

SISTEMA DE COMBATE DOS FUTUROS SUBMARINOS – impactos e sugestões*

ALI KAMEL ISSMAEL JÚNIOR**
Capitão de Fragata (EN)

SUMÁRIO

Introdução
O papel do sistema de combate no comando e controle para submarinos
Descrição sumária do mastro oprônico de busca (SOM)
Análise dos impactos positivos e negativos e sugestões de maximização
de uso do TDL e do SOM
Conclusão

INTRODUÇÃO

Justificada pelos documentos condicionantes do Ministério da Defesa – a Estratégia Nacional de Defesa, Brasil (2012a) e a Política Nacional de Defesa, Brasil (2012b) – , além de sua missão constitucional de defesa das águas juris-

dicionais brasileiras (BRASIL, 1988), designadas como a “Amazônia Azul”, a Marinha do Brasil (MB) firmou, em 2008, um acordo de cooperação e transferência de tecnologia com a França, visando investir na expansão da força naval no tocante a submarinos e ao desenvolvimento da Indústria Nacional de Defesa

* N.R.: Título original do autor: Impactos e sugestões de maximização de uso do *link* de dados táticos e do mastro oprônico de busca (SOM) no sistema de combate dos futuros submarinos convencionais S-BR. Resumo da monografia apresentada à Escola de Guerra Naval (EGN) em 2015, no Curso Superior (C-Sup).

** Mestre em Engenharia Elétrica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet-RJ). Especialista em Análise do Ambiente Eletromagnético pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Graduado em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas Eletrônicos pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj). Serve atualmente no Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM), como Encarregado da Divisão de Simulação de Sistema de Combate.

(PORTAL DA MARINHA, 2015a). Este projeto, de grande vulto e ineditismo, implicou na contratação, por parte da MB, junto à empresa francesa *Directions de Construction Navales et Services* (DCNS), de um pacote de material para a construção de quatro submarinos convencionais, designados como S-BR (BRASIL, 2009), além também da construção do almejado submarino nuclear brasileiro. Esta empresa francesa mudou sua denominação para Naval Group em 2017 (PODER NAVAL, 2017).

Desta forma, este artigo investiga, baseado na monografia apresentada pelo autor à EGN como requisito para aprovação no Curso Superior (C-Sup) 2015, dentro do contexto do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (Prosub), especificamente na área de Comando e Controle, os impactos e as perspectivas de duas tecnologias de sensores componentes dos Sistemas de Combate dos Submarinos Convencionais S-BR: o *Link* de Dados Táticos (*Tactical Data Link* – TDL) e o Mastro Optrônico de Busca (*Search Optronic Mast* – SOM). Estas duas tecnologias são inovações em comparação aos sensores existentes nos Sistemas de Combate dos submarinos classe *Tupi*, atual classe desse meio em uso na Marinha do Brasil. Com a utilização dessas tecnologias, uma gama de possibilidades se abre para sua utilização, especialmente na área de Comando e Controle.

O escopo de abordagem deste trabalho será a identificação dos impactos positivos e negativos do uso destas tecnologias e, a partir da pesquisa bibliográfica e de entrevistas com pessoal do Setor do Material – Diretoria-Geral do Material da Marinha (DGMM), Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (Cogesn) e Diretoria de Sistemas de Armas da Marinha (DSAM) –

envolvidos com o Prosub, analisar e sugerir possíveis ações para a Marinha do Brasil no sentido de maximizar o emprego destas tecnologias. O conhecimento destas tecnologias e a análise resumida dos impactos de seu uso permitirão à MB condições para a reflexão sobre a necessidade de uma preparação prévia da Força para o recebimento dos submarinos S-BR.

O PAPEL DO SISTEMA DE COMBATE NO COMANDO E CONTROLE PARA SUBMARINOS

A área de Comando e Controle tem fundamental importância no emprego das Forças Armadas, pois por meio dela é que se pode atingir os objetivos de uma missão operativa, especialmente em uma situação de conflito, com maior eficiência e eficácia. Para melhor explicitar esse raciocínio, podemos utilizar a seguinte definição de Guerra Centrada em Redes (GCR), extraída da Doutrina Básica da Marinha (DBM):

A Guerra Centrada em Redes é uma forma de atuar em combate que faz uso da Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC), com o estabelecimento de uma arquitetura de Comando e Controle (C²), cuja principal característica é a geração de um ambiente virtual de compartilhamento tempestivo da informação em todos os níveis de decisão e escalões de comando (aumento da Consciência Situacional Marítima). Visa a contribuir para a obtenção da superioridade da informação, mesmo quando os elementos da força estiverem dispersos geograficamente.

O espaço de batalha na GCR é apoiado por uma rede integrada, concorrendo para aumentar a mobilidade das forças e o conhecimento mútuo,

diminuindo a duração e aumentando a qualidade do ciclo de C². A GCR não muda a essência da guerra e não substitui uma força militar. O efeito desejado é o incremento indireto do poder de combate, aumentando a letalidade dos ataques, a rapidez das decisões, a precisão das armas e a correção da identificação de alvos e, ainda, a diminuição dos danos causados às forças amigas. A GCR, em suma, reduz a incerteza da guerra (BRASIL, 2014, p. 2-6).

Como se pode depreender do texto mencionado, as ferramentas inerentes na composição de uma arquitetura de Comando e Controle englobam requisitos para Sistemas de Tecnologia de Informação, que visam processar e organizar os dados obtidos por meio da integração das diversas fontes de informações disponíveis no Teatro de Operações, e de Sistemas de Comunicação, que visam repassar estas informações para os diversos níveis de decisão e escalões de comando, a partir das ordens emanadas das instâncias superiores de Comando.

Em meios operativos navais, podemos citar como exemplo de um Sistema de Tecnologia de Informação extremamente importante em Comando e Controle o Sistema de Combate, que se compõe da integração dos diversos sensores, armas e calculadores de direção de tiro. O Sistema de Combate permite a integração das informações relevantes sobre o cenário tático, realizando o acompanhamento das forças amigas, inimigas (designadas como alvos) e neutras, dentro de uma área de ação, bem como o gerenciamento do engajamento das armas contra os alvos estabelecidos pelo Comando.

Aprofundando este raciocínio, o grande objetivo dos Sistemas de Combate é ampliar, por meio de diversos sensores, a capacidade de detecção, identificação

e engajamento de armas, por parte do Comando, no Teatro de Operações. Isto pode ser mais bem compreendido a partir da seguinte explicação:

Os sistemas de armas e a metodologia que os fazem funcionar são meios simples ou processos que servem como objetos de aumentar a capacidade do ser humano. Por exemplo, um sensor eletromagnético pode aumentar os sentidos de visão e audição de um indivíduo, as armas aumentam o poder de um indivíduo para causar danos, um sistema de direção de combate expande a capacidade de decisão de uma pessoa, e assim por diante. Como centro fundamental de todo sistema de armas, não importa o quão remoto, no centro do sistema de combate ou sistema de direção de combate está um ser humano engajado no uso deste sistema ou grupo de sistemas (CASTRO, 2003a).

Dessa forma, o Sistema de Combate é uma ferramenta de Comando e Controle que permite a integração dos diversos sensores de uma plataforma ou meio operativo (navios, aviões, submarinos, carros de combate etc.) e seus operadores, cujas principais funções são a detecção, a identificação, o acompanhamento, a classificação, o processamento, a avaliação, a designação, a aquisição e o controle do engajamento do armamento contra o inimigo.

Como o escopo deste trabalho é o uso de tecnologia de Comando e Controle, mais especificamente para um submarino convencional (propulsão a diesel), é importante o conhecimento da definição das ações deste meio, que são definidas pela DBM:

As Ações de Submarinos são aquelas realizadas por submarino em que se ex-

ploram suas características intrínsecas de ocultação, relativa independência de condições ambientais da superfície, mobilidade tridimensional e grande autonomia, capacidade de detecção passiva e poder de destruição. Os submarinos devem ser, prioritariamente, empregados em ações de caráter ofensivo, em áreas marítimas sob disputa ou controle do inimigo. O efeito desejado primordial de uma ação de submarinos é a destruição dos navios inimigos e compreende medidas contra o tráfego marítimo, contra unidades navais de superfície e submarinos. Elas podem ser atribuídas a qualquer submarino de ataque, nuclear ou convencional, armado com torpedos ou mísseis táticos (BRASIL, 2014, p. 3-26).

Conclui-se da definição acima que um meio operativo como o submarino é, inerentemente, um meio de destruição dos oponentes. Isto nos leva à conclusão de que a ferramenta de Comando e Controle mais importante para a execução dessa ação é o Sistema de Combate. Logo, percebe-se que o grau de confiabilidade, a precisão e os detalhes das informações recebidas e fornecidas pelos sensores componentes do Sistema de Combate são vitais para que o submarino possa colaborar de forma efetiva com os objetivos do Comando e Controle.

No caso dos submarinos S-BR, o sistema de combate utilizado é o Subtics®, de propriedade da DCNS, que possui um alto grau de integração dos sensores e capacidade de engajamento simultâneo de diferentes tipos de armamento, conforme a descrição da empresa:

Subtics®, que já equipa todos os submarinos modernizados da Marinha francesa SSNs e SSBNs, ou que estão atualmente em construção, também será o Sistema de Gerenciamento de Com-

bate (CMS) para o futuro submarino nuclear da classe *Barracuda* – SSNs. Internacionalmente, foi particularmente selecionado para equipar todos os novos submarinos das classes *Scorpène® 2000* e *Scorpène® 1000*. Ele provê a única capacidade de detectar e acompanhar ruídos de emissores muito distantes com altas velocidades, produzindo um sumário tático com o necessário suporte à decisão e o bem-sucedido lançamento de vários tipos de armamentos simultaneamente (DCNS, 2014). (Tradução do autor)

Para que se possa garantir e manter o grau de confiabilidade de um sistema de combate complexo, como o Subtics®, é necessário que o Setor Operativo e o Setor Técnico, responsáveis por esses meios, conheçam esses sensores, as tecnologias envolvidas e os procedimentos necessários para a sua manutenção e operação.

Nesse contexto, a aquisição de novos sensores para um meio ou plataforma operativa representa uma necessidade de adequação às possibilidades que as novas tecnologias podem proporcionar. Diante da aquisição do TDL e do Mastro Optrônico de Busca para os Submarinos S-BR, tornam-se relevantes a análise e a apresentação dos impactos de utilização destas tecnologias no âmbito do Comando e Controle de meios submarinos na MB.

Descrição Sumária do Tactical Data Link (TDL)

Os enlaces de dados, também conhecidos como *links*, servem para a troca de informações entre Sistemas Táticos e de Comando e Controle, cujo objetivo é aumentar a consciência situacional relativa aos diversos cenários existentes nos níveis estratégico, operacional e tático, em um Teatro de Operações.

Como a “função mais importante no sistema automático de direção de combate é assistir o comandante no processo de decisão durante o combate” (CASTRO, 2003a), um sistema como o TDL é uma fonte de dados externos da localização do inimigo extremamente relevante para um meio submarino, que passa a maior parte do tempo submerso e dependendo exclusivamente das informações do sonar.

A tecnologia do TDL não é uma novidade em termos de meios navais e meios aeronáuticos. O princípio básico é a utilização de um enlace de ondas de rádio, onde são transmitidas, de uma base fixa em terra ou de um ou mais meios operativos, mensagens padrão formatadas, digitalizadas e criptografadas, contendo informações relevantes e sintéticas do quadro tático de interesse, para o meio receptor das mensagens.

Essa tecnologia aumentou significativamente a capacidade de Comando e Controle, especificamente na interoperabilidade entre os meios, pois permitiu, de uma forma simplificada, a troca de informações do campo de batalha, sem a necessidade de sistemas mais complexos, mais caros e com desempenho inferior, como os utilizados para troca de informação por voz, nos sistemas de comunicação tradicionais (CASTRO, 2003b).

Corroborar este raciocínio a seguinte explicação contida no guia *Understanding Voice and data Link Networking - Northrop Grumman's Guide to secure Tactical Data Links*:

Simplificando, os *links* de dados táticos (TDLs) são meios para disseminar informações processadas de radar, sonar, Informação Amigo Inimigo (IFF), guerra eletrônica, autorreporte e observação visual. Durante a Batalha da Grã-Bretanha, o radar permitiu que as forças aliadas ras-

traassem "peças de metal" no céu. Esses "pedaços de metal" eram, naturalmente, bombardeiros de combate inimigos que partiam de vários locais da Europa. A divulgação desses acompanhamentos era feita por comunicações de voz, que eram difíceis e lentas. Ao longo do tempo, os aviões começaram a voar mais rápido e precisavam disseminar esses dados táticos o mais rápido possível, tornando-se uma prioridade. No final da década de 1950, nasceram os *links* de Informação Tática Digital (*Tactical Digital Information Link* – TADIL). Hoje nós os conhecemos como TDL. Cada TDL usa o *link* de dados padrão para fornecer comunicação via ondas de rádio ou cabos de dados. Os padrões militares (MIL-STD) estabelecem o padrão para a interoperabilidade do *link* de dados (NORTHROP GRUMMAN, 2013, p.1-1). (Tradução do autor)

Na MB, os exemplos de *links* utilizados (MANSO, 2013) são o Link 11, padrão dos países do Tratado do Atlântico Norte (Otan), e o Link YB, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) (SINEIRO, 2014) e construído no Brasil – atualmente, o Centro de Análise de Sistemas Navais (Casnav) vem trabalhando na evolução do seu algoritmo criptográfico para a segurança das comunicações no mar (PORTAL DA MARINHA, 2015b).

A inovação proporcionada pelo Sistema de Combate dos submarinos S-BR decorre do fato que os meios submarinos atuais da MB, os submarinos classe *Tupi* (SCT), não são dotados de TDL, o que obriga os SCT a uma maior exposição para que recebam informações pelos meios convencionais de comunicação por voz.

No Sistema de Combate dos Submarinos S-BR, a função do TDL é o recebimento de informações de características

cinemáticas de alvos e de suas atualizações, também chamadas de pistas (*tracks*), em que essas informações serão enviadas para o sistema de combate, que, por sua vez, fará o gerenciamento por correlação das sucessivas mensagens do *link* recebidas, permitindo a seleção e a compilação do quadro tático dos alvos de interesse¹.

O TDL dos submarinos S-BR utilizará como padrão de mensagens o *link* YB com transmissão/recepção de ondas de rádio na faixa de frequências VHF/UHF. Em função da utilização do *link* YB, o meio poderá ser integrado aos meios da MB que já utilizam este *link*². Porém poderá ser necessária, no futuro, uma evolução neste sistema para o padrão *link* BR2, em desenvolvimento na empresa Mectron com a Força Aérea Brasileira (FAB), para interoperabilidade das três Forças Armadas brasileiras (DEFESANET, 2012). Isto será discutido no item de Análise.

O dispositivo de transmissão/recepção das mensagens será uma antena multifuncional, fabricada pela empresa francesa BMTI, que será içada por um mastro responsável por todos os sistemas de comunicação do meio³. É importante destacar que esta característica de transmissão/recepção do TDL faz com que o submarino tenha que se expor à cota periscópica para utilizar este equipamento, além de perder o contato que obtivera, em consequência de ter tido que alterar sua cota para poder reportá-lo. Dessa forma, também será necessária uma evolução neste sistema, de forma a permitir que o submarino possa efetuar a transmissão/recepção contínua estando submerso, utilizando, por exemplo, um sistema de boia de transmissão VHF/UHF flutuante. Isto também será discutido no item de Análise.

O *hardware* do TDL foi fabricado e fornecido pela empresa Siem Offshore

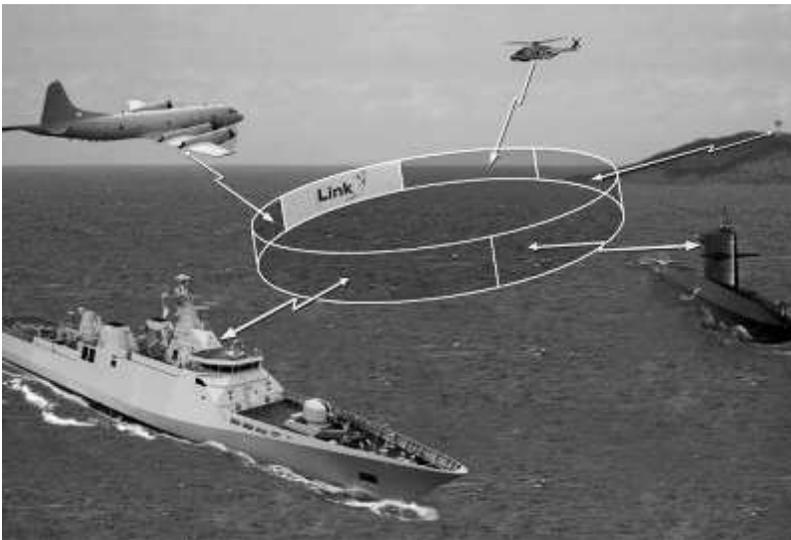


Figura 1 – Esquema simplificado de comunicação por TDL

Fonte: Site da empresa Thales (http://www.thales7seas.com/html_2014/product188.html), acesso em 29/10/2016

1 Dado obtido em entrevistas com o pessoal do Setor do Material (ISSMAEL JUNIOR, 2015).

2 Idem.

3 Idem.

do Brasil S/A (BRASIL, 2012), no Brasil (equipamento Enlace Automático de Dados – EADS), e o *software* de controle, integrado ao *software* do Sistema de Combate dos S-BR, desenvolvido pela empresa Ezute em conjunto com a empresa DCNS, durante o treinamento no Sistema de Combate, na empresa DCNS (FUNDAÇÃO EZUTE, 2015).

Uma visão geral simplificada do uso do TDL pode ser observada na Figura 1.

DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO MASTRO OPTRÔNICO DE BUSCA (SOM)

O mastro optrônico de busca é um sensor em um submarino, que funciona de forma semelhante a um periscópio, sem a necessidade de um mastro penetrante no casco, o que disponibiliza, dessa forma, mais espaço para o projeto do submarino durante a construção e limita os riscos de vazamento de água em caso de danos. Este tipo de mastro é conhecido como mastro não penetrante (BONSOR, 2001).

O SOM substitui o sistema de visão mecânica convencional (periscópio de ataque) por equipamentos digitais, que possuem câmeras digitais que geram imagens na faixa do espectro eletromagnético visível (luz), conhecidas como câmeras *High Definition Television* (HDTV) de alta definição e de alta sensibilidade a baixa luminosidade.

Este equipamento também é dotado de câmeras infravermelhas (*infrared cameras*), que representaram significativa evolução no combate noturno de superfície e aéreo. Somente no início dos anos 2000 este equipamento começou a ser adaptado para uso submarino. Estas câmeras, que se utilizam da tecnologia de sensores de estado sólido (microeletrônica), permitem a geração de imagens ou filmes

termais do ambiente, tanto à noite como em condições climáticas adversas, com neblina e chuva. O SOM é operado com o submarino em cota periscópica e com a elevação do mastro acima d'água, de forma semelhante a uma antena telescópica.

Conforme mencionado anteriormente, o mastro fornece informações por meio de uma série de sensores, tais como telêmetros *laser*, câmeras HDTV de alta definição e câmeras infravermelhas. As imagens e informações, no caso do submarino S-BR, aparecem integradas ao *software* do sistema de combate e operadas pelos consoles multifuncionais do submarino, localizados na sala de controle.

A possibilidade de se obter as imagens gravadas e armazenadas em formato digital, tanto como fotos ou como filmes, permite realizar o *replay* dos filmes, além de funções de expansão de imagem, como visão panorâmica, para além do campo de visada normal das câmeras – *Field of View* (FOV) – (SAGEM DÉFENSE SÉCURITÉ, 2014).

Podem ser atestadas as características descritas até aqui pela seguinte passagem do livro *Submarine Technology for the 21st Century*:

Na Grã-Bretanha, na Itália, na França e nos Estados Unidos, as pesquisas estão buscando um periscópio usando televisão e outros sensores eletrônicos para substituir as retículas ópticas. O avanço é significativo por vários motivos. Os sinais podem ser obtidos rapidamente e armazenados para reprodução, o que significa que, neste escopo, se gasta menos tempo acima da superfície da água. Em vez de uma análise de 10 segundos do comandante sobre o que ele vê, a imagem e outros dados do sensor podem ser examinados por mais de um par de olhos. Repetição e telas congeladas dão a capacidade de avaliar o

que levou apenas alguns segundos para adquirir. A segunda vantagem de um periscópio eletro-óptico reside na área do projeto do submarino. Atualmente, o comprimento total de um periscópio é limitado à profundidade do fundo do periscópio, correndo do topo da vela até o fundo do barco. Um dispositivo eletro-óptico pode usar um mastro telescópico ou içável e reduzir o tamanho da vela. Como a vela é necessária à frente, ela apresenta uma superfície refletora forte para o sonar ativo. Reduzir o tamanho da vela leva a uma redução da força de alvo disponível para um sonar ativo hostil, incluindo um torpedo de localização. Uma vela menor também poderia reduzir o arrasto e a turbulência. Um periscópio eletrônico em um mastro telescópico também poderia eliminar a penetração considerável no casco, que atualmente é necessária para acomodar o tubo de um periscópio óptico, com as respectivas glândulas de embalagem (*packing glands*) e anéis de deslizamento eletrônicos (*slip rings*). Em vez disso, seria necessário um pequeno acessório de casco para passar uma fibra óptica ou um cabo coaxial. A terceira vantagem é a retirada da localização do Centro de Informações de Combate. Até agora, ele tinha que estar localizado diretamente abaixo da vela e ao redor do periscópio. Um periscópio eletrônico permite flexibilidade de projeto para colocar o Centro de Informações de Combate em outros lugares. Uma quarta vantagem é a liberdade de projetar a cabeça do periscópio com uma forma que minimiza a capacidade de detecção do radar inimigo. À medida que a eletrônica se torne menor no futuro, mais espaço ficará disponível no periscópio para outros instrumentos (ZIMMERMAN, 2000, p.182). (Tradução do autor)

O mastro optrônico de busca dos submarinos S-BR é de fabricação da empresa francesa Sagem Défense Sécurité e possui os seguintes componentes (SAGEM DÉFENSE SÉCURITÉ, 2010, p. 25): Antena de ESM (*Electronic Support Measures*) para guerra eletrônica, Antena GPS (*Global Position System*), câmera HDTV de alta sensibilidade, câmera infravermelha, telêmetro laser LRF (*Laser Rangefinder*), dispositivo protetor oceânico dos sensores do SOM (POD – *Protective Oceanic Device*), incluindo todos os sensores optrônicos e antenas ESM/GPS, unidade eletrônica do SOM, *software* DVD do SOM, e *kit* de instalação do SOM.

Nos submarinos S-BR, há a integração de múltiplos dispositivos no mastro optrônico de busca, como a antena de ESM e a antena de GPS, além de seus sensores optrônicos. Devido ao fato de esses sensores possuírem dimensões reduzidas, o POD sensor foi projetado com uma geometria de reduzida assinatura radar, além de possuir um invólucro externo à sua superfície, composto por material absorvedor de ondas eletromagnéticas na faixa radar, melhorando a capacidade de ocultação do submarino quando do uso do Mastro Optrônico de Busca em cota periscópica. Em virtude disso, com o uso desses múltiplos sensores de guerra eletrônica e navegação, os submarinos S-BR incrementam a sua capacidade de Comando e Controle para a coleta de informações.

Outro fator de elevada importância é que, no mastro optrônico de busca do S-BR, todas as informações obtidas por meio dos seus sensores ópticos (câmeras e telêmetro *laser*) são integradas ao Sistema de Combate do S-BR e podem ser armazenadas em mídias removíveis, como *pen-drives* e *Compact Disks* (CDs)/*Digital Video Disks* (DVDs), além do uso tradicional de sua utilização na compi-

lação do quadro tático pelo sistema de combate dos S-BR, também representando um aumento em sua capacidade de Comando e Controle.

Um fator que será discutido no item de Análise é o fato de o mastro oprônico de

busca possuir componentes de *hardware* e *software* totalmente estrangeiros. Isto pode representar problemas, mas também oportunidades de desenvolvimento autóctone desta tecnologia. Uma visão geral simplificada do SOM é dada nas Figuras 2 e 3.

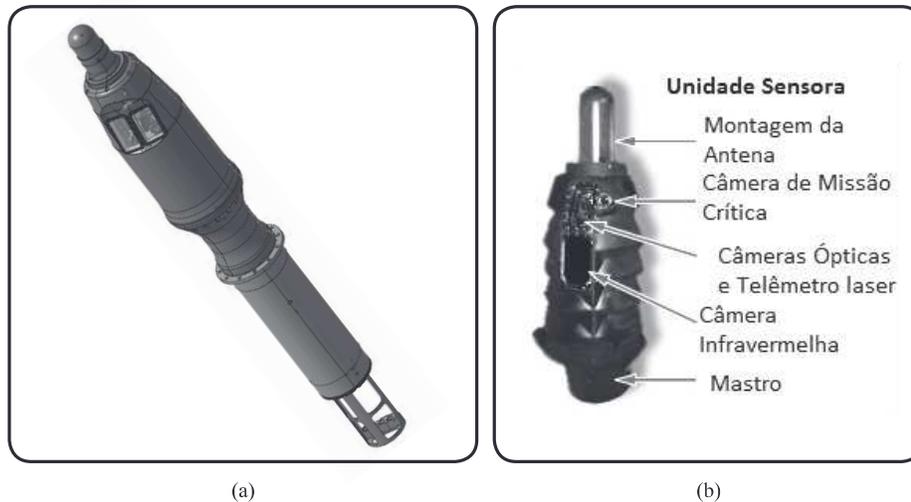


Figura 2 – (a) POD sensor com as câmeras infravermelhas e HDTV do SOM; e (b) componentes internos de um POD sensor de um mastro oprônico. Fontes: (a) (SAGEM DÉFENSE SÉCURITÉ, 2010); e (b) *Site* HowStuffWorks.com (<http://science.howstuffworks.com/photonic-mast2.htm>), acesso em 29/10/2016

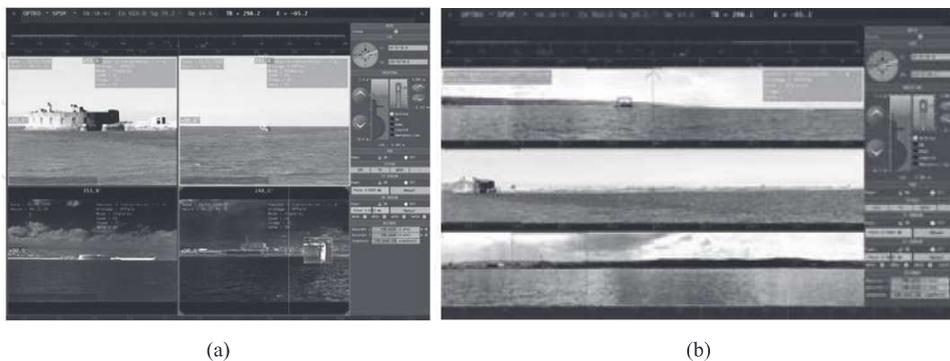


Figura 3: (a) Interface homem/máquina do mastro oprônico de busca, com as visadas normais das câmeras infravermelhas e HDTV e (b) Interface homem/máquina do SOM, com as visadas panorâmicas das câmeras infravermelhas e HDTV. Fonte: *Site* da empresa Sagem-Safran (http://www.safran-electronics-defense.com/fr/file/download/d1755_series_30_som.pdf), acesso em 29/10/2016

ANÁLISE DOS IMPACTOS POSITIVOS E NEGATIVOS E SUGESTÕES DE MAXIMIZAÇÃO DE USO DO TDL E DO SOM

Conforme mencionado na introdução, a análise visa responder às seguintes perguntas, dentro do contexto do Comando e Controle:

– Que impactos positivos e negativos podem ocorrer em relação à operação do TDL e do SOM no Sistema de Combate dos S-BR?

– Como maximizar o emprego destas tecnologias?

Dessa forma, serão apresentados separadamente, para o TDL e para o SOM, os dados obtidos durante a pesquisa bibliográfica e de campo e a análise dos impactos positivos e negativos identificados.

Ao final, a partir da análise destas informações, serão apresentadas sugestões do autor para se maximizar o uso destas tecnologias.

Estudo analítico do TDL

No que concerne ao Comando e Controle e às características do TDL, os dados levantados na pesquisa bibliográfica e nas respostas dos representantes da DGMM, da Cogesn e DSAM ao questionário proposto indicam que:

– O TDL que será usado nos submarinos S-BR é o Sistema de Enlace Automático de Dados (EAD-S), idêntico ao *link* YB utilizado atualmente nos navios da Força. Trata-se de um Enlace Automático de Dados (EAD) da década de 70, cuja tecnologia utilizada encontra-se obsoleta em comparação com o que há de mais moderno no mercado, conforme levantado na entrevista com o Setor do Material. Sendo assim, o desempenho do EAD-S é inferior ao de outros modelos de EAD existentes no mercado.

– O TDL dos submarinos S-BR utilizará como padrão de mensagens o *link* YB com transmissão/recepção de ondas de rádio na faixa de frequências VHF/UHF.

– O TDL é integrado com o Sistema de Combate dos S-BR, o Subtics®.

– O *software* de controle, embora desenvolvido parcialmente por empresa brasileira, ainda depende de insumos estrangeiros.

– O *hardware* do TDL é fabricado por empresa no Brasil e, embora de tecnologia antiga, foi modernizado e adequado para esse meio naval, com o emprego do *link* YB, além de já possuir uma pequena parcela da arquitetura *Multi-Data Link Processor* (MDLP), o que contribui para reduzir o esforço de adaptá-lo ao Sistema de Combate Subtics® do submarino, segundo levantado na entrevista com o Setor do Material.

– Os submarinos S-BR serão os primeiros submarinos da MB com capacidade de operar com *link* tático. A função do TDL será o recebimento de *tracks* (acompanhamento) de alvos, em que essas informações serão enviadas para o sistema de combate, que, por sua vez, fará o gerenciamento por correlação das sucessivas mensagens do *link* recebidas, permitindo a seleção e a compilação do quadro tático dos alvos de interesse. Dessa forma, essa tecnologia aumenta a capacidade de Comando e Controle do próprio submarino e também a interoperabilidade entre os meios que possuem o *link* YB.

– O dispositivo de transmissão/recepção das mensagens será uma antena multifuncional, fabricada por uma empresa estrangeira, que será içada por um mastro responsável por todos os sistemas de comunicação do meio.

– O *hardware* do TDL foi fabricado e fornecido por empresa nacional (equipa-

mento Enlace Automático de Dados para Submarinos – EAD-S), e o *software* de controle, integrado ao *software* do Sistema de Combate dos S-BR, foi desenvolvido parcialmente por empresa nacional, e em conjunto com empresa estrangeira.

– Com a aquisição do TDL, existe a necessidade da geração de oportunidades para capacitação de pessoal no desenvolvimento de *software*, na tecnologia de transmissão de dados.

– A rápida obsolescência de itens *Commercial of-the-Shelf* (COTS), ditos “de prateleira”, eventualmente empregados, implica o emprego de equipamentos eletrônicos, que em alguns casos são mais suscetíveis às condições ambientais extremas (alta temperatura e umidade) ou às flutuações da rede elétrica, podendo resultar em uma elevada taxa de avarias, caso o *hardware* não seja bem dimensionado.

– Estas tecnologias representam uma oportunidade de desenvolver a indústria de defesa nacional, reduzindo a nossa dependência estrangeira.

– O uso do TDL pode ser maximizado a partir da padronização desses itens nos demais meios. Com tal iniciativa, a manutenção e o adiestramento de pessoal seriam facilitados e permitiriam às tripulações empregá-los de forma eficiente e eficaz.

– Outro aspecto a se considerar é o investimento em pesquisa e desenvolvimento, em parceria com os institutos de Ciência e Tecnologia e a indústria de Defesa, a fim de manter essa tecnologia atualizada e permitir o seu futuro desenvolvimento autóctone.

A partir da análise desses dados, o autor identificou os seguintes resultados propostos para a pesquisa:

a) Impactos positivos:

a.1) Para a área de Comando e Controle, o uso do TDL representa um aumento da capacidade de submarinos na intero-

perabilidade, devido à sua integração ao Sistema de Combate dos S-BR, e de seu uso inédito em submarinos da MB.

a.2) Em termos logísticos, os fatos de o *hardware* do TDL ser fabricado por empresa nacional, à exceção da antena de transmissão e recepção, e de o *software* ser parcialmente desenvolvido também por empresa nacional, representam para a MB maior autonomia na manutenção do equipamento e incentivo à indústria nacional, um tópico importante e constante da Estratégia Nacional de Defesa (END).

a.3) Embora a tecnologia utilizada no TDL seja obsoleta, o *hardware* foi modernizado e é compatível com o que há disponível na Força.

b) Impactos negativos:

b.1) A tecnologia utilizada no TDL é obsoleta em comparação com o que há disponível no mercado.

b.2) A antena para recepção e transmissão é de fabricação estrangeira.

b.3) A antena é localizada no mastro de comunicação e, dessa forma, o submarino precisa se expor à cota periscópica para utilizar o TDL, perdendo o acompanhamento do alvo por ter que alterar sua cota.

b.4) O uso de itens COTS e o fato de alguns itens serem de fabricação estrangeira podem representar problemas de manutenção no futuro, no que concerne à obsolescência.

Estudo Analítico do SOM

No que concerne ao Comando e Controle e às características do Mastro Optrônico de Busca, os dados levantados na pesquisa bibliográfica e nas respostas dos representantes da DGMM, da Cogesn e da DSAM ao questionário proposto indicam que:

– o SOM é integrado com o sistema de combate dos S-BR, o Subtics®;

– o SOM utiliza elementos optrônicos cuja tecnologia já é aplicada em diversos equipamentos de busca e de vigilância por imagem, tais como câmeras infravermelhas, câmeras de TV e telômetros laser. Entretanto, são tecnologias cuja fabricação ainda é incipiente no País, e os itens de *software* e *hardware* utilizados no SOM são de fabricação estrangeira, com manutenção complexa e cara, necessitando de pessoal especializado;

– o SOM, por meio de suas câmeras infravermelhas, permite a aquisição de imagens em condições ambientais adversas, com chuva e neblina, bem como durante o período noturno, proporcionando melhora nas condições de ocultação do submarino;

– as imagens podem ser armazenadas em mídias removíveis, como *pen-drives* e CDs/DVDs, e, devido à integração com o Sistema de Combate dos submarinos S-BR, podem ser utilizadas na compilação do quadro tático, incrementando assim a capacidade de Comando e Controle;

– uma inovação tecnológica deste equipamento está no fato de que, diferente de um periscópio óptico tradicional, o Mastro Optrônico de Busca não é penetrante no casco do submarino, estando toda sua estrutura localizada na vela deste meio;

– com o uso do SOM, se abre a possibilidade da geração de oportunidades para capacitação de pessoal no desenvolvimento de *software* de processamento de imagens e sinais;

– a ausência de um canal óptico neste equipamento traz um impacto negativo, que é a dependência total da energia elétrica para o seu funcionamento;

– assim como no TDL, a rápida obsolescência de itens COTS, eventualmente empregados, implica o emprego de equipamentos eletrônicos, que em alguns casos são mais suscetíveis às condições

ambientais extremas (alta temperatura e umidade) ou às flutuações da rede elétrica, podendo resultar em uma elevada taxa de avarias caso o *hardware* não seja bem dimensionado; e

– o Mastro Optrônico de Busca possui a integração de múltiplos dispositivos, como a antena de ESM e a antena de GPS, além de seus sensores optrônicos, ampliando a capacidade de Comando e Controle por permitir no mesmo mastro a obtenção de informações de navegação e guerra eletrônica. Como os sensores possuem dimensões reduzidas, o POD sensor foi projetado com uma geometria de reduzida assinatura radar, além de possuir um invólucro externo à sua superfície, composto por material absorvedor de ondas eletromagnéticas na faixa radar, melhorando a capacidade de ocultação do submarino quando do uso do SOM em cota periscópica.

A partir da análise destes dados, o autor identificou os seguintes resultados propostos para a pesquisa:

a) Impactos positivos:

a.1) Assim como o TDL, o Mastro Optrônico de Busca é de uso inédito em submarinos da MB. Isto representa um aumento da capacidade de Comando e Controle destes meios, devido à sua integração ao Sistema de Combate dos S-BR, contribuindo, dessa forma, para a compilação do quadro tático do Teatro de Operações.

a.2) Este equipamento pode ser operado de qualquer console multifuncional disponível no submarino, possuindo o recurso de obter imagens panorâmicas rapidamente, em segundos, na faixa do visível ou infravermelha, da superfície, contribuindo para a descrição do meio, pois diminui o tempo de exposição do submarino.

a.3) O Mastro Optrônico de Busca possibilita a obtenção de imagens tér-

micas noturnas, ou em ambientes com neblina e chuva, podendo estas imagens ser armazenadas em mídias removíveis, como *pen-drives* e CDs/DVDs, o que também contribui na área de Comando e Controle, na classificação de contatos, por meio da inclusão destas imagens dos meios detectados, em bancos de dados operativos, podendo estas informações servir, no futuro, para implementações de fusões de dados de imagem com dados acústicos e eletromagnéticos.

a.4) O POD sensor com uma geometria de reduzida assinatura radar, além de possuir um invólucro externo à sua superfície, composto por material absorvedor de ondas eletromagnéticas na faixa radar, melhora a capacidade de ocultação do submarino quando do uso do Mastro Optrônico de Busca em cota periscópica.

a) Impactos negativos:

b.1) A ausência de um canal óptico para geração de imagens neste equipamento traz a dependência da energia elétrica para o seu funcionamento.

b.2) O uso de itens COTS no Mastro Optrônico de Busca e o fato de que todos os seus componentes são de fabricação estrangeira podem representar problemas de manutenção no futuro, no que concerne a obsolescência.

b.3) O alto grau de sofisticação tanto do *software* como do *hardware* do Mastro Optrônico de Busca demandará maior custo de manutenção e maior especialização dos operadores e do pessoal de apoio desses itens.

Sugestões para maximizar o emprego destas tecnologias

Em relação aos dois estudos analíticos apresentados, verificou-se que ambas as tecnologias apresentam impactos positivos e negativos com a sua adoção

no projeto dos submarinos S-BR. Consubstanciado pelos dados apresentados na pesquisa bibliográfica e de campo, o autor tece as seguintes considerações para colaborar no esforço de maximização da utilização destas tecnologias pela MB:

a) TDL

a.1) Diante dos fatos de a tecnologia do TDL ser considerada como obsoleta, do *software* ser parcialmente desenvolvido por empresa brasileira e da antena multifuncional ser de fabricação estrangeira, sugere-se que sejam mantidos e ampliados os incentivos ao tripé Força/Meio Acadêmico/e Indústria de Defesa para os estudos e as pesquisas de soluções autóctones que viabilizem, no futuro, a substituição desses itens por tecnologias mais recentes. Isto é importante do ponto de vista logístico, por criarmos independência de fornecedores estrangeiros.

a.2) Em função da utilização do *link* YB pelo TDL do submarino S-BR, o meio poderá ser integrado ao Comando e Controle dos meios da MB que já utilizam este *link*. Porém poderá ser necessária, no futuro, uma evolução neste sistema para o padrão *link* BR2, em desenvolvimento na Mectron e na FAB, ou outro que seja utilizado em comum pelas Forças Armadas brasileiras. Dessa forma, sugere-se a inclusão de estudos futuros para a possibilidade de adaptação deste TDL para outros padrões de *link* que sejam comuns aos meios da MB e das outras Forças Armadas. Este ponto é importante para a área de Comando de Controle, pois amplia a possibilidade da utilização dos submarinos em operações conjuntas.

a.3) A característica de transmissão/recepção do TDL faz com que o submarino S-BR tenha que se expor à cota periscópica para que se utilize deste equipamento. Este aspecto acarreta na perda do contato obtido, em consequência da necessidade

de o submarino ter que alterar sua cota para poder reportar o contato. Dessa forma, também será necessária uma evolução neste sistema, de forma a permitir que o TDL possa efetuar a transmissão/recepção de mensagens de forma contínua, estando o submarino submerso em uma cota máxima de operação, para não ser detectado. Como sugestão para esta evolução, pode ser estudada a viabilidade de instalação de

um sistema com boia de transmissão VHF/UHF flutuante nos submarinos. Existem no mercado antenas flutuantes que podem ser utilizadas em uma futura configuração de antena para o TDL, como, a título de exemplo, o modelo Callisto Communication System, da empresa Gabler (GABLER NAVAL TECHNOLOGY, 2015), que pode ser visto nas Figuras 4 (a), (b) e (c).

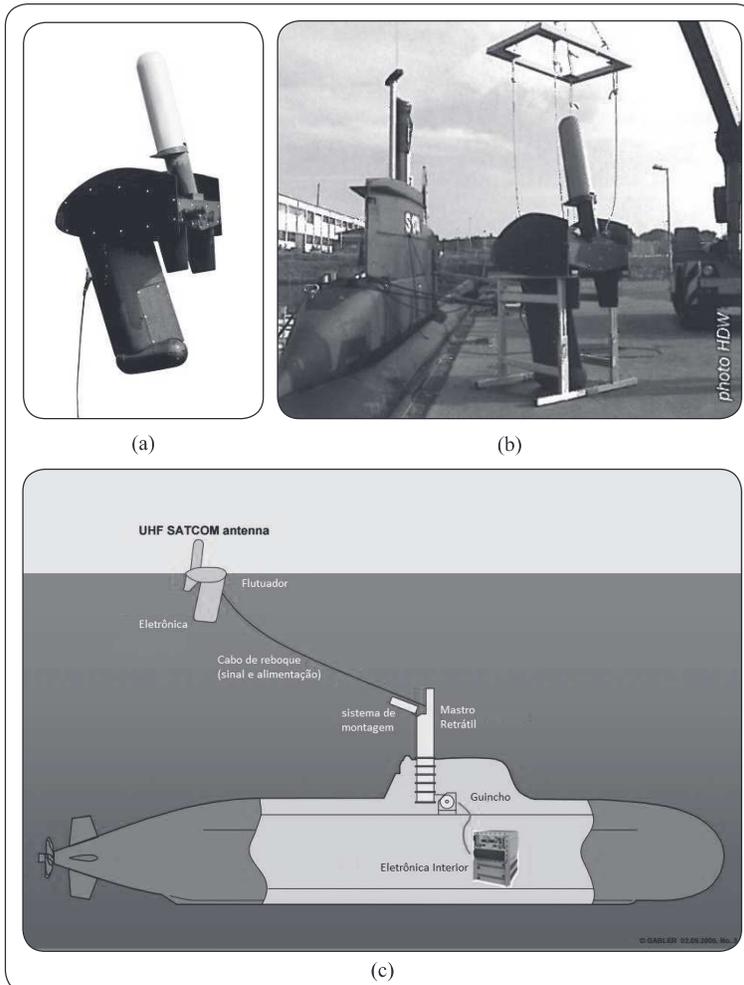


Figura 4: (a), (b) e (c) Callisto Communication System, da empresa Gabler. Fontes: Sites da internet (http://www.elsnorkel.com/2008/07/sistema-de-comunicaciones_1103.html e [http://unternehmen.me-vermitteln.de/Portals/0/Unternehmen/5fb5bc79-454e-4128-8d7c-fe39912192bf/Gabler Company.pdf](http://unternehmen.me-vermitteln.de/Portals/0/Unternehmen/5fb5bc79-454e-4128-8d7c-fe39912192bf/Gabler%20Company.pdf)), acessos em 29/10/2016

A aplicação deste tipo de antena flutuante amplia consideravelmente a capacidade de Comando e Controle do submarino, uma vez que, por exemplo, o sistema pode ser utilizado como um meio de alerta antecipado. O submarino, ao ser enviado a uma área de operações de predominância do inimigo, possuirá a capacidade de envio antecipado do quadro tático pelo TDL, sem perda da sua característica de ocultação, por estar submerso e transmitindo e recebendo dados, continuamente, por este tipo de antena. Como o submarino possui uma grande dependência de informações sobre os movimentos do inimigo, com o recebimento contínuo, pelo TDL, de informações sobre o quadro tático, por exemplo, advindos de aeronaves amigas que estejam operando no Teatro de Operações, as possibilidades táticas dos submarinos são maximizadas, pois se amplia a área de operação para além do que é possível com as velocidades normais de busca e com o alcance de sensores e armamentos do submarino.

b) SOM

b.1) A tecnologia empregada tanto no *hardware* como no *software* do Mastro Optrônico de Busca representa uma oportunidade de desenvolver a Indústria Nacional de Defesa, reduzindo a nossa dependência estrangeira. Assim como no TDL, sugere-se o incentivo pela busca de soluções autóctones nas mesmas condições e pelos mesmos motivos apresentados anteriormente.

b.2) O fato de o Mastro Optrônico de Busca depender totalmente da energia elétrica para o seu funcionamento é mitigado nos submarinos S-BR pelo uso do mastro penetrante do periscópio de ataque, que possui o canal óptico. Alheio a este fato, existe no mercado a possibilidade de adaptação de câmeras infravermelhas e telêmetros *laser* nos periscópios de

ataque, embora haja limitação de espaço. Sugere-se o estudo de viabilidade para que, no futuro, sejam adicionados estes dispositivos optrônicos nos periscópios de ataque, visando a não se perderem as características de uso noturno ou em condições de chuva e neblina, em caso de inoperância do Mastro Optrônico de Busca. Outra possível sugestão é o estudo de viabilidade do uso de uma fonte redundante e dedicada de energia elétrica ininterrupta UPS (*Uninterruptible Power Supply*) para o SOM, também conhecida como *no-break*, com um banco de baterias dimensionado com a capacidade de se manter o sistema SOM funcional por um período de tempo razoável para a manutenção e recuperação do sistema de alimentação elétrica normal.

b.3) Em função da grande capacidade de armazenamento de imagens, vídeos e panorâmicas nas faixas do espectro eletromagnético visível (luz) e do infravermelho (emissão de calor), sugerem-se estudos para se verificar a criação de bancos de dados operativos dedicados ao futuro acervo do que será coletado pelos submarinos S-BR, bem como estudos para a futura fusão destes dados com os já existentes no domínio acústico e eletromagnético, visando integrar essas informações nos sistemas de Tecnologia de Informação da MB existentes e dedicados ao Comando e Controle.

c) Sugestão de caráter geral

c.1) Como sugestão final, recomenda-se a divulgação da importância do assunto junto aos Setores Operativo e de Material, no âmbito da MB, bem como aos públicos extra-MB, mais especificamente a Base Industrial de Defesa e o meio acadêmico, envolvidos na área de Comando e Controle, no sentido de incentivar o surgimento de discussões, propostas e oportunidades efetivas de

desenvolvimento autóctone, não só para os sensores aqui abordados, mas para os já existentes ou a serem desenvolvidos.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir que o *Tactical Data Link* (TDL) e Mastro Optrônico de Busca (SOM) contribuem de forma relevante para o incremento da capacidade de Comando e Controle dos Submarinos S-BR e, por consequência, da Marinha do Brasil, conforme reforçado pelos dados obtidos nas entrevistas com o Setor do Material e pelos conceitos coletados nas bibliografias afetas ao objeto da pesquisa.

Verificou-se também que é viável e plenamente exequível suplantarem os impactos negativos, especialmente os logísticos, detectados neste trabalho, por meio do

incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento destas tecnologias de forma autóctone, com ações sinérgicas da Força com o meio acadêmico e a indústria nacional de Defesa.

Espera-se que, em termos práticos, os resultados apresentados contribuam para a maximização do uso do TDL e do SOM pelos submarinos S-BR e, em termos teóricos, permitam à MB as condições para a reflexão sobre a necessidade de uma preparação prévia da Força para o recebimento dos submarinos S-BR.

Este artigo, em função da limitação do escopo somente a esses dois equipamentos, não esgota o tema, que, no caso dos submarinos S-BR, pode ser expandido em futuros trabalhos do C-Sup, para outros componentes de Comando e Controle muito importantes, como o sonar ou o *software* de Gerenciamento do Sistema de Combate – *Combat Management System* (CMS).

CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:

<CIÊNCIA E TECNOLOGIA>; Submarino; Sistema de Armas; Sistema de Comando; Sistema de Combate; Sistema Operacional;

REFERÊNCIAS

- PODER NAVAL. *DCNS muda o nome para Naval Group*. 28 jun. 2017. Disponível em: <<http://www.naval.com.br/blog/2017/06/28/dens-muda-o-nome-para-naval-group/>>. Acesso em: 22 jan. 2018.
- BONSOR, Kevin. *How Photonics Masts Will Work*. Site HowStuffWorks.com. 21 jun. 2001. Disponível em: <<http://science.howstuffworks.com/phonic-mast.htm>>. Acesso em: 6 jun. 2015.
- BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado, 1988.
- _____. Ministério da Defesa. *Estratégia Nacional de Defesa*. Brasília, DF, 2012a.
- _____. _____. *Política Nacional de Defesa*. Brasília, DF, 2012b.
- _____. _____. Marinha. Portaria nº 277/MB de 5 de setembro de 2008. Cria a Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (Cogesn). Brasília, DF, 2008.
- _____. _____. Marinha. Contrato Principal – Nº 40.000/2008-006/00, celebrado entre a União, por meio da Marinha do Brasil, representada pela Diretoria-Geral do Material da Marinha,

- o Consórcio Baía de Sepetiba, a DCNS Société Anonyme e a Construtora Norberto Odebrecht S.A. Rio de Janeiro, 2008.
- _____. _____. Marinha. EXTRATO DE CONTRATO Nº 40.000/2008-006/00 [Contratada: Consórcio Sepetiba; Contratante: Diretoria-Geral do Material da Marinha; Objeto: Transfêrencia de Tecnologia e Prestação de Serviços Técnicos Especializados; Enquadramento: Art. 24, inciso IX da Lei nº 8.666/93; Data de Assinatura: 23/12/2008.]. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, Nº 30, Seção 3, 12 de fev. 2009. p.21. Disponível em: <<http://www.in.gov.br>>. Acesso em: 22 de jul. de 2015.
- _____. _____. Marinha. Contrato 1A (Contrato de Compra e Venda do Pacote de Material Importado S-BR) - Nº 40.000/2009-005/00, celebrado entre a União, por meio da Marinha do Brasil, representada pela Diretoria-Geral do Material da Marinha, o Consórcio Baía de Sepetiba, a Itaguaí Construções Navais S.A., a DCNS Société Anonyme e a Construtora Norberto Odebrecht S.A. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. _____. Marinha. EXTRATO DE CONTRATO Nº 40.000/2009-005/00 (*) [Contratada: Direction des Constructions Navales et Services (DCNS); Contratante: Diretoria-Geral do Material da Marinha (DGMM); Objeto: Compra e Venda do Pacote de Material para 4 Submarinos Convencionais S-BR; Enquadramento: Art. 24 inciso IX da Lei nº 8.666/93; Data de Assinatura: 3/9/2009.]. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, Nº 177, Seção 3, 16 de set. 2009. p. 28. Disponível em: <<http://www.in.gov.br>>. Acesso em: 22 de jul. de 2015.
- _____. _____. Marinha. EXTRATOS DE CONTRATOS [Contratada: SIEM OFFSHORE DO BRASIL S/A. Contratante: DIRETORIA DE SISTEMAS DE ARMAS DA MARINHA. Espécie: Contrato nº 44.000/2012-009/00; Objeto: Prestação de serviços e fornecimento de materiais para o desenvolvimento de um Enlace de Dados Tático Modo YB (EAD-S) a ser integrado nos Sistemas de Combate dos Submarinos S-BR]. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, Nº 231, Seção 3, 30 de nov. 2012. p.29. Disponível em: <<http://www.in.gov.br>>. Acesso em: 22 de jul. de 2015.
- _____. _____. Estado-Maior da Armada. *EMA-305: Doutrina Básica da Marinha*. Brasília, DF, 2ª Revisão, 2014.
- CASTRO, Fábio. *Guerra de Comando e Controle*. Site Sistema de Armas, Brasil, 2003a. Disponível em: <<http://sistemasdearmas.com.br/ge/dtl9fab.html>>. Acesso em: 5 jun. 2015.
- CASTRO, Fábio. *Datalinks táticos*. Site Sistema de Armas, Brasil, 2003b. Disponível em: <<http://sistemasdearmas.com.br/ge/dtl1intro.html>>. Acesso em: 5 jun. 2015.
- DCNS. *Products*. DCNS. França, 2014. Disponível em: <<http://en.dcnsgroup.com/activities/products/>>. Acesso em: 27 jun. 2015.
- DEFESANET. *Força Aérea terá datalink nacional para comunicação entre aeronaves – BR2 Toma forma e contrato é assinado com a Mectron*. DEFESANET, Brasil, 7 dez. 2012. Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/aviacao/noticia/8924/Forca-Aerea-tera-datalink-nacional-para-comunicacao-entre-aeronaves/>>. Acesso em: 5 jun. 2015.
- FUNDAÇÃO EZUTE. *Fundação EZUTE apresenta experiência em absorção de tecnologia do Sistema de Combate dos Submarinos*. Fundação Ezute. São Paulo, Brasil, 16 abr. 2015. Disponível em: <<http://www.ezute.org.br/ezute/noticias/Noticias.html.27>>. Acesso em: 5 jun. 2015.
- GABLER NAVAL TECHNOLOGY. *Communications system Callisto – The communication system from deep submerged submarines from Gabler Maschinenbau GmbH*. Gabler Naval Technology, Alemanha. Disponível em: <<http://www.gabler-aschinenbau.de/maschinenbau/en/entwicklungen/kommunikationssysteme/>>. Acesso em: 28 jun. 2015.
- ISSMAEL JUNIOR, ALI KAMEL. *Comando e Controle nas Operações Navais: Perspectivas para a MB. Tactical Data Link e Mastro Optrônico de Busca no Sistema de Combate dos Submarinos Convencionais S-BR – Impactos Positivos e Negativos e Sugestões de Maximização de Uso*. Monografia do Curso Superior - C-Sup, 2015.

- MANSO, Rogério Corrêa. *Sistemas Cibernéticos de Comando e Controle da MB: Estruturação para as Demandas do Século XXI*. Monografia do Curso de Política e Estratégia Marítimas C-PEM, 2013.
- NORTHROP GRUMMAN. *Understanding Voice and data Link Networking - Northrop Grumman's Guide to secure Tactical Data Links*. Northrop Grumman, Estados Unidos, 2013. Disponível em: <http://www.northropgrumman.com/Capabilities/DataLinkProcessingAndManagement/Documents/Understanding_Voice+Data_Link_Networking.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2015.
- PORTAL DA MARINHA. PROSUB – Programa de Desenvolvimento de Submarinos. Marinha do Brasil, Brasil, 2015a. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/prosub>>. Acesso em: 4 jun. 2015.
- PORTAL DA MARINHA. Pesquisa Científica. Marinha do Brasil, Brasil, 2015b. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/pesquisa-cientifica>>. Acesso em: 5 jun. 2015.
- SAGEM DÉFENSE SÉCURITÉ. *SK-0000449822-01 - DOD - Brasil Submarine Program - Sagem DAS equipment Powerpoint© Presentation*. Sagem Défense Sécurité, França, 19 oct. 2010.
- SAGEM DÉFENSE SÉCURITÉ. *Safran-Sagem Series 30 SOM Search Oprotnic Mast Data sheet*. Sagem Défense Sécurité. França. 2014. Disponível em: <<http://www.sagem.com/fr/naval/sous-marins/mats-et-periscopes>>. Acesso em: 04 jun. 2015
- SINEIRO, Guilherme da Silva. *A Busca pela Autonomia na Indústria de defesa – O Caso Brasileiro: a contribuição do setor de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil*. Monografia do Curso de Política e Estratégia Marítimas C-PEM, 2014.
- VERGARA, Sylvia Constant. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 6ª ed. Editora Atlas S.A. São Paulo, 2005.
- ZIMMERMAN, Stan. *Submarine Technology for the 21st Century*. Trafford Publishing. USA & Canada. 2nd Edition. 2000.