

Guerra Anti-submarino – Fusão de Dados

Élcio Jeronimo de Oliveira

Instituto de Aeronáutica e Espaço – IAE – CTA – São José dos Campos – SP

Abstract — The Brazilian Air Force will retake the anti-submarine warfare activities with the acquisition of the Aircraft Patrol P-3. These activities will demand several studies in the technical and operational fields. However, the modern submarine technologies make it more difficult to detect them by the individual sonar systems. As a consequence, some countries point out a new underwater warfare approach called “Underwater Warfare Data Fusion” that has been increasing in the last years. In this scenario this paper aims to show some aspects involving the research and development of the ASW (Anti-submarine Warfare) Data Fusion.

Key Words — Anti-submarine Warfare, data fusion, sonar, aircraft patrol, P-3.

I. INTRODUÇÃO

A pesquisa na área de sonar tem se concentrado no desenvolvimento de sensores, técnicas de processamento de sinal e desenvolvimento de modelos de propagação acústica no oceano visando à melhoria no processo de classificação e localização de alvos sonar. Entretanto, novas tecnologias têm permitido a construção de submarinos mais silenciosos dificultando a detecção por parte de sistemas individuais de sonar no modo passivo. Neste ponto, a integração de dados sonar e não-sonar de múltiplas fontes em múltiplas plataformas se mostra como uma opção para estabelecer um cenário submarino mais acurado, acelerando o processo de identificação de alvos e, conseqüentemente, as tomadas de decisões táticas. Neste contexto, diversos desafios do ponto de vista científico, tecnológico e operacional podem ser verificados. Neste trabalho serão apresentados alguns elementos que influenciam na detecção, localização e classificação do alvo sonar, assim como alguns tópicos da metodologia utilizada pelo Canadá e EUA para o desenvolvimento desta técnica de gerenciamento de informação sonar.

II. CENÁRIO DA FUSÃO DE DADOS SONAR

O cenário descrito artisticamente [1] na Fig.1 reúne alguns dos elementos que podem influenciar no processo de detecção do submarino ou alvo sonar. Neste cenário pode-se constatar que, no processo de fusão de dados sonar, deve ocorrer, necessariamente, a cooperação entre elementos navais e aéreos através de um link multicanal para o compartilhamento dos dados provenientes de sensores acústicos e não-acústicos. A necessidade e os desafios desta cooperação foram bem definidos no tópico “O Brasil e o desafio das comunicações militares” que consta no relatório da missão combinada Esquadrex-2005. Deve-se, também, observar as interferências produzidas por outros elementos no ambiente, biológicos ou não, que possam impactar o processo de filtragem e caracterização do alvo sonar, além de modelos

apropriados de previsão de propagação acústica no ambiente submarino. Neste campo, como exemplo, o DRDC (Defence R&D Canada), órgão do Departamento Canadense de Defesa, tem aberto diversas frentes de pesquisa próprias e em parcerias com aliados objetivando maior eficiência no cenário ASW (Anti-Submarine Warfare) através da integração de sistemas, pesquisas em diversos setores e treinamento de pessoal.

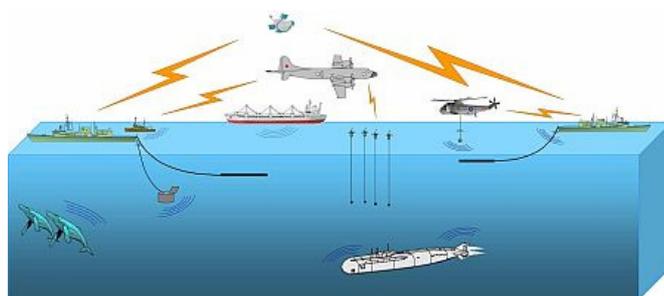


Fig. 1. Integração de múltiplos sensores em múltiplas plataformas.

III. INTERFERÊNCIA E PROPAGAÇÃO ACÚSTICA

A. Interferência

As interferências acústicas (ruídos) no ambiente marinho que influenciam no processo de identificação e localização de alvos sonar podem advir de diversas fontes, dentre as quais

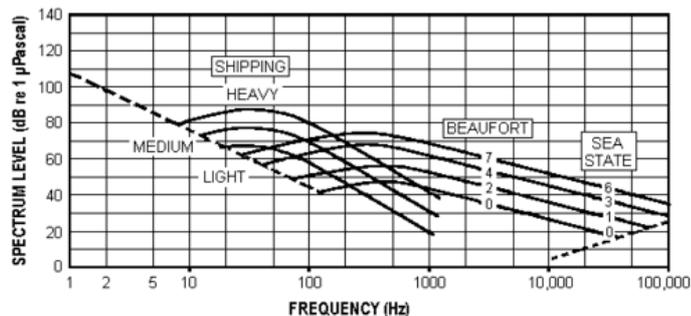


Fig. 2. Curvas de Knudsen.

podemos destacar as de origem biológica (baleias, golfinhos, etc.), de operações petrolíferas (plataformas, sonares de varredura lateral, maquinários submarinos, etc.), de tráfego de embarcações e os de origem ambiental (sísmicos, chuva, estado de mar, etc.). Knudsen [2] elaborou um gráfico com a distribuição de energia dentro do espectro de frequências para algumas destas fontes, conforme pode ser observado na Fig.2, conhecido como Curvas de Knudsen. Entretanto, as condições locais podem apresentar níveis de ruído mais elevados, como os medidos (Fig.3) próximos à Plataforma da Petrobrás S-22 (Bacia de Campos) com profundidade local de 223 metros. As medidas na S-22, embora maiores que as previstas nas Curvas de Knudsen, ainda são bem menores que as obtidas em uma plataforma de posicionamento dinâmico (DP) que, na frequência de 10KHz, possui nível de ruído da

ordem de 140dB [3] em contraste com um nível de 60 dB medidos na S-22 para esta mesma frequência. Outra fonte de interferência que merece atenção, por se manifestar de maneira prolongada e intensa em certas faixas de frequência, são as provenientes de coros biológicos formados por coberturas e cardumes de animais marinhos.

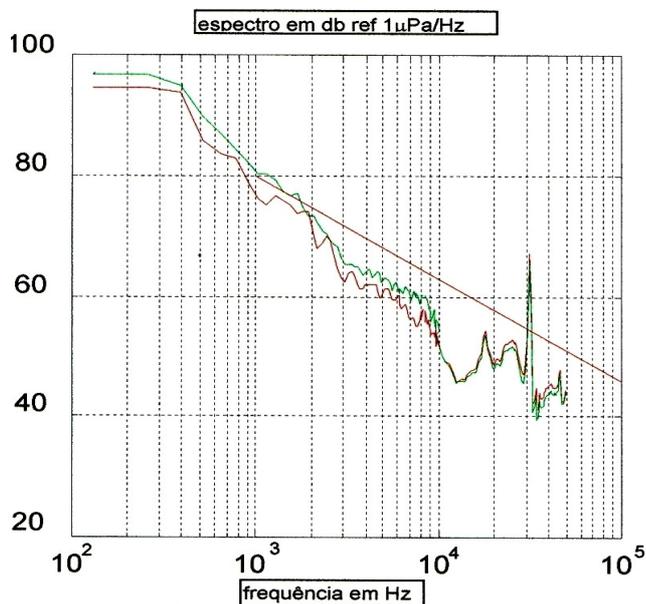


Fig. 3. Nível de Ruído da Plataforma de Petróleo S-22.

Em certas áreas costeiras chega-se a medir incrementos de até 40dB no ruído ambiente provocado pela presença de crustáceos [4].

B. Propagação Acústica

O perfeito entendimento da propagação do som no ambiente marinho e, em conseqüência, a elaboração de um modelo bem ajustado de previsão de alcance sonar é de grande importância para a otimização do planejamento e do emprego dos meios navais e aéreos em ações anti-submarinas.

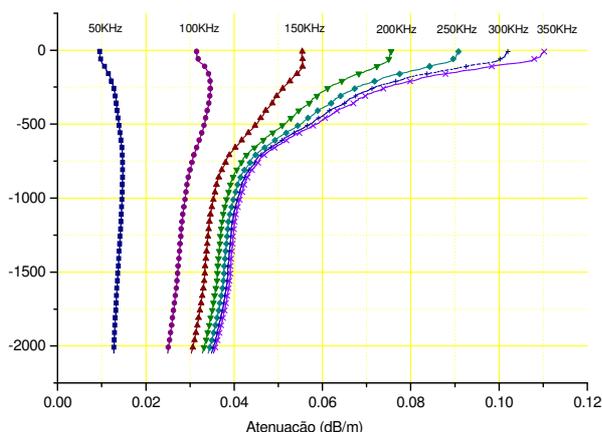


Fig. 4. Perfil de Atenuação do Som na Bacia de Campos.

O sinal sonoro submarino ao se propagar, sofre atrasos, distorções e atenuações (Fig.4) devido aos processos de espalhamento geométrico, absorção do meio, reflexões na superfície e no fundo (Fig.5, 6 e 7) e vazamento para fora de dutos sonoros. Estas influências na propagação decorrem principalmente do estado de mar, do tipo de fundo e de

fatores químicos e biológicos [5]. Em águas mais rasas devido às condições (contorno) de fundo ocorrem modos normais de propagação que atuam como filtros de frequência que limitam a propagação do sinal acústico em certas faixas.

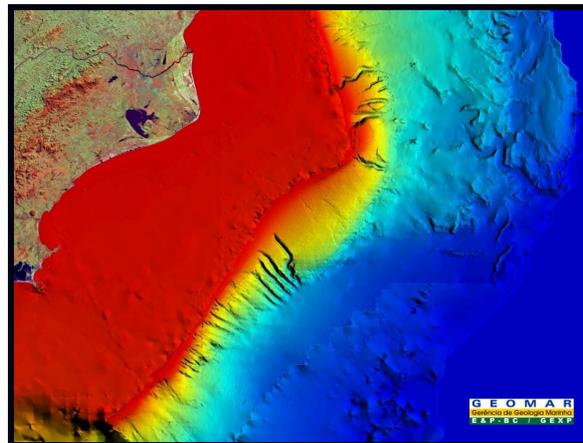


Fig. 5. Batimetria da Região da Bacia de Campos.

A propagação do sinal acústico, ou melhor, o caminho percorrido por ele, é dependente da profundidade (mais especificamente do gradiente de temperatura da água do mar) de operação da fonte. Isto decorre do efeito de refração (Fig.6 e 7) que surge da variação da velocidade do som, cujo valor nominal depende da temperatura, salinidade e profundidade. Estes valores podem ser obtidos pelo modelo de Mackenzie [6] e são traçados na forma de gráficos conhecidos como Perfil de Velocidade do Som no oceano (Fig.8).

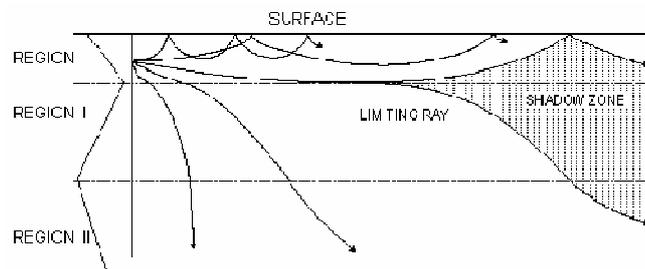


Fig. 6. Traçado de Raios de uma fonte com profundidade ≈100m.

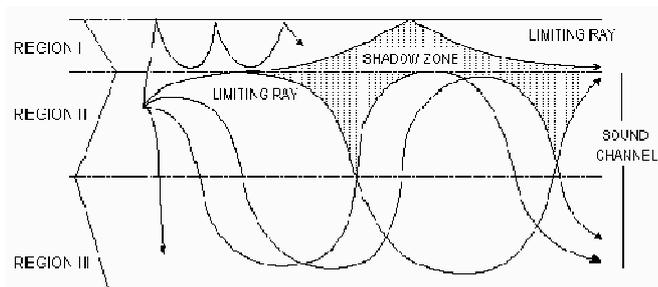


Fig. 7. Traçado de Raios de uma fonte com profundidade ≈400m.

No Campo de Albacora Leste, na região da Bacia de Campos – RJ, a Petrobrás fez diversas caracterizações ambientais dos valores, ou perfis, de temperatura e salinidade em profundidades até 2.000 metros [3] nos períodos de janeiro e maio de 1995. Estas medidas, aplicadas ao modelo Mackenzie, deram origem ao perfil médio de velocidade do som (Fig.8) na região de Albacora Leste.

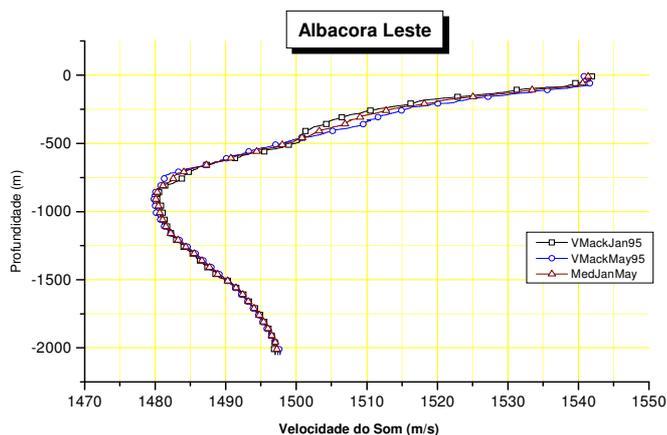


Fig. 8. Perfil Médio de Velocidade do Som em Albacora Leste.

Com este gradiente de velocidade e as condições de fundo e superfície (além de outros fatores) pode-se ajustar um modelo, que se ressalte não ser tarefa trivial, para determinar o alcance sonar, as regiões de sombra e a estimativa da posição do alvo.

IV. FUSÃO DE DADOS – ABORDAGEM DO PROBLEMA

Reconhecido o grande desafio é desenvolver um sistema que integre todos os dados de fontes sonar (ativas e passivas) e não-sonar (detectores de anomalia magnética), embarcadas e não-embarcadas em múltiplas plataformas de modo a prover à cadeia de comando e controle todo o “cenário do mundo sonar” em tempo real. Para atingir esta meta, o DRDC estabeleceu uma metodologia [1] onde aborda o problema em duas fases:

1ª - De curto prazo (Fator Humano) - Objetiva melhorar o desempenho na localização, rastreamento e classificação dos sistemas sonar pelo aperfeiçoamento das habilidades dos operadores para interagirem com grandes quantidades de informações sonar. Este aperfeiçoamento passa pelo acesso às informações de todos os sensores (ativos, passivos, embarcados e não-embarcados), o uso de uma interface computacional amigável e disponibilidade de modelos de previsão acurados.

2ª - De longo prazo (Fator Tecnológico) – Objetiva identificar as áreas onde a automação pode ser introduzida, através da investigação de novos métodos (visão 2003), tais como sistemas inteligentes e redes neurais, aplicados à associação e fusão de contatos ativos e passivos de alvos e avaliação da situação e alocação de recursos nos vários níveis da cadeia de decisão. Nesta fase, está o desenvolvimento de plataformas de simulações e ensaios, como o SIMS (Sistema de Gerenciamento de Informação Sonar), para avaliação de novos conceitos antes da implementação e testes com protótipos. Nesta fase encontram-se estudos e ensaios de conceitos do tipo: IMPACT (Integrated Multistatic Passive-Active Concept Testbet) [7], TIAPS (Towed Integrated Active Passive Sonar) [8] e NUW (Network Underwater Warfare) [9], além do desenvolvimento de programas para caracterização do canal de transmissão [10] e experimentos com elementos que integrarão o conjunto TIAPS [11].

O recebimento de dados de múltiplas fontes pode acarretar problemas de duplicação de alvo devido aos diferentes

sensores e métodos de cálculo de posição. Em um sistema de fusão de dados é importante que o software seja eficiente no processo de caracterização do alvo e estimação de sua posição. Uma alternativa explorada no desenvolvimento de software de fusão de dados aplicados no VTS (Serviço de Tráfego de Embarcações) da Guarda Costeira Norte Americana foi baseada em lógica fuzzy [12]. Este software admite diferentes tipos de entradas, tais como de informações radar, GPS e acústica, além de outras possibilidades.

Outro trabalho [13], com a participação da Lockheed-Martin Tactical Defence Systems, trata da metodologia da fusão de dados de multi-sensores em um sistema desdobrável de vigilância para fornecer um cenário marítimo confiável dos alvos de superfície e submarinos. Neste sistema, que também utiliza lógica fuzzy, chamado ThAW (Theater Acoustic Warfare-Data Fusion), foram incorporados sensores sonar ativo e passivo, vários tipos de radar e sistemas ESM/ELINT (Electronics Support Measures/ Electronics Intelligence). Nesta metodologia de fusão de dados é considerada a correlação e rastreamento de múltiplas hipóteses, classificação automática e recursos de otimização e o sistema é dividido em quatro nodos, a saber:

- a) Nodos de sensores: são pequenos nodos alimentados por baterias, instalados no fundo do mar próximo ao litoral, contendo sensores acústicos, de campo elétrico, magnetômetros e modem acústico. Após coletar os dados dos sensores este nodo envia os dados para o nodo Mestre.
 - b) Nodo Mestre: promove a fusão dos dados dos sensores para criar um cenário do ambiente monitorado ou melhoria da qualidade das informações de rastreamento para alimentar o nodo de Armas. O nodo mestre também controla o nível de energia utilizado para maximizar a vida útil do sistema.
 - c) Nodos de Comunicação: enviam os dados de campo obtidos dos nodos mestre a uma estação de operação. Os nodos de comunicação recebem as informações dos nodos mestre por meio acústico e as envia à estação por meio de um transmissor de RF.
 - d) Nodo de Armas: Formado por um sistema inteligente composto de minas móveis (torpedos encapsulados). Cada um dos nodos opera com baterias e se comunicam com os outros através de modems acústicos.
- Além destes, a literatura reporta outros trabalhos em que a fusão de dados é vista como elemento fundamental na obtenção rápida e confiável do conhecimento do cenário ASW. Entretanto, a integração das aeronaves de patrulha, tais como o P-3, enfrenta dificuldades de viabilização por questões de limitação de conectividade em tempo real [14].

II. OBSERVAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos a preocupação no hemisfério norte com a segurança costeira tem aumentado, principalmente com relação a submarinos diesel-elétrico (pequenos e silenciosos) [14]; como consequência também houve um significativo aumento nas linhas de pesquisa de defesa nesta área. No Brasil, algumas pesquisas e desenvolvimentos em campos aplicáveis à fusão de dados têm sido realizados pela Marinha, Petrobrás e Universidades. Alguns exemplos podem ser vistos nos trabalhos [15]-[19], [3] e [20] respectivamente. O acompanhamento dos desenvolvimentos neste campo aliado à evolução de conceito de interoperabilidade entre forças pode trazer grande eficiência e economia de recursos nas operações anti-submarinos.

REFERÊNCIAS

- [1] DRDC – Atlantic, “Underwater Warfare Data Fusion”, Fact Sheet No. MICS0103, 2003.
- [2] V. O. Knudsen, R. S. Alford, J. W. Emling, “Underwater Ambient Noise”, J. Mar. Res., vol. 7, p. 410, 1948.
- [3] E. J. Oliveira, “Projeto de um Sistema Acústico para Apóio à Instalação de Equipamentos Submarinos”, Tese de Mestrado – COPPE/UFRJ, Fevereiro de 2001.
- [4] M. Marteleto, E. B. F. Neto, “Recursos Laboratoriais para Bioacústica Submarina”, IV ETAS – IV Encontro de Tecnologia em Acústica Submarina – IPqM, Novembro de 1999.
- [5] L. A. Pimenta, M. Aguiaro, P. Jabor, *et al.*, “Caracterização Ambiental Como Base para um Projeto de Previsão Acústica (PRESOM)”, IV ETAS – IV Encontro de Tecnologia em Acústica Submarina – IPqM, Novembro de 1999.
- [6] K. V. Mackenzie, “Nine Term Equation for speed of Sound in the Oceans”, J. Acoust. Soc. Am., Vol 70, N. 3, Setembro de 1981.
- [7] DRDC – Atlantic, “Airborne Sonar Demonstrators”, Fact Sheet No. US0302, 2002.
- [8] DRDC – Atlantic, “Towed Integrated Active-Passive Sonar”, Fact Sheet No. TD0103, 2003.
- [9] A.W. Isenor, “Metadata Requirements in a Multi-Layered Networked Environment”, MILCOM-2005 - Military Communications Conference – IEEE, Outubro de 2005.
- [10] C. Calnan, “Channel Characterization Modelling”, DRDC – Atlantic, Contract Report – CR 2004-247, 2004.
- [11] S.P. Pecknold, J. Theriault, “HPA Beampattern Measurements”, DRDC – Atlantic, Technical Memorandum – TM 2004-004, 2004.
- [12] S. A. Midwood, I. A. Glenn, M. Tummala, “A Multi Sensor Data Fusion Algorithm For The USCG’S Vessel Traffic Services System”, ISCAS’98 – IEEE, Junho de 1998.
- [13] M. D. Hatch, J. L. Kaina, R. P. Mahler, R. S. Myre, “Data Fusion Methodologies To Support Theater Level and Deployable Surveillance Systems”, Thirty-Second Asilomar Conference on Signal, Systems & Computers – IEEE, Novembro de 1998.
- [14] S. Berry, “Undersea Forces Adjust Tactical Focus”, Signal. Vol 57, Issue 6. Armed Forces Communications and Electronics Association, Fevereiro de 2003.
- [15] F. B. Corrêa, “Shallow Water Acoustic Variability and Influences on Autocorrelation Matching Localization Algorithms”, IV ETAS – IV Encontro de Tecnologia em Acústica Submarina – IPqM, Novembro de 1999.
- [16] A. A. Santiago, “Aplicação do Filtro Estendido de Kalman ao Problema da Detecção Passiva Acústico-sonar”, IV ETAS – IV Encontro de Tecnologia em Acústica Submarina – IPqM, Novembro de 1999.
- [17] N. N. Moura, C. V. S. Rodrigues, “Descrição do Sistema de Classificação Usando Redes Neurais”, IV ETAS – IV Encontro de Tecnologia em Acústica Submarina – IPqM, Novembro de 1999.
- [18] Marteleto, M., Neto, E.B.F., “Catálogo de Sons de Espécimes Marinhos da Costa Brasileira: Primeiros Resultados”, IV ETAS – IV Encontro de Tecnologia em Acústica Submarina – IPqM, Novembro de 1999.
- [19] M. K. Covo, “Aplicação de Técnicas Intraquadro e Interquadro para o Processamento de uma Matriz de Sensores em Tempo Real”, IV ETAS – IV Encontro de Tecnologia em Acústica Submarina – IPqM, Novembro de 1999.
- [20] M. T. Ferraz, “Desenvolvimento de um Array de Hidrofonos”, IV ETAS – IV Encontro de Tecnologia em Acústica Submarina – IPqM, Novembro de 1999.