

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CC Rodrigo de Campos Carvalho

O EMPREGO DE VEÍCULOS NÃO TRIPULADOS NAS
CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM: POSSIBILIDADES DE EMPREGO DO
VEÍCULO SUBMARINO AUTÔNOMO REMUS 100 NAS CONTRAMEDIDAS DE
MINAGEM

Rio de Janeiro

2016

CC Rodrigo de Campos Carvalho

O EMPREGO DE VEÍCULOS NÃO TRIPULADOS NAS
CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM: POSSIBILIDADES DE EMPREGO DO
VEÍCULO SUBMARINO AUTÔNOMO REMUS 100 NAS CONTRAMEDIDAS DE
MINAGEM

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

Orientador: Capitão de Fragata Gustavo
Amaral de Britto

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval
2016

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela saúde, pelas oportunidades e pelas bênçãos. Este trabalho não teria sido possível sem Ele.

Ao meu orientador Capitão de Fragata Gustavo Amaral de Britto, pelos conselhos, pelo incentivo e pela orientação.

À minha esposa Simone pela compreensão, confiança, incentivo e amor.

RESUMO

Este trabalho pretende investigar se o veículo submarino autônomo REMUS 100, adquirido pela Diretoria de Hidrografia e Navegação para execução de levantamentos hidrográficos, pode ser empregado nas atividades de Contramedidas de Minagem executadas no âmbito da Marinha do Brasil. Para atingir tal objetivo, foi efetuado um estudo qualitativo fundamentado em literatura nacional e internacional, respaldado em estudos científicos de renomadas instituições de pesquisa, além de documentos militares desclassificados que reportam resultados obtidos em operações reais de Contramedidas de Minagem durante conflitos armados internacionais. A possibilidade de emprego do veículo submarino autônomo REMUS 100 nessas atividades militares de interesse da Marinha expandiria a sua utilização para o âmbito das operações navais, o que permitiria a flexibilização e a otimização dos meios operativos, além da redução de custos das missões em um cenário econômico cada vez mais restrito. Ademais, caso atenda aos requisitos das Contramedidas de Minagem, o veículo REMUS 100 poderá ser considerado como uma alternativa potencial de aquisição futura para o Comando da Força de Minagem e Varredura, cujos meios e sistemas encontram-se em estado de obsolescência, dado o longo período decorrido desde as últimas obtenções de vulto para aquele Comando. Em última instância, dada a facilidade de operação e o baixo requisito de apoio logístico, o REMUS 100 poderia ser operado a partir de praticamente todos os meios navais ora disponíveis, sejam eles pertencentes à Esquadra, aos Distritos Navais ou aos setores de apoio. Tal ação incrementaria numericamente os vetores capazes de efetuar Contramedidas de Minagem na Marinha do Brasil, bem como diminuiria substancialmente o tempo necessário para mobilização de meios e de resposta a uma ameaça inimiga em qualquer parte do território nacional.

Palavras-chave: Caça de minas. Contramedidas de Minagem. Comando da Força de Minagem e Varredura. REMUS 100. Varredura de Minas. Veículo Submarino Autônomo.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADCP	<i>Acoustic Doppler Current Profiler</i>
AF	<i>Air France</i>
AJB	Águas Jurisdicionais Brasileiras
AUV	<i>Autonomous Underwater Vehicle</i>
C-ESP-DAE	Curso Especial de Desativação de Artefatos Explosivos
CHM	Centro de Hidrografia da Marinha
CIAMA	Centro de Instrução e Adestramento Almirante Áttila Monteiro Aché
CMM	Contramedidas de Minagem
CMO	Calado Máximo Operacional
CMRE	<i>Centre for Maritime Research and Experimentation</i>
ComForMinVar	Comando da Força de Minagem e Varredura
ComForS	Comando da Força de Submarinos
CTD	<i>Conductivity and Temperature Detector</i>
DAE	Desativação de Artefatos Explosivos
DAN	Defesa Aérea & Naval
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
DSS	<i>Defense Security Service</i>
EBN	Estaleiro e Base Naval
EK	Escafandria
EUA	Estados Unidos da América
FEMAR	Fundação de Estudos do Mar
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FN	Fuzileiro Naval
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GRUMEC	Grupamento de Mergulhadores de Combate
GS+	<i>GeoSwath Plus</i>
INS	<i>Inertial Navigation System</i>
ISR	<i>Intelligence, Surveillance and Reconnaissance</i>
KM	<i>Kongsberg Maritime</i>
LAE	Levantamento Ambiental Expedito
LBL	<i>Long Base Line</i>

LH	Levantamento Hidrográfico
MA	Massachusetts
MB	Marinha do Brasil
MCM	<i>Mine Countermeasures</i>
MEC	Mergulhador de Combate
MG	Mergulho
NORMAM	Normas da Autoridade Marítima
NPS	<i>Naval Postgraduate School</i>
OHI	Organização Hidrográfica Internacional
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
PN	Poder Naval
RBR	<i>Robotics Business Review</i>
REMUS	<i>Remote Environmental Measuring Units</i>
ROV	<i>Remotely Operated Vehicle</i>
SLT	<i>Sea and Land Technologies</i>
SN-BR	Submarino Nuclear Brasileiro
SOG	<i>Speed Over Ground</i>
SSS	<i>Side Scan Sonar</i>
SVL	Sonar de Varredura Lateral
TOM	Teatro de Operações Marítimas
VRO	Veículo Remotamente Operado
VSA	Veículo Submarino Autônomo
UUV	<i>Unmanned Untethered Vehicle</i>
WHOI	<i>Woods Hole Oceanographic Institution</i>

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - <i>Turtle</i> , o primeiro veículo submarino estadunidense.	29
FIGURA 2 – Operação do VSA REMUS 100 a partir de embarcação miúda.....	29
FIGURA 3 – VSA REMUS 100 com todos os seus sensores e acessórios oriundos da configuração padrão de fábrica.....	30
FIGURA 4 – Configuração do VSA REMUS 100 adquirido pela DHN. Legenda: 01 – Motor; 02 – Cauda; 03 - GPS/ <i>Wi-Fi/ Iridium Communications</i> ; 04 - Chave magnética (liga/ desliga); 05 – Suporte; 06 - Sonar de Varredura Lateral; 07 - Sistema de Navegação Inercial; 08 - ADCP; 09 - <i>Long Base Line Acoustic Navigation (LBL)</i> ; 10 – <i>Conductivity and Temperature Detector (CTD)</i> ; 11 - <i>GeoAcoustics GeoSwath</i>	30
FIGURA 5 – Réplica da mina PDM-1.	31
FIGURA 6 – Uma das dezenas de missões executadas durante os experimentos com o VSA REMUS 100. Em azul observa-se a derrota percorrida pelo veículo e, em encarnado, as réplicas das minas navais lançadas ao mar.	31
FIGURA 7 – Réplicas das minas navais detectadas na imagem do sonar de varredura lateral de alta resolução do VSA REMUS 100.	32
FIGURA 8 – Mergulhadores especializados em identificação e destruição (ou neutralização) de minas navais.....	32
FIGURA 9 – Golfinho empregado na Operação <i>Iraqi Freedom</i> , treinado para detectar, localizar e neutralizar minas navais no fundo do mar ou enterradas nos sedimentos.	33
FIGURA 10 – Operação do VSA REMUS 100 a partir de embarcação miúda lançada de um navio-mãe.	33
FIGURA 11 – Lançamento do VSA REMUS 100 por dois militares a partir de embarcação miúda (bote inflável).	34
FIGURA 12 – VSA REMUS 100 realizando caça de minas no porto iraquiano de Umm Qars, durante a Operação <i>Iraqi Freedom</i>	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 APONTAMENTOS SOBRE VEÍCULOS SUBMARINOS	9
3 VEÍCULO SUBMARINO AUTÔNOMO REMUS	10
3.1 Aquisição do VSA REMUS 100 pela Diretoria de Hidrografia e Navegação.....	11
3.2 Características do VSA REMUS 100.....	12
3.3 O VSA REMUS 100 em outros países.....	15
4 CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM	16
4.1 Caça de minas.....	17
4.2 Varredura de minas.....	18
4.3 Possibilidades de emprego do VSA REMUS 100 nas Contramedidas de Minagem.....	18
4.4 Experimentos com VSA REMUS 100.....	19
4.5 Emprego do VSA REMUS 100 na Operação <i>Iraqi Freedom</i>	20
4.6 VSA REMUS 100 no Comando da Força de Minagem e Varredura.....	21
4.7 Contramedidas de Minagem no Estaleiro e Base Naval em Itaguaí.....	24
5 CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	27
ANEXO A -	29
ANEXO B -.....	35

1 INTRODUÇÃO

A relevância dos veículos não tripulados em diversos empregos militares e não militares no cenário atual é incontestável. A possibilidade de serem lançados para uma multiplicidade de tarefas em áreas inóspitas e perigosas, sem que haja risco à vida humana, atribui a esses veículos um valor inestimável.

Diante do avanço tecnológico mundial, a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) adquiriu, no ano de 2016, o primeiro veículo submarino autônomo (VSA) da Marinha do Brasil (MB). Trata-se de um veículo compacto não tripulado, modelo REMUS 100, fabricado pela empresa estadunidense *Hydroid, Inc.* Essa aquisição teve como finalidade ampliar a capacidade da DHN de realizar levantamentos hidrográficos em áreas consideradas críticas ou perigosas ao acesso de embarcações convencionais (tripuladas) de sondagem. Adicionalmente, os dados ambientais coletados com esse VSA permitirão a produção de novas informações necessárias para aplicação do Poder Marítimo, para a segurança da navegação e para projetos de pesquisa de interesse da Marinha. É importante ressaltar que até a data de entrega desta monografia o equipamento ainda se encontrava inoperante, pois a fase de treinamento de pessoal que irá manuseá-lo não havia sido concluída.

O estudo em tela possui o objetivo de investigar se o VSA REMUS 100 adquirido pela DHN pode ser empregado nas atividades de Contramedidas de Minagem (CMM) executadas no âmbito da Marinha do Brasil. Em função disso, foi efetuada uma análise qualitativa, com base em revisão bibliográfica nacional e internacional, que permitiu a obtenção de dois resultados relevantes do uso do VSA REMUS 100 em CMM. O primeiro, de cunho acadêmico, refere-se a um estudo científico conduzido no âmbito de uma renomada instituição de pesquisa a nível mundial. Já o segundo, de cunho prático, corresponde ao resultado de uma operação real de CMM em conflito armado internacional, obtido a partir de documentos militares desclassificados.

Para atingir o objetivo proposto neste trabalho, a Seção 2 discorrerá um breve histórico dos veículos submarinos, além de mencionar os seus diferentes tipos e as suas especificidades. Em seguida, a Seção 3 apresentará o VSA REMUS 100 propriamente dito e tratará da aquisição desse veículo pela DHN. Além disso, abordará as principais características técnicas e indicará os países que detêm esse equipamento autônomo. Por sua vez, a Seção 4 versará sobre as CMM e seus dois principais tipos: a caça de minas e a varredura de minas. Ainda nessa Seção, serão revelados os resultados de testes executados com o VSA REMUS 100 na *Naval Postgraduate School* (NPS) e de seu emprego real em

ações militares durante a Operação *Iraqi Freedom*. Ao término da Seção 4, serão apresentadas as possibilidades de uso do VSA REMUS 100 pelo Comando da Força de Minagem e Varredura (ComForMinVar) e pelo Estaleiro e Base Naval (EBN) em Itaguaí, sede do futuro submarino de propulsão nuclear brasileiro.

Dessa forma, o estudo ora elaborado tem relevância para a Marinha do Brasil, pois, caso seja confirmada a possibilidade de uso do VSA REMUS 100 nas atividades de CMM, a sua aplicação poderá ser estendida para o âmbito das operações navais.

2 APONTAMENTOS SOBRE VEÍCULOS SUBMARINOS

Nesta seção, será discorrido um breve histórico acerca dos veículos submarinos. Adicionalmente, serão abordados os seus diferentes tipos e as suas especificidades, de forma que se identifique a classificação do VSA REMUS 100 nesse universo de equipamentos submersíveis.

Diferentemente do que muitas pessoas possam imaginar, o conceito de veículo submarino não é uma ideia recente. Em 1775, durante a Guerra de Independência dos Estados Unidos da América, os irmãos estadunidenses David e Ezra Bushnell desenvolveram o primeiro veículo submarino, batizado de *Turtle*¹. Tratava-se de um pequeno submarino em forma de ovo, feito de madeira envolta por cintas de ferro, capaz de transportar apenas uma pessoa e de ficar submerso por não mais de 30 minutos, conforme ilustrado na FIGURA 1 do ANEXO A. Para imergir, o operador do *Turtle* dispunha de uma válvula de admissão de água que preenchia um tanque de lastro. Já para emergir, o operador utilizava bombas para esvaziar o tanque de lastro e retomar a flutuabilidade positiva (BLIDBERG, 2001, p. 1).

À época, o *Turtle* havia sido concebido para se aproximar de navios britânicos atracados (adversários dos estadunidenses durante a Guerra de Independência) e lançar uma mina naval em suas imediações, que nada mais consistia do que em um barril impermeável repleto de pólvora com um detonador interno. Tal dispositivo produziria uma faísca após determinado tempo deflagrando a pólvora, enquanto o *Turtle* se retiraria do local valendo-se de sua curta capacidade de ocultação imerso (FREITAS, 2011, p. 18).

Após esse histórico e emblemático veículo submarino, foram desenvolvidos diversos submersíveis a fim de serem empregados operacionalmente em várias tarefas distintas. Na esteira desse desenvolvimento, surgiram os torpedos que são considerados, de

¹ Tartaruga, tradução nossa.

fato, os primeiros AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*) ou VSA (Veículo Submarino Autônomo) (BLIDBERG, 2001, p. 1).

Embora não haja uma unanimidade a respeito do tema, segundo Blidberg (2001, p. 2), os veículos submarinos são classificados em tripulados (*manned*) e não tripulados (*unmanned*). No âmbito dos veículos não tripulados, foco desse estudo, há uma subdivisão em: veículos rebocados por navio² (sonar de varredura lateral, por exemplo); veículos remotamente operados³ (VRO); veículos não atrelados a cabo⁴ e veículos submarinos autônomos⁵ (VSA). Os VRO são veículos que possuem um cabo, espécie de “cordão umbilical”, por meio do qual recebem energia, estabelecem comunicações (basicamente troca de informações e de dados coletados) e recebem comandos de um operador à distância. Por sua vez, tanto os veículos não atrelados a cabo quanto os VSA possuem a similaridade de serem dotados de energia própria no interior dos veículos. A diferença reside no fato dos veículos não atrelados a cabo ainda dependerem de controle remoto de um operador feito por algum sistema ou meio de comunicação. Já os VSA não requerem tal controle, pois são capazes de cumprir tarefas previamente programadas em seus computadores internos.

Baseado em Blidberg, o veículo submarino REMUS 100, cerne desta monografia, é classificado como um VSA, por ser um sistema não tripulado, possuir energia própria e não depender de controle remoto de um operador externo, características estas que lhe conferem a autonomia não identificada nas demais classes.

3 VEÍCULO SUBMARINO AUTÔNOMO REMUS

Uma vez identificada a classificação do REMUS 100 como um VSA, esta seção discorrerá sobre esse sistema de forma mais detalhada. Além de abordar suas principais características técnicas e sensores componentes, relacionará os países que detêm esse equipamento submersível. Essa abordagem é importante na medida em que descortina o potencial dessa avançada tecnologia e retrata a relevância que esses veículos não tripulados têm assumido no cenário mundial.

REMUS é uma sigla para *Remote Environmental Measuring Units*⁶ (PHANEUF, 2004, p. 2) . Trata-se de um veículo submarino autônomo, cuja primeira versão foi

² *Towed behind a ship*, em língua inglesa.

³ *Remotely Operated Vehicle (ROV)* em língua inglesa.

⁴ *Unmanned Untethered Vehicle (UUV)*, em língua inglesa.

⁵ *Autonomous Underwater Vehicle (AUV)*, em língua inglesa.

⁶ Unidades Remotas de Medição Ambiental, tradução nossa.

desenvolvida no final da década de 90 pela *Woods Hole Oceanographic Institution* (WHOI), a maior instituição de pesquisa oceanográfica dos Estados Unidos da América (EUA) e referência mundial em educação, pesquisa e estudos do mar (VON ALT, 2003, p. 2; WHOI, 2016, p. 6). O projeto original tinha como propósito a construção de uma ferramenta de coleta de dados oceanográficos de baixo custo, de fácil manuseio e capaz de ser rapidamente lançada e recolhida nas operações de campo (PHANEAUF, 2004, p. 2).

Atualmente, os VSA REMUS são fabricados pela empresa *Hydroid, Inc.*, localizada no estado de Massachussetts (MA), nos EUA, que é uma subsidiária da companhia estatal norueguesa *Kongsberg Maritime* (KM). Os veículos são produzidos basicamente em três modelos: REMUS 100, REMUS 600 e REMUS 6000. O primeiro é o mais leve e compacto, desenvolvido para operar desde águas bastante rasas até 100 metros de profundidade. Já o REMUS 600 é um modelo intermediário, com alcance de 600 a 1500 metros de profundidade. Por último, o REMUS 6000, classificado como veículo de águas profundas, que tem capacidade de operar até 6000 metros (KM, 2014, p. 3).

Cabe ressaltar que as caixas-pretas do avião da companhia aérea *Air France*, do voo Rio-Paris (AF 447), acidentado em 2009 no Atlântico Sul, matando todos os 228 passageiros e tripulantes, foi localizado a 3900 metros de profundidade por veículos submarinos autônomos REMUS 6000 operados a partir de navios (AVIATION NEWS, 2011, p. 1-2).

3.1 Aquisição do VSA REMUS 100 pela Diretoria de Hidrografia e Navegação

A Marinha do Brasil, por meio da DHN, assinou um convênio com a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e a Fundação de Estudos do Mar (FEMAR) para a aquisição de um VSA REMUS 100, que teve como interveniente executor o Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) (SOUZA, 2015, p. 18). Esse veículo foi recebido pela DHN no primeiro semestre do ano de 2016, entretanto, ainda aguarda a conclusão do treinamento de militares para colocá-lo em atividade.

No âmbito daquela Diretoria, tal equipamento será empregado para realização de levantamentos hidrográficos (LH) que, de acordo com as Normas da Autoridade Marítima para Levantamentos Hidrográficos - NORMAM-25 (1ª rev.), são definidos como:

[...] toda a pesquisa em áreas marítimas, fluviais, lacustres e em canais naturais ou artificiais navegáveis, que tenha como propósito a obtenção de dados de interesse à navegação aquaviária. Esses dados podem ser constituídos por informações da batimetria, da natureza e geomorfologia do fundo marinho, da direção e força das correntes, da altura e fase da maré, do nível das águas, da localização de feições

topográficas e objetos fixos que sirvam em auxílio à navegação; [...] (BRASIL, 2014, p. 1-2).

Os LH realizados pela MB nas águas jurisdicionais brasileiras (AJB) têm como finalidade atualizar e construir cartas náuticas, além de produzir outros documentos cartográficos náuticos em atendimento às demandas do Poder Marítimo e da segurança da navegação. Adicionalmente, os dados ambientais coletados durante os LH propiciam o apoio ao Poder Naval na forma de inúmeros produtos de auxílio à decisão. Cabe destacar que todas essas informações ambientais são carregadas e armazenadas em uma extensa base de dados localizada e administrada pelo CHM.

Ressalta-se que a qualidade dos LH impacta diretamente o custo Brasil, na medida em que documentos cartográficos náuticos de excelência reduzem o risco de acidentes à navegação e permitem que os navios mercantes otimizem o calado máximo operacional (CMO) dos portos e dos terminais portuários. Tais documentos de excelência diminuem os custos do seguro e do frete do transporte marítimo, o que implica a diminuição do custo final dos produtos que chegam ao consumidor e o aumento da competitividade do país no comércio internacional.

3.2 Características do VSA REMUS 100

O VSA REMUS 100 é um veículo submarino autônomo de pequeno porte, com 1,85 metro de comprimento, cerca de 45 quilogramas e velocidade de operação que pode variar de 0,5 a 5,5 nós (SLT, 2015, p. 1-2), capaz de coletar dados ambientais de alta resolução em áreas muito rasas, não acessíveis ou perigosas a embarcações de superfície e a veículos submarinos tripulados.

Além do mais, as reduzidas dimensões do VSA permitem que o equipamento seja transportado por apenas duas pessoas e que seja operado a partir de pequenas embarcações, conforme constatado na FIGURA 2 do ANEXO A, pois dispensa o uso de complexos dispositivos lançadores e recolhedores necessários à operação de alguns modelos de VSA. Tais vantagens reduzem substancialmente os custos das operações de campo tanto em termos de recursos humanos, uma vez que dois operadores qualificados e bem treinados podem executar a missão (planejar a derrota do veículo, adquirir e processar os dados coletados, assim como gerar os produtos de auxílio à decisão), quanto em termos materiais, na medida em que se elimina a obrigatoriedade de uma embarcação de grande porte desempenhando o papel de navio-mãe.

O VSA REMUS 100, apresentado na FIGURA 3 do ANEXO A, possui a seguinte configuração padrão de sensores e acessórios oriundos de fábrica (KM, 2014, p. 9; PHANEUF, 2004, p. 8-11, *passim*):

- Sonar de varredura lateral (SVL) ou *side scan sonar* (SSS) – opera na frequência de 900kHz, com alcance máximo de varredura lateral de 40 metros para cada lado e taxa de transmissão variável automaticamente com a velocidade empreendida pelo VSA. A partir da relação entre a intensidade do sinal acústico transmitido pelo sonar e o recebido do fundo marinho⁷ são formadas as imagens de varredura⁸, que indicam a maior ou a menor refletividade dos objetos no leito submarino de acordo com sua composição geológica (areia, lama, cascalho, rocha entre outros). Essa capacidade de detectar e de registrar diferentes padrões de refletividade torna o sonar de varredura lateral um poderoso instrumento de busca de objetos afundados, destacadamente de objetos metálicos, tais como embarcações, aeronaves e, inclusive, minas navais;

- Perfilador acústico doppler de corrente (*Acoustic Doppler Current Profiling - ADCP*) – constituído por quatro transdutores com visada superior e outros quatro com visada inferior, o ADCP é responsável por medir a velocidade e a direção da corrente acima e abaixo do veículo. Em particular, quando opera em uma altitude pequena (não superior a 20 metros em relação ao fundo do mar), esse perfilador acústico passa a medir também a velocidade do veículo em relação ao leito marinho (*Speed Over Ground - SOG*) e a própria altitude. Essa última informação pode ser usada tanto para determinar a profundidade local (batimetria) quanto para manter o veículo em uma altitude constante de navegação;

- Detector de condutividade e temperatura (*Conductivity and Temperature Detector - CTD*) – responsável por medir a condutividade e a temperatura da água, além da profundidade do veículo a partir de um acurado sensor de pressão. Com esses três parâmetros (temperatura, condutividade e pressão), torna-se possível o veículo submarino calcular a velocidade do som em diferentes camadas da massa d'água de sua área de operação. A acurácia dessa informação é primordial para o posicionamento acústico rigoroso do VSA e para a determinação consistente da batimetria local. Além disso, cabe destacar que no campo da oceanografia operacional, dados de temperatura, condutividade, pressão e velocidade do som têm aplicação direta na elaboração e na avaliação de boletins meteorológicos e climatológicos emitidos para apoio às operações navais;

⁷ A relação entre a intensidade do sinal acústico transmitido pelo sonar e o recebido do fundo marinho é também denominada retroespalhamento ou *backscatter*.

⁸ As imagens de varredura do sonar de varredura lateral são também denominadas de sonogramas.

- *Transponders* para navegação com linha de base longa (*LBL Navigation Transponders*) – utilizados como referência para o posicionamento acústico do veículo quando submerso. Cada *transponder* opera em uma frequência diferente e deve ser fundeado em posição conhecida, de forma a compor uma geometria no fundo marinho que sirva como um sistema de coordenadas locais para o posicionamento acústico contínuo do VSA durante a navegação;

- Transdutor para posicionamento acústico com linha de base longa (*Transducer for LBL & ACOMMS*) – encarregado de transmitir e de receber pulsos sonoros dos *transponders*, integra as diferentes informações coletadas, de forma a convertê-las em posicionamento do veículo em tempo quase real;

- Medidor de distância e “peixe” rebocado (*Ranger e towfish*) – o medidor de distância, que opera em conjunto com um transdutor rebocado (também conhecido como “peixe”), nada mais é do que um *transponder* de comunicação com o VSA, que emite sinais acústicos que permitem calcular constantemente a sua distância em relação ao veículo, além de enviar comandos para iniciar ou abortar uma missão, o que, neste último caso, faria o VSA retornar prematuramente ao local de encontro/recolhimento;

- Sistema de navegação inercial (*Inertial Navigation System – INS*) – responsável por determinar a posição do veículo quando submerso a partir da medição de acelerações lineares e de velocidades angulares nos três eixos do VSA;

- Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System - GPS*) de precisão – utilizado para o posicionamento do veículo quando localizado na superfície da água;

- Antena de comunicação *Wi-Fi* e *Iridium* - viabiliza a transmissão remota dos dados ambientais coletados pelo VSA por meio de uma rede local sem fio de pequeno alcance ou via satélite. Isso permite que as informações adquiridas pelo veículo sejam recebidas e analisadas em centros de processamento de dados localizados em terra ou a bordo de navios-mãe antes mesmo que o VSA seja recolhido da água. Essa flexibilidade reduz o tempo necessário para elaboração e para divulgação de produtos de auxílio à decisão, fundamentais em determinadas ocasiões, tais como em conflitos armados e em operações de busca de embarcações naufragadas. Vale ressaltar que a comunicação *Iridium* também exerce a função de prover segurança ao veículo propriamente dito quando na superfície da água, pois permite rastreá-lo caso ocorra alguma anormalidade que impeça seu regresso ao ponto de encontro/recolhimento.

Além dos sensores padrões supracitados, o VSA REMUS 100 adquirido pela DHN e ilustrado na FIGURA 4 do ANEXO A ainda foi equipado com os seguintes sensores opcionais:

- Sonar de varredura lateral de dupla frequência - além da frequência de 900kHz, presente na configuração padrão do REMUS 100 oriunda de fábrica e abordada anteriormente, esse sensor opcional dispõe também da frequência de 1800kHz, que tem um alcance máximo de varredura lateral de 20 metros para cada lado. Apesar de possuir alcance inferior ao da frequência de 900kHz (40 metros para cada lado), o sensor de 1800kHz possui resolução angular e linear muito superior. Esse ganho em termos de resolução significa um incremento substancial da capacidade do VSA REMUS 100 em detectar e classificar alvos submersos;

- Sonar *GeoSwath Plus* (GS+) - ecobatímetro multifeixe interferométrico⁹ de alta resolução e de ampla abertura lateral, capaz de ensonificar até 12 vezes o valor da altitude de navegação do VSA. Tal sistema, que opera na faixa de frequência de 500kHz, permite que o REMUS 100 colete dados batimétricos e de retroespalhamento de alta resolução da área de operação (KM, 2016a, p. 1-2). Ainda, pode-se considerar que as especificidades desse ecobatímetro multifeixe permitem a redução significativa do tempo de varredura da área de interesse para obtenção de dados ambientais e do tempo de exposição ao inimigo¹⁰, além de otimizar a operação do veículo e de mitigar os custos de cada missão.

Percebe-se, portanto, que esses dois sensores opcionais que integram o VSA REMUS 100 obtido pela DHN imprimem ao veículo uma capacidade superior ao da configuração padrão de fábrica. Suas vantagens residem, sobretudo, na melhor definição dos artefatos submersos e no acréscimo do alcance máximo de varredura lateral.

3.3 O VSA REMUS em outros países

Em 2009, o Serviço de Segurança e Defesa dos EUA (*Defense Security Service - DSS*), preocupado com o crescente interesse estrangeiro pelo emprego dos VSA em atividades militares, conduziu uma pesquisa que revelou a existência de mais de 630 VSA, de diversos fabricantes, espalhados em todo o mundo (SOUZA, 2015, p. 9).

De acordo com Souza (2014, p. 1), somente a empresa *Hydroid, Inc.* já havia

⁹ Ecobatímetro multifeixe interferométrico – utiliza transdutores espaçados igualmente em fase para determinar o valor da profundidade a partir da diferença do sinal acústico de retorno.

¹⁰ Caso o VSA seja empregado na coleta de dados ambientais em área marítima ou estuarina controlada por forças adversárias.

produzido e fornecido para as Marinhas e as Forças de Defesa Nacionais cerca de 200 VSA REMUS (nos seus diferentes modelos e configurações de sensores) até o ano de 2013, conforme detalhado na TABELA do ANEXO B. Dentre as principais aplicações desses veículos no âmbito das instituições militares destacam-se: inteligência, vigilância e reconhecimento (*Intelligence, Surveillance and Reconnaissance - ISR*); segurança portuária; contramedidas de minagem; levantamento hidrográfico e levantamento ambiental expedito (LAE). Esse último é normalmente executado por uma equipe de militares de pronto emprego, altamente qualificada para conduzir as atividades de busca e de localização de meios sinistrados (navios e aeronaves, por exemplo), e também para realizar levantamentos hidrográficos intempestivos, tais como os necessários para a execução de um desembarque anfíbio em situação de beligerância.

Ademais, muitos VSA possuem emprego dual, o que permite o seu uso em outras atividades e não apenas nas militares. Nesse universo de aplicações, destacam-se as pesquisas marinhas e as utilizações comerciais. No campo científico, os VSA REMUS 100 podem ser destinados às pesquisas arqueológicas subaquáticas, ao monitoramento climático e ao controle de qualidade da água. Por sua vez, na esfera comercial, podem ser designados para atividades de pré e pós dragagem portuária, para aquicultura e para inspeção de dutos submarinos da indústria petrolífera (KM, 2016b, p. 1).

Cabe frisar que o rápido avanço tecnológico tem propiciado a fabricação de componentes miniaturizados de alta performance resistentes às elevadas pressões hidrostáticas e de baterias de alto rendimento, essenciais à alimentação dos múltiplos sensores desses veículos. Tais inovações permitirão o aumento da autonomia dos VSA, a expansão de suas aplicações e a redução paulatina dos custos desses equipamentos, o que os tornarão cada vez mais acessíveis e difundidos no cenário mundial, tanto para emprego militar quanto científico ou comercial.

4 CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM

A mina naval é uma arma que se encontra à espera de uma vítima. Uma arma silenciosa que se esconde sob a superfície do mar ou no fundo de areia e lá pode permanecer por meses sem ser detectada até que um navio desavisado venha ao seu encontro (UNITED STATES, 2014, 36 p. de 5582 p., tradução nossa)¹¹.

¹¹ Texto original em língua inglesa.

De acordo com o Guia Completo de Guerra de Minas do século XXI¹² (UNITED STATES, 2014, 438 p. de 5582 p.), as CMM incluem todos os métodos para prevenir e reduzir o dano causado pelas minas navais. De forma geral, essas operações podem ser divididas em duas grandes categorias: a caça de minas e a varredura de minas, que serão abordadas nesta seção. Além disso, serão revelados os resultados de testes executados com o VSA REMUS 100 na *Naval Postgraduate School* (NPS) e de seu emprego real em ações militares durante a *Operação Iraqi Freedom*, o que permitirá concluir que é possível utilizar esse veículo submarino nas atividades de CMM executadas no âmbito da Marinha do Brasil. Diante dessa constatação, serão apresentadas possibilidades de uso do VSA REMUS 100 pelo Comando da Força de Minagem e Varredura (ComForMinVar), bem como pelo Estaleiro e Base Naval (EBN) em Itaguaí, sede do futuro submarino de propulsão nuclear brasileiro.

4.1 Caça de minas

A caça de minas é capaz de prover um grau de certeza, relativamente alto, de que uma área de interesse está livre de minas ou de que a chance de um navio ser atingido por uma mina é pequena. Para isso, a caça de minas é composta basicamente de cinco etapas: detecção, classificação, identificação, localização e plotagem, e neutralização ou destruição (UNITED STATES, 2014, 438 p. de 5582 p.).

Uma vez detectado um alvo, passa-se à segunda etapa: a classificação, quando o objeto é então submetido a critérios de validação, de forma a verificar seu tamanho, forma, estrutura, contorno, expectativa de ameaça, dentre outras características. Geralmente, os sonares de varredura lateral são o principal sensor tanto para a detecção quanto para a classificação de alvos parecidos com minas. Ademais, essas duas primeiras etapas são normalmente executadas por navios, helicópteros ou veículos submarinos não tripulados (quase sempre VSA) devidamente equipados.

Quando o objeto é classificado como uma possível mina, inicia-se a fase de identificação, na qual são usualmente empregados mergulhadores ou veículos submarinos não tripulados (em geral VRO). Identificado positivamente o alvo como uma mina naval, segue-se para a etapa de localização e plotagem, em que são rigorosamente determinadas e marcadas as coordenadas geográficas da mina, o que viabiliza e garante a segurança da operação seguinte: destruição ou neutralização. Para execução dessa última etapa, são costumeiramente utilizados mergulhadores especializados em desativação de artefatos explosivos (DAE) ou

¹² Título original em língua inglesa: *21st Century Complete Guide to Naval Mine Warfare*, tradução nossa.

veículos submarinos não tripulados (VSA ou VRO).

Cabe ressaltar que os fatores ambientais condicionam de forma significativa a eficácia da caça de minas, especialmente a transparência da água, o estado do mar e a intensidade das correntes, em particular nas etapas em que há necessidade de contato visual permanente com a mina ou de manutenção de uma distância segura e controlada.

4.2 Varredura de minas

Trata-se da segunda grande categoria de CMM, composta basicamente por dois tipos de sistemas: o mecânico e o de influência. O primeiro sistema consiste em cortar as amarras de minas navais fundeadas ou, até mesmo, em causar danos físicos à mina ou aos seus dispositivos de controle, a partir de correntes arrastadas na coluna d'água, por exemplo. Uma vez cortados os dispositivos de fundeio das minas, estas devem ser neutralizadas (destruídas) ou recolhidas com extremo cuidado para análises posteriores, normalmente para obtenção de informações de inteligência a respeito do inimigo. Já o sistema de varredura de influência consiste em simular as assinaturas magnéticas, elétricas, acústicas, sísmicas ou de pressão de um navio, de maneira a causar a detonação da mina (UNITED STATES, 2014, 463 p. de 5582 p.).

Comparativamente, a varredura de minas é considerada uma atividade mais arriscada para os navios envolvidos do que a caça de minas, devido às especificidades dos procedimentos executados em campo. Ademais, quando concluída uma varredura de minas, persiste um risco residual maior para a navegação de superfície da remanescência de algum artefato não neutralizado (UNITED STATES, 2014, 463 p. de 5582 p.).

No sentido de mitigar tais riscos tanto para navegação de superfície quanto para os próprios meios empregados nas CMM, muitos planos operativos incluem a realização conjunta da caça de minas com a varredura de minas.

4.3 Possibilidades de emprego do VSA REMUS 100 nas Contramedidas de Minagem

Para elaboração deste trabalho foi efetuado um estudo qualitativo com base em revisão bibliográfica nacional e internacional, com acesso a projetos científicos conduzidos no âmbito de renomadas instituições de pesquisa a nível mundial, além de documentos militares desclassificados que reportam resultados obtidos em operações reais de CMM durante conflitos armados internacionais.

Com intuito de valorizar esta monografia, sem torná-la demasiada extensa, serão expostas duas circunstâncias distintas de avaliação do emprego do VSA REMUS 100 nas

CMM, sendo a primeira de cunho experimental e acadêmico e, a segunda, de cunho prático e militar.

4.4 Experimentos com o VSA REMUS 100

Matthew Phaneuf, Oficial da Marinha estadunidense, durante o curso de mestrado na *Naval Postgraduate School* (NPS), em Monterrey, nos Estados Unidos da América, conduziu uma série de experimentos de campo e posterior análise de dados coletados com o VSA REMUS 100, dentre eles ensaios referentes à detecção de minas. No tocante aos testes relacionados às CMM, Phaneuf avaliou a capacidade de detecção de objetos semelhantes a uma mina naval pelo REMUS 100, bem como a repetibilidade dessas detecções (PHANEUF, 2004, p. 2).

Ressalta-se que o principal sensor de detecção acústica instalado naquele VSA e avaliado estatisticamente durante os experimentos foi o seu sonar de varredura lateral de 900kHz (frequência de operação), com transdutores dispostos lateralmente ao longo do veículo (PHANEUF, 2004, p. 15).

Os testes em campo foram conduzidos com o VSA navegando a 5 nós, a 3 metros de altitude em relação ao fundo marinho e com alcance total de varredura lateral de aproximadamente 30 metros (PHANEUF, 2004, p. 16).

Ademais, com o objetivo de tornar os experimentos de campo mais próximos de uma operação real de CMM, foram utilizadas réplicas de minas navais, tais como a PDM-1 (FIGURA 5 do ANEXO A). Esses artefatos foram lançados ao mar em posições precisamente conhecidas. Posteriormente, foram programadas dezenas de missões para o REMUS 100, todas com a mesma derrota, de forma a verificar a capacidade e a repetibilidade de detecção das réplicas das minas. A FIGURA 6 do ANEXO A indica a derrota percorrida pelo VSA em uma dessas missões. Por sua vez, a FIGURA 7 do ANEXO A ilustra uma imagem (sonograma) coletada pelo sonar de varredura lateral de 900kHz, que revela claramente esses artefatos lançados na área teste (PHANEUF, 2004, p. 16-33, *passim*).

Após o cumprimento de dezenas de missões com o REMUS 100, Phaneuf comprovou estatisticamente a capacidade do veículo de detectar, com elevada repetibilidade, as réplicas de minas implantadas no campo de prova (PHANEUF, 2004, p. 55).

Dessa forma, os experimentos acadêmico-científicos supracitados foram considerados um sucesso pela *Naval Postgraduate School* e indicaram a possibilidade de emprego do VSA REMUS 100 nas CMM, destacadamente nas etapas de detecção e de classificação componentes da caça de minas.

4.5 Emprego do VSA REMUS 100 na Operação *Iraqi Freedom*

Em março de 2003, enquanto tropas terrestres estadunidenses e britânicas combatiam para derrubada de Saddam Hussein¹³, as forças navais e os meios de ajuda humanitária eram permanentemente ameaçados pelas minas navais inimigas lançadas nas águas jurisdicionais iraquianas. Entretanto, diferentemente das experiências negativas da Guerra do Golfo (1990-1991), quando meios navais das forças da coalizão internacional liderada pelos EUA foram seriamente avariados por minas navais iraquianas, dentre eles o cruzador estadunidense USS Princeton (classe Ticonderoga), as operações de CMM conduzidas na Operação *Iraqi Freedom* foram consideradas um sucesso.

Atribui-se tal fato a uma série de fatores, dentre os quais a presença contínua das forças navais estadunidenses no Golfo desde 1991, que de certa forma inibiram os lançamentos ostensivos de minas navais pelas forças iraquianas. Ademais, durante a Operação *Iraqi Freedom* (2003), as forças da coalizão militar multinacional, também sob liderança dos EUA, efetuaram intensas CMM, sem precedentes na história. Os recursos mobilizados para tais atividades compreenderam: quatro navios varredores estadunidenses (USS Ardent, Cardinal, Dextrous e Raven), seis navios varredores britânicos (HMS Blyth, Bangor, Brocklesby, Grimsby, Ledbury e Sandown) e seu navio-mãe RFA Sir Bedivere (atual NDCC Almirante Saboia, da Marinha do Brasil), diversos helicópteros equipados com sonares de varredura lateral, megulhadores especializados em identificação e destruição (ou neutralização) de minas (FIGURA 8 do ANEXO A), golfinhos treinados para detectar, localizar e neutralizar minas no fundo do mar ou enterradas nos sedimentos (FIGURA 9 do ANEXO A), além do emprego do primeiro destacamento de operação de veículos não tripulados da Marinha dos EUA (UNITED STATES, 2014, 475 p. de 5582 p.).

Esse destacamento de operação de veículos não tripulados atuou inicialmente embarcado em navios (FIGURA 10 do ANEXO A), a partir dos quais lançavam, com o apoio de embarcações miúdas orgânicas (FIGURA 11 do ANEXO A), os VSA REMUS 100 equipados com sonares de varredura lateral de alta resolução.

Os VSA REMUS 100, pertencentes ao primeiro destacamento de operação de veículos não tripulados da Marinha estadunidense, foram determinantes para as CMM efetuadas pelas forças da coalizão militar multinacional nas águas jurisdicionais iraquianas,

¹³ Político e estadista, foi o presidente do Iraque de 16 de julho de 1979 a 9 de abril de 2003 (BARAN e POST, 2004, p. 5).

destacadamente no porto de Umm Qasr (FIGURA 12 do ANEXO A), pois viabilizaram a posterior atracação dos meios navais da coalizão e dos navios de ajuda humanitária naquele importante porto.

Cabe ressaltar que as condições ambientais para as CMM no porto de Umm Qasr eram consideravelmente desfavoráveis: águas rasas, turvas e com muitos detritos; tença de lama, o que degradava substancialmente as detecções acústicas; além de fortes correntes de maré, que tornavam as operações de mergulho e as neutralizações das minas detectadas um trabalho lento, meticuloso e árduo. A fim de mitigar tais fatores ambientais desfavoráveis, tão logo fossem detectados e classificados alvos semelhantes a minas navais pelos sonares de varredura lateral de alta resolução dos VSA REMUS 100 ou dos navios e helicópteros caça-minas, navios equipados com VRO encarregavam-se de identificar, de localizar e de plotar precisamente esses alvos. Ato contínuo, mergulhadores especializados em desativação de artefatos explosivos (DAE), golfinhos treinados ou VRO apropriados, destruíam ou neutralizavam tais alvos (UNITED STATES, 2014, 486 p. de 5582 p.).

Para se ter um panorama da dimensão e do sucesso das operações de CMM executadas durante a Operação *Iraqi Freedom*, foram detectados, classificados e identificados aproximadamente 500 artefatos submersos, dos quais cerca de 90 foram efetivamente identificados como minas navais iraquianas, sendo posteriormente destruídas ou neutralizadas (UNITED STATES, 2014, 495 p. de 5582 p.).

Dessa forma, os resultados práticos efetivamente alcançados pelos VSA REMUS 100 empregados nas operações de caça de minas desenvolvidas naquele conflito armado de vulto internacional (Operação *Iraqi Freedom*) corroboraram os resultados dos testes científicos realizados por Phaneuf durante seu curso de mestrado na *Naval Postgraduate School*. Adicionalmente, o êxito alcançado pelo veículo nessas duas circunstâncias credenciam o VSA REMUS 100 a ser empregado em operações de CMM de interesse da Marinha do Brasil, destacadamente nas etapas de detecção e de classificação componentes da caça de minas.

4.6 VSA REMUS 100 no Comando da Força de Minagem e Varredura

Em reportagem do ano de 2015 intitulada “Saab Kockums – Novos caça-minas para Marinha do Brasil”, o jornalista e editor do *site* Defesa Aérea & Naval (DAN), Luiz Padilha, especializado em temas de Defesa, afirmou:

Criada em 12 de maio de 1962 (*sic*), a Força de Minagem e Varredura da Marinha do Brasil – ForMinVar, sediada na Base Naval de Aratu, Salvador-BA, no alto de seus 53 anos (*sic*) de atividades, se encontra atualmente em seu limite operacional. Seus meios atuais estão obsoletos, e em que pese todo o cenário político/financeiro do país, incorporar meios modernos é imprescindível face aos enormes desafios que a Marinha do Brasil terá quando a nova Base de Submarinos de Itaguaí estiver pronta (DAN, 2015, p. 2).

Os meios navais atualmente em operação no ComForMinVar remontam a década de 70, quando o então Esquadrão de Minagem e Varredura, denominação posteriormente alterada para Comando da Força de Minagem e Varredura em 1977, renovou as suas unidades encomendando à Alemanha a construção de seis novos Navios-Varredores. Os primeiros quatro navios, recebidos entre os anos de 1971 e 1972, foram batizados com os nomes de “Aratu” (M-15), “Anhatomirim” (M-16), “Atalaia” (M-17) e “Araçatuba” (M-18). Posteriormente, em 1976, chegaram os últimos dois navios, batizados de “Abrolhos” (M-19) e “Albardão” (M-20) (BASTOS e PEREIRA, 2011, p. 17).

Atualmente, o ComForMinVar conta apenas com cinco desses Navios-Varredores, uma vez que o “Abrolhos” foi descomissionado em agosto de 2015, após quase quatro décadas de serviço (PN, 2015). Tal fato corrobora a premente necessidade de reaparelhamento daquele Comando.

A despeito das restrições materiais vivenciadas pelo ComForMinVar, reside sobre aquela Organização Militar a responsabilidade, no âmbito da Marinha do Brasil, pelo planejamento e pela execução de CMM defensiva com o propósito de manter livre da ameaça de minas as linhas de tráfego marítimo ao longo do litoral brasileiro, bem como as áreas marítimas adjacentes aos portos, terminais, plataformas nacionais e possíveis regiões de operação das Forças Navais (BRASIL, 2015a, p. 1).

Assim, o VSA REMUS 100, que conforme comprovado neste estudo é capaz de efetuar CMM de forma satisfatória e a custo relativamente baixo (tanto material quanto de recursos humanos), poderia configurar-se como uma futura alternativa de aquisição para o ComForMinVar.

Dotado de sonar de varredura lateral de dupla frequência, capaz de efetuar uma varredura de alta resolução do leito marinho ou de ambientes estuarinos, onde atualmente se localizam os principais portos brasileiros, o VSA REMUS 100 poderia ser empregado de forma isolada ou em conjunto com mergulhadores especializados em DAE e com os Navios-Varredores da MB. No caso de ser utilizado de forma isolada, o VSA REMUS 100 cumpriria as duas primeiras etapas da caça de minas (a detecção e a classificação), de forma a prover a

informação de auxílio à decisão de que há ou não alvos semelhantes a minas navais na área de interesse.

Em contrapartida, o emprego conjunto do VSA REMUS 100 e dos mergulhadores especializados em DAE a bordo dos Navios-Varredores, viabilizaria, além da varredura de minas já executada atualmente, a inclusão das demais etapas integrantes da caça de minas: identificação, localização e plotagem, e neutralização ou destruição. Nessa configuração, não apenas a capacidade de CMM do ComForMinVar seria ampliada de forma significativa, como o tempo, o custo e a exposição dos meios materiais e dos recursos humanos ao perigo durante cada operação seriam reduzidos.

Em uma avaliação ainda mais ampla, o VSA REMUS 100 poderia configurar-se como uma alternativa de aquisição não apenas para o ComForMinVar, mas também para outros setores operativos e de apoio da MB, visto que esse compacto VSA possui a flexibilidade e a facilidade de ser operado juntamente com mergulhadores especializados em DAE a partir de praticamente todos os meios navais ora disponíveis, sejam eles pertencentes à Esquadra, aos Distritos Navais ou aos setores de apoio, como a DHN.

Com isso, a Marinha estenderia a capacidade de efetuar CMM, destacadamente a caça de minas, a todos os Distritos Navais, uma vez que não ficaria restrita aos Navios-Varredores, atualmente concentrados na Base Naval de Aratu, na Bahia. Dessa forma, além de ampliar numericamente os seus vetores capazes de efetuar CMM, reduziria enormemente o tempo necessário para mobilização de meios e de resposta a uma ameaça inimiga em qualquer parte do território nacional.

Outro fator relevante é a formação de mergulhadores especializados em DAE no âmbito da MB. O curso de formação, denominado Curso Especial de Desativação de Artefatos Explosivos (C-ESP-DAE-A/B), é ministrado pelo Centro de Instrução e Adestramento Almirante Àtila Monteiro Aché (CIAMA) e engloba duas categorias: C-ESP-DAE-A e C-ESP-DAE-B. O primeiro é disponibilizado para militares aperfeiçoados em Mergulho (MG), Escafandria (EK) e Mergulho de Combate (MEC); e engloba técnicas de desativação no ambiente terrestre e subaquático. Tem como objetivo preparar profissionais para o planejamento e a execução das operações de procura, identificação, desativação e destruição de artefatos explosivos de uso corrente na MB, armadilhas e artefatos não convencionais (BRASIL, 2015b, p.1). Já o C-ESP-DAE-B é disponibilizado para os Fuzileiros Navais (FN) e abrange apenas as técnicas de desativação terrestre. Atualmente, a

Equipe DAE capacitada em desativação em ambiente subaquático está sediada no Grupamento de Mergulhadores de Combate¹⁴ (GRUMEC).

4.7 Contramedidas de Minagem no Estaleiro e Base Naval em Itaguaí

Por ocasião da comemoração dos 100 anos do Comando da Força de Submarinos (ComForS), ocorrida em julho de 2014, participaram do evento três submarinos nucleares estrangeiros: o SNA Améthyste (S-605, da Marinha Nacional da França), o USS Dallas (SSN-700, da Marinha estadunidense) e o HMS Ambush (S-120, da Real Marinha Britânica) (DAN, 2014, p. 2; PN, 2014).

Para que esses três submarinos nucleares adentrassem a Baía de Guanabara¹⁵, a DHN, por meio do seu Centro de Hidrografia (CHM), realizou operações de caça de minas naquela Baía e em seu canal de acesso (tanto na véspera da entrada quanto na véspera da saída desses três submarinos) com emprego de sonares de varredura lateral multifrequência e de sistemas de batimetria multifeixe de alta resolução, a fim de garantir a inexistência de ameaça de minas na derrota percorrida por esses meios nucleares de alto valor estratégico.

Caso a DHN possuísse à época o VSA REMUS 100, tal operação de caça de minas (etapas de detecção e classificação) poderia ter sido conduzida com esse veículo a partir de terra ou de uma embarcação miúda, já que se tratava de região adjacente ao continente e controlada pelo próprio país. Isso mitigaria consideravelmente a logística necessária e os custos envolvidos na condução dessa operação de CMM de enfoque defensivo.

Especificamente para o canal de acesso ao Estaleiro e Base Naval (EBN) em Itaguaí, poderão ser empregados VSA em conjunto com mergulhadores especializados em DAE para execução de CMM necessárias ao trânsito seguro do futuro submarino nuclear brasileiro (SN-BR). Nesse caso, os veículos autônomos poderão ser lançados a partir de terra ou de embarcações miúdas. Dessa forma, reduz-se o quantitativo necessário de Navios-Varredores ou Caça-Minas permanentemente sediados no EBN, que possuem custos de operação e manutenção superiores.

Adicionalmente, os VSA e os mergulhadores especializados em DAE poderão ser facilmente transportados e empregados para condução das CMM em outros portos nacionais,

¹⁴ PEREIRA, Geraldo G. R. (grumec-36/gptmec/Mar, Divisão de Desativação de Artefatos Explosivos). Mensagem recebida por chm-31/cenhid/Mar@Mar em 10 ago. 2016.

¹⁵ Baía de Guanabara – localizada no Estado do Rio de Janeiro, está situada entre as cidades do Rio de Janeiro, de Niterói e de São Gonçalo.

antes da entrada e da saída do futuro submarino nuclear brasileiro.

5 CONCLUSÃO

O estudo apresentado baseou-se em análises bibliográficas nacionais e internacionais, com o intuito de investigar se o veículo não tripulado REMUS 100 adquirido pela DHN pode ser efetivamente empregado nas CMM efetuadas pela Marinha do Brasil.

Para garantir a consistência do trabalho elaborado, foram analisadas duas avaliações, consideradas independentes, distintas e complementares, sobre o emprego do VSA REMUS 100 nas CMM. A primeira avaliação ocorreu no âmbito de uma renomada universidade de pesquisa e, a segunda, no Teatro de Operações Marítimas de uma guerra. Essas avaliações foram consideradas independentes na medida em que ocorreram em tempo e espaço diferentes; distintas, pois uma tratou de um estudo acadêmico-científico e a outra, de um emprego real em combate; e complementares, visto que o produto da pesquisa de uma foi corroborado pelo resultado prático da outra.

Nesse sentido, tanto a pesquisa de pós-graduação desenvolvida por Phaneuf na *Naval Postgraduate School*, apresentada na Seção 4.4 deste trabalho, quanto os resultados obtidos na Operação *Iraqi Freedom*, expostos na Seção 4.5, comprovaram a possibilidade de emprego efetivo do VSA REMUS 100 nas CMM, destacadamente nas etapas de detecção e de classificação que compõem a caça de minas.

Diante dessa comprovação, esse estudo se reveste de importância para a Marinha do Brasil na medida em que o VSA REMUS 100 poderá ser efetivamente empregado em apoio às CMM defensivas, especialmente nas atividades relacionadas à caça de minas.

Ademais, considerando-se a obsolescência dos meios navais do ComForMinVar, sobre o qual recai a responsabilidade pela execução de CMM defensiva das linhas de tráfego marítimo ao longo do extenso litoral brasileiro e das regiões de operação das Forças Navais, o VSA REMUS 100 poderá ser considerado uma alternativa potencial de aquisição futura. Dotado de sonar de varredura lateral de dupla frequência, capaz de efetuar varredura de alta resolução do leito marinho, esse veículo poderá ser empregado de forma isolada ou em conjunto com mergulhadores especializados em DAE a bordo dos Navios-Varredores, para ampliar qualitativa e quantitativamente a capacidade de efetuar CMM dentro de áreas de interesse, o que reduziria o tempo, o custo e a exposição dos recursos humanos e materiais ao perigo durante cada operação.

Fora do âmbito do ComForMinVar, o VSA REMUS 100, dada a sua facilidade de operação e baixo requisito de apoio logístico, poderá ser operado juntamente com mergulhadores especializados em DAE a partir de praticamente todos os meios navais ora disponíveis na MB, sejam eles pertencentes à Esquadra, aos Distritos Navais ou aos setores de apoio. Isso ampliaria numericamente os vetores capazes de efetuar CMM na Marinha, bem como reduziria substancialmente o tempo necessário para mobilização de meios e de resposta a uma ameaça inimiga em qualquer parte do território nacional.

No tocante à operação do futuro submarino nuclear brasileiro, os VSA poderão ser de enorme valia. Por doutrina, as Marinhas e as Forças de Defesa Nacionais detentoras de submarinos nucleares efetuam CMM antes da entrada e da saída destes meios navais estratégicos de portos e canais de acesso, de forma a garantir a necessária segurança da navegação. Nesse sentido, e em particular para o canal de acesso ao Estaleiro e Base Naval em Itaguaí, poderão ser empregados VSA e mergulhadores especializados em DAE para execução das CMM. Em tal caso, os veículos autônomos poderão ser lançados a partir de terra ou de embarcações miúdas, o que mitigará o quantitativo necessário de Navios-Varredores ou Caça-Minas permanentemente sediados no EBN, que possuem custos de operação e de manutenção mais elevados. Além disso, ao optar por VSA compactos, de simples operação e de baixo custo de manutenção, esses veículos poderão ser facilmente transportados e empregados em conjunto com mergulhadores especializados em DAE para condução das CMM em outros portos nacionais, antes da entrada e da saída do SN-BR.

Por fim, mesmo que o VSA REMUS 100 recentemente adquirido pela DHN não seja imediatamente empregado em atividades de cunho puramente militar, a sua reiterada utilização em levantamentos hidrográficos na AJB para coleta de uma multiplicidade de dados ambientais, permitirá que os militares que irão operá-lo rotineiramente adquiram experiência e conhecimento técnico aprofundado a respeito da potencialidade de cada um de seus diversos e modernos sensores acústicos de alta resolução. Dessa forma, se houver uma futura demanda para aplicação do VSA REMUS 100 em atividades estritamente militares no âmbito da MB, tais como nas CMM, os conhecimentos adquiridos pela DHN a respeito desse veículo serão de singular valor para auxílio na elaboração de uma doutrina de emprego militar.

REFERÊNCIAS

- AVIATION NEWS. *Achada peça que leva caixa-preta do AF 447*. 2011. 2 p. Disponível em: <<http://desastresaereosnews.blogspot.com.br/2011/04/achada-peca-que-leva-caixa-preta-do-af.html>>. Postado em: 12 abr. 2011. Acesso: 23 jun. 2016.
- BASTOS, ROGERIO R. C. B; PEREIRA, KARLA N. F. *Homens de ferro em navios de madeira*. Marinha em Revista, ano 02, n. 04 – abr. 2011, p. 14-17, Centro de Comunicação Social da Marinha, Brasília, 2011.
- BARAN, AMATZIA; POST, M. JERROLD. *Saddam is Iraqi: Iraqi is Saddam*. 2004. 58 p. Disponível em: <http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/cpc-pubs/know_thy_enemy/postbaram2.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2016.
- BLIDBERG, RICHARD. *The development of autonomous underwater vehicles (AUV): a brief summary*. 2001. 12 p. Disponível em: <http://ausi.org/publications/ICRA_01paper.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2016.
- BRASIL. Diretoria de Hidrografia e Navegação. *NORMAM-25/DHN: normas da autoridade marítima para levantamentos hidrográficos*. Niterói, 2014.
- BRASIL. Comando da Força de Minagem e Varredura. 2015a. 1 p. *Press Release*. Disponível em: <<http://www1.mar.mil.br>>. Acesso em: 24 jun. 2016.
- BRASIL. Centro de Instrução e Adestramento Almirante Áttila Monteiro Aché. *Sinopse do curso especial de desativação de artefatos explosivos "A"*. 2015b. 2 p. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/ciama/cursos/pdf/escola%20de%20OpE/C-ESP-DAE-A.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2016.
- CLEGG, DAVID; PETERSON, MICHAEL. *User operational evaluation systems of unmanned underwater vehicle for very shallow water mine countermeasures*. In: OCEANS AMERICA CONFERENCE, 2003, San Diego, CA, EUA. Proceedings... [S.l.]: IEEE, 2003. p. 1417-1423. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1282583>. Acesso em: 14 jun. 2016.
- DEFESA AÉREA & NAVAL - DAN. *100 anos da Força de Submarinos*. 2014. 4 p. Disponível em: <<http://www.defesaaereanaval.com.br/tag/100-anos-da-forca-de-submarinos/>>. Postado em 18 jul. 2014. Acesso em: 24 jun. 2016.
- DEFESA AÉREA & NAVAL - DAN. *Saab Kockums – Novos caça-minas para Marinha do Brasil*. 2015. 12 p. Disponível em: <<http://www.defesaaereanaval.com.br/saab-kockums-novos-caca-minas-para-a-marinha-do-brasil/>>. Postado em 24 set. 2015. Acesso em: 25 jun. 2016.
- FREITAS, CLÁUDIO C. R. S. *A Força de Minagem e Varredura de ontem e hoje – 50 anos*. Revista Marítima Brasileira, v. 131 n. 04/06 – abr./jun. 2011, p. 17-26, Serviço de Documentação Geral da Marinha, Rio de Janeiro, 2011.
- KONGSBERG MARITIME – KM. *The HUGIN & REMUS family*. Horten, Norway, 2009. 20 p. Disponível em: <<http://www.km.kongsberg.com>>. Acesso em: 24 jun. 2016.

KONGSBERG MARITIME – KM. *AUV systems: commercial applications*. Horten, Norway, 2014. 16 p. Disponível em: <<http://www.km.kongsberg.com/auv>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

KONGSBERG MARITIME - KM. *Geoswath plus REMUS 100*. Horten, Norway, 2016a. 2 p. Disponível em: <<http://www.km.kongsberg.com/geoacoustics>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

KONGSBERG MARITIME - KM. *Autonomous underwater vehicle – REMUS 100*. Horten, Norway, 2016b. 2 p. Disponível em: <<http://www.km.kongsberg.com>>. Acesso em: 17 jun. 2016.

PHANEUF, MATTHEW D. *Experiments with the REMUS AUV*. 2004. 77 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Naval Postgraduate School, Monterey, CA, EUA, 2004.

PODER NAVAL - PN. *Comemorações aos 100 anos da Força de Submarinos*. Disponível em: <<http://www.naval.com.br/blog/2014/08/01/comemoracoes-aos-100-anos-da-forca-de-submarinos/>>. Postado em 1 ago. 2014. Acesso em: 24 jun. 2016.

PODER NAVAL - PN. *Navio-Varredor “Abrolhos” deixa o serviço ativo da Armada*. Disponível em: <<http://www.naval.com.br/blog/2015/08/26/navio-varredor-abrolhos-deixa-o-servico-ativo-da-armada/>>. Postado em 26 ago. 2015. Acesso em: 24 jun. 2016.

ROBOTICS BUSINESS REVIEW - RBR. *Hydroid launches next-gen REMUS 100 AUV*. Disponível em: <https://www.roboticsbusinessreview.com/hydroid_launches_next_gen_remus_100_auv/>. Acesso em: 24 jun. 2016.

SEA AND LAND TECHNOLOGIES – SLT. *AUV – REMUS 100S*. 2015. 2 p. Disponível em: <<https://www.sea-landtech.com/index.php/en/auv/auv-remus-100-s>>. Acesso em: 23 jun. 2016.

SOUZA, ADRIANO V. *Emprego militar dos veículos submersíveis autônomos*. Rio de Janeiro: Divisão de Levantamentos do Centro de Hidrografia da Marinha, 2014. 8 p. Relatório.

SOUZA, ADRIANO V. *Potencialidades do emprego dos veículos submarinos autônomos em operações militares na Marinha do Brasil*. 2015. 23 p. Monografia (Curso Superior) - Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2015.

UNITED STATES. *21st Century complete guide to naval mine warfare: modern MCM systems, marine mammal systems, dolphins, sea lions, avenger-class, mine countermeasures, mine threat control*. U.S. Government, Department of Defense, U.S. Navy. Progressive Management, 2014, 5582 p. E-Book.

VON ALT, CHRISTOPHER. *REMUS 100 transportable mine countermeasure package*. In: OCEANS EUROPE CONFERENCE, 2003, San Diego, CA, EUA. Proceedings... [S.l.]: IEEE, 2003., v.4, p. 1925-1930. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1282723>. Acesso em: 12 jun. 2016.

WOODS HOLE OCEANOGRAPHIC INSTITUTION - WHOI. *Understanding the ocean. For our planet and our future*. 2016. 9 p. Disponível em: <<http://www.whoi.edu>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

ANEXO A – Veículos Submarinos: do *Turtle* ao Veículo Submarino Autônomo REMUS 100.

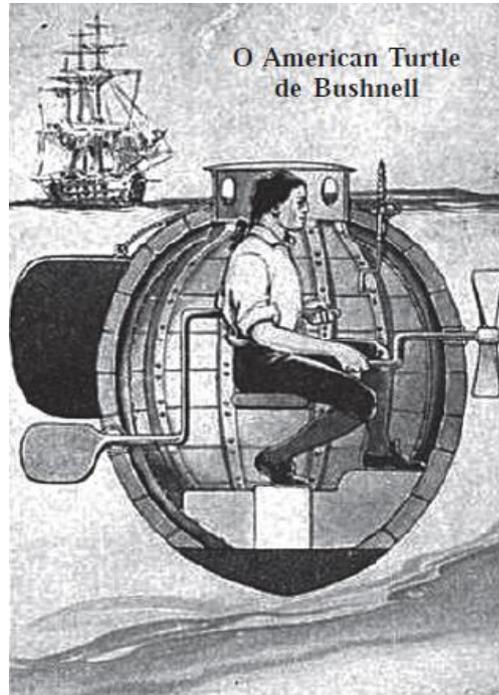


FIGURA 1 - *Turtle*, o primeiro veículo submarino estadunidense.
Fonte: FREITAS, 2011, p. 18.



FIGURA 2 – Operação do VSA REMUS 100 a partir de embarcação miúda.
Fonte: KM, 2009, p. 6.



FIGURA 3 – VSA REMUS 100 com todos os seus sensores e acessórios oriundos da configuração padrão de fábrica.

Fonte: <<https://www.roboticsbusinessreview.com/hydroid-launches-next-gen-remus-100-auv/>>. Acesso em 24 de junho de 2016.

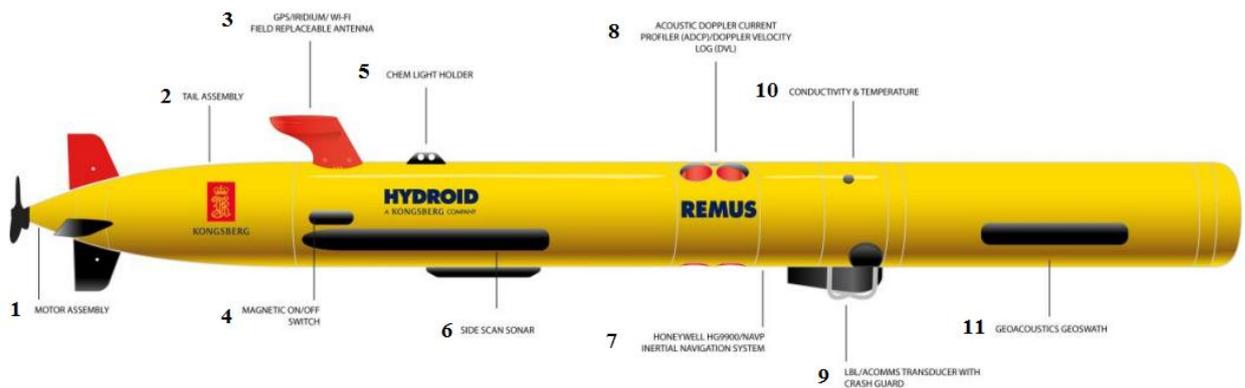


FIGURA 4 – Configuração do VSA REMUS 100 adquirido pela DHN. Legenda: 01 – Motor; 02 – Cauda; 03 - GPS/ Wi-Fi/ Iridium Communications; 04 - Chave magnética (liga/ desliga); 05 – Suporte; 06 - Sonar de Varredura Lateral; 07 - Sistema de Navegação Inercial; 08 - ADCP; 09 - Long Base Line Acoustic Navigation (LBL); 10 – Conductivity and Temperature Detector (CTD); 11 - GeoAcoustics GeoSwath.

Fonte: KM, 2016a, p. 1.



FIGURA 5 – Réplica da mina PDM-1.
Fonte: PHANEUF, 2004, p. 18.

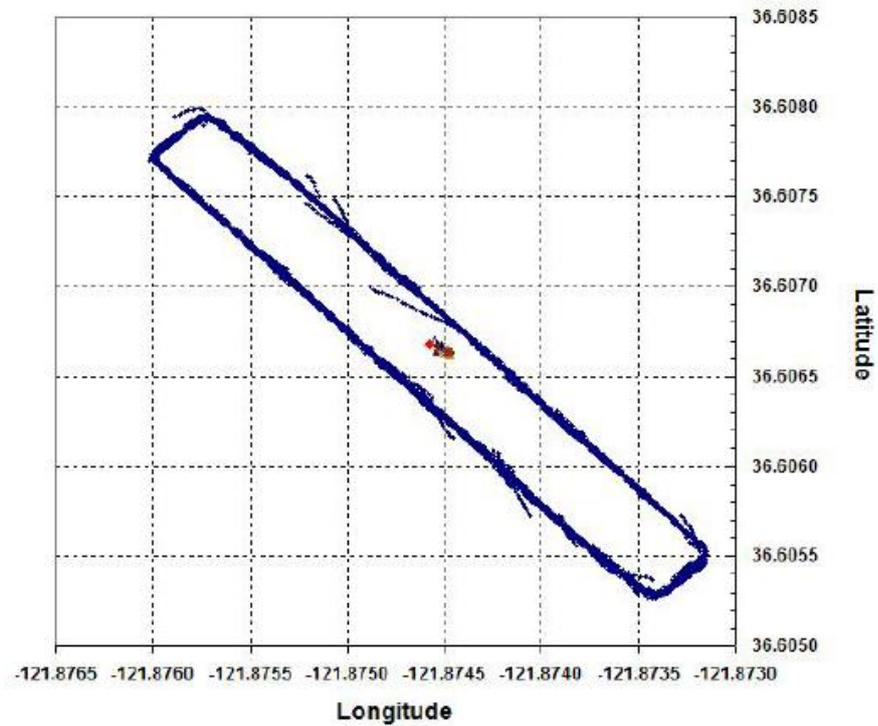


FIGURA 6 – Uma das dezenas de missões executadas durante os experimentos com o VSA REMUS 100. Em azul observa-se a derrota percorrida pelo veículo e, em encarnado, as réplicas das minas navais lançadas ao mar.
Fonte: PHANEUF, 2004, p. 23.

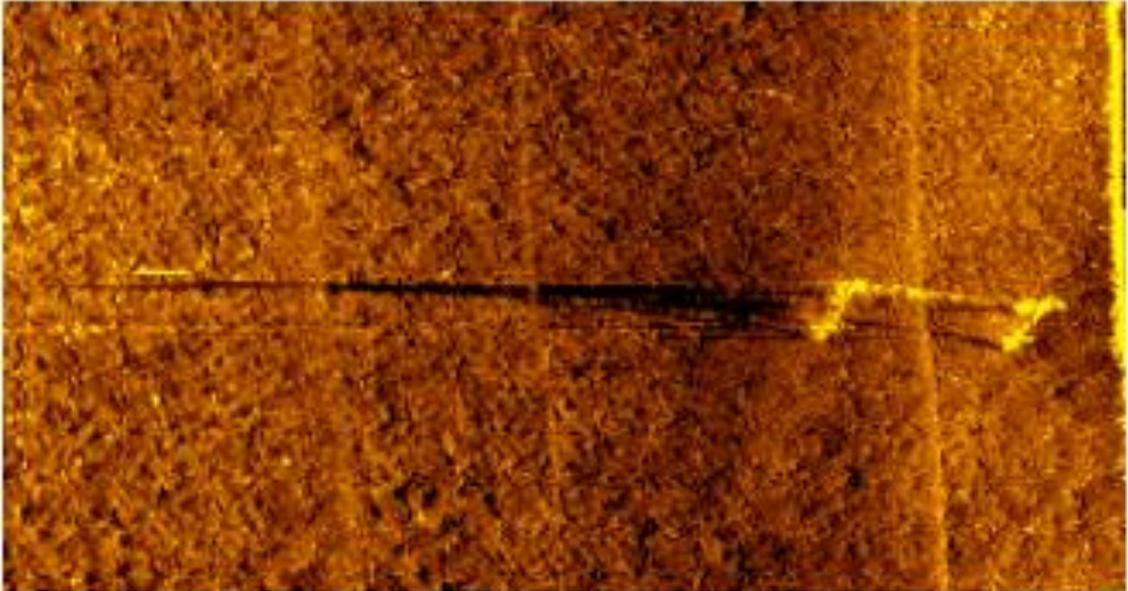


FIGURA 7 – Réplicas das minas navais detectadas na imagem do sonar de varredura lateral de alta resolução do VSA REMUS 100.

Fonte: PHANEUF, 2004, p. 24.



FIGURA 8 – Mergulhadores especializados em identificação e destruição (ou neutralização) de minas navais.

Fonte: UNITED STATES, 2014, 570 p. de 5582 p.



FIGURA 9 – Golfinho empregado na Operação *Iraqi Freedom*, treinado para detectar, localizar e neutralizar minas navais no fundo do mar ou enterradas nos sedimentos.
Fonte: UNITED STATES, 2014, 571 p. de 5582 p.



FIGURA 10 – Operação do VSA REMUS 100 a partir de embarcação miúda lançada de um navio-mãe.
Fonte: KM, 2009, p. 4.



FIGURA 11 – Lançamento do VSA REMUS 100 por dois militares a partir de embarcação miúda (bote inflável).

Fonte: < https://www.roboticsbusinessreview.com/hydroid_launches_next_gen_remus_100_auv/>. Acesso em 24 de junho de 2016.



FIGURA 12 – VSA REMUS 100 realizando caça de minas no porto iraquiano de Umm Qars, durante a Operação *Iraqi Freedom*.

Fonte: CLEGG e PETERSON, 2003, p. 1423.

ANEXO B - Distribuição dos VSA REMUS produzidos e fornecidos para diversas Marinhas e Forças de Defesa Nacionais até o ano de 2013.

TABELA

Marinha ou Força Nacional de Defesa	VSA em operação	VSA em construção
Marinha dos Estados Unidos da América	117	16
Real Marinha Britânica	16	1
Real Marinha Holandesa	5	0
Defesa Belga	3	0
Nações Unidas (para estudo no <i>Centre for Maritime Research and Experimentation - CMRE</i>)	3	0
Marinha de Singapura	3	0
Força de Defesa da Alemanha	3	4
Real Marinha da Nova Zelândia	4	0
Real Marinha Australiana	2	0
Real Marinha da Noruega	5	0
Marinha da Finlândia	3	0
Marinha da Estônia	2	0
Marinha da Suécia	4	0
Marinha da Itália	1	2
Marinha do Japão	5	1
Marinha da África do Sul	1	0
TOTAL	177	24

Fonte: Souza, 2014, p. 1.