

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CF ANTONIO HUGO SAROLDI CHAVES

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA DE DEFESA:
LINHA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DOS PROJETOS DE ACÚSTICA
SUBMARINA

Rio de Janeiro

2014

CF ANTONIO HUGO SAROLDI CHAVES

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA DE DEFESA:
LINHA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DOS PROJETOS DE ACÚSTICA
SUBMARINA

Monografia apresentada à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para a conclusão do Curso Superior.

Orientador: CMG (RM1) WILLIAM DE SOUSA MOREIRA

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval

2014

RESUMO

A Política de Defesa Nacional e a Estratégia Nacional de Defesa ressaltam a importância de linhas de desenvolvimento tecnológico, nacionalização de itens estratégicos e priorizam o fomento da Base Industrial de Defesa. Dentro deste quadro, este trabalho discute uma linha de desenvolvimento tecnológico em acústica submarina para a Marinha. Uma vez que a negação do uso do mar é o principal objetivo estratégico para a Marinha na Estratégia Nacional de Defesa, o submarino nuclear se apresenta como um ponto de fundamental importância. No entanto, para a operação do submarino nuclear são necessários sonares e armamentos nacionais. Dessa forma, neste trabalho, são apresentados os projetos em desenvolvimento e as tecnologias sonares para operação de submarinos. Conclui-se que a transferência de tecnologia é um dos grandes desafios a ser superado no processo de nacionalização. O investimento deve ser contínuo, seguindo uma linha de desenvolvimento começando com tecnologias de menor complexidade que tenham maior aplicabilidade operacional, de forma que as Instituições de Ciência e Tecnologia, a Base Industrial de Defesa e as Universidades sejam fortalecidas e capacitadas a construir sistemas sonares nacionais. Sugere-se, ainda, a importância de cooperação com as empresas estrangeiras que estejam capacitadas a realizar a transferência de tecnologia e conhecimento para o país, o que é fundamental para se desenvolver uma Base Industrial Nacional capaz de construir.

Palavras-chave: Linha de desenvolvimento tecnológico. Acústica submarina. Sistemas sonares.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. CIÊNCIA E TECNOLOGIA	2
2.1 Política de Defesa Nacional	2
2.2 Estratégia Nacional de Defesa	2
2.3 Política Nacional de Recursos do Mar	4
2.4 Linha de desenvolvimento tecnológico	4
2.5 Transferência de tecnologia	5
3. ACÚSTICA SUBMARINA	7
3.1 Tecnologias em desenvolvimento na Marinha	7
3.1 Tecnologias sonares para a operação de submarinos	9
4. LINHA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO EM ACÚSTICA SUBMARINA	11
5. CONCLUSÃO	13
6. REFERÊNCIAS	16

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AJB	Águas Jurisdicionais Brasileiras
CA	<i>Cylindric Array</i>
COPPE	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia
CSub	Comunicações Submarinas
END	Estratégia Nacional de Defesa
FA	<i>Flank Array</i>
IA	<i>Intercept Array</i>
IEAPM	Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
IPQM	Instituto de Pesquisas da Marinha
LABSONAR	Laboratório Sonar
LIOc	Laboratório de Instrumentação Oceanográfica
MODPRES	Módulo de Previsão de Alcance Sonar
PDN	Política de Defesa Nacional
PNRM	Política Nacional de Recursos do Mar
PROPENERG	Projeto de Propagação da Energia Acústica
PVDF	<i>Polyvinylidene Fluoride</i>
SecCTM	Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha
SisGAAz	Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul
SISPRES	Sistema de Previsão do Ambiente Acústico para o Planejamento de Operações Navais
SONAP	Sonar Passivo Nacional
STFA	Sistema Tático de Fatores Ambientais
TA	<i>Towed Array</i>
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, na última década, vem priorizando o desenvolvimento de tecnologias nacionais e vem fazendo esforços para reativar a Base Industrial de Defesa com a Política de Defesa Nacional (BRASIL, 2005b) e a Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2008).

As Forças Armadas estão buscando diminuir a dependência de tecnologias estrangeiras. Em especial na área nuclear, cibernética e espacial (BRASIL, 2005b). Um exemplo é o Programa Nuclear da Marinha que foi concebido para viabilizar a obtenção, por projeto e construção no Brasil, de um submarino com propulsão nuclear.

O desenvolvimento de um submarino nuclear de ataque nacional é de suma importância para a dissuasão estratégica no Atlântico Sul. No entanto, ressalta-se que para sua operação são necessários também o desenvolvimento de sistemas sonares e armamentos nacionais.

No que tange ao desenvolvimento de sistemas acústicos submarinos, projetos de pesquisa voltados para equipamentos sonares e ambiente operacional, estes começaram a ter novos incentivos com a criação da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha (SecCTM) e da Gerência de Acústica Submarina que, dentre outras atribuições, pretende unificar esforços para atendimento das necessidades operacionais da Marinha.

Historicamente, a aquisição de sistemas sonares e armamentos estrangeiros comprometem vários aspectos da operacionalidade e da logística, assim como a capacidade de mobilização. Essas tecnologias estratégicas, caso adquiridas no exterior geralmente são degradadas ou se tornarão obsoletas num curto espaço de tempo.

A aquisição de sistemas sonares estrangeiros torna o Brasil dependente de países e indústrias estrangeiras, restringindo a capacidade de operação de submarinos que contribuem para missão prioritária da Marinha do Brasil na Estratégia Nacional de Defesa.

Neste âmbito, este trabalho tem por objetivo discutir uma linha de desenvolvimento tecnológico para os projetos de acústica submarina com o propósito de diminuir a dependência de sistemas sonares estrangeiros.

No capítulo 2 são apresentados os documentos condicionantes e apresentados conceitos importantes para este trabalho, no capítulo 3 as tecnologias em desenvolvimento na Marinha e de importância para a acústica Submarina, no capítulo 4 é feita uma sugestão de linha de

desenvolvimento tecnológico e, por fim, no capítulo 5 são feitas considerações e apresentados os desafios e dificuldades da linha de desenvolvimento tecnológico.

2. CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Neste capítulo são apresentados a Política de Defesa Nacional (PDN), a Estratégia Nacional de Defesa (END) e a Política Nacional de Recursos do Mar (PNRM), documentos que condicionam alguns aspectos de ciência e tecnologia das Forças Armadas e da Marinha. Discute-se, ainda, aspectos de uma linha de desenvolvimento tecnológico e transferência de tecnologia, de importância para este trabalho.

2.1 Política de Defesa Nacional

A Política de Defesa Nacional é o documento condicionante de mais alto nível e estabelece os objetivos nacionais de defesa. Enfatiza que, para o desenvolvimento e a autonomia sejam alcançados, é essencial o domínio crescente e autônomo de tecnologias sensíveis, principalmente nos estratégicos setores espacial, cibernético e nuclear e, incentiva o investimento do Estado em setores de tecnologia avançada (BRASIL, 2005b).

Dentre os Objetivos Nacionais na PDN, destaca-se o desenvolvimento da indústria de defesa, orientada para obtenção da autonomia em tecnologias indispensáveis e, nas suas orientações, entende que os setores governamental, industrial e acadêmico devem estar voltados para produção científica e tecnológica. Além disso, tais setores devem contribuir para assegurar que o atendimento às necessidades de produtos de defesa seja apoiado em tecnologias de domínio nacional, mediante estímulo e fomento dos setores industrial e acadêmico.

2.2 Estratégia Nacional de Defesa

A Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2008) trata da reorganização e reorientação das forças armadas e da organização da Base Industrial de Defesa. A END é inseparável da estratégia nacional de desenvolvimento.

Dentre os Objetivos Estratégicos da Marinha, a Estratégia Nacional de Defesa prioriza assegurar os meios para negar o uso do mar a qualquer concentração de forças inimigas que se

aproxime do Brasil por via marítima. Os outros dois Objetivos Estratégicos são a projeção do poder e controle de área marítima.

Segundo a Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2008), o desenvolvimento deve ser guiado pelos princípios da Independência Nacional efetivada na mobilização de recursos físicos, econômicos e humanos para o investimento no potencial produtivo do país e da Independência Nacional alcançada pela capacitação tecnológica autônoma.

Das Diretrizes da Estratégia Nacional de Defesa destaca-se:

- Dissuadir a concentração de forças hostis nos limites de águas jurisdicionais brasileiras (AJB), e impedir-lhes o uso do espaço aéreo nacional.
- Organizar as Forças Armadas sob a égide do trinômio monitoramento/controle, mobilidade e presença.
- Desenvolver a capacidade de monitorar e controlar águas jurisdicionais brasileiras. Tal desenvolvimento dar-se-á a partir da utilização de tecnologias de monitoramento terrestre, marítimo, aéreo e espacial, que estejam sob inteiro e incondicional domínio nacional. (...)
- Capacitar a Base Industrial de Defesa para que conquiste autonomia em tecnologias indispensáveis à defesa. (...)
- Deverá, sempre que possível, ser buscado o desenvolvimento de materiais que tenham uso dual.

A Estratégia Nacional de Defesa possui três eixos estruturantes. O primeiro estabelece as diretrizes estratégicas de cada força e a maneira de transformar tais diretrizes em práticas e capacitações operacionais e propõe a linha de evolução tecnológica necessária para assegurar que se concretizem. O segundo trata da reorganização da Base Industrial de Defesa para assegurar que o atendimento às necessidades de produtos por parte das Forças Armadas apoie-se em tecnologias sob domínio nacional, preferencial de emprego dual (militar e civil). O terceiro eixo estruturante fala sobre a composição do efetivo das Forças Armadas.

A reorganização da Base Industrial de Defesa deve ser feita de acordo com as seguintes diretrizes:

- Dar prioridade ao desenvolvimento de capacitações tecnológicas independentes;
- Subordinar as considerações comerciais aos imperativos estratégicos;
- Evitar que a Base Industrial polarize-se entre pesquisa avançada e produção rotineira;
- Usar o desenvolvimento de tecnologias de defesa como foco para o desenvolvimento de capacitações operacionais (BRASIL, 2008, p. 21).

Em relação a capacitações tecnológicas nacionais e a da relação com outros países a END estabelece:

O futuro das capacitações tecnológicas nacionais de defesa depende tanto do desenvolvimento de aparato tecnológico, quanto da formação de recursos humanos. Daí a importância de se desenvolver uma política de formação de cientistas, em ciência aplicada básica. (...)

No esforço de reorganizar a Base Industrial de Defesa buscar-se-ão parcerias com outros países, com o objetivo de desenvolver capacitação tecnológica nacional. A esses interlocutores estrangeiros o Brasil deixará sempre claro que pretende ser parceiro, não cliente e nem comprador. O País está mais interessado em parcerias que fortaleçam suas capacitações independentes e não na compra de produtos e serviços acabados (Ibid, pg. 22).

2.3 Política Nacional de Recursos do Mar

A Política Nacional de Recursos do Mar (BRASIL, 2005a) tem por objetivo estimular o desenvolvimento da pesquisa, ciência e tecnologia marinha, estabelecer, implantar e manter o sistema nacional de monitoramento oceanográfico e climatológico marinho, estimular o desenvolvimento de tecnologias e produção nacional de materiais e equipamentos necessários às atividades de pesquisa e exploração e aproveitamento sustentável dos recursos do mar.

Para o estabelecimento da ciência Marinha e monitoramento oceanográfico é necessário o desenvolvimento de sistemas sonares capazes de, remotamente, quantificar as riquezas no oceano.

2.4 Linha de desenvolvimento tecnológico

A Estratégia Nacional de Defesa estabelece três eixos estruturantes. No primeiro eixo, que trata das diretrizes estratégicas de cada força, ressalta a importância do país ter uma linha de desenvolvimento tecnológico. Essa linha de desenvolvimento está intrinsecamente ligada ao segundo eixo estruturante que trata da reorganização da Base Industrial de Defesa.

Uma linha de desenvolvimento tecnológico deve ser estabelecida com passos exequíveis e aumentando o grau de complexidade. A linha deve ter como foco principal uma necessidade operacional, ou seja, uma tecnologia que caso não adquirida no país comprometa o cumprimento da missão das Forças Armadas.

Um exemplo de linha de desenvolvimento tecnológico é o programa espacial com a família de foguetes Sonda I, II, III e IV da Força Aérea Brasileira, que partiu de pequenos foguetes de

curto alcance, para maiores e com maiores alcances até um sistema mais complexo de veículos lançadores.

Alguns pontos são críticos e complexos numa linha de desenvolvimento: a capacitação de pessoal; a capacitação e demanda de produtos para a Base Industrial de Defesa e; a transferência de tecnologia por empresas estrangeiras.

Um importante aspecto na linha de desenvolvimento tecnológico são as relações entre governo, indústria e defesa. Segundo Longo e Moreira (2013), existe uma relação de desconfiança mútua, cada qual com suas razões.

O Governo investe pouco nas Forças Armadas não assegurando a demanda para a indústria, com isso, não oferece garantia de continuidade para projetos de longo prazo e tem pouca propensão ao compartilhamento dos riscos em investimentos em tecnologia.

As empresas se queixam da falta de estímulo e demanda continuada e sentem a falta de um sistema integrado de planejamento e aquisições de defesa que proporcione previsibilidade em longo prazo para investimentos em infraestrutura, pesquisa e desenvolvimento, além de criticar as compras de oportunidade no exterior.

As Forças Armadas com meios obsoletos queixam-se da dificuldade gerada pela dependência tecnológica externa e pela falta de investimento no aparelhamento.

Longo e Moreira (2013) ressaltam ainda, que existe a possibilidade legal de aquisição de empresas nacionais atuantes em defesa por empresas e consórcios estrangeiros, com prejuízo para tecnologias nacionais e para os esforços de investimento público.

2.5 Transferência de tecnologia

Uma linha de evolução tecnológica encontra limitações na Transferência de Tecnologia. No Brasil, o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) é quem tem papel central na execução das políticas dessa área (LONGO; MOREIRA, 2012). De acordo com os referidos autores, para o INPI, transferência de tecnologia deve ser entendida como um processo por meio do qual um conjunto de conhecimentos, habilidades e procedimentos aplicáveis aos problemas da produção são transferidos, por transação de caráter econômico, de uma organização a outra, ampliando a capacidade de inovação da organização receptora.

No entanto, os autores ressaltam que, no que se refere à concretização da transferência de tecnologia, existem diferenças entre as intenções e ações, visto que envolve áreas diversas como

política, economia internacional, investimentos em pesquisa e desenvolvimento, indústria, lucro, propriedade intelectual, dentre outros aspectos que tornam difícil o equacionamento da transferência de tecnologia.

Longo e Moreira (2012) também destacam a importância de quem está recebendo a tecnologia em absorver conhecimentos tão amplos como necessários à atividade inovadora em uma determinada área tecnológica, o que traz implicações diversas.

Dentro deste quadro, a qualificação de pessoal para o sistema de aquisição de produtos, assim como para o desenvolvimento, deve ter elevada importância. Os países com grandes investimentos em defesa já são conscientes dessa importância (MOREIRA, 2012), inclusive a Índia, que possui um sistema amplo de aquisições de defesa desde os anos 1980, por meio de sistemáticas e procedimentos com o objetivo de alavancar a Base Industrial de Defesa criada a partir de encomendas tecnológicas do setor de defesa. A sistemática da Índia utiliza o poder de compra do estado para alavancar a base tecnológica e produtiva da indústria.

Para Moreira (2012) um sistema de aquisição de defesa é uma ferramenta fundamental para o uso eficaz, eficiente e efetivo do poder de compras do Estado, por meio de encomendas tecnológicas existentes e exequíveis. O autor salienta, no entanto, que a sistematização e desenvolvimento de metodologias de aquisição de produtos representam um grande desafio em termos organizacionais.

Segundo Longo e Moreira (2013), o Brasil, ao contrário dos EUA com várias agências dedicadas ao custeio de projetos conduzidos por instituições militares civis públicas ou privadas, não possui um fundo nem uma agência de fomento específica para custeio de projetos de Ciência e Tecnologia de interesse da defesa, o que dificulta a continuidade de projetos, como é o caso dos sistemas acústicos submarinos.

Fundos setoriais podem ser instrumentos de mobilização da comunidade científica e tecnológica para projetos de interesse da defesa e contribuir para criar vínculos de sólida cooperação entre a comunidade científica e as Forças Armadas (LONGO; MOREIRA, 2013). Até o momento nenhum fundo setorial foi operacionalizado.

Em 2012 foi promulgada a lei 12.598/2012 que dentre diversas medidas se destacam o regime tributário diferenciado, os incentivos as empresas estratégicas de defesa que criam condições especiais para as indústrias nacionais e abrem perspectivas de resultados positivos, principalmente em linhas de desenvolvimento tecnológico e construção de sistemas sonares.

Na tentativa de fomentar projetos estratégicos de defesa foi aberto, em 2013, um plano de apoio conjunto, o Inova Aerodefesa (FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS, 2014). Através do plano serão selecionados negócios de empresas brasileiras que contemplem temas comprometidos com a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação das cadeias produtivas dos setores Aeroespacial, Defesa e Segurança. Pretende-se incentivar o adensamento de toda a cadeia produtiva destes setores, considerados estratégicos dentro do Plano Inova Empresa do governo federal, criado para distribuir os recursos para inovação, visando alcançar novos patamares de competitividade pelo país.

3. ACÚSTICA SUBMARINA

Acústica submarina é o estudo da propagação do som na água e as interações dessa onda mecânica com o fundo e suas fronteiras (CLAY; MEDWIN, 1977). As frequências associadas às ondas acústicas estão entre 10 Hz e 1 MHz (JENSEN et al., 2011). A acústica submarina está fortemente relacionada com outros campos de acústica que incluem sonares, transdutores, processamento de sinais, oceanografia, bioacústica e física acústica (URICK, 1983).

Para a Marinha a acústica submarina está ligada a capacidade de controle e monitoramento das águas jurisdicionais brasileiras, assim como, a detecção, classificação, acompanhamento e solução de tiro por meio dos sistemas sonares.

Este capítulo descreve os projetos atuais de Acústica Submarina na Marinha do Brasil e aborda tecnologias sonares para a operação de um submarino.

3.1 Tecnologias em desenvolvimento na Marinha

Na Marinha, dois Institutos desenvolvem projetos na área de acústica submarina, o Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) e o Instituto de Pesquisas da Marinha (IPQM), sendo esses dois Institutos subordinados diretos à SecCTM. A maior parte dos projetos de ambos os Institutos está voltada para o processamento de sinais e ambiente de operação.

O Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira investiu, nos últimos anos, na formação de pessoal, aquisição de material e projetos na área de acústica submarina. Dentre os diversos projetos ativos, existe o Sistema de Previsão do Ambiente Acústico para o Planejamento de Operações Navais (SISPRES), sistema nacional capaz de fazer cálculos de

previsão de alcance sonar com base em informações ambientais, dados estes proveniente de um banco de dados qualificado ou coletados na cena de ação.

O SISPRES é um sistema de previsão do ambiente acústico para uma determinada área e em um determinado período, a fim de capacitar a Marinha do Brasil a aperfeiçoar o planejamento e o emprego dos meios navais nas Operações Navais, interferindo de modo decisivo na tomada de decisão em operações antissubmarino e de ataque por submarino.

O sistema possui dois módulos. O primeiro módulo denominado Sistema Tático de Fatores Ambientais (STFA), é um sistema de visualização de condições ambientais. Tem por objetivo fornecer, de forma rápida e eficaz, informações detalhadas do cenário físico. O segundo módulo é o Módulo de Previsão de Alcance Sonar (MODPRES), que engloba diversos modelos de propagação acústica, reverberação e ruído, além de algoritmos para a apresentação de probabilidade de detecção, traçado de raios e perdas na propagação.

O projeto prevê a experimentação acústica no mar para aquisição de dados acústicos em diferentes situações operacionais. Tais atividades de campo visam aos seguintes objetivos: validação de modelos acústicos empregados; seleção de modelos acústicos ideais para as áreas de operações, a serem inseridos no módulo acústico MODPRES; utilização de técnicas de inversão para obtenção de parâmetros geológicos, geofísicos e oceanográficos, de forma a aumentar a precisão das bases ambientais utilizada; levantamento do ruído ambiental marinho, gerando uma base específica; e apoio experimental às diversas atividades de acústica submarina da Marinha.

Por fim, o SISPRES é uma ferramenta computacional de planejamento e tática com amplo espectro de utilização, tanto em consultas a parâmetros ambientais, quanto na previsão da propagação da energia acústica no mar.

O projeto de Propagação da Energia Acústica (PROPENERG) é um projeto em desenvolvimento, que tem como objetivo estudar o ambiente de propagação em águas rasas de uma área teste no IEAPM em apoio ao SISPRES. Os estudos das camadas sedimentares, da batimetria e do tipo de fundo são feitos com sísmica rasa e profunda, com batimetria multifeixe e coleta e análise de testemunhos, o que é fundamental para o entendimento dos modelos de propagação acústico utilizados na previsão de alcance sonar.

Com métodos, técnicas de sensoriamento remoto acústico submarino, produção de informações sobre a massa líquida, fundo e camadas sedimentares das Águas Jurisdicionais Brasileiras, o projeto visa aumentar a eficácia das operações no emprego do Poder Naval.

O Projeto de Comunicações Submarinas (CSub) tem por objetivo a construção de um modem acústico nacional capaz de estabelecer comunicação entre navios submarinos e estações submarinas. Pretende atender, de forma secundária, a operação do Submarino Nuclear.

O CSub está dividido em fases a fim de que os recursos sejam utilizados de forma condicional ao sucesso das fases anteriores. Dentre suas tarefas estão o desenvolvimento pelo IEAPM de uma interface digital para transmissão e recepção dos dados, confecção de um projeto detalhado de estação de comunicações submarinas, aquisição dos itens de hardware necessários, incluindo modems, cabos, bases de fundo resistente a redes de arrasto, entre outros.

O projeto pretende superar a limitação das comunicações digitais submarinas, implantando um piloto para a transmissão de dados digitais por métodos acústicos. O projeto possibilitará estabelecer uma estação de comunicação submarina para a transmissão de dados a submarinos mergulhados.

O Grupo Sonar do Instituto de Pesquisas da Marinha (IPQM) foi criado na década de 60 está capacitado a fazer calibração em transdutores em seu tanque de testes acústicos e desenvolveu um Sistema de Detecção e Acompanhamento de Contatos (SDAC), que é utilizado operacionalmente pelos submarinos da MB. Os recursos humanos do Instituto encontram-se divididos entre especialistas em processamento de sinais, transdutores e propagação acústica submarina.

O Sistema de Detecção e Acompanhamento de Contatos (SDAC) é um sistema nacional capaz de realizar o processamento de sinais do arranjo cilíndrico dos submarinos em operação.

O projeto Sonar Passivo Nacional (SONAP) pretende construir um arranjo com tecnologia nacional. O arranjo é composto por hidrofones dispostos em uma superfície cilíndrica com a finalidade de dar uma cobertura sonar de 360°. Este protótipo será integrado ao SDAC.

3.1 Tecnologias sonares para a operação de submarinos

Neste capítulo são apresentadas algumas tecnologias sonares para a operação de submarinos. O domínio de tecnologias sonares operacionais nacionais agregam conhecimento

aos projetos em desenvolvimento na Marinha que têm como base principal o processamento de sinais como por exemplo o SDAC e o CSub.

Os sonares estão estruturados em duas partes principais que são: os transdutores; e o processamento de sinais (LI, 2012). A principal dificuldade tecnológica encontrada hoje no Brasil consiste no projeto e fabricação dos transdutores capazes de atender as especificações que permitam cumprir a missão de um sistema sonar.

O processamento de sinais de sonares vem sendo estudado pela Marinha no IPQM, no IEAPM e nas universidades Brasileiras, principalmente no Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), no Laboratório de Instrumentação Oceanográfica (LIOc) e, recentemente no Laboratório Sonar (LABSONAR), criado em 2013.

Teses foram desenvolvidas no país para estimativas de distância passiva em águas rasas, orientadas pelo Professor Carlos Eduardo Parente¹ Ribeiro do LIOc. Cita-se, por exemplo, Greco de Souza (2008) que avaliou a aplicação de métodos baseados na teoria de campo casado para a localização de fontes sonoras de forma passiva, e Motta (2005), que apresentou teorias de propagação sonora e análise espectral.

Pessek (2013), orientado pelo Professor Luiz Gallisa Guimarães² também do LIOc, apresentou uma teoria para estimativas de distância passiva por método acústico interferométrico, baseado numa experiência controlada entre um submarino e um alvo de superfície, utilizando o ruído de cavitação propagado por modos em águas rasas.

No que diz respeito aos sonares, de acordo com Li (2012), baseado na missão, estes podem ser classificados como ativos, passivos, de comunicação, de navegação e, de alarme de

¹ O Professor Carlos Eduardo Parente Ribeiro é CMG da reserva, foi Encarregado do Grupo Sonar do IPQM e serviu a bordo do Navio Oceanográfico Almirante Saldanha com o então CMG Paulo de Castro Moreira da Silva. Atualmente é Professor adjunto do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica na COPPE-UFRJ e já orientou dezenas de Teses e dissertações em Acústica Submarina. Possui graduação em Engenharia Eletrônica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1966), especialização em Aperfeiçoamento de Eletrônica Para Oficiais pela Marinha do Brasil(1964), especialização em *Underwater Acoustics pela Underwater Sound Laboratory Us Navy* (1968), especialização em Geofísica Marinha pelo Fundação de Estudos do Mar (1974), especialização em Curso de Assuntos Básicos pela Escola de Guerra Naval(1974), especialização em Curso de Comando e Estado Maior pela Escola de Guerra Naval(1975), especialização em Curso de Sonar[Ministrado Por Professores do NUSC] pelo Centro de Adestramento Alte Marques Leão(1975), especialização em *Underwater Acoustics* pela Escola de Guerra Naval (1979), especialização em Curso Avançado de Sonar pela *Tracor Applied Sciences USA* (1981), mestrado em Engenharia Oceânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro(1977) e doutorado em Engenharia Oceânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro(1999).

² Bacharel, Mestre e Doutor em Física respectivamente pela Universidade Federal de Pernambuco (1983), Universidade de São Paulo (1986) e Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (1991). Atualmente é professor associado da Universidade Federal do Rio de Janeiro, junto ao Laboratório de Instrumentação Oceanográfica (LIOc) do programa de Engenharia Naval e Oceânica-COPPE-UFRJ. Atua nas áreas de radiação, propagação e espalhamento de ondas (eletromagnéticas e sísmicas) em geofísica aplicada, bem como em acústica oceanográfica.

torpedos. Os sonares que podem ser utilizados pelos submarinos em construção na Marinha do Brasil são os de maior interesse de nacionalização, exemplos desses sonares passivos são o rebocado, de flanco, cilíndrico e de interceptações de emissões, explicados abaixo.

Os primeiros arranjos rebocados ou *Towed Array* (TA) surgiram para atender a exploração offshore de óleo e gás e, somente na década de 60, começaram a ser aplicados para fins militares, longe da plataforma que reboca. Possui a vantagem da diminuição do ruído de propulsores próprios. Sua frequência de operação está entre 10 e 2400 Hz (WAITE, 2002).

De acordo com Haffa (1991), o uso de sonares rebocados em navios de superfície é a única maneira de detectar submarinos silenciosos. O Processamento de sinais é semelhante a qualquer tipo de sonar, porém o monitoramento do status do arranjo é incluído.

Arranjo de flanco ou *Flank Array* (FA) é composto por hidrofones em linha, ou por um material chamado *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF). São dois sonares, um em cada bordo do submarino, que podem fazer algumas estimativas de distâncias passivas. Tem a desvantagem de sofrer maior interferência de ruído próprio, em relação ao arranjo rebocado, a sua banda de frequência de operação está entre 100 Hz e 1500 Hz.

Arranjo de Cilíndrico ou *Cylindric Array* (CA) fica localizado na proa do submarino e possui faixa de operação em frequências maiores que 1 kHz. A principal informação fornecida é a marcação do alvo.

Arranjo de interceptação de emissões ou *Intercept Array* (IA) é um sonar que tem como missão interceptar emissões de sonares ativos. Pelas suas características, sua faixa de operação está entre 1 e 10 kHz.

A utilização de sonares em todas as bandas de frequência torna o submarino capaz de detectar, classificar e acompanhar todos os alvos necessários ao cumprimento de sua missão.

4. LINHA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO EM ACÚSTICA SUBMARINA

Neste capítulo é apresentada uma sugestão de linha de desenvolvimento tecnológico para que o Brasil tenha capacidade de projetar e construir seus próprios sistemas sonares para atender a demanda dos submarinos que estão sendo construídos no país.

Os projetos em andamento atualmente na Marinha serão beneficiados com a utilização de uma linha de desenvolvimento tecnológico, já que todos os projetos listados utilizam o processamento de sinais como forma de atingir seus objetivos.

A construção/fabricação deve ser feita no país, em cada etapa da transferência de tecnologia. A capacitação de pessoal, tanto pela Marinha, Universidades e Base Industrial deve estar voltada para fins práticos, ou seja, a construção de sistemas sonares operacionais.

A importância da escolha do primeiro projeto da linha é fundamental para as futuras etapas. Para essa escolha devem ser considerados os desenvolvimentos atuais, capacitações e necessidades operacionais dos submarinos.

O sonar mais simples de construção e operacionalização é o arranjo rebocado. Por estar longe da plataforma que o reboca e, por operar a princípio no modo passivo, é o mais adequado ao início de uma linha de desenvolvimento tecnológico. Em relação a outros sonares possui maior ganho direcional, aumentando o desempenho de detecção, com a diminuição da influência de ruído próprio.

Portanto, o arranjo rebocado atende os requisitos de simplicidade, facilidade de instalação e maior alcance de detecção dentre todos os sonares existentes.

Pelos motivos acima, o primeiro passo da linha é projeto do arranjo rebocado com um horizonte de quatro anos para sua conclusão. Alguns pontos devem ser considerados nesse primeiro período:

- Aquisição de um arranjo rebocado para estudo e cópia de seus componentes básicos;
- Instalação de um arranjo rebocado em submarino da Marinha do Brasil com a totalidade do processamento de sinais nacional;
- Produção de cerâmica piezoelétrica por indústria nacional, a fim de atender os projetos futuros de sonares, com a ajuda de uma empresa já tenha fabricado este tipo de sonar e que permita completo acesso aos processos de produção e laboratórios;
- Produção de sonar rebocado para navios de superfície da Marinha com hidrofones já existentes na Marinha;
- Construção de sonobóias nacionais, com o conhecimento e materiais existentes no país.

Como forma de potencializar a primeiro período da linha de evolução com a capacidade e materiais atualmente existentes nos Institutos de Pesquisa, sugere-se a instalação de um arranjo

fixo na Enseada dos Anjos em Arraial do Cabo para ser utilizada como laboratório de processamento e raia de teste de veículos submarinos autônomos.

O domínio tecnológico de um sonar de menor complexidade relativa pode capacitar o projeto e a construção dos sonares mais complexos em termos de estrutura física e instalação a bordo, tais como o sonar de interceptação de emissões, o sonar de arranjo cilíndrico, o Sonar de Flanco e sonares ativos.

Outros sistemas sonares para uso em aplicações civis poderão ser desenvolvidos a partir do domínio dessas tecnologias, além de projetos que poderão atender a parte submarina do Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz).

A partir da execução dos itens acima se espera que o país evolua nos aspectos de recursos humanos, laboratórios acústicos, construção de cerâmicas e hidrofones e, sobretudo no inter-relacionamento entre Forças Armadas, Base Industrial e Universidades.

Com todos esses sonares projetados e construídos no país o Brasil poderá alcançar conhecimento científico, capacidade Tecnológica e Industrial de importância estratégica para as Forças Armadas e para o país.

5. CONCLUSÃO

Dentre os objetivos estabelecidos para a Marinha, na Estratégia Nacional de Defesa, existe a prioridade em assegurar os meios para negar o uso do mar a qualquer concentração de forças inimigas que se aproxime do Brasil por via marítima. Para tal, o Submarino Nuclear tem um papel fundamental e, em decorrência da sua importância, a capacidade dos sistemas sonares é indispensável neste objetivo estratégico.

A Estratégia Nacional de Defesa enfatiza a necessidade de nacionalização de equipamentos estratégicos de Defesa com a reorganização da Base Industrial de Defesa, priorizando o desenvolvimento de capacitações tecnológicas independentes e a formação de recursos humanos com a formação de cientistas.

A Marinha vem investindo na formação de pesquisadores, porém a adoção de uma linha de desenvolvimento tecnológico visa dar perspectivas de médios e longos prazos para a formação de recursos humanos, laboratórios especializados e capacidade industrial.

Destacam-se dois projetos na área de Acústica Submarina desenvolvidos na Marinha, o SISPRES e o SDAC, que são utilizados operacionalmente pela Esquadra. Estes dois projetos, aliados aos que estão sendo desenvolvidos, sintetizam o esforço que a Marinha vem fazendo na capacitação de recursos humanos e de pesquisa em proveito das Operações Navais.

Uma linha de desenvolvimento tecnológico pretende dar continuidade na formação, incentivar a Base Industrial de Defesa, fortalecer Instituições de Ciência e Tecnologia da Marinha como detentoras conhecimento, capacidade de fiscalização, acompanhamento e desenvolvimento de projetos, utilizando, de maneira produtiva, o conhecimento latente existente nas Universidades Brasileiras para aplicações práticas em proveito da Defesa Nacional.

A transferência de tecnologia desses sistemas sonares engloba o acesso irrestrito a instalação e tecnologias de construção de cerâmicas e hidrofones, dos sistemas de transmissão de informação, de sonares ativos e do processamento de sinais.

Para compreender e efetivar a transferência de tecnologia é necessário um esforço próprio anterior, que no caso a Marinha do Brasil já vem fazendo na área de acústica, principalmente na área de recursos humanos.

Em paralelo ao processo de nacionalização devem ser iniciados estudos de sonares, capazes de utilizar sons biológicos, sonares de abertura sintéticos, paramétricos e diretivos, sistemas acústicos para monitoramento ambiental, mudanças climáticas e de pesca.

Com a construção de plataformas de combate, sensores como sonares e armamentos o país alcançará um independência tecnológica e industrial, capaz de uma mobilização tecnológica necessária a um eventual esforço de guerra.

Em resumo, sugere-se uma linha de desenvolvimento tecnológico em que o primeiro passo é realizar a instalação a bordo de um submarino em serviço ativo de um arranjo rebocado operacional. Começando do sistema sonar mais simples, de maior alcance e que seja possível utilizar de forma operacional.

Parcerias entre a Marinha, as indústrias nacionais e as estrangeiras devem ser sólidas. Essas parcerias devem incluir o acesso irrestrito as tecnologias de laboratório e processos de produção de cerâmicas, hidrofones, transmissão de dados e processamento de sinal da indústria/empresa estrangeira.

As capacitações da Marinha e das indústrias nacionais devem incluir a montagem de laboratórios de produção de cerâmicas/hidrofones com características semelhantes do arranjo da empresa estrangeira.

A partir do quarto ano após o início da linha de desenvolvimento devem ser iniciados os projetos e a construção de sonares totalmente nacionais, com o conhecimento e instalações adquiridos no projeto do arranjo rebocado.

A Marinha do Brasil, com a nacionalização de tecnologias de sistemas sonares, tem grande oportunidade de apresentar um projeto piloto de transferência de tecnologia compatível com as demandas militares para serem utilizadas por plataformas operacionais, uma vez que tem aplicação imediata no projeto e construção do Submarino Nuclear de Ataque.

A legislação Brasileira atual reflete a necessidade da nacionalização de sistemas estratégicos de defesa com investimentos contínuos, porém, até o momento não existe um fundo setorial para investimentos em defesa.

A transferência de tecnologia é um dos principais desafios da adoção da linha de desenvolvimento tecnológico em acústica submarina. Na linha de desenvolvimento tecnológico, a transferência de tecnologia implica na fabricação nacional do objeto da transferência, não apenas cursos ou aulas, mas sim a efetiva produção pela indústria nacional, com acesso irrestrito a tecnologia, laboratórios e processos de construção.

Uma Base Industrial de Defesa adequada às necessidades do país em termos de defesa está muito longe de ser alcançada, porém com o favorecimento da legislação, o contínuo e eficaz investimento em ciência e tecnologia e, com a produção de sistemas estratégicos será possível alavancar a capacidade de produção da Base Industrial de Defesa em proveito da defesa nacional, favorecendo o desenvolvimento do país. Neste contexto, uma linha de desenvolvimento tecnológico em acústica submarina poderá contribuir para criação de vínculos sólidos entre as Forças Armadas, a comunidade científica e as indústrias.

6. REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto nº 5377, de 23 de fevereiro de 2005. Aprova a Política Nacional para os recursos do Mar - PNM. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 fev. 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5377.htm>. Acesso em: 14 ago. 2014.

_____. Decreto nº 5484, de 30 de junho de 2005. Aprova a Política de Defesa Nacional, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 01 jul. 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5484.htm>. Acesso em: 14 ago. 2014.

_____. Decreto nº 6703, de 18 de dezembro de 2008. Aprova a Estratégia Nacional de Defesa, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 dez. 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6703.htm>. Acesso em: 14 ago. 2014.

FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. Programas e linhas. Inova Aero defesa. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/pagina.asp?pag=programas_aerodefesa>. Acesso em: 14 ago. 2014

GRECO DE SOUSA, A. V. *Estimação de distâncias de fontes sonoras no mar com técnicas acústicas passivas*. 2008. 150f. Tese (Doutorado em Engenharia Oceânica), Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

HAFFA Jr, Robert P.; PATTON Jr, James H. Analogues of stealth: submarines and aircraft. *Comparative Strategy*, v. 10, n. 3, 1991.

JENSEN, F. B., et al. *Computational ocean acoustics*. Nova York: Springer, 2011.

LI, Q. *Digital sonar design in underwater acoustics: Principles and applications*. Nova York: Springer, 2012.

LONGO, W. P. E; MOREIRA, W. S. Transferência de tecnologia e defesa. *Revista das Forças Armadas*, ano 7, n. 29, 2012.

_____. Tecnologia e inovação no setor e defesa: uma perspectiva sistêmica. *Revista da Escola de Guerra Naval*, Rio de Janeiro, v.19, n. 2, p. 277-304, jul./dez. 2013.

CLAY, C. S., MEDWIN, H. *Acoustical oceanography: principles and applications*. New York: Wiley, 1977.

MOREIRA, W. S. Aquisições de Defesa no Século XXI: óbices e desafios para o Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DE DEFESA, 2012, São Paulo. Anais... São Paulo, 2012.

MOTTA, J. R., *Detecção e localização acústica em águas rasas usando transformada wavelet contínua e outras técnicas espectrais*. 2005. 126f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

PESSEK, Kleber. *Estimativa de distância passiva por método acústico interferométrico em águas rasas*. 2013. 28f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica), Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

URICK, R. J. *Principles of underwater sound*. 3. ed., Nova York: McGraw-Hill, 1983.

WAITE, A. D. *Sonar for practicing engineers*. Londres: Wiley, 2002.