalmente, a IPN deverá ser silenciosa e capaz de suportar, sem falhas, variações frequentes de velocidade, movimentos do navio, vibrações e choques.

Outra característica operacional relevante diz respeito à capacitação profissional a ser exigida dos seus tripulantes, em especial, do pessoal que estará envolvido diretamente na

operação e manutenção da instalação nuclear embarcada. O processo de formação e qualificação do pessoal deverá contemplar, principalmente, cursos de engenharia nuclear, segurança nuclear, radioproteção e operação em planta propulsora nuclear protótipo em terra. Tais necessidades implicarão modificações no atual sistema de formação e carreira do pessoal submarinista.

Quanto ao casco, é desejável que sua geometria contribua para que o SN-BR possua excelentes qualidades de manobrabilidade e mobilidade e que seja fabricado com ligas metálicas resistentes às grandes profundidades. De um modo geral, quanto maior a profundidade operacional, menor será a possibilidade de ser detectado por unidades navais oponentes. Adicionalmente, é desejável que receba um revestimento anecóico, a fim de torná-lo menos detectável por sonares inimigos.

No que tange aos demais sistemas de bordo, exceto aqueles relacionados com a IPN, o SN-BR poderá incorporar equipamentos e armamento semelhantes aos adotados no projeto de um submarino convencional moderno. Desta forma, os diversos sistemas e equipamentos, com destaque para os sistemas de combate, de comunicações, de navegação inercial, sensores e alguns sistemas auxiliares, poderão ser uma versão atualizada ou evolução daqueles incorporados no projeto e construção dos quatro submarinos convencionais que o antecederão no PROSUB, a fim de se evitar o emprego de sistemas pioneiros e experimentais. Entretanto, é desejável que a MB e a indústria nacional domine a tecnologia necessária para projetá-los e fabricá-los.

Por fim, a razão primária da existência da Marinha é contribuir para defesa da soberania, da integridade territorial e dos interesses marítimos do Brasil. A estratégia brasileira fundamentada na PDN atribui como prioridade a posse de submarinos convencionais e nucleares para negar o uso do mar a qualquer força inimiga que atue em áreas marítimas de interesse do País, em especial, na nossa ZEE e no Atlântico Sul. Apesar do fato

de a MB estar capacitada a construir e, sobretudo, empregar operativamente submarinos convencionais, projetar, construir e operar submarinos com propulsão nuclear representará um salto para o País, tanto tecnológico, como de poder dissuasório.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRO-ARGENTINA DE CONTABILIDADE E CONTROLE DE MATERIAS NUCLEARES – ABACC. **Acordo entre a República Federativa do Brasil e a República da Argentina para o Uso Exclusivamente Pacífico da Energia Nuclear**. 1991a. Disponível em: <http://www.abacc.org.br/wp-content/uploads/2009/10/acordo_bilateral_pt.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2011.

_____. **Acordo entre a República Federativa do Brasil, a República Argentina, a Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC) e a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) para a Aplicação de Salvaguardas**. 1991b. Disponível em: <http://www.abacc.org.br/wp-content/uploads/2009/10/quadripartite_portugues.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2011.

ASSIS, Kleber Luciano de. Marinha do Brasil: aspectos estratégicos. In: CONFERÊNCIA PARA OS CURSOS DE ALTOS ESTUDOS MILITARES – CAEPE, CPEM, CPAEX, CPEA, 2007, Rio de Janeiro, RJ. **Apresentação...** Rio de Janeiro: Escola de Guerra Naval, 2011. 1 CD-ROM.

BECHLER, Laurent. Laurent Bechler: **inédito**. Rio de Janeiro, 25 maio 2011. Entrevista concedida a Nelson Nunes da Rosa. Meio eletrônico.

BGM-109 tomahawk: tomahawk operational use. **GlobalSecurity**. Alexandria, VA. 2011. Military. Disponível em: <<http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/bgm-109-operation.htm>>. Acesso em: 2 jun.2011.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988_05.10.1988/index.shtm>. Acesso em: 2 jun. 2011.

BRASIL. Decreto nº 98.145, de 15 de setembro de 1989. Aprova o Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 18 set. 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D98145.htm>. Acesso em: 5 de jun. 2011.

_____. Decreto nº 1.246, de 16 de setembro de 1994. Promulga o Tratado para a Proscrição das Armas Nucleares na América Latina e no Caribe (Tratado de Tlatelolco). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 19 set. 1994. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/imprensa/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=1&data=19/09/1994>>. Acesso em: 5 jun. 2011.

_____. Decreto nº 1.530, de 22 de junho de 1995. Declara a entrada em vigor da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, concluída em Montego Bay, Jamaica, em 10 dez. 1982. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 23 jun. 1995. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1995/D1530.htm>. Acesso em: 5 jun. 2011.

_____. Decreto nº 2.864, de 7 de dezembro de 1998. Promulga o Tratado sobre a Não-Proliferação de Armas Nucleares, assinado em Londres, Moscou e Washington, em 1º de julho de 1968. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 8 dez. 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2864.htm>. Acesso em: 5 de jun. 2011.

_____. Decreto nº 5.484, de 30 de junho de 2005. **Aprova a Política de Defesa Nacional, e dá outras providências**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2005. 21 p.

BRASIL. Comando da Força de Submarinos. **COMFORS-301**: Procedimentos para operações de busca e socorro a submarino sinistrado – SARSUB. Niterói, RJ: Comando da Força de Submarinos, 2004a.

BRASIL. Diretoria de Hidrografia e Navegação. **Listas de rádio 2010-2014**. 12. ed. Niterói, RJ, 2010c. Disponível em: <http://www.chm.mb/direito_uso.html>. Acesso em: 2 jul. 2011.

BRASIL. Estado-Maior da Armada. **EMA-305**: Doutrina Básica da Marinha. Brasília, DF: Estado-Maior da Armada, 2004b.

_____. **EMA-320B**: Glossário de vocábulos e expressões básicas de uso na Marinha. Brasília, DF: Estado-Maior da Armada, 1981.

_____. **EMA-420**: Normas para logística de material. Brasília, DF: Estado-Maior da Armada, 2002.

BRASIL. Marinha. **A arma submarina**. [S.l.]: Serviço de Relações Públicas da Marinha, 1996. 45 p. Anexos.

BRASIL. Marinha. O direito do mar. **Marinha do Brasil**. Seção Amazônia Azul. [2011a]. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/menu_v/amazonia_azul/direito_do_mar.htm>. Acesso em: 10 maio 2011.

_____. Marinha. LEPLAC. Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – CIRM. **Marinha do Brasil**. Seção Amazônia Azul. [2011b]. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/secirm/leplac.htm>>. Acesso em: 10 maio 2011.

_____. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa: paz e segurança para o Brasil**. Brasília, DF, 2008a. Disponível em: <http://www.defesa.gov.br/projetosweb/estrategia/arquivos/estrategia_defesa_nacional_portugues.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2011.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Balança comercial brasileira: dados consolidados janeiro-dezembro 2010**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2010a. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1298052907.pdf>. Acesso em: 27 maio 2011.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Estatística de aquicultura e pesca no Brasil 2008/2009**. 2010b. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/#info-estatistica/estatistica-da-pesca-e-aquicultura>>. Acesso em: 27 maio 2011.

BRASIL. **Acordo entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Francesa na área de submarinos**. Divisão de Atos Internacionais, 2008b. Disponível em: <http://www2.mre.gov.br/dai/b_fran_189.htm>. Acesso em: 20 jul. 2011.

CARVALHO, Roberto de Guimarães. Submarinos: a visão da Marinha. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 127, n. 1/3, p. 31-34, jan./mar. 2007.

CARRIER Strike Group. **GlobalSecurity**. Alexandria, VA. 2011. Military. Disponível em: <<http://www.globalsecurity.org/military/agency/navy/csg-intro.htm>>. Acesso em: 2 jun. 2011.

CHERNOBYL Accident. **World Nuclear Association – WNA**. London, UK, Abr. 2011. Public Information Service. Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/chernobyl/inf07.html>>. Acesso em: 12 jun. 2011.

CIMINELLI, Roberto. Evolução e perspectivas dos submarinos convencionais e nucleares. Estudo comparativo. **O Periscópio**. Niterói, RJ, n. 47, p. 3-8, 1993. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/ciama/html/indexperiscopion471993.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2011.

COMBUSTÍVEL nuclear: FCN enriquecimento. **INB**. Brasília, DF. 2011. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/inb/WebForms/Interna2.aspx?secao_id=59>. Acesso em: 23 jul. 2011.

CONVENÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O DIREITO DO MAR, 1982. **Convenção das Nações Unidas sobre o direito do mar**. [Rio de Janeiro]: Diretoria de Hidrografia e Navegação, [1985]. 313 p. Versão em língua portuguesa com anexos e acta final da Terceira Conferência das Nações Unidas sobre o Direito do Mar.

COSCELLI, João; GODOY, Roberto. Saiba mais sobre o Tratado de Não-Proliferação Nuclear (TNP). **Estadão**, São Paulo, 12 abr. 2010. Internacional. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/internacional,saiba-mais-sobre-o-tratado-de-nao-proliferao-nuclear-tnp,537169,0.htm>>. Acesso em: 5 jun. 2011.

COUTAU-BEGÁRIE, Hervé. **Tratado de estratégia**, Rio de Janeiro: Diretoria do Patrimônio Histórico e Documentação da Marinha, 2010. 410 p.

DICIONÁRIO eletrônico Houaiss da língua portuguesa. Versão 1.0. Instituto Antônio Houaiss. Objetiva, dez. 2001. 1 CD-ROM.

FRAGELLI, José Alberto. **COGESN**. Rio de Janeiro: 2010. Palestra proferida na Escola de Guerra Naval, em 14 out. 2010. 1 CD-ROM.

FRANÇA, Junia Lessa; VASCONCELOS, Ana Cristina de. **Manual para normalização de publicações técnico-científicas**. 8.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

GUERRA, Yapery Tupiassu de Britto. **Submarino Nuclear: opção inteligente da Marinha do Brasil**. São Paulo: Coordenadoria de Comunicação e Eventos da FIESP/CIESP, 1997. 33p.

GUIMARÃES, Leonam dos Santos. **Síntese de doutrina de segurança para projeto e operação de submarinos nucleares**. Orientador: Hernani Luis Brinati. 1999. 596 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

JANE'S FIGHTING SHIPS 1999-2000. London: Jane's Information Group, 2000.

JOINT Task Force Odyssey Dawn (JTF-OD). **GlobalSecurity**. Alexandria, VA. 2011. Military. Disponível em: <<http://www.globalsecurity.org/military/agency/dod/jtf-od.htm>>. Acesso em: 2 jun.2011.

LAFAYETTE, Rogério Vianna. Aula inaugural do Curso de Aperfeiçoamento de Submarinos para Oficiais - CASO. **O Periscópio**, Niterói, RJ, n. 57, p. 3-15, 2003. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/ciama/html/indexperiscopion572003.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2011.

LIBERATTI, Wellington. Aula inaugural do Curso de Aperfeiçoamento de Submarinos para Oficiais – CASO. **O Periscópio**. Niterói, RJ, n. 56, p. 3-14, 2002. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/ciama/html/indexperiscopion562002.htm>>. Acesso em: 25 abr. 2011.

MARQUES, André Luiz Ferreira. André Luiz Ferreira Marques: **inédito**. Rio de Janeiro, 13 jun. 2011. Entrevista concedida a Nelson Nunes da Rosa. Meio eletrônico.

MILLER David; JORDAN John. **Modern submarine warfare**. London: New York: Salamander Book, 1987. 208 p.

MONTALVÃO, Wilson Jorge. O Programa Nuclear da Marinha do Brasil. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 123, n. 4/6, p. 11-19, out./dez. 1999.

MOURA NETO, Julio Soares de. O Comando da Marinha. In: CONFERÊNCIA PARA OS CURSOS DE ALTOS ESTUDOS MILITARES – CAEPE, CPEM, CPAEX, CPEA, 2011a, Rio de Janeiro. **Apresentação...** Rio de Janeiro: Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica, 2011. 1 CD-ROM.

_____. O Programa Nuclear da Marinha. In: AUDIÊNCIA PÚBLICA CONCEDIDA À COMISSÃO DE RELAÇÕES EXTERIORES E DE DEFESA NACIONAL E À COMISSÃO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO, COMUNICAÇÃO E INFORMÁTICA DO SENADO FEDERAL, 2007, Brasília, DF. **Apresentação...** Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/sf/comissões/cct/AP/AP20071025MarinhadoBrasilJulioSoares.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2011.

OBINO, José Luiz Feio. Aula inaugural do Curso de Aperfeiçoamento de Submarinos para Oficiais - CASO. **O Periscópio**. Niterói, RJ, n. 55, p. 3-5, 2001. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/ciama/html/indexperiscopion552001.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2011.

PROGRAMA Nuclear da Marinha. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 129, n.1/3, p. 288-294, jan./mar. 2009. Noticiário Marítimo.

URÂNIO: reservas. **INB**. Brasília, DF. 2011. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/inb/WebForms/Interna2.aspx?secao_id=48>. Acesso em: 23 jul. 2011.

SILVA, Othon Luiz Pinheiro da. Os interesses e a participação da Marinha no desenvolvimento nuclear brasileiro. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 109, n.7/9, p. 13-26, jul./set. 1989.

SUBMARINE Officer (Nuclear Submarines). **America Navy's – A Global Force for Good**. Millington, TN, [2011]. Careers & Job's. Disponível em: <http://www.navy.com/careers/nuclear-energy/submarine-warfare-nuclear.html>. Acesso em: 20 jun. 2011.

THREE Mile Island accident. **World Nuclear Association – WNA**. London, Jan. 2010. Public Information Service. Disponível em: < <http://www.world-nuclear.org/info/inf36.html>>. Acesso em: 15 maio 2011.

WIEMER, Fernando Eduardo Studart. Aula inaugural do Curso de Aperfeiçoamento de Submarinos para Oficiais – CASO. **O Periscópio**, Niterói, RJ, n. 63, p. 3-9, 2010. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/ciama/html/indexperiscopio2010/periscopio63web1.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2011.

ZENTGRAF, Maria Christina. **Introdução ao estudo da metodologia científica**. Rio de Janeiro. COPPEAD/UFRJ, 2011. Módulo de ensino.

ANEXO A

ENTREVISTA

POSTO E NOME: CF (Marinha Nacional Francesa) Laurent Bechler

FUNÇÃO: Assessor especial do Diretor de Ensino da Marinha

ORGANIZAÇÃO: Diretoria de Ensino da Marinha

Entrevista realizada por e-mail em 25 de maio de 2011 pelo CMG Nelson Nunes da Rosa da Marinha do Brasil.

QUESTIONÁRIO:

1) Como é o processo de formação de oficiais que operam em submarinos?

O processo de formação e de capacitação na França tem dois aspectos:

- Existe um processo de formação que chamamos “de carreira”, que tem o objetivo de dar competências para assumir responsabilidades maiores e que permite as promoções a postos superiores.
- Tem um processo de formação que chamamos “de meio e de especialidade”. Os oficiais submarinistas seguem, então, um processo de capacitação específico para eles. Esse processo inclui períodos nas escolas e comissões a bordo. Decorrente do sistema de gestão por competências, a carreira faz parte do processo de capacitação.

Além disso, na França, a carreira dos oficiais da área de operações e a carreira dos oficiais da área de máquinas são bem separadas. Por exemplo, um oficial armamentista nunca poderá assumir as funções de chefe de máquinas. E um chefe de máquinas quase nunca poderá assumir as funções de chefe de operações, nem imediato e nem comandante (acontece às vezes, mas é muito pouco comum).

Processo de formação para oficiais da área de máquinas (depois da saída da Escola Naval)

- Curso geral de especialidade em mecânica e eletricidade, no centro de instrução de Saint-Mandrier. Este curso é comum para todos os oficiais maquinistas, tanto de superfície como submarinistas. Duração: 4 meses.
- Comissão em um navio de superfície durante um ano, para aprender a base da profissão de oficial de máquinas. Duração: 1 ano.
- O oficial confirma ser voluntário para submarinos.
- Curso específico em conhecimentos gerais de submarinos com propulsão nuclear, na Escola de Navegação SubMarina (ENSM), junto com os oficiais da área de operações. Duração: 3 semanas
- Curso específico de oficial de águas, na ENSM. Duração: 45 dias úteis (9 semanas).
- Comissão como adjunto do oficial encarregado da divisão “plataforma” ou da divisão “propulsão/eletricidade”. Duração: 1 ano
- Curso específico em engenharia atômica, em segurança nuclear e em radioproteção, na “*Ecole des Applications Militaires de l’Energie Atomique*” (EAMEA). O oficial recebe um diploma de engenheiro em engenharia atômica depois ter conseguido as provas do curso. Duração: 1 ano.
- Curso específico para assumir as funções de supervisor de reator nuclear (parte teórica em Cadarache, parte prática com aulas e adestramento nos simuladores na ENSM). Este curso é feito junto com os praças que seguem o curso para assumir as funções de operador de reator, a fim de constituir equipes de operação do reator nos simuladores. Duração: 7 meses.
- Curso de carreira: módulo “Chefe de Máquinas e Logística Operativa” em Saint Mandrier. Duração: 3 semanas.

- Curso específico de conhecimentos avançados em submarinos, junto com os oficiais da área de operações. Duração: 17 dias úteis (3 semanas).
- Comissão como encarregado da divisão “plataforma” ou da divisão “propulsão/eletricidade”. Duração: 18 a 24 meses.
- Comissão como encarregado da divisão “reator”. Duração: 18 a 24 meses.
- Geralmente, comissão em um órgão de manutenção ou como instrutor na ENSM ou no Centro de Instrução de Saint-Mandrier. Duração: 2 a 3 anos.
- Comissão como chefe de departamento “máquinas” (Chefe de Máquinas). Duração: 2 anos.
- Comissão em um órgão de manutenção, de instrução ou de segurança nuclear. Duração: 2 a 3 anos.
- Curso de carreira: escola de guerra. Duração: 1 ano.
- Depois ter sido diplomado da Escola de Guerra, os oficiais acedem às funções superiores em estado-maior. Eles assumem normalmente funções em órgãos de segurança nuclear, de instrução, de manutenção, no estado-maior das forças submarinas ou no estado-maior da marinha. Geralmente ficam na área nuclear, mas é possível escolher um outro domínio de responsabilidade (recursos humanos, recursos financeiros, relações internacionais). Durante o posto de CMG, alguns são escolhidos para seguir o curso dos estudos militares superiores (CHEM), curso de estratégia avançada com objeto formar os futuros almirantes.

Excepcionalmente, depois das funções de chefe de máquinas, alguns oficiais podem se tornar imediato, e depois comandante. Como é muito pouco comum, não vou detalhar esta via de carreira especial. Mencionei isso só para avisar que não há proibição para maquinistas se tornarem comandantes mas geralmente não acontece por causa da necessidade de guarnecer

prioritariamente com maquinistas todos os empregos nas áreas de manutenção e de segurança nuclear (têm muitos empregos em terra, decorrentes das leis e dos regulamentos franceses).

Processo de formação para oficiais da área de operações (depois da saída da Escola Naval)

- Curso geral de especialidade, seja em eletrônica, seja em armamentos, seja em comunicações, no centro de instrução de Saint-Mandrier. Estes cursos são comuns tanto para oficiais submarinistas como para oficiais de superfície. Duração: 4 meses.
- Comissão em um navio de superfície durante um ou dois anos, para aprender a base da profissão de chefe de quarto, a navegação e a manobra. Duração: 1 ou 2 anos.
- O oficial confirma ser voluntário para submarinos.
- Curso específico em conhecimentos gerais de submarinos com propulsão nuclear, na Escola de Navegação SubMarina (ENSM), junto com os oficiais da área de máquinas. Duração: 15 dias úteis (3 semanas).
- Comissão como encarregado da divisão “navegação” ou da divisão “comunicações”. Durante esta comissão, eles aprendem a bordo a assumir as funções de chefe de quarto no passadiço e aprendem a usar o periscópio. Duração: 1 a 2 anos.
- Para os mais brilhantes (já pressentidos para assumir posteriormente as funções de comandante de submarinos), comissão como comandante de um pequeno navio de superfície (geralmente navio de patrulha), para avaliar e desenvolver a competência desses oficiais em liderança. Duração: 1 ano.
- Curso de carreira (ESCAN) no centro de Saint-Mandrier. Este curso aprimora os conhecimentos técnicos e ensina os procedimentos e doutrinas táticas. Duração: 8 meses.
- Curso específico de conhecimentos avançados em submarinos, junto com os oficiais da área de máquinas. Duração: 17 dias úteis (3,5 semanas).

- Curso específico em segurança nuclear e em radioproteção, na EAMEA, para poder assumir as funções de oficial de serviço no porto. Duração: 2,5 meses.
- Comissão como encarregado da divisão “luta antissubmarina/armamentos”. Duração: 2 anos.
- Comissão como chefe de departamento “operações” (Chefe de Operações). Duração: 2 anos.
- Curso específico de segurança nuclear e radioproteção avançadas, na EAMEA, obrigatório para ser comissionado como imediato e comandante de submarinos com propulsão nuclear. Duração: 6 meses.
- Comissão como imediato de submarino de ataque. Duração: 1 a 2 anos.
- Curso específico de comando. Tem uma parte em terra e uma parte de provas no mar. Este curso permite avaliar os oficiais e escolher os que comandarão submarinos. Quem não consegue, volta para o serviço geral nos navios de superfície. Duração: 5 semanas em terra e 2 semanas no mar.
- Comissão como comandante de submarino de ataque. Duração: 18 meses.
- Curso de carreira: escola de guerra. Este curso pode ser feito antes da comissão como imediato ou depois da comissão como comandante. A comissão de comandante segue sempre a comissão de imediato (a fim de não perder a competência submarina e nuclear). Duração: 1 ano.
- Comissão no estado-maior das forças submarinas ou no estado-maior da marinha. Duração: 2 anos.
- Comissão como imediato de submarino balístico. Duração: 18 a 24 meses.
- Comissão como comandante de submarino balístico. Duração: 24 meses.
- Depois, os oficiais acedem a funções de responsabilidade superiores em estado-maior, em qualquer área, mas geralmente mais voltadas à organização, às operações, à gestão

dos recursos humanos, à gestão dos recursos financeiros ou às relações internacionais. Durante o posto de CMG, alguns são escolhidos para seguir o curso dos estudos militares superiores (CHEM), curso de estratégia avançada com objeto formar os futuros almirantes.

2) Como é o processo de formação de praças que operam em submarinos?

Como para oficiais, o processo de capacitação e de formação separa:

- a capacitação de carreira, que tem quatro níveis (brevê elementar - BE, brevê de aptidão técnica - BAT, brevê superior - BS, brevê de perito – BM).
- a capacitação no meio. O princípio é que, antes de assumir qualquer função a bordo, tem previamente um curso de capacitação para aquela função.

Na França, existem duas vias de recrutamento das praças:

- recrutamento como marinheiro, com exigência ter terminado estudos do primeiro grau.
- recrutamento direto como terceiro sargento, com nível teórico mínimo o vestibular (na prática se recrutam pessoas com nível vestibular+2, saindo de escolas técnicas).

Na força submarina, tem uma maioria de praças vindo da segunda via porque eles têm um potencial maior para aprender especialidades técnicas complicadas. Particularmente, os operadores de reator nuclear foram quase sempre recrutados diretamente como terceiros sargentos.

A bordo de submarinos, se encontram as especialidades seguintes:

- Na área de máquinas: especialidades de mecânicos e de eletricitas.
- Na área de operações: especialidades de detecção submarina, de detecção e de armamentistas.
- Na área de comunicações: especialidade de comunicações e informática
- Outras áreas: navegador, enfermeiro, cozinheiro, arrumador.

2.1. ÁREA DE MÁQUINAS

2.1.1. Mecânicos

Recrutados como marinheiros	Recrutados como terceiros sargentos
<p>Formação militar inicial de marinheiro, no centro de instrução de Brest. Duração: 5 semanas.</p> <p>Formação elementar de mecânico – brevê elementar, no centro de Saint-Mandrier. Durante a formação o praça se declara voluntário para submarinos. Duração: 3 semanas.</p>	<p>Formação militar inicial de sargento, na Ecole de Maistrance em Brest. Duração: 18 semanas.</p> <p>Formação avançada de mecânico– brevê de aptidão técnica, em Saint-Mandrier. Duração: 4 meses.</p> <p>Durante a formação o praça se declara voluntário para submarinos.</p>
<p>Curso de conhecimentos gerais de submarinos para praças, na ENSM, incluindo capacitação para as funções de operador do painel de controle da plataforma. Duração: 55 dia úteis (11 semanas), sendo 45 para a capacitação como operador do painel de controle da plataforma.</p>	
<p>Comissão como operador do painel de controle da plataforma. Duração: 18 a 24 meses.</p>	<p>Comissão rápida como operador do painel de controle da plataforma. Duração: 12 meses.</p>
<p>Curso de capacitação para as funções de operador da praça de bombas, na ENSM. Duração: 2 semanas.</p>	
<p>Comissão como operador da praça de bombas. Duração: 18 a 24 meses..</p>	<p>Comissão rápida como operador da praça de bombas. Duração: 12 a 18 meses.</p>
<p>Curso avançado de especialidade de mecânico – brevê de aptidão técnica Duração: 4 meses..</p>	

Curso de capacitação para as funções de vigilante no compartimento de máquinas, na ENSM. Duração: 43 dias úteis (8,5 semanas).
Comissão como vigilante no compartimento de máquinas. Duração: 1 a 2 anos.

A carreira dos praças segue, depois, duas vias, independentemente do modo de recrutamento: os praças que escolhem se especializar na área nuclear seguem uma carreira de “atomista”, os outros seguem uma carreira clássica de mecânico. Os praças que não conseguem as provas dos cursos de “atomista” voltam para a carreira clássica.

Carreira de “atomista”	Carreira “clássica”
Curso superior de especialidade de mecânico – brevê superior, adaptado para a carreira de atomista, em Saint-Mandrier. Duração: 4 meses.	Curso superior de especialidade de mecânico – brevê superior, em Saint-Mandrier. Duração: 6 meses.
Curso teórico de funcionamento de reatores nucleares, na EAMEA. Duração: 6 meses.	
Curso de operador de reator nuclear, com parte teórica em Cadarache e parte prática, incluindo adestramento nos simuladores, na ENSM, algumas aulas junto com os oficiais cursando para serem supervisores de reator. Duração: 7 meses.	
Comissão como operador do painel de controle do reator ou do painel de controle do circuito secundário. Duração: 5 a 6 anos. Depois, o praça pode escolher entre as funções de químico	Comissão como chefe dos vigilantes do compartimento das máquinas. Duração: 2 a 3 anos.

nuclear ou de supervisor.		
Químico	Supervisor	
Curso de químico nuclear, parte na ENSM, parte na EAMEA, parte no industrial AREVA. Duração: 18 meses (sendo 6 meses em aprendizado a bordo).	Curso de supervisor de reator. Parte teórica na EAMEA (engenharia atômica, segurança nuclear e radioproteção avançada), parte teórica em Cadarache e parte prática na ENSM (essas duas partes junto com os oficiais cursando para serem supervisores de reator). Duração: 12 meses.	Curso de qualificação superior em mecânica, sistemas hidráulicos e assessoria de um oficial encarregado de divisão – brevê de perito, em Saint-Mandrier. Duração: 6 meses.
Comissão como químico nuclear. Duração: 3 a 6 anos a bordo, até fim de carreira em terra.	Comissão como supervisor de reator Duração: 4 a 6 anos.	Curso de oficial de águas, na ENSM. Duração: 45 dias úteis (8,5 semanas).
		Comissão como oficial de águas.

Depois ter sido supervisor de reator, os praças podem se candidatar para se tornarem oficiais. Cada ano, 4 ou 5 praças (em total, mecânicos e eletricitas) seguem um curso de formação para ser oficial, na Escola Naval, e voltam para submarinos para assumir as funções de encarregado de uma divisão. Alguns poderão assumir as funções de chefe de máquinas, mas a

maioria assumirá funções de apoio e de perícia técnica em órgãos de manutenção ou de segurança nuclear.

Nas tabelas acima não aparecem as funções eventuais de instrutor na ENSM. Acontecem, geralmente, entre duas comissões como operador de reator. Depois da função de supervisor ou de oficial de águas, alguns praças juntam a divisão de adestramento do pessoal da força de submarinos.

2.1.2. Eletricistas

Recrutados como marinheiros	Recrutados como terceiros sargentos
<p>Formação militar inicial de marinheiro, no centro de instrução de Brest. Duração: 5 semanas.</p> <p>Formação elementar de eletricista – brevê elementar, no centro de Saint-Mandrier. Durante a formação o praça se declara voluntário para submarinos. Duração: 3 semanas.</p>	<p>Formação militar inicial de sargento, na Ecole de Maistrance em Brest. Duração: 18 semanas.</p> <p>Formação avançada de eletricista – brevê de aptidão técnica, em Saint-Mandrier. Duração: 6 meses.</p> <p>Durante a formação o praça se declara voluntário para submarinos.</p>
<p>Curso de conhecimentos gerais de submarinos para praças, na ENSM, incluindo capacitação para as funções de vigilante zona avante e operador das plantas de regeneração do ar. Duração: 42 dias úteis (sendo 32 para capacitação como vigilante e operador das plantas de regeneração).</p>	
<p>Comissão como vigilante avante e operador das plantas de regeneração do ar. Duração: 2 anos.</p>	<p>Comissão rápida como vigilante avante e operador das plantas de regeneração do ar. Duração: 1 a 2 anos.</p>
<p>Curso avançado de especialidade eletricista –</p>	

brevê de aptidão técnica, em Saint Mandrier. Duração: 4 meses.	
Nova comissão como vigilante avante e operador das plantas de regeneração do ar. Duração: 1 a 2 anos.	
Curso de capacitação para as funções de vigilante no compartimento dos motores elétricos, na ENSM. Duração: 43 dias úteis (8,5 semanas).	
Comissão como vigilante no compartimento dos motores elétricos. Duração: 1 a 2 anos.	

A carreira dos praças segue, depois, duas vias, independentemente do modo de recrutamento: os praças que querem se especializar na área nuclear seguem uma carreira de “atomista”, os outros uma carreira clássica de eletricitista. Os praças que não conseguem a primeira, voltam para a carreira clássica.

Carreira de “atomista”	Carreira “clássica”
Curso superior de especialidade de eletricitista – brevê superior, adaptado para a carreira de atomista, em Saint-Mandrier. Duração: 5 meses.	Curso superior de especialidade de eletricitista – brevê superior, em Saint-Mandrier. Duração: 6 meses.
Curso teórico de funcionamento de reatores nucleares, na EAMEA Duração: 6 meses..	
Curso de operador de reator nuclear, com parte teórica em Cadarache e parte prática, incluindo adestramento nos simuladores, na ENSM, algumas aulas junto com os oficiais cursando para serem supervisores de reator.	

Duração: 7 meses.		
Comissão como operador do painel de controle dos sistemas elétricos. Duração: 5 a 6 anos. Depois, o praça pode escolher entre as funções de instrumentista nuclear ou de supervisor.		Comissão como chefe dos vigilantes do compartimento dos motores elétricos. Duração: 3 anos.
Instrumentista	Supervisor	
Curso de instrumentação nuclear, no industrial AREVA Duração: 8 meses..	Curso de supervisor de reator. Parte teórica na EAMEA (engenharia atômica, segurança nuclear e radioproteção avançada), parte teórica em Cadarache e parte prática na ENSM (essas duas partes junto com os oficiais cursando para serem supervisores de reator). Duração: 12 meses.	Curso de qualificação superior em eletricidade, logística operativa e assessoria de um oficial encarregado de divisão – brevê de perito. Duração: 6 meses.
Curso específico de técnico de radioproteção, parte em Cadarache, parte no industrial AREVA Duração: 4 meses.	Comissão como supervisor de reator. Duração: 4 a 6 anos.	Curso de oficial de águas, na ENSM Duração: 45 dias úteis.
Comissão como instrumentista nuclear Duração: 4 a 6 anos a		Comissão como oficial de águas. Duração: 3 a 6 anos.

bordo e até fim de carreira em terra.		
---------------------------------------	--	--

Depois ter sido supervisor de reator, os praças podem se candidatar para se tornarem oficiais. Cada ano, 4 ou 5 praças (em total, mecânicos e eletricitas) seguem um curso de formação para ser oficial, na Escola Naval, e voltam para submarinos para assumir as funções de encarregado de uma divisão. Alguns poderão assumir as funções de chefe de máquinas, mas a maioria assumirá funções de apoio e de perícia técnica em órgãos de manutenção ou de segurança nuclear.

Nas tabelas acima não aparecem as funções eventuais de instrutor na ENSM. Ocorre, geralmente, entre duas comissões como operador do reator. Depois da função de supervisor ou de oficial de águas, alguns praças juntam a divisão de adestramento do pessoal da força de submarinos.

Nota: porque a função de operador das plantas de regeneração do ar é complicada, tem na força de submarinos poucos eletricitas com recrutamento inicial como marinheiro.

2.2. ÁREA DE OPERAÇÕES

2.2.1. Detecção submarina

Recrutados como marinheiros	Recrutados como terceiros sargentos
Formação militar inicial de marinheiro, no centro de instrução de Brest.	Formação militar inicial de sargento, na Ecole de Maistrance em Brest.
Formação elementar a operações – brevê elementar, no centro de Saint-Mandrier.	Formação a detecção submarina – brevê de aptidão técnica, em Saint-Mandrier
Durante a formação o praça se declara	Durante a formação o praça se declara

voluntário para submarinos.	voluntário para submarinos.
Curso de conhecimentos gerais de submarinos para praças, na ENSM, incluindo capacitação para as funções de operador de sonar.	
Curso de operador sonar e análise acústica, na ENSM	
Comissão como operador de sonar.	Comissões como operador de sonar
Curso avançado de detecção submarina – brevê de aptidão técnica, em Saint-Mandrier	
Nova comissão como operador de sonar	
Curso de adaptação para os painéis de avaliação tática e direção de tiro, na ENSM.	
Comissão como operador do painel de avaliação tática / direção de tiro.	
Curso superior de operações – brevê superior	
Curso de supervisor tático, na ENSM	
Comissão como supervisor da situação tática do posto de comando	
Curso de tática e de qualificação superior em sonares – brevê de perito	
Comissão como assessor do Chefe de Operações.	

Nota: depois das funções de operador de sonar, os praças remarcados para sua habilidade de classificação áudio saem da carreira acima descrita para seguir um curso de praça perito em classificação áudio, função que se chama “oreille d’or” (ouvido de ouro) na França. Esses praças são embarcados segundo a natureza da missão e pertencem ao centro de análise acústica da Força.

Depois da função de assessor do Chefe de operações, os suboficiais podem se candidatar para se tornarem oficiais na área de operações. A maioria irá servir nos navios de superfície, mas alguns podem voltar para submarinos e assumir funções até Chefe de Operações.

Na tabela acima, não aparecem as funções de instrutor. Geralmente, ocorre depois das funções de supervisor da situação tática. Depois das funções de assessor do Chefe de Operações, alguns suboficiais juntam a divisão de adestramento da força de submarinos.

2.2.1. Armamentistas

Recrutados como marinheiros	Recrutados como terceiros sargentos
Formação militar inicial de marinheiro, no centro de instrução de Brest.	Formação militar inicial de sargento, na Ecole de Maistrance em Brest.
Formação elementar de mecânico – brevê elementar, no centro de Saint-Mandrier.	Formação de armamentista – brevê de aptidão técnica.
Durante a formação o praça se declara voluntário para submarinos.	Durante a formação o praça se declara voluntário para submarinos.
Curso de conhecimentos gerais de submarinos para praças, na ENSM, incluindo capacitação para as funções de timoneiro e de operador no compartimento de armas.	
Curso elementar de especialização na vigilância e operação de torpedos	
Comissão como timoneiro.	Comissão como timoneiro
Curso avançado de especialidade de armamentista – brevê de aptidão técnica, em Saint-Mandrier	
Nova comissão como timoneiro	
Comissão como operador da mesa de avaliação tática e de navegação (as vezes)	
Curso superior de armamentista – brevê superior	
Curso superior de especialização na vigilância e operação de torpedos	
Curso de oficial de águas, na ENSM.	
Comissão como oficial de águas	

Curso de perito em sistemas hidráulicos – brevê de perito, em Saint-Mandrier
Nova comissão como oficial de águas

Na tabela acima, não aparecem as funções de instrutor. Geralmente, ocorre depois das funções de oficial de águas. Alguns suboficiais juntam também a divisão de adestramento da força de submarinos.

2.3. OUTRAS ÁREAS

Tem a bordo duas praças navegadores, dois da área de comunicações, dois cozinheiros e dois arrumadores. Como todos os submarinistas, eles vão receber, antes seu embarque, a formação em conhecimentos gerais de submarinos. Sua formação profissional não é específica.

A formação de navegador se segue em Brest (sítio de Lanveoc-Poulmic). O primeiro praça a bordo tem o nível do brevê de aptidão técnica, o segundo é chefe de quarto, como um oficial, e recebeu uma formação superior de navegação e de manobra em Brest (brevê superior e brevê de perito), mais uma formação completa de oficial de quarto em submarino, na ENSM. A bordo, ele assessora o imediato na área de gestão do pessoal.

A formação de cozinheiro e de arrumador se segue em Cherbourg. Os praças têm um nível máximo de brevê de aptidão técnica (às vezes um cozinheiro tem o nível do brevê superior).

A formação do enfermeiro é complicada porque é uma formação inter-armadas e com modules de especialização no tratamento de radioacidentados. Enfermeiros têm um nível superior ao brevê superior.

A formação em comunicações é uma formação inter-armadas, completadas com estágios para se acostumar aos equipamentos ao bordo, na ENSM.

3) As praças necessitam de diploma universitário para realizar o curso de submarino na área nuclear?

Não se precisa de diploma universitário para as praças realizarem os cursos na área nuclear. Eles devem possuir o vestibular, conforme os regulamentos franceses. Na prática, eles têm o nível do brevê superior da marinha, que corresponde a um nível um pouco maior de vestibular+2.

Pode-se também notar que muito poucos praças recrutados como marinheiros conseguem sair dos cursos na área nuclear. É muito mais fácil para as praças recrutados diretamente como terceiro sargento e originados de uma escola técnica (nível vestibular + 2).

Mesmo se isso não responde à pergunta, eu quero informar que a autoridade de segurança nuclear francesa impõe que os oficiais já tenham um nível científico equivalente ao de engenheiro para seguir a formação em engenharia atômica. Esse nível é avaliado por provas escritas antes da formação. Se os oficiais já não possuem o diploma de engenheiro, eles podem seguir a formação (e assumir as funções de supervisor), mas não serão diplomados em engenharia atômica e deverão fazer de novo um curso de segurança nuclear antes de assumir a carga de chefe de divisão reator e, logo depois, a carga de chefe de máquinas.

4) A certificação dos operadores nucleares é feita pela própria marinha francesa ou por outro órgão do governo francês? Qual o período de validade dessa certificação?

A certificação dos operadores, como dos supervisores de reator, não é feita só pela marinha francesa. A parte teórica ensinada na EAMEA é validada e certificada pelo Instituto Nacional das Ciências e Técnicas Nucleares (dependente do Ministério do Ensino Superior e da Pesquisa, bem como do Ministério da Indústria). Depois da parte teórica ensinada em Cadarache, voltada ao reator naval dos submarinos, as praças e oficiais são certificados por uma comissão, cuja composição é validada pela autoridade de segurança nuclear (delegado

aos assuntos da defesa) e que inclui representantes da marinha, do CEA (Centro de Estudos para Energia Atômica, órgão estatal referente na França) e do industrial construtor dos reatores navais.

A parte prática na ENSM é validada juntamente pela ENSM e pela divisão de adestramento da força de submarinos, conforme um procedimento aprovado pela autoridade de segurança nacional (delegado aos assuntos de defesa). A certificação pela comissão não tem data de expiração, mas pode ser cancelada pela divisão de adestramento da força de submarinos. A validação prática no simulador tem um período de validade de um ano. Cada ano, os praças e os oficiais assumindo respectivamente as funções de supervisor e de operador do reator têm que conseguir provas escritas e provas no simulador, avaliadas pela divisão de adestramento da força de submarinos, conforme um procedimento aprovado pela autoridade de segurança nuclear (delegado aos assuntos de defesa). Também pode se notar que os oficiais da área de operações, assumindo no porto as funções de oficial de serviço, têm que provar anualmente seu nível de conhecimento em segurança nuclear e radioproteção.

5) Tendo como referência um submarino da classe “Rubis”, qual é a distribuição de oficiais e praças por departamento/divisão?

Oficiais

Departamento/Divisão	Lotação	Área nuclear
Comandante	1	1*
Imediato	1	1*
Operações	4	2*
Máquinas	3 ou 4	2 ou 3
Apoio	0	0
Total	9 ou 10	6 ou 7

O * significa uma formação em segurança nuclear e radioproteção. Os oficiais da área de máquinas recebem uma formação completa em operação e manutenção do reator, segurança nuclear e radioproteção.

Praças

Departamento/Divisão	Lotação	Área nuclear
Operações	24	0
Máquinas	31	15
Apoio	5	1*
Total	60	16

Todas os praças, bem como todos os oficiais, recebem uma formação elementar em radioproteção, na ocasião do curso de conhecimentos gerais de submarinos.

O * corresponde ao enfermeiro que recebe uma formação para o atendimento de radioacidentados.

6) Tendo como referência um submarino da classe “Rubis”, qual é a distribuição de oficiais e praças na área nuclear? Quais são as atribuições durante o serviço em viagem e no porto?

Oficiais

- Comandante: tem a responsabilidade de chefe de órgão com reator nuclear.
- Imediato: encarregado da radioproteção e da segurança nuclear.
- CheMaq: perito em segurança nuclear e radioproteção, adjunto do imediato nesses domínios. Tem responsabilidade da segurança de funcionamento do reator. Planeja as operações de manutenção corretiva e preventiva, junto com os órgãos de manutenção em terra.

- Encarregado da divisão reator: Adjunto do CheMaq para a segurança de funcionamento do reator e o planejamento da manutenção. Pode assumir a função de supervisor do reator. Oficial de serviço no porto.
- Encarregado da divisão plataforma/propulsão-eletricidade: Pode assumir a função de supervisor do reator. Oficial de serviço no porto.
- CheOp e encarregado da divisão luta submarina/armamentista: oficiais de serviço no porto.

Praças

Tem:

- 3 operadores do painel de controle do reator (especialidade de mecânico).
- 3 operadores do painel de controle do circuito secundário (especialidade de mecânico)
- 3 operadores do painel de controle dos sistemas elétricos (especialidade de eletricitista)
- 3 supervisores do reator (2 mecânicos e 1 eletricitista)
- 2 instrumentistas
- 1 químico nuclear
- 1 enfermeiro capacitado para o atendimento de radioacidentados

Uma equipe de quarto em viagem se compõe de um supervisor, um operador do painel de controle do reator, um operador do painel de controle do circuito secundário e um operador do painel de controle dos sistemas elétricos. Os instrumentistas e o químico não dão serviço, mas ficam à disposição da equipe de operação do reator em caso de anomalia na química ou na instrumentação. Instrumentistas efetuam vigilância em radioproteção. Eles recebem uma formação de técnico de radioproteção. O químico controla duas vezes por dia a qualidade da água secundária e, às vezes, a qualidade da água do circuito primário.

No porto base, quando o reator estiver desligado, a equipe de serviço inclui 3 operadores (1 por painel). Os supervisores, instrumentistas e o químico ficam à disposição, mas não dão serviço. Quando o reator está funcionando, tem duas equipes de operação completas a bordo.

Em um porto no exterior, quando o reator estiver desligado, fica de serviço uma equipe completa de operação do reator, como em viagem, um instrumentista e o químico podendo voltar a bordo em menos de algumas horas (prazo determinado pelo comandante). O supervisor assessora o oficial de serviço no domínio de segurança nuclear. Quando o reator estiver funcionando, tem também uma segunda equipe de operação do reator a bordo.

As praças operadoras e supervisores do reator assumem funções orgânicas de manutenção e de vigilância em sua divisão. Eles participam no planejamento e zelam as operações de manutenção feitas pelas empresas exteriores ao navio, quando eles não realizaram essas operações. Eles têm um papel de coordenação das diferentes operações de manutenção, o que é muito importante no que diz respeito à segurança nuclear.

7) Quais são os cursos específicos realizados na “*École des Applications Militaires à l’Energie Atomique*” (EAMEA) e no Centro de Treinamento Nuclear de Cadarache para a formação de oficiais e praças submarinistas?

Não sou autorizado a divulgar essa informação.

8) O Sr pode descrever como foi o acidente ocorrido em um submarino francês, quando vazou vapor e vitimou vários militares?

- O entrevistado solicitou sigilo na divulgação nos fatos ocorridos. O autor citou no texto apenas o que está amplamente divulgado na internet, ou seja, que houve um vazamento de vapor que vitimou dez militares; e

- O autor fez esta pergunta porque sabia da ocorrência desse acidente e desejava ampliar os dados e formalizá-lo como referência. Essa informação foi obtida quando, então Comandante

do Submarino Tikuna, recebeu a bordo para realizar uma curta viagem, no ano de 2009, um tenente submarinista francês, que descreveu o fato.

ANEXO B

ENTREVISTA

IDENTIFICAÇÃO:

POSTO E NOME: CMG (EN) André Luis Ferreira Marques

FUNÇÃO: Coordenador do Programa de Propulsão Nuclear

ORGANIZAÇÃO: CTMSP

Entrevista realizada por e-mail em 13 de junho de 2011 pelo CMG Nelson Nunes da Rosa da Marinha do Brasil.

QUESTIONÁRIO:

1) No que tange à operação de uma Instalação Propulsora Nuclear (IPN) típica de um submarino (PWR), quais as dificuldades e diferenças em relação a uma instalação em terra? (exemplo: quais as dificuldades impostas aos operadores da planta nuclear pelas inclinações de casco e pela variação de velocidade?).

As instalações navais (sejam de SN ou navios de superfície) possuem tempos de respostas muito menores do que usinas de terra. Em síntese, podemos dizer que há alterações muito rápidas de potência, rotação, vazão de vapor, entre outros, o que não é comum em usinas nucleares de terra. Comparando-se, um SN está para um carro de fórmula um ou um avião de caça, enquanto que uma usina de terra é mais próxima de um navio mercante viajando em longo curso. A consequência disso é uma maior exigência dos operadores para acompanhar, antecipar e atuar em uma série de sistemas, de forma muito dinâmica e ampla, para que seja cumprida a ordem de máquina do SN.

2) Em função das dificuldades e diferenças descritas acima, as exigências profissionais dos operadores de uma IPN de um submarino são maiores que as dos operadores de uma instalação em terra, como Angra 1 e 2, por exemplo? Quais são elas?

No caráter técnico, por causa das características em epígrafe, afirmamos que os operadores de reatores navais precisam ter um treinamento diferenciado, ou mais exigente com relação ao conhecimento técnico e aptidão para os serviços, do que existe para a parte de terra, porque o tempo de reação exigido é menor; os envelopes de segurança são parecidos, mas a amplitude destes para um SN é menor do que em uma usina. Afinal, se as fainas não saírem corretas em uma usina de terra, basta desligar o reator e aguardar as devidas correções, o que nem sempre é possível ou viável em um SN mergulhado à milhas de distância de uma base amiga.

3) Considerando a IPN típica de um submarino (PWR) que será projetada para o 1º SN-BR, como deve ser elaborada uma tabela de serviço para conduzi-la, tanto em viagem como no porto? Quais são as tarefas dos operadores durante o serviço?

Em linhas gerais, há de se ter:

- a) Um operador do circuito primário, que é o responsável pela condução do reator em si e seus sistemas mais próximos (bombas de circulação, pressurizador, movimento das barras de controle, níveis de fluxo neutrônico, entre os mais importantes);
- b) Um operador do circuito secundário, sendo a pessoa que lidará com os sistemas térmicos e conversores de energia, tais quais: turbogeradores, condensadores, bombas de circulação, ejetores para vácuo em condensadores, válvulas pneumáticas ou garganta, para mencionar alguns;
- c) Um operador para o circuito de propulsão, que se concentra no MEP e seus sistemas periféricos: retificadores, disjuntores, painéis de controle etc.;
- d) Rondante da máquina, que é importante para confirmar se os instrumentos e sensores, além dos atuadores estão em funcionamento coerente com os comandos recebidos; e

- e) Supervisor de Propulsão, profissional mais experiente que possui uma visão geral da condução da instalação, podendo ser o retêm de algum dos primeiros três em caso de indisponibilidade eventual.

4) Como deve ser conhecimento do Sr, os Aspirantes da Escola Naval tem a formação diversificada em Mecânica, Eletrônica e Sistemas. Considerando que os submarinistas podem ser oriundos das três áreas, essa formação é adequada para se obter uma base científica necessária para a futura capacitação na área nuclear?

Sim, na verdade, como não se tem uma formação ou graduação em engenharia nuclear no Brasil, e baseando-se no que já foi visto com diversos oficiais e civis no setor, o curso de graduação de Villegagnon é suficiente para o estágio inicial da propulsão nuclear, devendo-se complementar com cursos e estágios subseqüentes, em instalações militares e civis, para se atingir o nível de preparo e conhecimento para serem avaliados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), de forma a obterem a licença de operação de reator nuclear do SNBR.

5) O Sr saberia apontar quais os cursos necessários para a formação de oficiais e praças para a operação da IPN? Quais as matérias dos cursos?

Este assunto está sendo executado pela primeira vez no CTMSP, com um grupo de Oficiais e Sargentos voluntários para operarem o LABGENE, que é o protótipo em terra da instalação propulsora do SNBR. Podemos resumir:

- a) Lote de Preparo Inicial: revisão de conceitos de matemática, química, física;
- b) Lote Inicial: proteção radiológica, termodinâmica, física de reatores;
- c) Lote Intermediário: instrumentação industrial e nuclear, transmissão de calor, blindagem radiológica, sistemas de controle, materiais nucleares;
- d) Lote Avançado: neutrônica de reatores, cinética de reatores nucleares, sistemas

- de propulsão a vapor, sistemas de propulsão elétrica;
- e) Estágio Supervisionado 1: operação do laboratório de testes de equipamentos da propulsão (LATEP); operação da unidade crítica (reator de potência zero); operação de planta à vapor (navio de superfície);
 - f) Estágio Supervisionado 2: treinamento em simulador de reator nuclear (i.e. Eletronuclear - Usina de Angra 1 ou empresa que opere com PWR);
 - g) Estágio Supervisionado 3: treinamento no simulador do LABGENE;
 - h) Estágio Supervisionado 4: preparação para a prova da CNEN.

OBS:

Lote = aulas expositivas e provas discursivas;

Estágio = aulas expositivas, aulas práticas, demonstrações práticas e provas discursivas.