

CAPÍTULO 4 - CLASSIFICAÇÃO DO FUNDO MARINHO E DETECÇÃO DE ESTRUTURAS

1. INTRODUÇÃO

- 1.1 A Hidrografia inclui a descrição das características dos mares para uma diversidade de propósitos, não se restringindo apenas aos relacionados com a navegação. O advento do sonar e dos sondadores de varrimento permite, atualmente, uma descrição mais completa e detalhada, para o benefício de uma navegação mais segura e para outras utilizações. Obviamente, é inviável detectar todas as estruturas em todas as profundidades, pelo que a OHI definiu o volume mínimo das estruturas que devem ser pesquisadas e identificadas em cada área específica. A classificação do fundo marinho tem sido utilizada em operações de guerra de minas durante muitos anos, mas o advento dos *softwares* de classificação automática permitiu uma utilização mais ampla, especialmente na pesca e na indústria de recursos.
- 1.2 Neste capítulo, as frases classificação do fundo marinho, caracterização do fundo marinho, e detecção de estruturas e detecção de objetos são sinónimos.

2. DETECÇÃO DE ESTRUTURAS NO FUNDO MARINHO

2.1. Antecedentes

- 2.1.1 Para garantir a segurança da navegação, é necessário detectar as estruturas existentes no fundo do mar que possam constituir um perigo para a navegação, quer sejam naturais ou artificiais. Uma estrutura (*feature*) é definida como sendo algo que se encontra no fundo do mar e que tem características diferentes do resto da área circundante. Pode ser qualquer coisa desde uma pedra isolada num fundo de areia plano a um navio afundado ou qualquer outra obstrução. A esta atividade é chamada detecção de estruturas no fundo do mar. A detecção de estruturas pode também ser usada para detectar e identificar estruturas que são do interesse de outras atividades marítimas, tais como estruturas semelhantes a minas e a cabeças de poços petrolíferos. Estas últimas podem não ser relevantes para a navegação, mas são, no entanto, importantes para as atividades ligadas à exploração petrolífera.
- 2.1.2 Um levantamento hidrográfico tradicional irá permitir obter dados batimétricos de uma área através da execução de uma série de fiadas de sondagem regulares em toda a sua extensão. A cobertura com um Sistema Sondador Multifeixe (SMF) ou um Sonar Lateral (SL) é utilizada para a detecção de estruturas e para fornecer informações sobre a classificação do fundo do mar. Nalguns casos, a detecção de estruturas é mais importante do que a aquisição de dados batimétricos. Estruturas específicas que tenham sido identificados com um SMF ou com um SL irão, normalmente, requerer uma pesquisa mais detalhada para determinar a sua posição e a profundidade mínima.

2.2. Normas

- 2.2.1 Existem uma série de normas relacionadas com a detecção de estruturas sendo as mais relevantes as contidas nas publicações S-44 e S-57 da OHI.

2.2.2. Publicação S-44 da OHI - Normas para Levantamentos Hidrográficos

2.2.1.1 A Tabela 1 da S-44, resumida nas tabelas 4.1 e 4.2 abaixo, especifica onde deverá ser realizada uma pesquisa de estruturas e as capacidades do sistema de detecção para cada Ordem do levantamento Hidrográfico.

2.2.1.2 Uma vez detectada qualquer estrutura considerada significativa, a sua posição e profundidade mínima devem ser determinadas de acordo com as normas detalhadas na Tabela 1 da S-44.

Tabela 4.1 “Requisitos de Pesquisa da S-44 da OHI”

Ordem da S-44 da OHI e exemplos de áreas		Requisitos de Pesquisa
Ordem Especial	Áreas onde o resguardo à quilha é crítico.	Requerida uma busca total do fundo.
Ordem 1a	Áreas com profundidades inferiores a 100m e onde o resguardo à quilha é menos crítico, mas onde possam existir estruturas com interesse para a navegação de superfície	Requerida uma busca total do fundo.
Ordem 1b	Áreas com profundidades inferiores a 100m e onde o resguardo à quilha não é um requisito para a navegação de superfície esperada para a área	Não é requerida uma busca total do fundo.
Ordem 2	Áreas com profundidades superiores a 100m, não requerendo busca total do fundo	Não é requerida uma busca total do fundo.

Tabela 4.2 “Requisitos de Detecção dos Sistemas da S-44 OHI”

Ordem da S-44 da OHI	Capacidades de detecção do sistema
Ordem Especial	Estruturas cúbicas > 1.0 m
Ordem 1a	Estruturas cúbicas > 2.0 m em profundidades até aos 40m ou 10% da profundidade para além dos 40m
Ordem 1b	Não aplicável.
Ordem 2	Não aplicável.

2.2.3. Publicação S-57 da OHI - Normas para a Transferência de Dados Hidrográficos Digitais

2.2.3.1 A S-57 especifica "Zonas de Confiança" (ZOC), como o método de codificar a informação acerca da qualidade dos dados hidrográficos. As ZOC foram adotadas para proporcionar um meio simples e lógico de classificar todos os dados batimétricos e mostrar ao navegador a confiança que a autoridade cartográfica nacional lhes atribui. As áreas são classificadas identificando vários níveis de confiança que pode ser colocados subjacentemente aos dados usando uma combinação de exatidão da medição da profundidade e da determinação da posição, rigor da pesquisa do fundo marinho e conformidade com um plano de controlo aprovado de qualidade dos dados.

2.2.3.2 As ZOC A1, A2 e B são obtidas a partir de levantamentos hidrográficos recentes com as ZOC A1 e A2 a exigir uma pesquisa completa do fundo do mar, ou seja, uma detecção total das estruturas. As ZOC C e D refletem uma menor exatidão e menor qualidade dos dados, enquanto que a ZOC U significa que os dados hidrográficos da área não estão avaliados no momento da publicação, podendo existir levantamentos dessa área. As ZOC foram concebidas para ser representadas tanto nas cartas em papel, como um substituto dos atuais diagramas de confiança, como nos monitores eletrónicos.

- 2.2.3.3 Deve ser salientado que as ZOC são uma normalização cartográfica que não se destina a ser utilizada para especificar normas para levantamentos hidrográficos ou para a gestão da qualidade dos dados pelas autoridades hidrográficas. A exatidão das profundidades e das posições especificada para cada ZOC refere-se a erros da representação final das sondas e incluem para além dos erros dos levantamentos hidrográficos outros erros introduzidos no processo de produção da carta.
- 2.2.3.4 Os critérios S-57 das ZOC, no que se refere à detecção de estruturas, estão referidos na Tabela 4.3:

Tabela 4.3 “Critérios de Detecção de Estruturas das ZOC”

S-57 ZOC	Requisitos de Pesquisa
ZOC A1	Foi realizada uma pesquisa total de toda a área, com a detecção de todas as estruturas significativas do fundo do mar e as respectivas profundidades determinadas. (ver Nota)
ZOC A2	
ZOC B	Não foi realizada a pesquisa total de toda a área pelo que podem existir estruturas que sejam perigosas para a navegação que não estão cartografadas.
ZOC C	Não foi realizada a pesquisa total de toda a área pelo que podem existir anomalias nas profundidades.
ZOC D	Não foi realizada a pesquisa total de toda a área pelo que podem existir grandes anomalias de profundidade.
ZOC U	a qualidade dos dados batimétricos ainda está em avaliação.

Nota: As estruturas significativas do fundo do mar são definidas na S-57 como aquelas que têm uma elevação em relação às profundidades representadas maiores que:

0,1 x profundidade, em profundidades < 10 m,

1,0 m em profundidades de 10-30 m e

(0,1 x profundidade) menos 2,0m em profundidades > 30 m.

- 2.2.3.5 A S-57 também detalha a exatidão relevante requerida na determinação da profundidade e da posição das estruturas.

2.2.4. Detecção de Estruturas Perigosas

2.2.4.1 O hidrógrafo deve estar ciente de que muitas estruturas potencialmente perigosas para a navegação não se encaixam no critério da “estrutura cúbica” da S-44, como por exemplo, os mastros dos navios afundados e cabeças de poços. No entanto, os critérios das ZOC têm em consideração essas estruturas se tiverem uma sonda mínima, com um determinado valor estabelecido acima das profundidades representadas. A capacidade para detectar tais estruturas é um aspecto crítico quando se equaciona o tipo de sistema a ser usado para realizar a sua detecção. Por exemplo, os tipos de estruturas acima referidos são normalmente detectados pelo Sonar Lateral, mas podem não ser detectadas por um Sistema Multifeixe, pelo LIDAR e outros sistemas equivalentes devido, por exemplo, à área de insonificada pelo feixe no fundo ou a algoritmos de “filtragem”.

2.2.4.2 Na perspectiva do hidrógrafo o objetivo do varrimento do sonar é a insonificação da área entre fiadas de sondagem adjacentes, afim de detectar qualquer estrutura relevante para o navegador. Embora não seja possível definir de forma simples o comprimento mínimo de um objeto a detectar, pode considerar-se que estruturas com menos de três metros de comprimento têm uma baixa probabilidade de ser suficientemente salientes em relação ao fundo do mar para causar preocupação. Haverá, naturalmente, alturas em que não será

assim (por exemplo em áreas de coral ou quando se pretende detectar mastros de navios). Nestes casos o hidrógrafo deve examinar todas as fontes de informação disponíveis antes de decidir qual é o comprimento mínimo da estrutura que se pretende detectar.

- 2.2.4.3 Note-se que em todos os cálculos que se seguem, envolvendo velocidades em relação ao fundo que não devem ser excedidas, é considerado o comprimento da estrutura e não a sua altura. O valor utilizado para os cálculos é o comprimento máximo da estrutura sobre a qual incidem pelo menos cinco impulsos acústicos, sendo este valor considerado o mínimo para se materializar a detecção de um objeto. A quantidade de energia dos cinco impulsos acústicos que após incidir sobre a estrutura retorna ao transdutor é dependente:

Da forma da estrutura, da sua dimensão, da sua composição e do seu aspecto,

Das capacidades do sonar e

Da natureza do fundo do mar e outros fatores.

- 2.2.4.4 A intensidade do registo do eco irá depender da quantidade de energia que retorna ao transdutor após ser refletida na estrutura.

2.2.5. Requisitos Militares

- 2.2.5.1 As forças militares exigem muitas vezes a detecção de estruturas menores ou a maiores profundidades do que as necessárias para a segurança da navegação, por exemplo, pode-se pretender detectar estruturas com uma dimensão volumétrica de 0,5 m na plataforma continental, em profundidades de 200 m. As unidades dedicadas à guerra de minas, utilizando sensores especializados, visam detectar e classificar estruturas ainda menores. Embora estes aspectos reflitam capacidades particulares normalmente não requeridas ao hidrógrafo dedicado à cartografia náutica, há um efeito conseqüente no desenvolvimento de sistemas capazes de alcançar essas capacidades e de, provavelmente, ficarem disponíveis para o mercado comercial.

2.2.6. Relato de Estruturas

- 2.2.6.1 Sendo desejável investigar cada estrutura que preencha os critérios mencionados anteriormente, isso poderá não ser possível em áreas complexas. Os hidrógrafos poderão ter que recorrer ao seu bom senso para decidir que estruturas devem ser investigadas depois de considerar os recursos disponíveis e a provável utilização da área (calado de navios, etc.), assim como a provável importância da estrutura tendo em consideração as profundidades médias da área. Por exemplo, um baixio de 26 m de profundidade num fundo de profundidades médias de 28 m pode não justificar uma investigação adicional se o calado dos navios que utilizam a área é de apenas 12 m. Este será particularmente o caso se os navios que navegam na área, em algum ponto, devem atravessar zonas de profundidades médias de 20 m. Nestes casos, poderá apenas ser necessário assegurar que não há qualquer indicação de profundidades menores (por exemplo através de fiadas de sondagem adicionais, levantamento com sonar lateral, etc.).
- 2.2.6.2 Os critérios acima mencionados devem ser utilizados para determinar quando é que uma estrutura deve, ou não, ser incluída no Relatório do Levantamento Hidrográfico. Em áreas complexas esta lista pode tornar-se extensa, portanto o Relatório só deve incluir as estruturas que são verdadeiramente significativas em relação às profundidades médias e à navegação provável.
- 2.2.6.3 No final de cada levantamento, o hidrógrafo, sendo a única pessoa com todos os elementos à sua disposição, deve dar um parecer quanto ao estado de cada estrutura localizada, ou seja, destroços, tipo de fundo, o que ficou por examinar etc., sendo os resultados incluídos no seu relatório. Estruturas descobertas pela primeira vez, que podem

ser perigosas para a navegação de superfície ou submarina, ou estruturas cartografadas que se encontram significativamente alteradas devem ser comunicadas imediatamente ao Serviço Hidrográfico Nacional responsável. Estruturas não cartografadas em profundidades inferiores a 750 m serão normalmente consideradas para inclusão nos Avisos aos Navegantes.

2.3. Métodos de detecção de objetos

2.3.1. Introdução

2.3.1.1 A detecção de objetos pode ser realizada utilizando diferentes métodos. O sonar de varredura lateral (SVL) tem provas dadas na detecção de objetos e é ainda considerado como sendo o método de detecção mais fiável. No entanto, o SVL está sujeito a limitações operacionais uma vez que é normalmente rebocado pelo navio, o que introduz um erro no posicionamento dos objetos. Este erro pode ser reduzido através do uso de *transponders* no peixe de sonar e/ou com passagens em sentidos opostos sobre o objeto para obtenção de uma posição média. As operações com SVL estão limitadas pelo fato de não ser possível obter informação na vertical do peixe (nadir), o que requer fiadas com sobreposição suficiente para a detecção de objetos localizados no eixo da fiada adjacente.

2.3.1.2 Uma das maiores limitações do SVL é a velocidade de avanço requerida para se conseguir um número suficiente de impulsos sobre um determinado objeto. Com poucas exceções, isto limita as operações de SVL a cerca de 6 nós, o que representa uma maior taxa de esforço. O aparecimento do SMF permite o cumprimento dos requisitos de detecção de objetos a maiores velocidades com a conseqüente diminuição do esforço. No entanto, até à data, a detecção de objetos com uma dimensão que cumpra os requisitos de Ordem Especial da OHI e A1/A2 da ZOC, e detecção de outros objetos mais pequenos e potencialmente perigosos, não pode ser garantida com o SMF a menos que certas precauções sejam tomadas como a limitação da largura do feixe e o cálculo da velocidade de avanço necessária para obtenção de uma taxa de disparo apropriada.

2.3.1.2.1 A geometria do transdutor de SVL relativamente a um objeto é o fator chave que torna o SVL numa ferramenta tão bem sucedida na detecção de objetos. As sombras projetadas atrás de uma estrutura protuberante do fundo marinho são o indicador de que a estrutura natural ou o objeto foram sonorizados. A geometria do transdutor do SMF relativamente às estruturas presentes no fundo marinho resulta numa perda quase total da capacidade de projetar sombras. Um hidrógrafo que deseje utilizar o SMF para detecção de objetos tem que confiar nas outras potencialidades do SMF para a sua detecção. Estas potencialidades são a batimetria de alta resolução e a amplitude do sinal retroespalhado, emparelhadas com uma capacidade de posicionamento que permite uma elevada exatidão e repetibilidade. Adicionalmente, enquanto que um operador terá a capacidade de detectar objetos durante um levantamento de SVL, a detecção com recurso ao SMF é mais incerta nesta fase, e é normalmente necessário o pós-processamento dos dados para que se possam visualizar os resultados.

2.3.1.3 Podem ser usados outros sensores para a detecção de objetos como o sondador de feixe simples (SFS), o sonar de varredura frontal, o magnetómetro e métodos remotos como *Airborne LIDAR Bathymetry* (ALB) e *Airborne Electromagnetic Bathymetry* (AEB). Os métodos de detecção mecânicos são menos usados hoje em dia e incluem a rocega, o arraste e o mergulho subaquático.

2.3.2. Sonar de Varredura Lateral

2.3.2.1 O SVL de dois canais (bombordo/estibordo) é atualmente aceite como uma ferramenta essencial nos levantamentos, assumindo-se que nenhum levantamento na plataforma continental pode ser considerado completo sem que seja realizada uma varredura de sonar exaustiva e investigados todos os contactos.

2.3.2.2 Adicionalmente à localização de destroços e de obstruções que possam existir entre fiadas, o SVL fornece adicionalmente uma grande quantidade de informação sobre o fundo do mar. Estes dados, quando combinados com amostras do fundo e com a classificação do fundo marinho derivada dos contornos batimétricos, são de grande importância para aqueles que estão envolvidos em operações submarinas, anfíbias e de guerra de minas. A importância desta informação cresceu com os anos a um nível que, em muitos levantamentos, as considerações relativas ao sonar, em vez daquelas relativas à batimetria, governam a seleção da direção e do espaçamento das fiadas. Contudo, é necessário muito cuidado na preparação e verificação destes dados se se quiser aproveitar todo o seu potencial.

2.3.2.3 O SVL tem quatro funções principais quando utilizado em levantamentos hidrográficos:

- A detecção de destroços e de obstruções entre linhas de sondagem. Apesar do posicionamento preciso e da sonda reduzida não poderem ser determinados com o SVL, um sistema devidamente operado e afinado permitirá detectar praticamente todas as estruturas significativas existentes entre fiadas.
- A detecção de outras estruturas do fundo marinho. Corretamente usado, o SVL pode detectar estruturas do fundo marinho muito pequenas. Apesar de não serem perigosas para a navegação, as posições de tais estruturas, ou de grupos de estruturas, são de importância considerável em operações submarinas e de guerra de minas.
- A recolha de dados para classificação do fundo marinho. O conhecimento da textura do fundo do mar, combinada com amostras de sedimentos, é de grande importância para operações no fundo marinho e de guerra de minas, e para pescas e gestão de recursos.
- A identificação de áreas móveis no fundo do mar. A presença de ondas de areia e de enrugamentos (*ripples*) é indicadora de que o fundo do mar, numa área particular, é móvel. Nas rotas de navegação mais importantes tais áreas podem requerer levantamentos periódicos para assegurar a segurança da navegação.

2.3.3. Considerações Teóricas

2.3.3.1 A intensidade do sinal retornado por uma dada estrutura é governada por diversos fatores relacionados por uma expressão conhecida como a “equação sonar” que pode ser usada para determinar se um tipo particular de estrutura será ou não detectado. Uma boa explicação dos termos envolvidos nesta equação é dada no “*Report on the Detection of Depth Anomalies*”, FIG/IHO 1981. Para um estudo mais aprofundado deste assunto deve ser consultado como livro de referência o “*Principles of Underwater Sound*” de R. J. Urick. Deve ser enfatizado que esta equação é apenas o ponto de partida para o cálculo da performance do SVL uma vez que não é possível conhecer todos os termos da equação.

2.3.3.2 Cobertura de curto alcance. Existe uma região próxima do peixe onde podem ocorrer falhas na cobertura de sonar. Estas falhas têm que ser consideradas em dois planos (ver Figura 4.1):

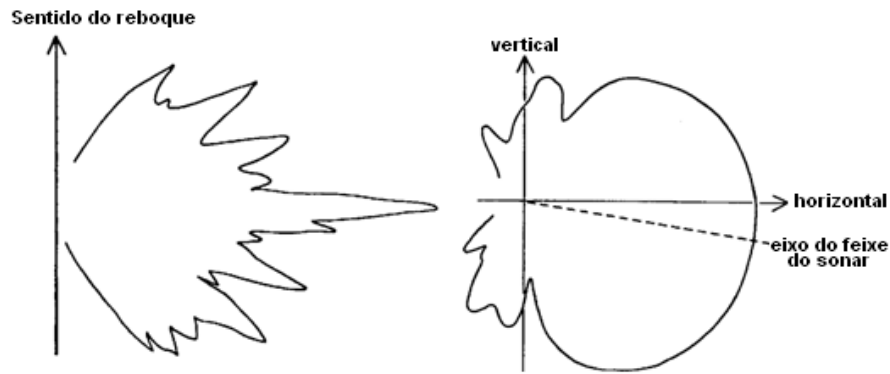


Figura 4.1 Cobertura horizontal e vertical do SVL

- O plano vertical. O feixe principal do sonar tem geralmente uma largura no plano vertical de cerca de 50° , com o eixo do feixe inclinado 10° para baixo. Existe portanto, uma região debaixo do peixe que fica fora do feixe principal; o tamanho desta região depende da distância entre os transdutores e o fundo marinho. A ideia de que esta área não é de todo sonorizada é incorreta. A não ser que o peixe esteja muito distante do fundo marinho, esta zona é coberta pelos lóbulos laterais dos transdutores e algumas partes receberão alguma energia sonora das franjas do lóbulo principal. O bordo de um feixe é geralmente definido como metade da máxima potência, e como tal, este não é um ponto de corte absoluto e existe alguma energia fora deste limite. Existe porém, uma falha de registo debaixo do peixe, mas esta é consideravelmente mais pequena que o pensado originalmente e pode ter apenas poucos metros de extensão. No entanto, esta falha deverá ser coberta pelo sonar nas linhas adjacentes.
- O plano horizontal. Existe uma área próxima do peixe (o campo próximo) onde os impulsos sonoros têm bordos paralelos. Como resultado, podem ocorrer falhas de cobertura entre impulsos sucessivos. A ausência de cobertura entre impulsos no campo próximo é função da velocidade do navio e da taxa de repetição do impulso. Para além desta área, a dispersão dos feixes fecha o intervalo entre as áreas cobertas, resultando em cobertura total. Portanto, é mais provável que se falhe a detecção de pequenos contactos na proximidade do peixe, do que daqueles que estão mais afastados.

2.3.3.3 Planeamento de áreas de busca. Podem ser utilizados dois métodos diferentes de planeamento de áreas de busca:

- Detecção de contactos próximos do peixe. A busca é planeada de forma a que o contacto mais pequeno que é requerido possa ser detectado próximo do peixe. O caso limite requer que tais contactos situados no campo próximo do feixe de sonar recebam cinco impulsos; fora desta área, o alargamento do feixe assegura que receberão pelo menos cinco impulsos.
- Detecção de contactos mais afastados do peixe. A zona onde os contactos pequenos poderão não ser detectados pode ser calculada para um determinado alcance lateral e velocidade sobre o fundo marinho. A separação entre fiadas pode ser ajustada para que varreduras de linhas adjacentes cubram o campo próximo da fiada anterior. Em alternativa, o espaçamento entre fiadas pode ser fixado e a velocidade ajustada para garantir que a cobertura total é alcançada. Portanto, para um alcance lateral de 150 m, e considerando uma velocidade à qual os pequenos contactos não podem ser detectados dentro dos primeiros 25 m, o espaçamento não deverá ser maior que 125 m.

- 2.3.3.4 O segundo dos métodos indicados acima é usualmente empregue numa área de busca uma vez que permite uma maior velocidade de avanço. Para um espaçamento entre fiadas de 125 m, utilizando um alcance lateral de 150 m, os contactos com 1 m serão detectados no campo próximo a uma velocidade de 3.6 nós. Confiando a sua detecção às linhas adjacentes, a velocidade permitida aumenta para 7 nós. Os detalhes do cálculo encontram-se no seguimento do texto (ver “Detecção de Objetos” e “Cálculo da Velocidade de Avanço”).
- 2.3.3.5 Confirmação da performance do SVL. Enquanto que estes cálculos indicam as capacidades teóricas é essencial que a performance do SVL seja confirmada no terreno antes da sua utilização. Isto é conseguido pela seleção de uma estrutura adequada que reflita o tipo e dimensão da estrutura que é necessário detectar durante o levantamento e reboque do sonar sobre ela,. Ambos os canais de sonar, isto é, os dois bordos, e cada alcance lateral, devem ser ensaiados para determinar o maior alcance para detecção.
- 2.3.3.6 Posição do peixe de sonar lateral. O reboque do sensor de sonar à popa do navio tem várias vantagens incluindo afastar o sensor dos efeitos da movimentação do navio e a sua operação a uma altura do fundo marinho que permita a obtenção de uma sombra ótima. No entanto, existe uma desvantagem nisto, uma vez que também introduz incerteza na posição do peixe rebocado. Este erro tem três componentes:
- Uma componente ao longo da fiada, causada pela incerteza de quanto está o peixe atrás do navio; isto depende do comprimento de cabo largado, da profundidade do peixe e da catenária do cabo (os últimos dois variam com a velocidade do navio).
 - Uma componente transversa à fiada, causada pela deflexão do peixe pela corrente (tidal ou residual) e pelas manobras do navio;
 - Erros no posicionamento do navio ou da embarcação, que serão transferidos para o peixe.
- 2.3.3.7 A posição do peixe pode ser determinada usando um posicionamento acústico de linhas base ultra-curtas (USBL) que requer a montagem de transdutores e transreceptores no peixe e no navio; no entanto o rigor deste sistema deteriora-se rapidamente com o aumento do comprimento do reboque. Um método alternativo, em desenvolvimento na Austrália, utiliza a direção e o ângulo de depressão do cabo de reboque sobre a popa do navio, em conjunto com um modelo da catenária do cabo para predizer, com um rigor razoável, a posição do peixe.
- 2.3.3.8 Adicionalmente, a atitude do peixe pode variar longitudinalmente e em torno do seu eixo, e assim a direção dos feixes dos transdutores pode flutuar. Isto é especialmente verdade se o rumo ou a velocidade do navio mudarem frequentemente, e realça a necessidade de sobreposições generosas durante as varreduras de sonar. É quase certo que planear para os limites teóricos de performance conduzirá, na realidade, a falhas de cobertura.
- 2.3.3.9 Montagem de casco. O SVL pode ser montado no casco de um navio de superfície. A vantagem é que a sua posição, e portanto a sua orientação, é perfeitamente conhecida e consequentemente o posicionamento dos objetos detectados é relativamente fácil. A montagem de casco também permite liberdade de manobra do navio, uma vez que não há constrangimentos de reboque do sensor. Porém, existe um número de desvantagens na montagem de casco incluindo o efeito de movimento do navio na sonorização do SVL e na performance, a possível interferência mútua com outros sensores, por exemplo o SMF, e o fato de que é improvável que o SVL seja operado à altura ótima acima do fundo marinho. A montagem de casco é frequentemente o melhor método quando se opera em águas pouco profundas ou em áreas onde a topografia do fundo marinho constitui um

risco potencial, por exemplo em zonas com recifes. Caso contrário, as desvantagens da montagem de casco normalmente superam as vantagens.

2.3.4. Constrangimentos Operacionais

- 2.3.4.1 Estabilidade hidrodinâmica do peixe de sonar. Para a maioria das condições, o peixe é largamente desligado dos efeitos da movimentação do navio pela flexibilidade do cabo de reboque. A assumpção que normalmente é feita, é de que o peixe é completamente estável em *roll*, *pitch* e *yaw*, apesar de indubitavelmente ocorrer algum movimento nestes planos. O *roll* provavelmente tem um efeito pequeno na imagem de sonar, sendo compensado pelo largo ângulo no plano vertical. Uma listra permanente numa direção, que pode ser causada por uma barbatana torcida ou por uma coca no cabo pode, no entanto, originar uma quebra significativa de performance. Deve-se suspeitar que isto está a acontecer se um canal tiver uma qualidade de imagem diferente do outro.
- 2.3.4.2 Em casos extremos poderá ser necessário confiar apenas no canal bom e traduzir isto no planeamento das fiadas do levantamento. Os efeitos do *pitch* e do *yaw* são mais significativos; com um ângulo tão estreito no plano horizontal, estes movimentos podem fazer diminuir a probabilidade de detecção de pequenos objetos. Um objeto que receba pelo menos cinco impulsos com um peixe estável, pode apenas receber três ou quatro, se o peixe oscilar numa destas direções.
- 2.3.4.3 O problema da estabilidade do peixe é encarado como sendo menos importante que o da posição do peixe. Com mau estado do mar os efeitos da oscilação do peixe podem em geral ser claramente observados no registo. Sob estas condições, deve ser considerada a redução da probabilidade de detecção de pequenos objetos. Com o aumento do uso de compensadores de *heave* e de sensores de movimento para os sondadores, e a maior importância ligada à detecção de contactos pequenos, as condições requeridas pelo sonar podem ser o fator limitativo para um levantamento eficaz, em vez da performance do sondador.
- 2.3.4.4 Altitude do peixe. Para a maioria dos trabalhos, a altura ótima do peixe de sonar acima do fundo marinho é 10% do alcance lateral em utilização, isto é, para um alcance selecionado de 150 m o peixe deve estar 15 m acima do fundo marinho. Os transdutores de SVL estão direcionados ligeiramente para baixo, logo, rebocar o peixe demasiado próximo do fundo marinho pode reduzir a distância a partir da qual os ecos são recebidos. Se o peixe estiver demasiado alto as sombras acústicas podem não ser formadas atrás das obstruções, tornando-as mais difíceis de detectar. Isto é especialmente verdade em águas profundas onde tem que ser estabelecido um compromisso entre a necessidade de baixar o peixe até uma profundidade útil e manter uma velocidade de avanço razoável.
- 2.3.4.5 Em áreas em que o relevo do fundo marinho é muito alto poderá ser prudente rebocar o sonar mais alto que o normal; neste caso, a redução na sombra acústica nas estruturas mais salientes do fundo marinho deve ser tida em consideração. Este efeito é pior na proximidade do peixe onde a detecção de contactos pequenos já é mais difícil.
- 2.3.4.6 Em águas pouco profundas pode não ser possível rebocar o sonar tão distante do fundo marinho quanto o desejável. Apesar de se obter um registo ao longo de todo o alcance selecionado, este registo pode não corresponder a uma sonorização efetiva do fundo. Nestas condições a única solução é reduzir o alcance e o espaçamento entre fiadas.
- 2.3.4.7 Existe uma limitação adicional em águas pouco profundas: apenas com um pequeno comprimento de cabo os transdutores podem ficar muito próximo da superfície o que irá introduzir o problema do ruído de superfície (como a ondulação e a esteira do navio), que degrada a performance. E, com um pequeno comprimento de cabo, o peixe ser adversamente afetado pelo movimento do navio. Os efeitos da estratificação das águas e

da termoclina no SVL podem ser, normalmente, ignorados porque têm muito pouco efeito no alcance às frequências utilizadas.

2.3.4.8 Quando se investiga contactos com o peixe de sonar, este deverá estar sempre suficientemente afastado do fundo marinho para que passe em segurança por cima de uma obstrução no caso de acidentalmente a fiada ser realizada diretamente por cima dela. A sonda mínima sobre uma estrutura pode, na maioria dos casos, ser estimada inicialmente pelo comprimento da sombra obtido durante a busca na área.

2.3.4.9 Caso seja necessário rebocar o peixe a uma altura outra que a ótima, deverá ser sempre feita uma verificação para confirmar se o sistema continua a cumprir com os critérios de detecção e outros requisitos. A altura do peixe pode ser facilmente controlada através da combinação do comprimento de cabo largado com a velocidade do navio. A recolha rápida do cabo produz um esticão no peixe e puxa-o rapidamente para cima, após esta subida inicial o peixe assenta novamente, descendo lentamente. Esta técnica pode ser muito útil para levantar o peixe sobre perigos inesperados. À medida que o comprimento de cabo largado aumenta este método torna-se menos eficaz.

2.3.4.10 Depressores. Alguns peixes de SVL podem ser equipados com depressores que levam o peixe mais fundo para um determinado comprimento de cabo ou velocidade de avanço. Enquanto que isto pode reduzir o comprimento de cabo requerido para reboque, há várias desvantagens na utilização de depressores:

- Aumento da tensão sobre o cabo, o que resulta no requisito de um guincho mais potente se houver necessidade de ajustar o comprimento de cabo no decorrer da fiada, e torna impraticável a operação manual dos guinchos;
- Um comprimento de cabo mais curto resulta numa maior transmissão do movimento do navio ao peixe;
- Podem reduzir o efeito que o aumento de velocidade e/ou a redução do comprimento de cabo têm na altura do peixe ao fundo marinho, negando portanto a utilização desta técnica para ultrapassar perigos inesperados.

2.3.4.11 Quando se opera o peixe próximo do fundo marinho é prudente assegurar que este é equipado com um mecanismo de disparo que lhe permita rodar sobre si mesmo, e ainda poder ser recolhido após um embate. Neste caso é possível que se perca a cauda do peixe, mas pelo menos este é recuperado. Alguns SVLs mais modernos evitam este problema de perda de caudas, tendo apenas barbatanas direcionadas para cima.

2.3.4.12 Direção de reboque. Em circunstâncias normais o SVL deve ser rebocado na direção da corrente predominante, para minimizar o efeito que esta tem no peixe, sob a forma de erros de posicionamento transversais à fiada. Onde os efeitos da corrente não forem um problema o SVL deve ser rebocado paralelamente aos contornos batimétricos. Isto minimiza a necessidade de ajuste contínuo do comprimento do cabo de reboque com a variação de profundidade.

2.3.4.13 No entanto, há exceções a estas regras. Particularmente, em áreas com ondas de areia, pode ser necessário rebocar o SVL perpendicularmente ao eixo das ondas de areia. Isto assegura que o SVL olha ao longo das cristas/cavas da onda de areia evitando a possibilidade de ocorrência de zonas de sombra onde os objetos não serão detectados, ver Figura 4.2.

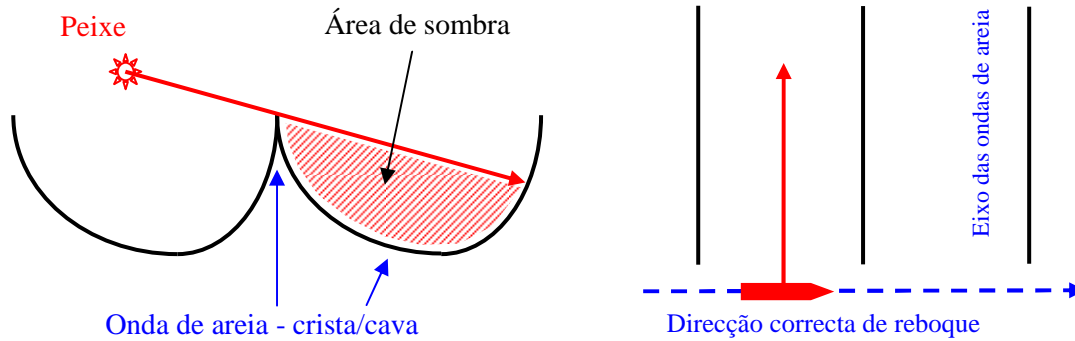


Figura 4.2 SVL – Área de sombra potencial em ondas de areia, e direção correta de rebouço.

2.3.4.14 Alcance efetivo do sonar. A presença de marcas no registo de sonar não indica necessariamente que estão a ser recebidos ecos. Perdas de transmissão, interferência de outras fontes de ruído, condições da água e limitações do registo, todas elas restringem o alcance útil do SVL. Por exemplo para um sonar de 100 kHz, o máximo que pode ser esperado é um alcance máximo de 270 m mesmo para destroços de grande dimensão, sendo improvável a deteção de pequenos contactos (1-2 m) para além dos 120-150 m. A gama de alcances com deteção varia com os diferentes modelos de SVL e frequências - quanto maior a frequência menor o alcance para deteção, apesar da imagem resultante ser melhor. Os melhores resultados serão geralmente alcançados restringindo o alcance a 150 m para tirar partido da maior taxa de disparo e maior definição. Um teste curto usando um contacto propício no fundo marinho, sonorizado a diferentes alcances, fornecerá informação sobre as potencialidades do sonar na área do levantamento.

2.3.5. Distorções do Registo de Sonar

2.3.5.1 As sonografias nunca representam mapas isométricos do fundo marinho. A menos que as distorções tenham sido eliminadas digitalmente antes da compilação do mosaico, têm que ser tidos em conta vários fatores de distorção quando se interpreta mosaicos de sonografias sob a forma de um mapa. As principais causas de distorção são:

- Compressão da sonografia com o aumento da velocidade – ocorrerá uma distorção paralelamente à rota do navio devido a velocidades variáveis e a uma taxa de disparo/registo constante, resultando numa compressão do registo nesta direção;
- A altitude do peixe acima do fundo marinho introduzirá distorções laterais, perpendiculares à direção de avanço;
- Um fundo marinho inclinado perpendicularmente à direção de avanço, introduzirá distorções que são diferentes consoante se trata da parte que inclina para cima ou para baixo.

2.3.5.2 As distorções podem ser calculadas para uma dada velocidade do navio, alcance lateral, taxa de disparo e altura do peixe. Durante a varredura da área estes efeitos geralmente só precisam de ser considerados quando se marcam os contactos; durante as investigações eles precisam de ser considerados em detalhe. A velocidade durante as investigações deve ser ajustada de modo a que ocorra o mínimo de distorção possível, cerca de 3 nós é usualmente o ideal.

2.3.5.3 Efeito do Espelho de Lloyd. Durante as operações de sonar em águas muito calmas, pode ocorrer a reflexão de uma parte da energia do sonar da superfície do mar, tal como mostrado na Figura 4.3. Isto é conhecido como o Efeito do Espelho de Lloyd e resulta numa série de máximos e mínimos da imagem de sonar. Este efeito normalmente ocorre

quando o peixe esta próximo da superfície e pode ser minimizado rebocando o peixe a maior profundidade.

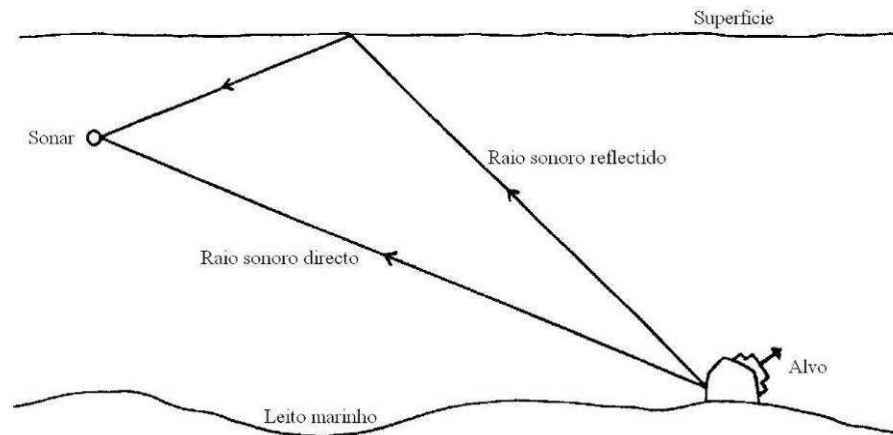


Figura 4.3 Efeito do Espelho de Lloyd.

- 2.3.5.4 Recepção cruzada (*cross talk*). A recepção cruzada entre dois canais de SVL pode resultar numa imagem mais esbatida das estruturas do fundo marinho refletida no canal oposto. A recepção cruzada pode resultar no disfarce da imagem verdadeira presente no bordo que é afetado. Isto pode impedir a detecção de objetos, ou a falsa detecção de estruturas que são, com efeito, cópias das estruturas existentes no bordo oposto. Este problema ocorre especialmente em áreas onde existem numerosas estruturas e neste caso pode ser difícil verificar aquelas que são reais e aquelas que não o são.
- 2.3.5.5 Efeito de inclinação (*tilt*). Se o peixe de sonar não for rebocado a direito, se estiver inclinado para um dos bordos, o canal que estiver direcionado mais para baixo, para o fundo marinho, produzirá um sinal de retorno mais forte e conseqüentemente uma imagem mais escura (admitindo que na paleta de cores selecionada, a cor mais escura corresponde a uma maior intensidade da energia retroespalhada). Por outro lado, o canal que estiver direcionado mais para cima apresentará uma imagem mais clara. A classificação do fundo marinho é baseada na interpretação do tom da imagem que é o resultado da intensidade relativa do sinal retornado por diferentes tipos de fundos marinhos. O efeito de inclinação do peixe pode portanto resultar em interpretações mais difíceis ou erróneas.
- 2.3.5.6 Controlo automático de ganhos (AGC). O AGC foi introduzido como uma forma de assegurar que a imagem de SVL estava otimizada para a detecção de objetos. Por outras palavras, em áreas de ecos fortes (por exemplo, rocha), o ganho era automaticamente diminuído para permitir a detecção de objetos contra um fundo claro. No entanto, tal como com o efeito de inclinação, alterar o ganho e conseqüentemente o tom da imagem, torna difícil a sua classificação, senão impossível. Por esta razão o AGC deve ser desligado se a imagem de sonar vai ser usada para classificação do tipo de fundo.
- 2.3.5.7 Esteira. Se o SVL for rebocado demasiado próximo da superfície, a imagem pode ser afetada por ecos da esteira de outros navios ou mesmo do próprio navio que reboca o sonar, se este guinou recentemente. Mais uma vez, tal interferência pode ter um impacto sério sobre a classificação do fundo e é importante que seja mantido um registo, para que o registo dos incidentes possa apoiar a interpretação subsequente da imagem.
- 2.3.5.8 Termoclina. Como com qualquer sonar, as transmissões de SVL estão sujeitas ao efeito da sua passagem por uma água com propriedades que mudam e que podem resultar na

distorção da imagem. Apesar do *software* poder ser usado para moldar a imagem novamente na forma correta, é importante o hidrógrafo ter consciência deste efeito, e poder decidir sobre o grau de sonorização que deve ser usado para suplantar este problema. Por exemplo, em áreas importantes para a navegação, uma maior redundância pode ser requerida, com realização de linhas adjacentes em direções opostas, linhas perpendiculares adicionais, e seleção de um alcance mais curto. Em áreas menos importantes, o alcance selecionado pode ser maior e o grau de sobreposição e redundância pode ser menor, e portanto, a distorção pode-se tornar um problema maior.

2.3.5.9 “*Sound Underwater Images – A Guide to the Generation and Interpretation of Side Scan Sonar Data*” (Fish, J. P. e Carr, H. A., 1990), é um exemplo de um texto de referência que pode ser usado para apoio à interpretação de sonar.

2.3.6. Detecção de Objetos

2.3.6.1 São feitas as seguintes suposições:

- o tamanho do objeto é definido como o comprimento apresentado perpendicularmente ao feixe de sonar;
- o número mínimo de ecos para fazer uma marca distinguível no registo é assumido como sendo cinco;
- a velocidade do som é assumida como sendo 1500 m/s;
- o ângulo horizontal do sonar é de 1.5°.

2.3.6.2 Termos e unidades:

Intervalo entre impulsos	t	segundos
Intervalo de repetição do impulso	F	impulsos por segundo
Velocidade do navio (sobre o fundo)	V	metros por segundo
Comprimento do objeto	L	metros
Velocidade do som na água do mar	C	metros por segundo
Alcance do registo	Rm	metros
Largura do feixe	Bw	metros
Distância oblíqua ao contacto	Rs	metros
Comprimento do agregado (<i>array</i>)	l	metros
Distância viajada entre impulsos	d	metros

2.3.6.3 Equações básicas:

$$F = C/(2Rm) \text{ impulsos por segundo; ou, } t=1/F \text{ segundos}$$

Como φ é um ângulo muito pequeno, a largura do feixe a um determinado alcance $Bw = Rs \times \varphi$ (φ em radianos).

2.3.6.4 Pode ser observado pela Figura 4.4 que o objeto A é o maior objeto que NÃO PODE receber cinco impulsos; pode receber um máximo de quatro (isto é, os impulsos 2, 3 e 4, e, ou o impulso 1 ou o 5). Porém, teoricamente, um pequeno aumento no comprimento do objeto A significaria que receberia cinco impulsos. Em geral, para N impulsos o seu comprimento é dado por:

$$L = V \times t \times (N-1) - Bw \quad (4.1)$$

2.3.6.5 O objeto B é o objeto mais pequeno que deve (teoricamente) receber cinco impulsos; é apanhado pelo primeiro e falhado à justa pelo sexto impulso. O seu comprimento é dado por:

$$L = V \times t \times N - Bw \quad (4.2)$$

Essencialmente, esta é a mesma equação que foi usada para determinar a velocidade durante a sondagem. Ambas as fórmulas assumem que o feixe de sonar é divergente.

2.3.6.6 Em geral, a equação (4.1) é usada quando se determina:

- o comprimento do objeto que receberá os cinco impulsos para uma determinada velocidade relativamente ao fundo;
- a velocidade sobre o fundo que não pode ser excedida para que um objeto com um dado comprimento seja atingido por cinco impulsos.

2.3.6.7 Poderão haver ocasiões em que o hidrógrafo sente que é mais prudente usar a equação (4.2), que garante uma maior probabilidade de detecção.

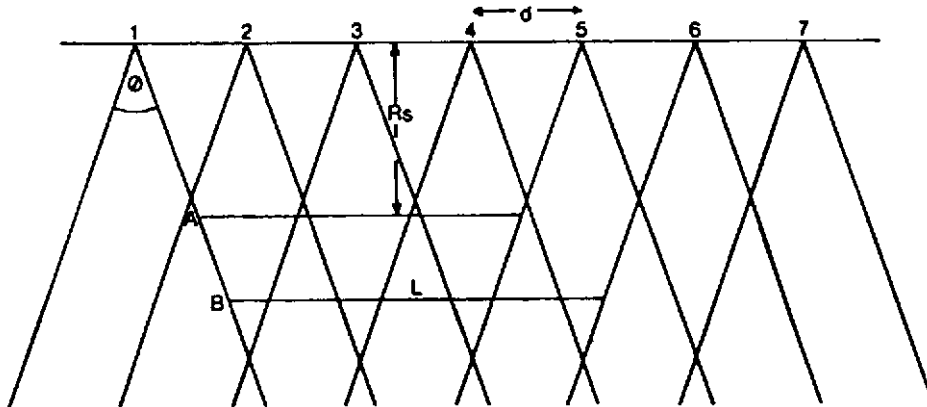


Figura 4.4 Diagrama mostrando a detecção de objetos

2.3.7. Cálculo da Velocidade de Avanço

2.3.7.1 Uma escala típica de levantamento é de 1:25 000, com um espaçamento habitual entre fiadas de 125 m e um alcance do SVL de 150 m. Em geral, é vantajoso se a batimetria e a varredura de sonar puderem ser realizados ao mesmo tempo. Com fiadas espaçadas 125 m, é sonorizada uma faixa de 25 m para cada lado das linhas adjacentes, contudo, esta margem pode ser reduzida com uma navegação sobre a fiada menos cuidadosa.

2.3.7.2 Para reconhecer um objeto no registo de SVL é necessário assegurar que este recebe cinco impulsos. Para que seja reconhecido como uma estrutura significativa, é necessário confirmação através da detecção por outra fiada. Isto não significa que os contactos que não sejam detectados em ambas as linhas adjacentes possam ser rejeitados como sendo falsos, um destroço pequeno no limite do alcance do SVL pode facilmente ser desprezado.

- 2.3.7.3 Num varrimento de área é então necessário determinar a velocidade relativamente ao fundo que não deve ser excedida para que um objeto com um metro de comprimento receba cinco impulsos a partir de cada fiada adjacente. Isto dá a velocidade relativa ao fundo que não deve ser excedida.

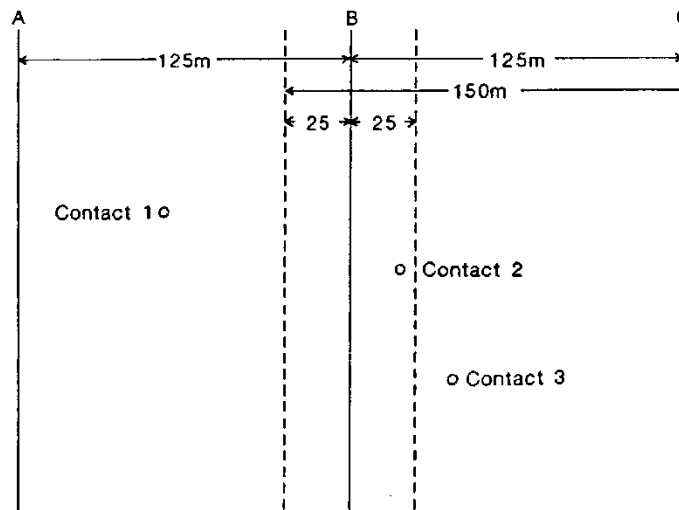


Figura 4.5 Calculando a velocidade de avanço

- 2.3.7.4 Na figura 4.5 A, B e C são três linhas espaçadas 125 m. Um navio opera o seu SVL no alcance de 150 m. Que critério deve ser satisfeito?
- 2.3.7.5 Campo próximo. O limite do campo próximo está geralmente dentro de 20 m. Portanto, com 25 m de sobreposição a partir de linhas adjacentes, um objeto que não tenha recebido cinco impulsos a um dado alcance no campo próximo da fiada B, receberá cinco impulsos de ambas as fiadas A e C. Neste caso, a velocidade de detecção de 3.6 nós para o campo próximo não é um fator limitativo.
- 2.3.7.6 Campo distante. O Contacto 1 deve ser detectado a partir das fiadas A e B, o Contacto 2 receberá cinco impulsos das fiadas A e C, o Contacto 3, das fiadas B e C. É necessário calcular a velocidade relativa ao fundo que não deve ser excedida se um contacto com comprimento L m receber cinco impulsos a 25 m.

Se $L = 3.0$ m então:

A partir da equação (4.1) o comprimento máximo do objeto que não receberá cinco impulsos é:

$$L = V \times t \times (N-1) - Bw$$

onde $Bw = 25.0 \times \phi$

$N = 5$

$t = 0.2$ s

$L = 2.999$ m (ver nota)

Nota: porque teoricamente um objeto um pouco maior, com 3.0 m, deverá receber cinco impulsos.

Navegação do navio	e2	5 m
Efeito da inclinação do fundo	e3	1 m
Variações da velocidade do som	e4	1.5 m
Portanto,	Σe^2	128.5 m
Erro RMS total	E =	11.3 m

2.3.8.2 A sobreposição é de 25 m, no entanto, apenas 24 m são utilizáveis (ao contacto tem que corresponder uma marca). Portanto, o erro máximo admissível relativamente à fiada é $\sqrt{(24^2 - \sum e^2)} = 21m$.

2.3.8.3 É assumido que um objeto é detectável a 149 m, onde irá marcar o registo como um ponto preto de 0.8 mm por 0.8 mm com uma sombra de 1 mm (isto se a sombra não for obliterada pela linha do alcance de 150 m). É mais prudente permitir uma saída de fiada de apenas 15 m, e o objeto será marcado com 0.6 mm numa escala de 1:25 000.

2.3.9. Utilização Prática do Sonar de Varredura Lateral

2.3.9.1 O varrimento de área é o método de busca hidrográfica padrão. As categorias de varredura de sonar requeridas para um determinado levantamento serão especificadas nas instruções do levantamento. Seguidamente é dado um exemplo de categorias de busca com SVL:

Categoria A e B. Busca numa direção e/ou na direção recíproca utilizando SVL. Devem ser feitas fiadas adjacentes em sentidos opostos onde for praticável. Devem ser realizadas buscas para todos os destroços assinalados. A Tabela 4.4 mostra exemplos de espaçamento entre fiadas, alcance, sobreposição necessária e velocidade máxima relativa ao fundo.

As varreduras de categoria A são destinadas a serem varreduras padrão para águas costeiras e interiores não sujeitas a levantamentos de rotina. Estas varreduras são desenhadas para se conseguir uma sonorização teórica do fundo do mar de 240%, isto é, $(2x \text{ o alcance efetivo do sonar/espaçamento entre linhas}) \times 100\% = \% \text{ sonorização}$.

As varreduras de categoria B alcançam uma sonorização teórica do fundo do mar de 133% e podem ser usadas para levantamentos de rotina e em profundidades maiores que 100 m onde a detecção de todos os objetos é menos crítica.

Categorias C. Devem ser conduzidas buscas apenas para os destroços listados.

Categoria D. Buscas especiais conforme ordenado. Isto inclui instruções especiais para o uso de um SVL em particular, de sonares montados no casco, etc.

Tabela 4.4 – Buscas de sonar de varredura lateral – Categorias A e B – Exemplo de critérios.

Categoria	Tipo de levantamento	Espaçamento entre fiadas de sonar	Alcance do sonar	Velocidade máxima relativa ao fundo	Sobreposição entre fiadas adjacentes
A1	Especial	125 m	150 m	6 nós	25 m

A2	Levantamentos costeiros e em águas interiores > 1:25 000 em profundidades < 15 m	62.5 m	75 m	8 nós (ver nota 2)	12.5 m
	Levantamentos costeiros e em águas interiores > 1:25 000 em profundidades < 50 m	125 m	150 m		25 m
	Levantamentos na plataforma continental em profundidades > 50 m e/ou escala < 1:25 000	250 m	300 m		50 m
B1	Levantamentos de rotina	250 m	150 m		50 m
B2	Levantamentos na plataforma continental em escala < 1:25 000 em profundidades > 100 m	500 m	300 m		100 m

Notas:

1. A sobreposição entre linhas adjacentes é para permitir afastamentos em relação à fiada e incertezas de posicionamento. Se o hidrógrafo considerar que as incertezas de posicionamento e/ou que os desvios relativamente à fiada excedem este limite, então deve ajustar o espaçamento entre fiadas ou o alcance do sonar, com ajustes subsequentes da velocidade se necessário.
 2. Ver comentários anteriores relativamente à utilização do SVL “rápido” que pode permitir aumentar a velocidade.
- 2.3.9.2 É de sublinhar que estas categorias refletem padrões mínimos; em caso de dúvida acerca da performance do sonar deve ser diminuído o espaçamento entre fiadas ou reduzida a velocidade. Em todos os casos é necessário tomar como referência os padrões relevantes definidos na IHO S-44 ou na S-57 ZOC para assegurar que os requisitos de busca são cumpridos.
- 2.3.9.3 A definição de uma série de fiadas retilíneas e paralelas permanece o método mais eficiente de cobrir uma área de levantamento. A direção da fiada será próxima da corrente de maré para minimizar o desvio do peixe. O espaçamento entre fiadas de sonar é determinado pelo alcance selecionado e pela sobreposição requerida. É recomendado que a sobreposição entre fiadas adjacentes seja de 125%.
- 2.3.9.4 Para levantamentos militares na plataforma continental em águas com profundidade inferior a 200 m, o requisito é geralmente a detecção de todos os contactos com uma extensão de um metro. Com o equipamento existente isto não é fácil de alcançar e deve haver um compromisso entre os requisitos do sonar e a batimetria. Uma varredura de sonar que detecte contactos de um metro em profundidades inferiores a 140 m atinge este compromisso. Para a escala normal de 1:25 000 isto significa um espaçamento entre linhas de 125 m, um alcance de 150 m e uma velocidade relativa ao fundo inferior a 7 nós. O equipamento existente não pode ser efetivamente lançado mais fundo que 150 m e, em águas entre 150 e 200 m de profundidade, a busca será restrita à localização de grandes destroços e obstruções.

- 2.3.9.5 Veículos subaquáticos não pilotados (UUV). O emprego de UUV equipados com SVL e SMF está a tornar-se cada vez mais comum. Estas plataformas permitem que os sensores sejam operados a grande profundidade e à altura apropriada acima do fundo marinho. É portanto provável que a capacidade de detecção de pequenos objetos a grande profundidade seja maior que aquela que é atualmente conseguida com o emprego de sensores rebocados ou montados em navios de superfície.
- 2.3.9.6 As varreduras de sonar devem ser sempre levadas a cabo com as fiadas orientadas, tanto quanto possível, paralelamente a corrente de maré principal da área do levantamento. Os erros transversais de posicionamento do peixe são invariavelmente maiores que aqueles ao longo da fiada e deverão ser feitos todos os esforços para os minimizar. A uma velocidade de 6 nós com 400 m de cabo largado e uma corrente de maré de 2 nós, uma diferença de 10° entre a corrente de maré e a direção da fiada pode provocar um desvio no peixe de 17 m relativamente à fiada.
- 2.3.9.7 Para assegurar que a categoria de levantamento solicitada é válida até ao limite da área, é necessário realizar uma fiada de sonar extra, exterior a cada limite da área de levantamento. Da mesma forma, deverá haver o cuidado de garantir que o peixe de sonar cobriu o bordo da área do levantamento antes de se dar por terminada a fiada.
- 2.3.9.8 Deve ser lembrado que a velocidade e a probabilidade de detecção de objetos aqui calculadas são teóricas e não têm em conta condições adversas para o sonar e as falhas de equipamento.
- 2.3.9.9 Marcação de contactos. Uma das razões principais para a utilização do SVL é a detecção entre fiadas de contactos do fundo marinho. Ao se decidir quais os contactos a marcar deve-se ter sempre em consideração a utilização final da informação; por exemplo, os submarinos não assentarão no fundo em áreas de fundo rugoso, e estas áreas serão normalmente evitadas nas operações de guerra de minas. Em áreas de fundo suave o objetivo deverá ser sempre a detecção e a marcação de todos os contactos; em áreas mais rugosas este padrão poderá ser diminuído. Todos os contactos deverão ser marcados e a cada um será atribuído um número de contacto que será incluído num modelo de classificação do fundo.
- 2.3.9.10 Foram desenvolvidas várias técnicas para a marcação de contactos a partir de registos de sonar lateral e têm todas como objetivo a redução de erros no posicionamento dos contactos devidos a erros no posicionamento do peixe e na sua orientação. São usadas diferentes técnicas para marcação de contactos derivados de busca numa área, investigações e verificação de um contacto com um sondador.
- Os contactos derivados de buscas numa área são geralmente marcados a partir de duas direções afastadas 180°. Deve ser usado o método de cálculo do *layback* (“*layback and offset*”) com introdução de desvios laterais se necessário, adotando-se como posição mais provável a média das duas posições obtidas.
 - As investigações devem produzir um mínimo de dois pares de passagens perpendiculares entre si para cada contacto, orientadas de tal forma que o contacto se situe no quadrado central definido pelo cruzamento das fiadas.
 - Quando se verifica um contacto com um sondador, deve-se usar a melhor posição determinada pelo sondador em desfavor da calculada a partir do registo de SVL. Onde possível a fiada do sondador deve passar ao longo do eixo maior do contacto.
- 2.3.9.11 Medições com Sonar. Na maioria dos casos pode-se usar uma boa imagem de SVL de um destroço ou duma obstrução para estimar a sua altura acima do fundo marinho, através da

sua sombra acústica. Apesar de não ser suficientemente exata para efeitos de cartografia, esta altura é muito útil para a segurança do navio e do peixe quando se planeiam investigações. Podem ser obtidas estimativas da boca e do comprimento dum destroço a partir do registo do sonar. Devem ser sempre considerados os seguintes pontos:

- Deve-se ter sempre em consideração a presença das partes mais altas de um destroço (mastros, por exemplo), que podem não projetar uma sombra detectável, quando se estima a altura dum objeto a partir da sombra acústica.
- As sombras devem ser medidas a partir dos dois lados do destroço e deve-se fazer a média das alturas calculadas – isto ajuda a corrigir erros introduzidos pela inclinação do fundo (deve ser considerado que as alturas acima do fundo obtidas com este método próximo do nadir podem ser sobrestimadas até 20%).
- As medições de comprimento e largura devem ser sempre feitas perpendicularmente à fiada e devem ser corrigidas das distorções de distância oblíqua (*slant range*).

2.3.9.12 Condução de investigações. As investigações são conduzidas para melhorar a classificação de um contacto já localizado durante a busca numa determinada área. É recomendada a seguinte técnica:

- Verificação do contacto com SVL, passando a 50-100 m do contacto; isto normalmente será suficiente para eliminar contactos falsos.
- Verificar e/ou melhorar a sua posição.
- Conduzir a investigação.

2.3.9.13 O alcance de 150 m é normalmente o melhor (a utilização do alcance de 75 m pode resultar numa sombra de um contacto grande que se projeta para além do registo). A velocidade deve ser mantida à volta de 3 nós para redução de distorções no registo com o peixe a cerca de 15 m do fundo. Desde que se obtenham boas imagens de sonar, devem ser suficientes quatro passagens (dois pares perpendiculares). No caso de destroços, um par de fiadas deve ser paralelo ao eixo maior do destroço, e o outro par perpendicular.

2.3.9.14 O procedimento acima descrito produzirá geralmente dados suficientes para que se determine se é necessária ou não a verificação com um sondador, e para que se meça o comprimento, boca e altura. O SVL deve ser sempre recuperado antes de se terminar a sondagem. Se for necessário verificar vários contactos na mesma área, pode-se poupar tempo examinando o grupo inteiro com o sonar antes de se recolher o sonar para determinação da sonda mínima com um sondador.

2.3.9.15 Buscas para refutação de sondas duvidosas. Os destroços, obstruções e outras estruturas perigosas cartografadas, que não tenham sido observadas e localizadas durante um levantamento devem ser removidas se possível. Não serão retiradas da carta sem um comunicado oficial do hidrógrafo responsável pelo levantamento com a respectiva justificação. O procedimento para remoção de sondas duvidosas é o seguinte:

- As estruturas cujas posições tenham sido previamente estabelecidas mas que não sejam encontradas durante um levantamento necessitam duma investigação muito detalhada para que possam ser removidas. Estas buscas incluem uma varredura de sonar em duas direções perpendiculares e uma busca apertada com sondador num raio entre 0.5 e 2.5 milhas náuticas a partir da posição cartografada. Pode ser considerada a necessidade de uma rocega com cabo.

- Quando se procura uma estrutura cuja posição só é conhecida aproximadamente (geralmente um destroço), a busca de sonar deve ser realizada em duas direções perpendiculares e deve ser considerada a extensão do levantamento até 2.5 milhas, este valor é baseado na probabilidade estatística da busca ter sucesso. No entanto, se o hidrógrafo está confiante que a busca inicial numa direção foi exaustiva, e que o equipamento de sonar operou satisfatoriamente, ele pode considerar que uma segunda busca noutra direção não é necessária, tendo no entanto em consideração a dimensão e a história do destroço em questão e a posição em que alegadamente se encontra. Se for também lançado um magnetómetro durante a varredura inicial de sonar e não for detectada nenhuma anomalia magnética significativa dentro das 2.5 milhas da posição cartografada, isto pode ser aceite como uma evidência adicional de que não existe na área um destroço de natureza predominantemente ferrosa.
- As buscas de destroços que não estejam dentro duma área normal de levantamento devem ser estendidas até um raio de pelo menos 2.5 milhas. Se será ou não necessário executar uma segunda varredura perpendicular à primeira, dependerá do mesmo tipo de considerações expostas anteriormente.

2.3.9.16 Seja qual for o resultado de tais buscas, quer sejam parte de um levantamento mais abrangente quer sejam verificações individuais, o hidrógrafo deve reportar a totalidade dos achados, acompanhados dos registos necessários, e duma recomendação para futuras ações de cartografia.

2.3.10. Erro de Posicionamento dos Contactos de Sonar

2.3.10.1 A principal preocupação de um hidrógrafo durante um levantamento é tentar sonorizar a totalidade do fundo marinho de forma a detectar todas as estruturas significativas. Quaisquer estruturas com dimensões significativas serão então rigorosamente posicionadas por sondador.

2.3.10.2 No entanto, em alguns levantamentos especiais é essencial que seja dada para cada contacto uma posição tão precisa quanto possível, particularmente para pequenos contactos no fundo. Estes contactos não serão necessariamente registados por um sondador. É então necessário considerar todos os erros que se acumulam na marcação de um contacto a partir do registo de SVL.

2.3.10.3 As incertezas na posição de um contacto serão derivadas do seguinte (por exemplo, $\pm 1\sigma$):

Incerteza no posicionamento do navio --	5.0 m
Incerteza no posicionamento do peixe (ver nota) --	10 m
Variações devidas à velocidade do som assumida (1500 m/s) -	1.5 m
Resolução do registo em papel (0.75% do alcance) -	0.75 m
Erros devido à inclinação do fundo -	1.0 m
Portanto, o erro total RMS, a 1σ =	11.4 m

Nota: Esta pode ser uma quantidade desconhecida, dependendo da utilização de um sistema preciso de posicionamento do peixe. A evidência sugere que o peixe pode oscilar 20 m sobre o percurso realizado pelo navio. Este valor também está dependente da profundidade e do comprimento do cabo de reboque. É portanto assumida uma estimativa de ± 10 m.

2.3.10.4 Os valores fornecidos acima são apenas exemplos e a listagem não é exaustiva. O hidrógrafo deve considerar uma tabela de erros para cada parte do levantamento e deve comentá-los no relatório do trabalho, tal como é o caso com os erros do sondador.

2.3.10.5 A incerteza na posição do peixe é a maior fonte potencial de erro. Os hidrógrafos deverão enveredar todos os esforços para minimizar os desvios planeando fiadas paralelas à corrente predominante a não ser que seja empregue um método de posicionamento rigoroso do peixe. Se tal não for possível, deverão ser utilizadas todas as oportunidades para quantificar o desvio do peixe relativamente à fiada, referenciando estruturas do fundo cujas posições sejam conhecidas. Se houver um risco de não se conseguir uma sonorização total, a solução mais simples é apertar o espaçamento entre fiadas, aceitando que tal resultará num aumento da taxa de esforço.

2.3.11. Marcação e Medição a Partir do Registo de Sonar

2.3.11.1 *Layback*. O *layback* é a distância para ré do navio, medida a partir da posição dada pelo sistema de navegação, até à posição assumida para o peixe (ver Figura 4.6). Num rumo normal pode ser calculada como:

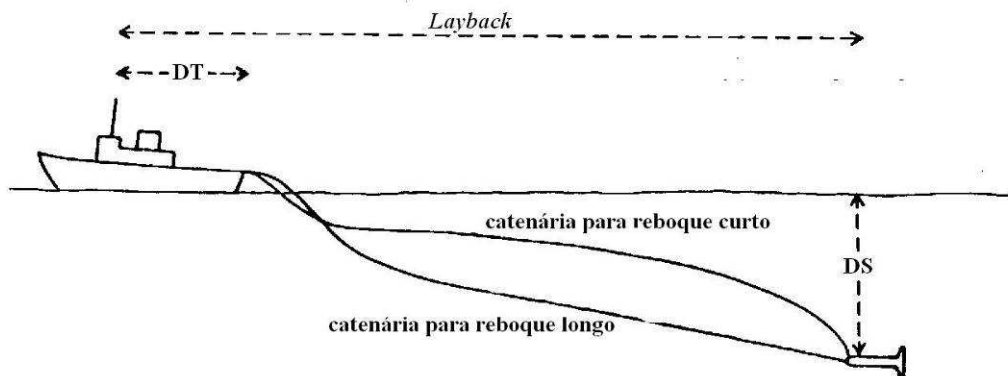


Figura 4.6 *Layback* do sonar de varredura lateral.

Nota: Quando o comprimento de cabo largado excede 100 m, a curvatura do cabo tem um maior efeito no reboque do que as propriedades hidrodinâmicas do peixe.

$$Layback = DT + \sqrt{WO^2 - DS^2}$$

onde: DT = distância horizontal do ponto de referência ao ponto de reboque,

WO = quantidade de cabo largado, e

DS = profundidade do peixe, abaixo da superfície.

2.3.11.2 Esta fórmula assume um percurso retilíneo entre o ponto de reboque e o peixe. Obviamente, isto é uma simplificação; o cabo na realidade descreve uma catenária irregular tanto no plano vertical como no horizontal.

2.3.11.3 Correção da distância oblíqua (*slant range*). A distância oblíqua pode ser corrigida para a distância horizontal simplesmente pela utilização do teorema de Pitágoras. Se o fundo marinho for inclinado então terá que ser aplicado um fator de correção.

2.3.11.4 Geometria da altura calculada a partir do SVL. Uma das capacidades mais importantes do SVL é a possibilidade de medição da altura de uma estrutura a partir do comprimento da sua sombra no registo de sonar. Porém, esta capacidade depende do reboque do peixe à

altura correta acima do fundo e da seleção do alcance ótimo. A geometria da altura a partir do SVL é mostrada na Figura 4.7.

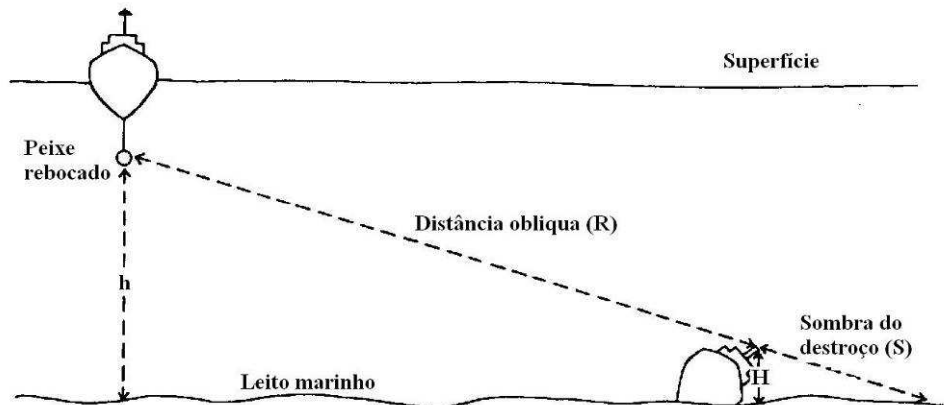


Figura 4.7 Cálculo da altura a partir do SVL.

Portanto, por triângulos semelhantes –
$$H = \frac{S \cdot h}{R + S}$$

Onde: H = altura do objeto

S = comprimento da sombra do objeto

R = distância oblíqua ao objeto

h = altura do peixe acima do fundo

2.3.12. Sistema Sondador Multifeixe (SMF)

2.3.12.1 O SMF tem vindo a provar rapidamente as suas superiores capacidades em batimetria, permitindo-lhe fornecer (em teoria), uma sonorização do fundo marinho de 100 % ao mesmo tempo que cumpre as especificações da OHI para a batimetria. O fato do transdutor do SMF estar montado rigidamente no casco do navio hidrográfico significa que a sua posição pode ser calculada com o mesmo rigor do sistema de posicionamento utilizado. Com a capacidade de formar feixes discretos, torna o SMF na ferramenta preferencial para levantamentos batimétricos.

2.3.12.2 Dadas as capacidades de posicionamento do SMF, as passagens subsequentes sobre o mesmo objeto estacionário deverão fornecer exatamente a mesma posição georreferenciada. A existência de apenas uma pequena diferença na posição do contacto é uma grande vantagem quando é necessário retornar à mesma posição para identificação de um objeto com ROV ou mergulhadores. No entanto, como infelizmente os transdutores estão fixos ao casco do navio, o ângulo rasante (*grazing angle*) é maior e não é possível usar o mesmo princípio de projeção de sombra do SVL para detecção em tempo real. A detecção, portanto, deve-se focar nas variações de batimetria resultantes da presença de um objeto no fundo do mar.

2.3.12.3 Métodos de levantamento. Os requisitos para um levantamento com SMF onde o SVL seja rebocado simultaneamente são semelhantes aos requisitos para um levantamento tradicional com SFS. A forma mais eficiente de cobrir uma área continua a ser a realização de um conjunto de fiadas retilíneas e paralelas. A direção das fiadas será provavelmente determinada pelo requisito do SVL da direção ser próxima da direção da corrente de maré. O SMF é diferente na medida em que o sistema recolhe dados numa

matriz que é densa tanto ao longo da fiada como transversalmente, pelo que não existe nenhum requisito de cruzar perpendicularmente os contornos batimétricos para determinação rigorosa da sua posição.

2.3.12.4O espaçamento para as linhas de sonar é determinado como habitualmente pelo alcance selecionado e pela sobreposição requerida. A diferença aqui é que quase de certeza que também será especificada uma cobertura de 100% para a batimetria. A pequenas profundidades, inferiores a 30 m, o espaçamento entre linhas que é requerido para cobertura batimétrica a 100% com o SMF pode ser inferior ao que é requerido para o SVL. Será o hidrógrafo a determinar se é mais eficiente completar normalmente a cobertura de SVL, e só depois fazer as fiadas intermédias unicamente com o SMF, ou completar a cobertura com SMF logo na primeira passagem.

2.3.12.5Quando for o SMF a determinar o espaçamento entre fiadas, este dependerá das profundidades média e mínima da área. A largura da faixa coberta pelo multifeixe depende da profundidade. Quando a profundidade variar significativamente ao longo da área do levantamento, pode ser mais eficiente dividir a área em subsecções e fazer cada subsecção com um espaçamento entre fiadas apropriado para a sua profundidade. As recomendações atuais apontam para uma sobreposição média entre varreduras adjacentes de 25%, e uma sobreposição mínima de 10%.

2.3.12.6Onde o SMF, por si só, determinar a direção das fiadas num levantamento, e onde o perfil de velocidade do som for constante ao longo da área, então a direção de fiada mais eficiente é a paralela aos contornos batimétricos. Desta forma, a largura da faixa coberta e a sobreposição entre faixas adjacentes será mais regular e o espaçamento entre fiadas poderá ser maior.

2.3.13. Considerações quando se usa o Sondador Multifeixe

2.3.13.1Apesar das previsões iniciais e das afirmações dos fabricantes, não pode ser tomada como certa a detecção de estruturas pequenas e potencialmente perigosas pelo SMF. Por exemplo, mesmo que o mastro de um destroço receba um impulso do SMF, os algoritmos de redução de ruído incorporados eliminarão muito provavelmente a estrutura; enquanto que se estes filtros forem reduzidos ou desligados, o nível de ruído será tal que os dados não poderão ser utilizados.

2.3.13.2Outro fator fundamental no SMF é a geometria do feixe. As várias marcas e modelos têm diferentes desenhos, e em alguns casos, deixam intervalos de cobertura relativamente largos que não são sonorizados entre feixes. Por exemplo, os SMF interferométricos podem sofrer de fraca capacidade de detecção na zona de nadir devido simplesmente aos princípios físicos que regem este tipo de sistema.

2.3.13.3Os hidrógrafos devem verificar a performance do SMF antes de ser empregue na detecção de objetos; incluindo a determinação da largura de faixa apropriada, taxa de transmissão, velocidade sobre o fundo, etc. Muitas instituições responsáveis pela cartografia náutica ainda requerem a utilização do SVL para detecção de estruturas, com o SMF a fornecer a batimetria e a verificação das estruturas detectadas com SVL. A geometria do feixe do SMF e o potencial para detecção de estruturas é discutido em detalhe em “*How Effectively Have You Covered Your Bottom?*” - Miller JE, Hughes Clarke JE, Paterson J – *The Hydrographic Journal* N° 83, January 1997.

2.3.14. Magnetómetro

2.3.14.1Este instrumento pode-se revelar muito útil na diferenciação entre destroços e rochas se os destroços forem ferrosos. Uma breve descrição da teoria de operação de magnetómetros pode ser encontrada no relatório FIG/OIH de 1981 “*Report on the Detection of Depth Anomalies*”.

2.3.14.2 Quando possível, deve ser usado um magnetómetro durante uma varredura básica de sonar porque fornecerá provas adicionais da existência de material ferroso no fundo marinho, ou debaixo dele, isto apesar de não o localizar com precisão.

2.3.14.3 A intensidade do campo magnético de uma estrutura ferrosa cai proporcionalmente com o cubo da distância à estrutura. Uma fórmula geral para cálculo da variação esperada do campo, em nanotesla (nT), à medida que o magnetómetro é deslocado da estrutura, é:

$$M = \frac{50000 \cdot W}{D^3}$$

onde: M = variação de intensidade do campo magnético em nanoTeslas,

W = peso do metal ferroso em toneladas,

D = distância entre a estrutura e o sensor em metros.

2.3.14.4 Geralmente, 5 nT é a variação de campo magnético mais pequena que pode ser garantidamente detectada. Então, para uma mudança de intensidade de 5 nT, a equação acima pode ser escrita como:

$$D = \sqrt[3]{10000W}$$

ou, para uma série de objetos:

Objeto	Distância de detecção
Ferro de 100 kg	10 m
Objeto parecido com uma mina de 1 t	22 m
Peça de 2 t	27 m
Destroço de 10 t	46 m
Destroço de 100 t	100 m
Destroço de 1000 t	200 m

2.3.14.5 Por exemplo, durante a varredura de uma área com fiadas espaçadas 125 m em profundidades de 50 m, e com o magnetómetro rebocado 3 m abaixo da superfície, pela tabela acima pode ser afirmado que:

- Um destroço ferroso de 100 t será provavelmente detectado pelo menos por um par de fiadas adjacentes e qualquer coisa maior que 100 t deve ser detectada em várias fiadas.
- Um destroço ferroso de 10 t só pode ser detectado diretamente abaixo do magnetómetro.
- Não é provável que se detecte alguma coisa mais pequena que 10 t.
- Um navio de cerca de 1000 t (de material ferroso) deverá rebocar o magnetómetro 200 m a ré ou então as distâncias de detecção que foram tabuladas serão seriamente degradadas.

2.3.14.6 Muitos magnetômetros estão desenhados para serem rebocados próximo do fundo. Isto aumentará a probabilidade de detecção de pequenos objetos. No entanto, deverá haver o cuidado de evitar ensarilhar no cabo de SVL, um perigo que é menor com um magnetômetro rebocado à superfície.

2.3.15. Outros métodos de detecção de objetos/estruturas

2.3.15.1 Outros sensores com potencial para a detecção de objetos/estruturas incluem:

Sondador de feixe simples (SFS). Não é normalmente empregue para detecção de objetos em águas pouco profundas uma vez que o seu feixe relativamente estreito torna impraticável a busca na totalidade duma área. O SFS pode ser usado como verificação do SMF que tem uma reduzida performance de detecção na zona de nadir, e em águas profundas para além do alcance do SMF de águas pouco profundas. Contudo, em todas estas circunstâncias deve ser considerada a utilização do SVL para detecção de objetos/estruturas.

Batimetria com laser aerotransportado (*Airborne LIDAR Bathymetry – ALB*). Sistemas ALB como o LADS Mk.2 e CHARTS são capazes de realizar uma pesquisa total de área e de detectar objetos com dois metros quadrados. Isto significa que podem cumprir com os padrões da OHI em águas transparentes, favoráveis a operações com LIDAR. É esperado o desenvolvimento futuro de sistemas com um feixe mais estreito que permita a detecção de objetos mais pequenos.

Batimetria eletromagnética aerotransportada (*Airborne Electromagnetic Bathymetry - AEB*). Este método, originalmente concebido para levantamentos geofísicos, oferece o potencial de detecção de objetos mas ainda tem que se demonstrar que esta capacidade cumpre com os padrões da OHI.

Sonares de varredura frontal (*Forward Looking Sonar - FLS*). Os FLS foram desenhados originalmente para navegação e para evitar colisões com obstáculos, mas recentes desenvolvimentos oferecem capacidade batimétrica e de detecção de objetos. Até à data, no entanto, estas capacidades ainda não cumprem com os padrões da OHI para detecção de objetos mas podem alcançar padrões mais baixos de batimetria. Não podem por enquanto ser considerados como um sensor de utilização exclusiva em hidrografia.

2.3.16. Obtenção da sonda mínima sobre uma estrutura

2.3.16.1 O hidrógrafo deve estabelecer uma sonda mínima sobre destroços e obstruções. A seguinte linha orientadora pode ajudar na decisão de qual o método a usar para a obtenção de uma sonda mínima. Qualquer que seja o método empregue, a opinião do hidrógrafo relativamente ao rigor da sonda mínima é de importância vital e deve constar do relatório do levantamento. Se não for obtida uma sonda mínima, deve ainda assim resultar numa recomendação relativamente ao rigor provável da profundidade obtida e a futuras ações de cartografia.

2.3.16.2 O rigor vertical e horizontal duma sonda mínima deve refletir os critérios de rigor considerados para o levantamento como um todo e, este por sua vez, os padrões da S-44 e/ou da S-57 da OHI.

2.3.17. Sonda mínima obtida com sondador acústico

2.3.17.1 A sonda mínima pode ser obtida através da saturação da cobertura com SFS. O espaçamento requerido entre fiadas será calculado a partir do conhecimento da largura do feixe do sondador e das profundidades da área, permitindo uma sobreposição de pelo menos 25% entre fiadas. Deverá ser dada atenção ao capítulo 3, parágrafo 4.5 com respeito ao cálculo da área sonorizada pelo sondador de feixe simples.

2.3.17.2 Alternativamente, a sonda mínima pode ser obtida com SMF. Porém, como referido anteriormente, se for empregue o SMF, o hidrógrafo deverá estar seguro de que as capacidades do sistema são tais que será possível determinar a sonda mínima. Particularmente se a sonda mínima se situar sobre um mastro ou uma estrutura semelhante. As considerações aqui incluem a largura e o espaçamento do feixe, a velocidade relativamente ao fundo, a porção ótima da faixa (isto é, parte interior ou média) que será posicionada sobre a estrutura, número e direção das passagens requeridas. Pode ser que, no entanto, o SMF seja melhor empregue para identificar o limite de uma estrutura, de forma a permitir a determinação da sonda mínima com o SFS numa primeira passagem, ou pelo menos, numa verificação menos extensa.

2.3.18. Utilização de mergulhadores

2.3.18.1 Uma alternativa é a utilização de mergulhadores, assumindo que a visibilidade, força da corrente e profundidade onde se encontra a estrutura, permitem a sua utilização. Onde se puder empregar mergulhadores, os navios devem planejar de forma a permitirem tempo suficiente para que a tarefa seja completada de forma segura e rigorosa. Se forem usados manómetros de pressão para determinação da profundidade deve ser determinado o rigor desses manómetros. A sonda mínima sobre uma estrutura pode geralmente ser obtida pelos mergulhadores em menos duma hora, ao passo que uma rocega com cabo geralmente demora quatro horas ou mais.

2.3.18.2 Em certas circunstâncias o hidrógrafo poderá considerar a utilização de mergulhadores. Se for provável que a profundidade mínima seja inferior a 30 m. Se um destroço tiver sido rocegado ou investigado por um mergulhador nos últimos cinco anos, a sua posição permanece inalterável e não há alterações significativas das profundidades do sondador sobre o destroço, então não deve ser necessária a utilização de mergulhadores.

2.3.18.3 Onde as profundidades à volta do destroço forem marcadamente diferentes daquelas que foram cartografadas ou quando é sabido que ocorreu uma operação de recuperação/desmantelamento desde o último levantamento, poderá ser necessário utilizar mergulhadores.

2.3.18.4 Se o registo de SVL indicar que o navio se encontra tombado sobre um bordo ou com a sua quilha para cima e forem obtidas diversas profundidades com o sondador, não deverá ser necessário prosseguir com as investigações. Se houver no entanto, qualquer possibilidade de existência de estruturas protuberantes que não tenham sido reveladas no sonar ou no sondador, deverão ser empregues mergulhadores.

2.3.18.5 Áreas cartografadas como “sujas”, especialmente em ancoradouros, necessitam de uma atenção especial uma vez que o movimento do fundo marinho pode expor detritos que não tenham sido previamente considerados perigosos; nestas circunstâncias é particularmente útil o relatório dum mergulhador.

2.3.18.6 Em áreas de forte corrente e de fundo marinho móvel, os destroços podem mover-se e é possível que a sonda mínima que foi marcada sobre eles diminua marcadamente. Os destroços nestas áreas devem ser vistos com desconfiança e, deverão ser efetuados mergulhos caso outras evidências sugiram a sua necessidade.

2.3.19. Outros métodos

2.3.19.1 Os outros métodos de obtenção da sonda mínima sobre uma estrutura incluem a rocega com cabo (ver o próximo parágrafo) e a utilização de veículos autónomos e remotos equipados com os sensores apropriados. Se nada mais houver, estes métodos podem ser utilizados para identificar o ponto menos profundo duma estrutura para medição subsequente. Estes métodos não são aqui descritos em detalhe.

2.3.20. Métodos de rocega com cabo

2.3.20.1 Em muitos casos a única forma possível de estabelecer uma sonda mínima sobre um pináculo de rocha ou destroço é através da utilização de uma rocega com cabo. Existem diversos métodos:

2.3.20.2 Rocega de deriva com um único navio. Este método é lento mas rigoroso. Todavia, é impossível de praticar se o vento e a maré estiverem em direções perpendiculares e difícil se estiverem em sentidos opostos. Os ângulos de cabo devem ser mínimos e não deve haver movimento para vante ou para ré durante a rocega. Os hidrógrafos que utilizarem este método deverão ter cuidado com prisões suaves, com deixarem zonas não cobertas no percurso rocegado e com ângulos de cabo excessivos.

2.3.20.3 A situação ótima para a rocega com um único navio é:

- O destroço já ter sido devidamente examinado com sondador.
- Ser lançada uma bóia de marcação a aproximadamente uma largura da rocega relativamente ao destroço, contra o sentido da maré.
- Ângulo de rocega inferior a 20°.
- Não serem usados motores, o navio deve derivar.
- Ser mantida uma tensão constante no cabo.

2.3.20.4 Rocega de deriva com dois navios. O procedimento é semelhante à rocega com um navio. As considerações são:

- Maior percurso varrido do que com um só navio (máximo 100-120 m).
- Necessidade de conhecer a posição do navio principal.
- Necessidade de boa manobrabilidade do navio.
- Navios a pairar e à deriva.
- Folga e alagem do cabo.
- Maior tendência dos navios para o balanço.
- Os navios irão juntar-se lentamente.

2.3.20.5 Os fatores que afetam o rigor incluem:

- O ângulo da rocega é causado pelo movimento através da água e pela tensão do cabo e deve ser mantido no mínimo.
- A curvatura do cabo é afetada pelo peso do cabo e pela largura da rocega.
- Existe uma maior tendência para o balanço dos navios, e portanto menor rigor do que com uma rocega à deriva com um só navio.

2.3.20.6 Rocega de arrasto.

2.3.20.7 Os fatores que afetam o rigor são:

- A curvatura tende a desaparecer devido ao levantar do cabo no seu movimento através da água.
- A tensão de cabo variável e a velocidade de arrasto resultam em incerteza do ângulo da rocega.

2.3.20.8A rocega à deriva e de arrasto são discutidas em detalhe no “*Admiral Manual of Hydrographic Surveying*”, Volume 2, UK Hydrographic Office, 1969.

2.4. Registos de Sonar de Varredura Lateral

2.4.1.1 Esta secção esboça considerações sobre os registos de SVL. O hidrógrafo deve ser escrupuloso na confirmação de que não existem inconsistências entre os registos.

2.4.1.2 Os registos da ponte variam de navio para navio dependendo do tipo de equipamento de registo de dados utilizado e preferências do hidrógrafo. No entanto, é recomendado que a seguinte informação seja disponibilizada para quem vai interpretar o registo de sonar:

- Hora e data;
- Velocidade relativa ao fundo;
- Rumo base e rumo relativo ao fundo;
- Proa do navio;
- Comprimento de cabo largado;
- Anotações, incluindo o estado do mar.

2.4.1.3 Livro de contactos de sonar. Este é o registo principal de todos os contactos de sonar. Onde aplicável, deverá conter para cada registo efetuado a seguinte informação:

- Número do rolo de sonar e número do eco no rolo (ou o equivalente digital).
- Datas e horas.
- Número de contacto.
- Detalhes da posição.
- Bombordo/estibordo.
- Inclinação do fundo.
- Atraso do peixe (“*layback*”).
- Altitude do peixe acima do fundo.
- Avaliação do contacto, isto é, sombra, recepção cruzada, intensidade, classificação inicial.
- Futuras ações requeridas, isto é, investigação, realização de linhas intermédias, observação rápida, sem ações futuras, etc..

- A ação fica completa com a classificação final e a referência ao registo do destroço associado, se apropriado.

2.4.1.4 Deverão ser marcados os foras na sonografia ao mesmo tempo que no sondador e cada rolo deverá ter um título descritivo (se aplicável). Deve ser notado que o livro de registos e a sonografia podem ser separados e é vantajoso incluir informação suficiente na sonografia para permitir que esta possa ser usada por si só para propósitos de análise e verificação.

2.4.2. Registo de destroços

2.4.2.1 O processamento rigoroso dos registos dos destroços é uma tarefa que consome tempo. O estabelecimento de um procedimento correto no início evitará muitas vezes erros e confusões mais tarde. A posição e o detalhe de destroços individuais pode aparecer em diversos documentos e é necessário um grande cuidado para assegurar que estes registos são consistentes e corretos.

2.4.2.2 O hidrógrafo deverá assegurar que se efetuou o seguinte:

- Os dados de trabalho estão registados e armazenados sistematicamente.
- Todos os contactos são investigados e examinados de forma metódica.
- Os relatórios dos destroços foram completados, onde necessário.
- Todos os destroços foram marcados nos registos de trabalho e nos registos processados.
- Todas as posições e detalhes são consistentes.

2.4.2.3 Dados de destroços podem aparecer nos seguintes registos:

- Na conclusão da prancheta do sonar (ou equivalente digital).
- Percurso do sonar.
- Textura do fundo.
- Anotações nos registos de SVL e de sondador (ou dos seus equivalentes digitais, isto é, imagens dos contactos).
- Relatório do levantamento.

2.4.2.4 Rigor de posicionamento dos destroços. A posição de um destroço deve ser consistente em todos os registos. É recomendado o seguinte procedimento:

- Selecionar a melhor sonda sobre o destroço (“*on top*”); determinar leituras de ajudas à navegação para aquela posição, quer sob a forma de um fora sobre o destroço quer a partir do traçado da investigação do contacto com conversão para latitude e longitude para obtenção da posição principal.
- Registrar a posição obtida durante a melhor sonda sobre o destroço.
- Marcar a posição principal no registo da posição do navio, no registo de contactos de sonar, no traçado de textura do fundo, e no registo de sondagem (como apropriado).

- Registrar a posição principal no relatório do levantamento.
- 2.4.2.5 A prancheta deve mostrar a posição e a sonda mínima de cada destroço que for detectado. Se não tiver sido possível examiná-los completamente, deverá ser inserido um círculo a vermelho com a legenda “*Wk(NFS)*” - isto é, destroço não completamente levantado (*not fully surveyed*). É importante que não seja inserida nenhuma sonda dentro do círculo uma vez que pode ser erroneamente interpretada como a sonda mínima obtida num processamento subsequente.
- 2.4.2.6 A prancheta de sonar deverá mostrar a posição de cada destroço usando os símbolos apropriados contidos na publicação INT 1.
- 2.4.2.7 Cada destroço ou obstrução enumerado deverá ser acompanhado por registos representativos do SVL e do sondador ilustrando a estrutura (imagens do ecrã, se o sondador não tiver registo em papel). Os registos devem ser anotados com data/hora dos foras que balizam a estrutura, o rumo do navio e a velocidade média relativamente ao fundo e, no caso dos registos de SVL, o rumo verdadeiro do navio e a distância do peixe em relação ao fora. Deverá ser também inserida a profundidade mínima obtida ou calculada.
- 2.4.2.8 Deverá ser mostrado tanto detalhe quanto possível que deverá incluir o seguinte:
- Posição em que o destroço foi localizado, juntamente com o *Datum* horizontal do levantamento.
 - Fora obtido – isto para indicar que correções foram aplicadas.
 - Sonda mínima registada, como foi obtida e se os hidrógrafos a consideraram como definitiva – se a profundidade cartografada é diferente o hidrógrafo deve expressar o seu ponto de vista relativamente à razão da diferença, se a altura do destroço tiver sido calculada a partir de registos de SVL, deve ser afirmado se é ou não uma média de alturas obtidas a partir de direções opostas.
 - Dimensões aproximadas e orientação juntamente com qualquer testemunho (por exemplo, o relatório dum mergulhador) acerca da identidade e condição do destroço.
 - Detalhes da redução de maré utilizada.
 - Comentários gerais, especialmente sobre qualquer correlação com outros destroços listados ou na vizinhança; existência e profundidade dos sulcos; profundidade média e natureza do fundo.
- 2.4.3. Registos de cobertura sonar**
- 2.4.3.1 Sempre que o sonar seja utilizado num levantamento, deverá ser feita uma prancheta à mesma escala da prancheta final, com os seguintes dados:
- Percurso do navio durante a busca de sonar.
 - Limites da área levantada com o sonar.
 - Limites das áreas examinadas detalhadamente (não é necessário implantar as fiadas de investigação).
 - Posições e números identificativos de todos os destroços e obstruções localizados durante o levantamento.

- Posições e números identificativos de todos os destroços e estruturas listadas no relatório do levantamento.

2.4.3.2 Quando for utilizado um sonar de busca (*searchlight sonar*) juntamente com o SVL, a prancheta deverá incluir:

- Áreas com ecos numerosos.
- Todos os contactos constantes e direção a partir da qual foram obtidos (não devem ser mostrados os contactos falsos).
- Classificação e qualidade dos contactos e se foram examinados.

2.4.3.3 Todas as posições dos contactos e dos destroços devem ser cuidadosamente verificadas com outras pranchetas, formulários e relatórios. Devem ser usados os símbolos seguintes nas pranchetas de sonar:

Destroço	Wk
Destroço, não completamente levantado	Wk(NFS)
Possível destroço	Wk(U) ver nota
Fundo	B
Bom contacto de sonar	g
Contacto de sonar razoável	f
Destroço rocegado	Wk

Nota: onde não for possível confirmar a identidade de um contacto como correspondendo a um destroço, mas sendo este contacto suficientemente forte para merecer a sua classificação como “possível destroço”, deverá ser usada a qualificação adicional (U), “não examinado”, para indicar que a investigação foi inconclusiva. “(U)” deve também ser usado quando um contacto não foi de todo examinado. A classificação “Wk(U)” deverá resultar num relatório do destroço.

2.4.3.4 Traçado do percurso do navio e foras. Onde o percurso do navio para operações de sonar diferir da sondagem principal, deverão ser identificados e anotados no registo foras suficientes, e devem ser abreviados exceto para o início e fim da fiada.

2.4.3.5 Limites da área levantada. Linha verde para SVL, vermelha para sonar de busca, e azul para mostrar as áreas de busca intensiva (com resultado no manuscrito ou referência a outro registo).

2.4.3.6 Destroços listados. Símbolo de destroço não perigoso a preto com número da lista de destroços.

2.4.3.7 Destroços localizados. Círculo preto com 5 mm de diâmetro.

2.4.3.8 Quando for usado apenas o sonar de busca, a prancheta deverá abranger toda a área de busca (idealmente deverá sobrepor-se à carta ou mapa topográfico de maior escala que cobre a área). Isso serve para mostrar os limites da área varrida pelo sonar de busca e poder ser combinada com qualquer outra prancheta desde que seja mantida a legibilidade.

Esta informação é usada pela autoridade cartográfica na atribuição do grau de qualidade dos dados.

2.4.3.9 As pranchetas de sonar devem mostrar uma legenda clara e abrangente para os símbolos utilizados. Adicionalmente, devem conter uma tabela mostrando as especificações da operação, incluindo alcance, modo (levantamento ou busca), depressão do feixe e altura média do peixe relativamente ao fundo.

2.4.3.10 Alguns dos dados acima requeridos podem ser combinados com outras pranchetas desde que a sua inclusão não interfira com a legibilidade da prancheta existente.

3. CLASSIFICAÇÃO DO FUNDO MARINHO

3.1. Antecedentes

3.1.1 Existem três solicitações para a classificação do fundo marinho: cartografia náutica, comercial/ambiental e militar.

3.1.1.1 Cartografia náutica. Para cartografia náutica e para propósitos de navegação é utilizado um método de classificação relativamente simples. É definido como a determinação da composição do fundo marinho. A publicação INT 1 contém uma listagem das classificações. O navegador necessita desta informação para:

- Decidir onde fundear.
- Determinar o tipo de ténis do fundo e quanto cabo usar.
- Ajudar a avaliar a segurança do fundeadouro.
- Proporcionar uma verificação adicional da navegação.

3.1.1.2 Cartografia Comercial/Ambiental. Uma caracterização mais detalhada, habitualmente obtida utilizando programas de processamento comerciais é utilizada para:

- Engenharia offshore, por exemplo: plataformas de petróleo fixas, faróis e barreiras.
- Prospecção mineira.
- Pescas, etc.

3.1.1.3 Cartografia Militar. Uma combinação de quatro tipos básicos de fundo marinho com dados adicionais específicos e atributos. Os utilizadores militares dependem desta informação para:

- Operações anfíbias.
- Contra-medidas de minas, isto é, seleção de área de operação de forma a evitar zonas de topografia não favorável.
- Operações submarinas e anti-submarinas, por exemplo, seleção de áreas seguras para os submarinos assentarem no fundo.
- Desempenho acústico do sonar.

3.1.1.4 No futuro, a informação de classificação militar do fundo marinho será provavelmente distribuída para os quartéis-generais e para as unidades operacionais na forma de *Additional Military Layers* (AML). Estas são capazes se serem lidas em sistemas de informação geográfica, e em sistemas de comando para tomada de decisão táctica.

3.1.2. Modelos de classificação do fundo marinho

3.1.2.1 A informação é normalmente apresentada como um modelo de classificação do fundo, exemplos dos quais estão na figura 4.8. Os dados podem ser obtidos por SFS, SMF, SVL e amostragem direta. E é apresentada como uma mistura de símbolos e palavras. Como em todos os registos, a informação deve ser precisa e claramente implantada.

3.1.2.2 Nos modelos de classificação do fundo marinho deve ser mostrada a seguinte informação:

- Natureza do fundo a partir de amostras.
- Textura do fundo marinho a partir do sondador, SVL, etc.
- Contactos e estruturas do fundo marinho (isto é, destroços, ondas de areia, marcas de arraste).
- Isóbatas.

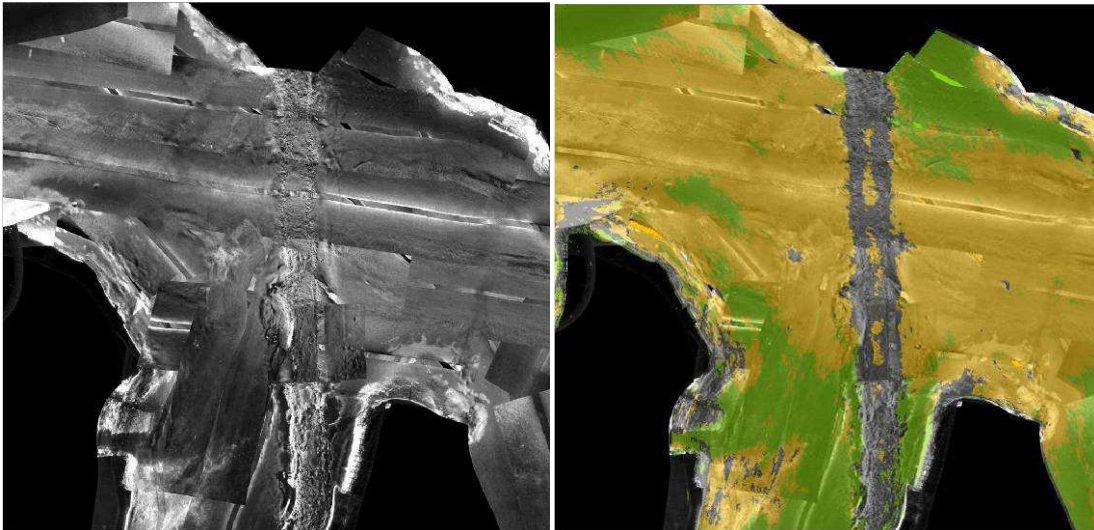


Figura 4.8 – Exemplo de mosaico de sonar de varredura lateral e de modelos de classificação (utilizando o *software* de classificação Classphi da QuinetiQ).

3.1.2.3 Exemplos de registos sonar. Os problemas na identificação de destroços em registos sonar são bem conhecidos dos hidrógrafos e não necessitam de mais aprofundamento. Exemplos de registos de sonar para classificação do fundo marinho, por comparação, podem ser encontrados em “*Sonographs of the seafloor*” de Belderson, Kenyon, Stride e Stubbs.

3.1.3. Amostras do fundo marinho

3.1.3.1 A natureza do fundo marinho será determinada em profundidades inferiores a 200 m como se segue:

- Para apoiar na interpretação de quaisquer registos de SVL.

- Para proporcionar uma validação (*ground truth*) dos dados de detecção remota e para confirmação de modelos de classificação do fundo marinho.
- Em todos os possíveis fundeadouros.
- Em todos os bancos, baixios e montes submarinos, particularmente quando for provável que estes sejam instáveis, e nos canais entre eles.
- No topo e na base de montes submarinos, em profundidades superiores a 200 m, quando as profundidades não forem extremas e estiverem disponíveis métodos de amostragem apropriados.

3.1.3.2 Adicionalmente, a natureza do fundo deve ser obtida em intervalos regulares por toda a área de levantamento. A frequência de amostragem variará, dependendo da profundidade e da extensão em que o fundo marinho permanece homogêneo, com amostras obtidas em intervalos entre 1.0 e 1.7 km em profundidades inferiores a 200 m.

3.1.3.3 A natureza do fundo marinho obtida através de amostras será incluída no modelo de classificação. A correlação entre as amostras e a textura derivada do registo de sonar é muito importante; fornece a única verificação real da interpretação. As amostras do fundo marinho devem obedecer a três condições, isto é, deverão ser:

- Uma amostra completa – os amostradores de arrasto são conhecidos por perderem uma boa parte das porções finas da amostra durante a sua recolha;
- Num único local – Os amostradores de arrasto podem ser arrastados durante centenas de metros e não fornecem uma amostra pontual.
- Posicionadas rigorosamente – as amostras devem estar ligadas ao mesmo rigor de posicionamento que qualquer outro dado do levantamento, com o fora registado no instante em que o amostrador toca o fundo marinho.

3.1.3.4 Para preencher os requisitos anteriores as amostras devem ser colhidas com uma draga ou um *corer* com o navio parado e o fora obtido pelo sistema principal de navegação (ou outro com exatidão comparável). A sua posição no modelo de classificação é mostrada por um pequeno ponto rodeado por um círculo, com a classificação na proximidade.

3.1.4. Natureza do fundo marinho

3.1.4.1 O fundo marinho é formado por rochas de vários tipos, cobertas na maioria dos locais por sedimentos não consolidados originários de duas fontes principais:

- Materiais lexiviados de massas continentais adjacentes ou materiais erodidos do próprio fundo marinho.
- Sedimentos biogénicos que são formados a partir do decaimento de produtos animais e vegetais nas bacias oceânicas.

3.1.5. Classificação das amostras

3.1.5.1 A classificação inclui a descrição da amostra com dois termos principais:

- Um adjetivo descritivo, como “grosseiro”, “pequeno”, etc.
- Uma descrição geral como “rocha”, “lodo”, etc.

3.1.5.2 Amostras mistas. A maioria dos sedimentos naturais raramente são compostos por apenas um tipo de sedimento, são frequentemente uma mistura. Quando isto ocorre, a classificação deverá seguir o princípio de listar primeiro o material predominante, por exemplo “*fSbkSh*”, indica que há mais areia na amostra do que conchas.

3.1.5.3 Tamanho do grão e notação. Na Tabela 4.5 os sedimentos são classificados de acordo com o tamanho do grão.

Tabela 4.5 Tamanho do grão (traduzido de “UKHO - Hydrographic Quality Assurance Instructions for Admiralty Surveys”).

Descrição geral	Nome	Limites (mm)	Observações	
Argilas	<i>M</i>	Argila	<0.002	Quando seco na mão, não sai facilmente
		Silte	0.002 – 0.063	Quando seco na mão, sai facilmente
Areias	<i>fS</i>	Areia muito fina	0.063 – 0.125	
		Areia fina	0.125 – 0.250	
	<i>mS</i>	Areia média	0.250 – 0.50	
	<i>cS</i>	Areia grosseira	0.5 – 1.0	
Areia muito grosseira		1.0 – 2.0		
Cascalhos	<i>smG</i>	Cascalho	2.0 – 4.0	Desde a grossura de uma mina de lápis até uma ervilha pequena
	<i>P</i>	Seixo	4.0 – 64.0	Ervilha pequena até um punho de homem fechado
	<i>IG</i>	Burgau	64.0 – 256.0	Punho fechado até cabeça humana
Rochas	<i>R</i>	Blocos	> 256.0	Maior que a cabeça humana
		Rocha		

3.1.5.4 O tamanho do grão pode ser determinado a olho nu ou por comparação com amostras padrão ilustradas num “disco de comparação”, se disponível. Os sedimentos mais finos são os mais difíceis de classificar. Se o tamanho não puder ser determinado a olho nu ou por comparação, a amostra pode ser colocada entre os dentes. Se a sensação é de uma textura granular então é silte, se é suave e liso/amanteigado então é argila. É extremamente difícil estimar percentagens relativas quando as amostras contêm areia, silte e argila.

3.1.5.5 Rocha. Uma amostra só deve ser classificada como rocha se existir uma evidência positiva. Se a única evidência for uma marca, denteado, ou um amostrador danificado então a abreviatura “h”, correspondendo a duro, deve ser utilizada.

3.1.5.6 Outras descrições. Quando puderem ser identificadas qualidades adicionais ou o tipo de fundo puder ser positivamente classificado como incluindo outro tipo distinto de material, devem ser consultadas várias referências.

3.1.6. Métodos de obtenção de amostras do fundo marinho

3.1.6.1 As amostras do fundo marinho podem ser obtidas por vários meios, os mais comuns são:

- Prumo de mão (*lead line*)
- Colhedores
- Colhedores tipo *snapper* e *scoop*

- *Corers*
- Dragas
- Mergulhadores
- Veículos de operação remota (ROV) e submersíveis
- Amostragem de oportunidade (por exemplo, a partir do ferro)

3.1.6.2 A seleção e o uso do dispositivo apropriado dependerão da natureza da investigação, da natureza do fundo marinho, da profundidade e do equipamento disponível a bordo para lançamento e recolha do equipamento de amostragem.

3.1.6.3 A sondagem com **prumo de mão** é um método tradicional de obter e indicar a natureza de uma fina camada superficial do fundo marinho. Não permite determinar a profundidade da camada superficial nem saber o que está abaixo desta. O chumbo do prumo de mão tem na base uma cavidade que é cheia com sebo ou com outra substância igualmente pegajosa como petróleo bruto ou gordura, a que as partículas de sedimento aderem. Quando o fundo marinho está coberto com objetos maiores como seixos ou rocha, pode ser obtida uma impressão do material do fundo, sem garantias.

3.1.6.4 A vantagem do prumo de mão é que é simples e fácil de operar. As desvantagens são:

- Material de maiores dimensões pode não ser detectado (seixos, por exemplo).
- Apenas a camada superficial é amostrada.
- A confiança na amostragem diminui com a profundidade.
- A amostra está contaminada pelo material utilizado para colheita.
- Existe perturbação da amostra durante a colheita.

3.1.6.5 Colhedores. Estes são fornecidos com o propósito da colheita de amostras de média dimensão do fundo marinho e da camada subjacente. Geralmente incluem um balde ou pá, que é ativado ao tocar no fundo marinho. Alguns têm uma armação de molas, e outros fecham-se quando içados do fundo. Os colhedores raramente são apropriados para amostragem de lodo mole ou líquido uma vez que a amostra é lavada do balde antes de atingir a superfície.

3.1.6.6 Colhedor *Shipek*. O colhedor *Shipek* consiste em dois semi-cilindros concêntricos; o meio cilindro interior, ou balde de amostragem, mantém-se aberto contra um par de poderosas molas axiais por um travão de engate. Um peso deslizante dispara o colhedor quando este embate no fundo marinho e permite que o balde rode 180° sob ação das molas. Durante esta rotação o balde retira uma amostra do fundo marinho. O balde permanece então fechado até ser trazido à superfície. O colhedor *Shipek* é mais eficaz em sedimento mole e não consolidado. É possível que ressalte num fundo compacto, e o fecho do balde pode levantar o colhedor do fundo recolhendo-se apenas uma pequena amostra, ou nenhuma. Nestas condições podem-se melhorar por vezes os resultados reduzindo a velocidade de impacto do colhedor sobre o fundo.

3.1.6.7 *Corers*. São usados para obtenção de uma amostra vertical não perturbada do fundo marinho (testemunho). Geralmente penetram até uma distância considerável do fundo. Os *corers* incluem geralmente um tubo ou caixa em forma de cortador de maçã ou de massa.

São levados para o fundo marinho e quando retirados retêm uma amostra não perturbada das camadas sedimentares.

3.1.6.8 Os mecanismos de retenção podem variar desde a criação de vácuo na parte de trás da amostra até placas de cobertura ou obturadores. Normalmente existe uma combinação de métodos para manter a amostra no sítio. Os *corers* podem ser levados para o fundo por vários meios – o seu próprio peso, explosivos, pneumáticos ou vibração mecânica.

3.1.6.9 Dragas. As dragas estão desenhadas para serem arrastadas ao longo do fundo marinho, colhendo material solto e sedimento. Incorporam frequentemente um filtro que permite a passagem dos sedimentos mais finos. As amostras são sempre perturbadas mas refletem os materiais do fundo sobre uma área relativamente grande. As dragas podem ser lançadas a qualquer profundidade.

3.1.6.10 Outros métodos de amostragem:

Mergulhadores. Uma inspeção com mergulhadores permite uma identificação positiva do fundo marinho. Podem ser identificadas pequenas e grandes estruturas. Os mergulhadores estão limitados pela profundidade da água a que podem trabalhar, mas este é um bom método para a obtenção de amostras em águas pouco profundas e com tempo suficiente.

Veículos Subaquáticos Não Tripulados (*Unmanned Underwater Vehicles – UUV*). UUV operados remotamente podem auxiliar à classificação do fundo marinho quer através da colheita de amostras (geralmente com uma pá ou outro colhedor) ou através da obtenção de imagens vídeo para análise posterior. Os UUV são cada vez mais equipados com sondas de feixe simples, SMF e SVL e podem ser usados para adquirir os mesmos dados que os navios de superfície.

Amostragem de oportunidade. Amostras úteis podem também ser obtidas a partir do sedimento que vem nas amarras dos navios, ferros ou amarrações de bóias. Estas amostras devem ser usadas com cautela uma vez que é provável que apenas as amostras com uma natureza pegajosa sobrevivam à ação de lavagem do equipamento no seu caminho até à superfície.

3.1.7. Registo de amostras do fundo marinho

3.1.7.1 Registo de amostras do fundo marinho. Os dados devem ser formatados para apoiar/complementar o arquivo de dados relevantes de uma forma que esteja prontamente disponível para as autoridades interessadas. O relatório do levantamento deverá conter todos os detalhes dos métodos de amostragem utilizados durante o levantamento juntamente com quaisquer problemas que tenham sido encontrados.

3.1.7.2 A localização e a classificação das amostras obtidas deverão ser disponibilizadas numa prancheta ou num modelo digital que acompanha os dados batimétricos.

3.2. Sensores para classificação

3.2.1 Esta secção descreve os vários sensores utilizados para classificação do fundo marinho.

3.2.1.1 Sonar de varredura lateral. Adicionalmente à localização de destroços e de obstruções entre as fiadas do levantamento, o SVL fornece também uma quantidade considerável de outros tipos de informação sobre o fundo marinho. Estes dados, quando combinados com amostras do fundo marinho e contornos de profundidade, são de grande valor para a produção de modelos de classificação do fundo marinho. A importância desta informação cresceu ao longo dos anos, numa dimensão tal que em muitos levantamentos são as considerações sobre o sonar, e não sobre a batimetria, que determinam a seleção do

espaçamento e direção das fiadas. É necessário um grande cuidado na preparação e verificação destes traçados, para que todo o seu potencial seja realizado.

3.2.1.2 Sondadores multifeixe. A introdução de SMF nos levantamentos hidrográficos não permitiu apenas a determinação com maior precisão da batimetria e maior cobertura do que anteriormente, mas também a possibilidade de determinar limites e tipos de sedimento de uma forma relativamente rápida e eficaz. Nesta perspectiva, o hidrógrafo pode agora interpretar a imagem de retroespalhamento de sistemas de varredura multifeixe bem como imagens de sonar lateral. O benefício adicional de se obter informação de retroespalhamento a partir do SMF, enquanto se adquire informação batimétrica, é o de permitir um levantamento mais eficiente em termos de custos (e de tempo).

3.2.1.3 Sondadores de feixe simples. Estão disponíveis, desde há vários anos, programas de classificação do fundo marinho que se podem aplicar ao sondador de feixe simples. São utilizados particularmente na indústria de pesca. Mais abaixo descreve-se um sistema típico.

3.2.1.4 Outros métodos. Outros sensores com potencial para a classificação do fundo marinho incluem:

- Batimetria com laser aerotransportado (LIDAR). Continuam-se a desenvolver pesquisas na extração de outra informação, que não apenas a batimetria, a partir da forma da onda refletida, incluindo a turbidez e a classificação do fundo marinho.
- Batimetria eletromagnética aerotransportada. Os métodos de AEMB oferecem o potencial de obtenção de informação de classificação do fundo, mas esta capacidade necessita ainda de ser desenvolvida.
- Detecção remota. A informação de classificação do fundo marinho pode ser obtida a partir de satélite e de imagem aérea em águas pouco profundas mas ainda requer dados de verificação *in loco*.
- Sonares de varredura frontal (FLS). Originalmente desenhados puramente para navegação e para evitar colisões, alguns desenvolvimentos recentes oferecem capacidades batimétricas e de classificação do fundo marinho. Por exemplo, o FLS Petrel da *Thales Underwater Systems* compara a energia do retorno acústico com o nível de ruído ambiente e o ângulo do feixe incidente no fundo marinho de modo a fornecer um valor aproximado que será único para diferentes densidades do fundo, materiais e porosidade. Através da verificação destes valores com amostras do fundo, fica disponível a capacidade de classificação em tempo real em paralelo com a batimetria.

3.3. Classificação – Teoria

3.3.1 Esta secção introduz a colheita e interpretação de informação de retroespalhamento e compara os métodos usados pelo SMF e SVL. As vantagens e desvantagens de cada um são discutidas. Cobre também os métodos que o SMF usa para remover a distorção devida ao ângulo de incidência do sinal sobre o fundo, e outras causas.

3.3.1.1 O SVL, e a maioria dos SMF, pode mostrar uma representação do fundo marinho usando o princípio da imagem acústica. A maioria das imagens de SVL mostra representações relativamente pouco sofisticadas do impulso retornado no sentido em que a imagem só é corrigida para um número limitado de parâmetros mensuráveis. Por exemplo, receptores de SVL modernos têm frequentemente a possibilidade de medir a velocidade de avanço

do navio e ajustar o eixo ao longo da fiada para que a escala nesta direção seja igual à escala perpendicular à fiada. Também, podem medir a altura do peixe de sonar acima do fundo marinho, e remover esta porção da imagem para que esta comece no fundo imediatamente abaixo do peixe e cubra o fundo até ao alcance selecionado. A imagem pode ser corrigida para que a distância na imagem seja proporcional à distância no fundo, no entanto, isto normalmente é conseguido assumindo que o fundo marinho é plano. Uma vez que isto normalmente não é o caso, existirão distorções na imagem de SVL.

3.3.1.2 Por outro lado, num SMF, a informação de retroespalhamento é um subproduto da colheita de dados batimétricos. É semelhante à saída dos dados do SVL e produz uma representação do fundo marinho em termos de intensidade do eco recebido. A diferença significativa entre os dois é que o SMF mede a profundidade juntamente com a informação de retroespalhamento e isto permite um nível de visualização mais sofisticado. Os dados de profundidade, quando combinados com o ângulo do feixe, dão efetivamente a posição no fundo marinho à qual a informação de retroespalhamento corresponde e consequentemente fornece uma verdadeira correção geométrica da imagem de retroespalhamento.

3.3.2. Imagem de retroespalhamento

3.3.2.1 O resultado da imagem tipo sonar lateral baseada na informação de retroespalhamento produzida pelo SMF é um mosaico cobrindo o fundo marinho que mostra a intensidade de retroespalhamento correspondente a cada ponto no fundo do mar. Existe normalmente a possibilidade de combinar a informação de retroespalhamento e profundidade para que sejam co-registadas por posição. Assumindo que as fiadas foram executadas adequadamente, a imagem deve proporcionar 100% de cobertura e pode acontecer que a cobertura de retroespalhamento seja maior que a de batimetria se alguns feixes tiverem sido invalidados por razões de exatidão. É provável que a informação extra de retroespalhamento não seja utilizada uma vez que não tem informação de profundidade associada, mas permanece à mesma disponível.

3.3.2.2 Terá que ser realizada uma certa quantidade de pós-processamento para normalizar a imagem de retroespalhamento e remover a distorção no sinal originalmente recebido. As correções dependem da distância (para corrigir a atenuação e a dispersão do feixe), potência de saída (que deve ser registada com a informação do eco) e direcionalidade do feixe – transmissão e recepção, se variar com o tempo. Adicionalmente, existirão correções a ser aplicadas que dependem no percurso do sinal e da área sonorizada. Estas são correções para o ângulo do feixe, percurso do raio, e inclinação local do fundo, que podem ser todas combinadas num ângulo rasante no qual o sinal atinge o fundo marinho. A figura 4.9 mostra exemplos de intensidade de espalhamento para diferentes tipos de fundo marinho a diferentes ângulos rasantes.

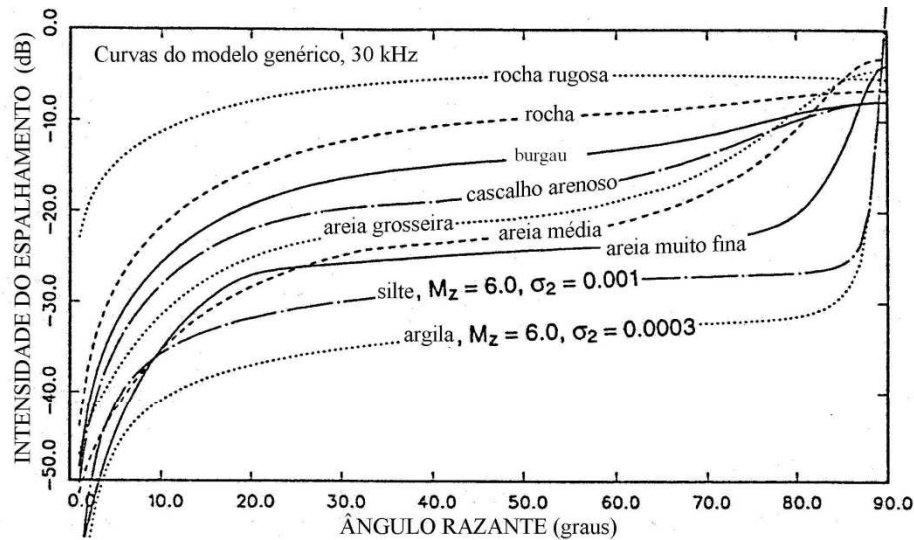


Figura 4.9 – Exemplo de intensidade de espalhamento (adaptado de “*High frequency Ocean Environmental Acoustic Models Handbook*”, Outubro de 1994)

3.3.3. Registo de varredura lateral

3.3.3.1 A correção da imagem em termos de posição é designado **registo de varredura lateral** (uma vez que o termo varredura lateral é frequentemente usado com o SMF para referir a intensidade da imagem de retroespalhamento). A correção requerida ocorre entre a distância oblíqua dada pelo tempo de viagem do sinal e a verdadeira posição no fundo marinho, ou pelo menos a verdadeira distância do ponto debaixo do transdutor para a porção de interesse do fundo marinho.

3.3.3.2 Como mencionado anteriormente, o método usado com imagens de SVL tende a ser muito simplista, mas usando a informação extra da profundidade disponível no SMF, o conhecimento do perfil de velocidade do som e a atitude no navio no ponto de transmissão, o registo pode ser tornado mais exato. Uma grande parte do cálculo já foi levado a cabo quando se produziu as profundidades corrigidas na aplicação de batimetria do SMF e por vezes esta informação pode ser disponibilizada para a imagem de varredura lateral.

3.3.4. Mosaico

3.3.4.1 A transformação da imagem de varredura lateral do SMF numa vulgar imagem *raster* designa-se por construção do mosaico. A imagem será corrigida em termos de posição para o movimento do navio; no entanto podem subsistir alguns problemas com o procedimento de construção do mosaico. Em alguns SMF, a pequena dimensão da pegada dos feixes centrais pode deixar pequenos intervalos não cobertos entre cada pegada. O propósito da imagem de varredura lateral é a produção de uma imagem *raster* regular que permita a comparação direta de um ponto com outro e a existência de falhas nos dados pode tornar isto difícil. Poderá ser possível preencher as falhas com interpretação.

3.3.4.2 Se a cobertura é superior a 100% e há sobreposição de dados, é provável que os dados tenham sido adquiridos a diferentes ângulos e direções de sonorização. Em vez de tentar combinar os dados, os dados do feixe preferido são aceites e os dados do outro feixe são suprimidos. Haverá inevitavelmente uma descontinuidade onde as duas faixas cobertas se encontram mas o método acima descrito minimiza a distorção que isto causará. Há vários métodos disponíveis que permitem escolher automaticamente o feixe preferido, por exemplo dando preferência ao feixe intermédio em detrimento do nadir e feixes exteriores.

- 3.3.4.3 A interpretação da imagem de retroespalhamento dependerá portanto do conhecimento da informação retida pelo sistema e do seu método de apresentação dos dados. Alguns sistemas têm a capacidade de reter informação sobre a distribuição dos dados dentro do feixe, portanto há maior detalhe do que aquele correspondente à pegada. Outros métodos usam um conjunto de dados reduzido que fornece menor detalhe, retendo (por exemplo) apenas a média ou a intensidade máxima do pico para cada feixe. A figura 4.10 mostra que a batimetria por si só não fornece a mesma informação que a imagem *raster* de retroespalhamento em relação á variação do fundo marinho.

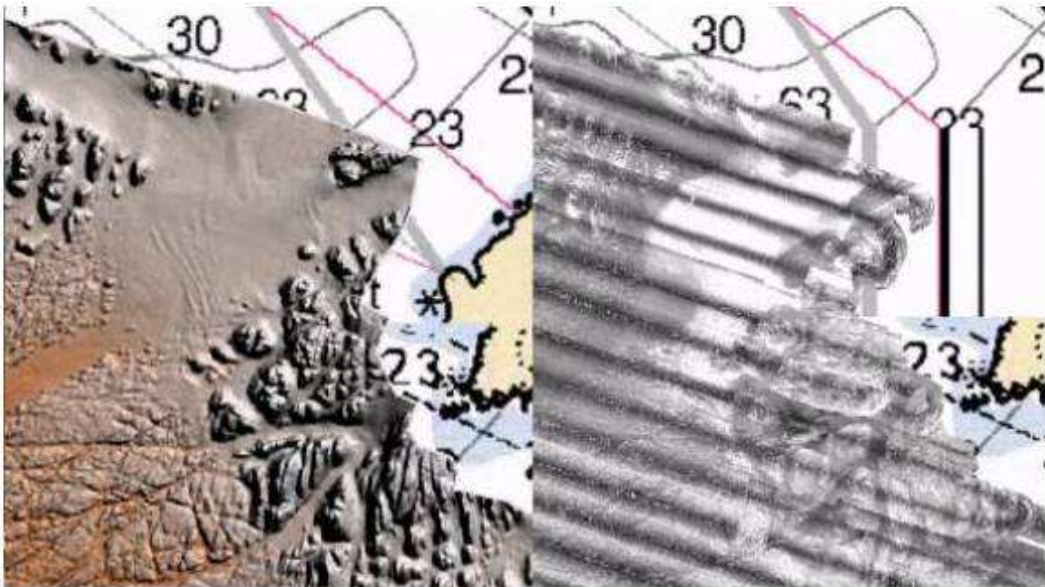


Figura 4.10 – Visualização do fundo marinho – batimetria (à esquerda) versus mosaico de imagem *raster* de retroespalhamento (à direita).

3.3.5. Classificação – Geral

- 3.3.5.1 Existem complicações adicionais quando se tenta classificar o tipo de fundo. Juntamente com a impedância acústica, existem outras características do fundo marinho que irão afetar a forma e as características do sinal retornado. Se o fundo marinho é rugoso, mas com detalhe mais pequeno que a pegada do feixe, então este terá influência na intensidade do retorno.
- 3.3.5.2 A única forma de contemplar verdadeiramente estes diferentes efeitos é ter um conhecimento antecipado do fundo do mar e isto só é possível quando se realizou uma amostragem direta do fundo do mar. No entanto, certos tipos de fundo marinho terão características gerais diferentes; logo o retroespalhamento pode ser usado para conduzir uma classificação geral. Se um retorno particular for comparado com dados de amostragem direta, então pode ser construída uma base de dados de classes de retroespalhamento, permitindo a classificação automática. Esta base de dados pode ser tão complexa quanto for requerido, com classificações únicas atribuídas a diferentes áreas do gráfico rugosidade/dureza. Existe um número de diferentes ferramentas de *software* para este propósito, apesar de cada um ter provavelmente um procedimento diferente e diferentes requisitos para realizar esta tarefa.
- 3.3.5.3 A utilização da imagem acústica para a classificação do fundo marinho é um campo em rápido desenvolvimento. Foram feitos avanços iniciais com o uso de sistemas de incidência vertical, onde o método era estudar os parâmetros do eco retornado, incluindo a variação de intensidade ao longo do tempo e o gráfico da frequência de espalhamento, para proporcionar uma indicação do tipo de fundo.

3.3.5.4 O requisito para classificação do fundo depende do uso final da informação. Por outro lado, os parâmetros particulares que são usados para identificar um tipo particular de fundo marinho podem depender do requisito de classificação. As características típicas que podem ser medidas são o tipo de fundo marinho em termos hidrográficos tradicionais, que classificariam o fundo em termos de dimensão do grão, textura e tipo. Outras características podem ser as propriedades físicas do fundo que podem ser relevantes para, digamos, um levantamento de um oleoduto, ou propriedades acústicas que podem ter interesse para a guerra de minas, guerra anti-submarina e oceanografia. Estas incluem:

- Tipo de sedimento, isto é:
 - Dimensão do grão, textura, como, areia, silte, argila, cascalho
 - Mineralogia, como, cinza, argila, sílica, carbonatos
 - Genética, como, biogénica, terrígena
- Propriedades físicas: dimensão do grão, densidade e porosidade.
- Propriedades acústicas: velocidades, atenuação.
- Propriedades geotécnicas: tensão de corte, módulo elástico.
- Morfologia: textura e relevo.

3.3.5.5 Têm sido seguidas várias abordagens ao problema da classificação do fundo, focando-se nas diferentes propriedades do sinal retornado e utilizando diferentes metodologias para alcançar o resultado. De forma a alcançar esta classificação remota olha-se para sistemas e modelos desenvolvidos para a interação do som com o fundo marinho e o efeito que esta interação deve ter na forma do impulso. Um destes sistemas adotado para classificação usando a sonda de feixe simples é o RoxAnn, desenvolvido pela *Marine Microsystems Ltd.*

3.3.6. RoxAnn

3.3.6.1 RoxAnn é um dos sistemas de classificação do fundo marinho comerciais que está ligado a sondadores existentes (tipicamente sistemas de incidência vertical) através de um amplificador principal que iguala a impedância do sistema à do sondador. O desenho foi baseado em observações de performance de sondadores em áreas conhecidas de diferentes tipos de fundo marinho. A classificação de sedimentos é alcançada através da identificação de dois parâmetros (ver Figura 4.11):

- E1 – a energia integrada abaixo da cauda do primeiro retorno, isto é a rugosidade.
- E2 – a energia integrada abaixo do segundo retorno (múltiplo), isto é, a dureza.

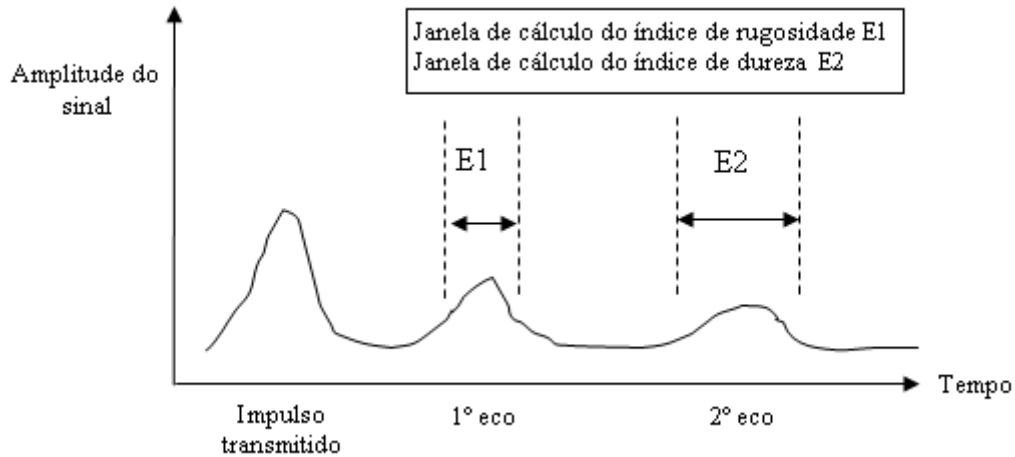


Figura 4.11 RoxAnn – Quantificação de rugosidade (E1) e de dureza (E2).

3.3.6.2 Então, através do uso de uma tabela comparativa que grafica a dureza contra a rugosidade, pode-se introduzir o valor observado que foi confirmado com a amostragem do fundo, e calibrar o sistema para uma classificação automática naquele local. Este sistema requer calibração periódica e requererá uma nova calibração ao ser deslocado para uma nova área. A Figura 4.12 mostra valores de E1 e E2 e o tipo de fundo que foi atribuído (baseado na amostragem direta).

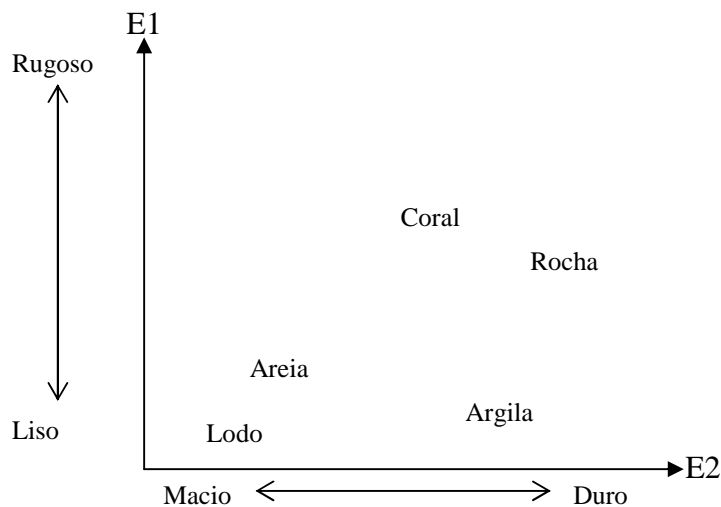


Figura 4.12 RoxAnn – Valores de E1 e de E2 (valor apenas exemplificativo).

3.3.6.3 Este sistema tem como vantagens ser relativamente simples e económico. E como desvantagens o não ser quantitativo, necessitar ser calibrado, e depender de retornos múltiplos, o que levanta a questão da variabilidade como função do estado do mar.

3.3.7. Classificação utilizando sondador multifeixe

3.3.7.1 O SMF oferece medições georreferenciadas da intensidade do retroespalhamento instantâneo, e estimativas pontuais da elevação do fundo marinho (sondas). Ambas podem ser usadas, quer juntas quer separadamente, para tentar classificar o fundo marinho, usualmente em conjugação com pacotes de *software* comerciais desenhados para este propósito. Para estes sistemas, que são calibrados ou para os quais uma calibração relativa pode ser feita, as medições da intensidade de retroespalhamento podem ser reduzidas/normalizadas de acordo com:

- A distância à estrutura (atenuação e dispersão esférica);
- Potência da fonte, directividade do feixe (transmissão e recepção)
- Área sonorizada (ângulo do feixe, percurso do raio refratado, declive do fundo marinho)

3.3.7.2 Há três métodos principais empregues em classificação do fundo com sonares de faixa baseados na variabilidade da estrutura do eco para se inferir a informação sobre a natureza do fundo marinho:

- Mapeamento de texturas e estimativa espectral
- Função densidade de probabilidade do pico da amplitude do eco
- Funções de dependência angular do retroespalhamento acústico

3.3.8. Mapeamento de texturas

3.3.8.1 Este método olha para a variação da intensidade do retroespalhamento como sendo uma função do espaço 2D (dimensões horizontais). É baseado na identificação de mudanças significativas nas características dos ecos quer dentro de um impulso, quer entre impulsos consecutivos. Em essência, é uma estimativa da estatística espacial 2D da imagem que representa a amplitude da energia acústica retroespalhada pelo fundo marinho.

3.3.8.2 Mesmo na ausência de um sistema de sonar calibrado, é fácil ver que as características da textura da imagem de SVL contêm informação sobre o fundo marinho. A maioria dos SVL iniciais foi desenvolvida com o propósito de detecção de estruturas, tendo como objetivo a utilização de toda a gama dinâmica do dispositivo de visualização, geralmente um registador de papel úmido ou um monitor gráfico, para maximizar o contraste do eco retornado. Para este propósito foi desenvolvido o controlo automático de ganhos. O lado prejudicial deste desenvolvimento foi que, na maioria dos casos, o nível absoluto da intensidade da retroespalhamento não era preservado. Todavia, tal técnica de processamento de sinal é ideal para fazer sobressair informação textural na imagem. Isto foi alcançado através da introdução de dois métodos:

- Potência do espectro de frequências
- Matrizes de co-ocorrência do nível de cinzentos

3.3.9. Potência do espectro de frequências

3.3.9.1 A retrodispersão acústica no fundo marinho muda grosseiramente com o quadrado do cosseno do ângulo de incidência (Lei de Lambert) até ângulos rasantes baixos. Portanto, pode ser assumido que as variações na amplitude dos ecos do fundo marinho, recebidos pelo sonar ao longo deste sector angular são expressões da rugosidade inerente à superfície de retroespalhamento. Isto indicaria a possibilidade de classificar estes retornos, e portanto o tipo de fundo baseada na sua forma espectral.

3.3.9.2 Quando aplicado ao SMF, este método deve ser limitado ao segmento exterior da faixa coberta onde a dependência angular dos níveis de retroespalhamento acústico se nivela e onde o comprimento da área sonorizada instantaneamente é relativamente constante na transversal à fiada. Na região de quase incidência vertical, a combinação do sonar montado no casco a alta altitude, com a variação rápida do tamanho da área sonorizada e a dependência angular do retroespalhamento acústico colocam limitações severas na

assumpção de que a forma espectral se relaciona diretamente com o tipo de fundo marinho.

3.3.9.3 Adicionalmente, porque a série temporal de intensidades de energia retroespalhada obtida com a configuração de SMF é uma junção de vários feixes, existe a possibilidade de introdução de energia na potência do espectro em comprimentos de onda espaciais equivalentes ao espaçamento dos feixes.

3.3.9.4 O comprimento do impulso de muitos sistemas de águas pouco profundas é variável à medida que se move entre águas muito e pouco profundas. Isto muda a área sonorizada instantaneamente e o comprimento das escalas que podem ser observadas com a potência do espectro.

3.3.10. Matrizes de co-ocorrência do nível de cinzentos

3.3.10.1 Para identificação de fronteiras entre zonas com o mesmo padrão textural na imagem de varredura lateral, são usadas as técnicas tradicionais de processamento da imagem de matrizes de co-ocorrência do nível de cinzentos (GLCM). Esta técnica caracteriza a inter-relação espacial a 2D dos níveis de cinzentos (onde o tom de cinzento se refere à intensidade do retroespalhamento) numa imagem com uma gama variando entre uma textura fina, correspondente a mudanças frequentes em distâncias curtas, a uma textura grosseira correspondente a poucas mudanças ao longo de grandes distâncias. As matrizes de co-ocorrência são calculadas para um conjunto de distâncias e relações angulares espaciais. Cada GLCM corresponderá a uma textura diferente, que pode ser então interpretada como um tipo de fundo marinho diferente.

3.3.10.2 Um inconveniente do método de GLCM é que deve ser implementado no mosaico de varredura lateral, que é um produto matricial. Como discutido anteriormente, o processo de construção do mosaico é um compromisso entre preservar a resolução transversal da amplitude do retroespalhamento e manter a resolução longitudinal. Assim, os mosaicos de varredura lateral são geralmente versões da média (ou da mediana filtrada) dos dados brutos de intensidade. Como tal, não podem exibir as mesmas características estatísticas que os dados brutos originais. Consequentemente, as características usadas para classificação são apenas aplicáveis aos dados que sofreram exatamente a mesma transformação de uma série temporal de varredura lateral num produto matricial. Adicionalmente, é requerida alguma forma de verificação com a realidade para identificação do tipo de fundo marinho, porque não há modelos que liguem a GLCM a propriedades físicas específicas do fundo marinho, e diferentes litologias podem exibir as mesmas características texturais.

3.3.11. Função densidade de probabilidade do pico de amplitude

3.3.11.1 A função densidade de probabilidade (PDF) do pico de amplitude do retroespalhamento acústico do fundo marinho é um processo de reverberação cujo comportamento estocástico (estatístico) pode ser descrito por amostras instantâneas em quadratura com distribuição Gaussiana, com uma envolvente (amplitude do eco) distribuída de acordo com uma função densidade de probabilidade de Rice e uma fase distribuída uniformemente. Relembrando que os termos finais da PDF de Rice têm uma forma em distribuição de Gauss quando o sinal de retorno é maioritariamente coerente, e uma forma em distribuição de Rayleigh quando o sinal é maioritariamente disperso, é possível derivar uma medida de coerência a partir da estatística da envolvente. A Figura 4.13 mostra uma comparação entre as curvas estatísticas de Rayleigh e de Gauss medindo a probabilidade da amplitude de um eco.

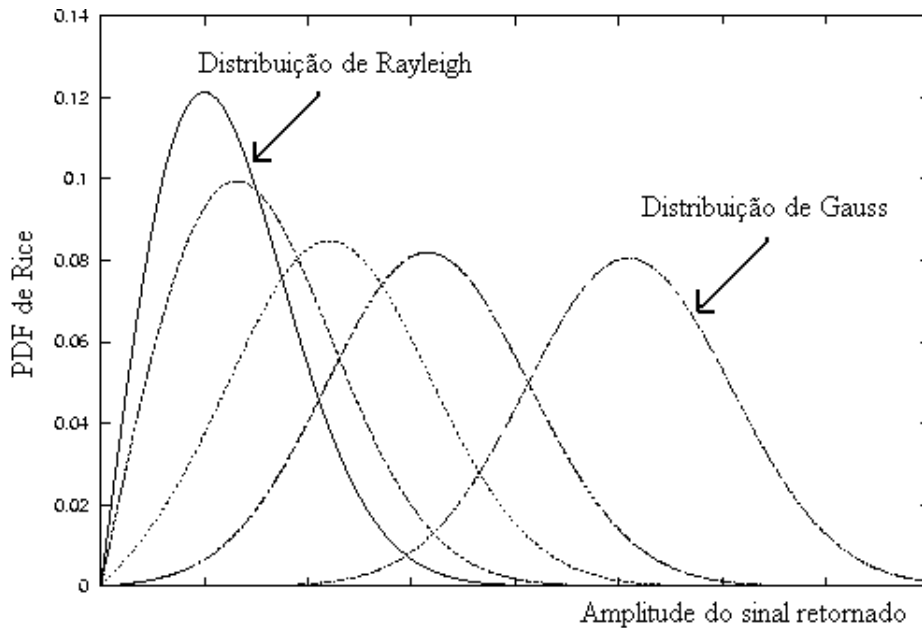


Figura 4.13 Comparação de curvas de Gauss e de Rayleigh.

3.3.11.2A média e a variância dos valores de amplitude instantânea são quantidades dimensionais e isto implica que o sistema de sonar deve reter pelo menos as mudanças relativas das amplitudes retroespalhadas dos ecos. Quaisquer mudanças nos parâmetros de potência de transmissão ou nos ganhos de recepção podem ser levadas em conta (compensação para controlo automático de ganhos). Dados de amplitude de retroespalhamento numa faixa coberta apresentados como amplitude média são facilmente compreendidos como uma ferramenta de classificação. Uma amplitude média aproximadamente constante ao longo de uma região sugere um fundo marinho homogêneo e mudanças bruscas na amplitude média sugerem mudanças no fundo marinho. No entanto, apresentações de mudanças regionais na amplitude do sinal retroespalhado geralmente ignoram, ou tentam normalizar empiricamente, mudanças na geometria de sonorização (ângulos rasantes) ao longo da varredura.

3.3.11.3O ajuste do PDF observado ao modelo padrão é realizado nos PDFs normalizados dos ecos, assim a amplitude média absoluta do retroespalhamento é ignorada no processo. Este método é uma tentativa de extrair o rácio entre componentes coerentes e incoerentes nos dados. Com dados de um sonar calibrado, o passo normalizado pode ser saltado e em vez disso são usadas amplitudes absolutas.

3.3.12. Dependência angular

3.3.12.1Existe um número de modelos que predizem a dependência angular do retroespalhamento do fundo marinho baseada em vários fatores. Estes incluem o contraste de impedâncias da interface água - sedimento, a estatística da rugosidade dessa interface e quaisquer possíveis contribuições de heterogeneidades dentro das camadas de sedimento. A quantidade de interesse deste método é a intensidade do retroespalhamento por unidade de ângulo sólido (3D). Isto é obtido a partir da medição do retroespalhamento e comparação com as previsões do modelo para estimativa dos parâmetros gerados.

3.3.12.2Sistemas de proporção elevada como o SMF fornecem medições de amplitude de retroespalhamento em ângulos rasantes que variam de 90° (vertical) a ângulos tão baixos como 15°. Isto está em contraste com a distribuição dos ângulos característica de sistemas rebocados em profundidade como o SVL, que tende a apresentar ângulos muito baixos.

3.3.12.3 Este método requer o conhecimento do percurso do raio de energia acústica quando este embate no fundo marinho e a inclinação a 3D da interface água - fundo. É atribuída uma medida instantânea da amplitude do retroespalhamento a esse ângulo. Para se chegar a uma boa estimativa da força de retroespalhamento média nesse ângulo rasante, são usadas um grande número (>10) de medições instantâneas. Obviamente assume-se que o fundo marinho sob investigação não muda ao longo da largura da cobertura do SMF (isto é, o tipo de fundo marinho é o mesmo desde o nadir até ao alcance máximo).

3.3.13. Interpretação de dados de retroespalhamento acústico

3.3.13.1 Numa primeira instância, a interpretação de uma imagem digital de varredura lateral é sempre difícil. O limite de resolução é a amostra instantânea da intensidade de retroespalhamento. Isto é derivado da soma complexa de todas as contribuições individuais das dispersões de dentro da área sonorizada e também das contribuições das dispersões no volume de sedimento abaixo da área sonorizada. Não obstante a solução derivada, existem três efeitos principais que são evidentes em qualquer mosaico de varredura lateral.

- Variações da intensidade do retroespalhamento devido à mudança no tipo de fundo marinho.
- Variações da intensidade do retroespalhamento devido a mudança na inclinação do fundo marinho.
- Sombras verdadeiras projetadas.

3.3.13.2 Para SVL convencionais as duas primeiras são ambíguas. Não há forma de dizer sem ambiguidade se as flutuações são devidas à inclinação ou à textura. Na realidade é raro ver uma mudança significativa na inclinação do fundo marinho sem ver uma mudança de textura. Em contraste com o SVL convencional, sistemas de sonar de varredura multifeixe podem resolver a ambiguidade para os casos em que o comprimento de onda da topografia é maior que o espaçamento entre os feixes, apesar da rugosidade a comprimentos de onda mais curtos não poder ser resolvida.

3.3.13.3 As sombras verdadeiras projetadas podem ser reconhecidas por ambos os sistemas desde que a razão sinal/ruído seja suficientemente grande – assim, a queda na intensidade do sinal é maior que o esperado para qualquer tipo de sedimento real. Interessantemente, os sonares de varredura multifeixe não podem prever a presença de uma sombra apenas a partir da informação batimétrica. Isto acontece porque uma sombra implica inclinações maiores que o percurso do raio e assim os sonares de varredura multifeixe não podem ver atrás da estrutura que provoca a sombra. É importante lembrar isto quando se usa sectores angulares. Uma topografia inclinada para fora do sonar não é resolvida adequadamente e assim será distorcido o modelo de terreno que for derivado. Mesmo com sonares de varredura multifeixe, frequentemente não é claro se as variações de pequeno comprimento de onda no retroespalhamento do fundo marinho são resultado de um dos efeitos acima descritos. A única forma de resolver isto é visualizar o fundo marinho a partir de múltiplas direções quase ortogonais.

3.3.13.4 O hidrógrafo está preocupado em primeiro lugar em verificar potenciais perigos para a navegação no fundo do mar. Qualquer confirmação ou negação da validade de uma sonda anómala representa uma ajuda na interpretação dos dados. Por último, isto permitirá uma maior confiança na qualidade dos dados de sondagem que aparecem na carta de navegação. Como já vimos existem limitações de resolução para a imagem de SMF de alta velocidade, o que significa que não se pode resolver sempre as anomalias hidrográficas discretas que são de interesse. Isto leva à discussão de lançar o SVL convencional, rebocado em conjunção com um sistema de sonar de varredura multifeixe.

- 3.3.13.5 Quando o feixe alcança o fundo do mar uma parte do feixe é refletido para trás sob a forma de um eco, mas a maior parte da energia é dispersa em todas as direções, e alguma é absorvida pelo fundo marinho. O caso da incidência vertical está relacionado principalmente com as propriedades de reflexão do fundo marinho, e mais uma vez, a quantidade de sinal que é refletido depende das diferentes características do feixe do sondador. A frequência do sinal é um dos atributos mais importantes. O caso do SMF é mais complicado, e aqui as propriedades de dispersão do fundo marinho assumem uma maior importância.
- 3.3.13.6 Retornos de um fundo liso e duro. À medida que a onda sonora viaja através da água, move-se deslocando as partículas da água, fazendo com que estas vibrem e permitam a passagem da onda. A água tem uma impedância acústica baixa, ou uma baixa resistência ao movimento da onda. Quando a onda alcança o fundo marinho é impedida de continuar porque este tem uma elevada impedância acústica. As partículas estão densamente empacotadas e não se podem mover facilmente. Uma vez que a energia total deve ser mantida e que a energia não pode passar para o fundo marinho sob a forma de uma onda sonora, deve ir para qualquer lado e o resultado é a radiação para trás, para a água. Alguma parte, provavelmente uma percentagem pequena, será refletida para trás na direção da onda incidente e viajará de volta para ser recebida pelo transdutor de sonar como um eco.
- 3.3.13.7 Efeito de diferentes tipos de fundo marinho e de diferentes ângulos de incidência. Diferentes tipos de fundo marinho terão diferentes níveis de impedância acústica. Se o nível é baixo então alguma parte da energia sonora é absorvida pelo fundo marinho e o eco que retorna será mais fraco. Se o nível é alto então mais energia é refletida. Similarmente, a intensidade do sinal refletido depende também do ângulo de incidência. Se o ângulo é baixo, aproximando-se da normal, então a maior parte do som é refletida de volta para o sonar. Se o ângulo é elevado então a maior parte da onda sonora é dispersa numa direção para longe do transdutor, no entanto uma parte retornará como um eco fraco.
- 3.3.13.8 O tipo de fundo marinho também terá um efeito no sinal retornado. A relação entre o ângulo de incidência, o tipo de fundo marinho e o nível de sinal retornado, não é direta. Para o feixe que chega com um baixo ângulo rasante: se o fundo marinho for rugoso então haverá mais faces próximo da normal à onda sonora e portanto a reflexão será mais forte, se o fundo marinho for liso isto resultará geralmente na maior dispersão do sinal noutras direções que não para trás, na direção do receptor de sonar. No entanto, é provável que a situação se inverta para um ângulo rasante alto, e um fundo liso pode dar um melhor retorno. Tal dependerá no entanto de um número de fatores como a dimensão/tamanho da partícula e a composição do fundo marinho.

3.3.14. Modelos de classificação militares

- 3.3.14.1 Na preparação de um modelo de classificação militar (ou de textura) a partir dos registos de sonar a primeira tarefa para o hidrógrafo é decidir se a textura do fundo marinho é de lodo, areia, cascalho ou rocha. É reconhecido que o fundo marinho contém uma grande variedade de combinações das quatro categorias básicas, mas uma análise mais detalhada é melhor conseguida com descrições escritas. Os limites claramente definidos entre diferentes tipos de fundo marinho devem ser mostrados como linhas contínuas e os limites indefinidos devem ser representados como linhas tracejadas. A Figura 4.14 ilustra um exemplo de um modelo de classificação militar.

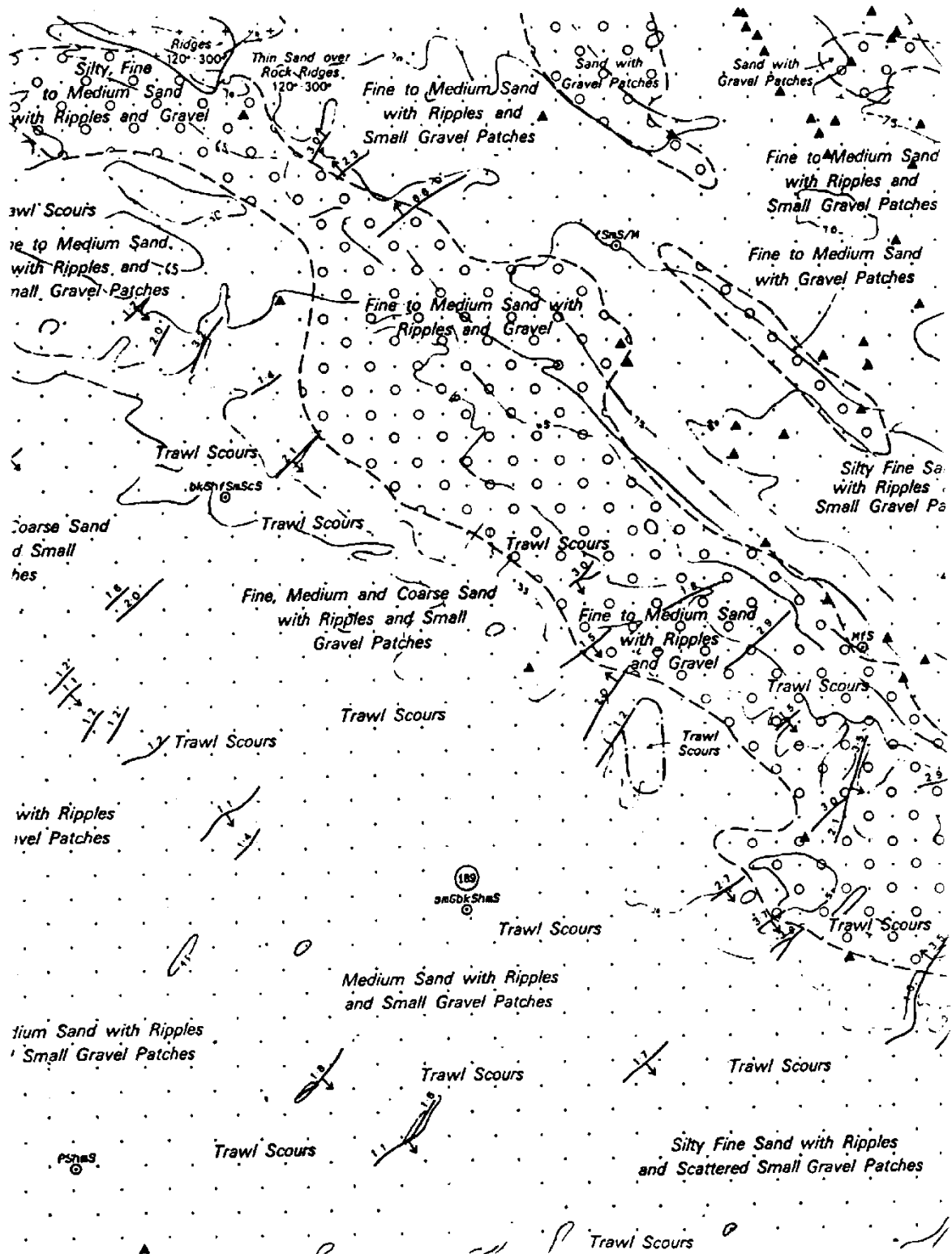


Figura 4.14 Exemplo de modelo militar de classificação textural.

3.3.14.2A representação gráfica da textura do fundo marinho deve ser ampliada através do uso de descrições escritas. Seguem-se exemplos de termos a serem usados, em conjunto com as suas definições. É enfatizado que estes exemplos não são exaustivos, outras palavras podem ser utilizadas desde que o significado seja claro para todos aqueles que possam usar a informação. Descrições de ausência de estruturas (por exemplo, areia plana sem

acidentes) são tão úteis como a informação sobre estruturas proeminentes. As descrições escritas devem ser breves.

3.3.14.3 Estruturas como destroços, ondas de areia, marcas de arrasto e condutas formam também uma parte importante da descrição do fundo marinho. A representação destas estruturas é invariavelmente mais importante que as descrições escritas e a sua inclusão deve ser prioritária em áreas congestionadas.

3.3.14.4 As ondas de areia são uma estrutura comum da topografia do fundo marinho e podem ocorrer quer isoladamente quer em campos. São usados diferentes símbolos para cada tipo:

- Ondas de areia isoladas. Para assegurar a exatidão, deve ser traçada a posição da crista da onda a partir do perfil de batimetria e não do registo de sonar. O símbolo para uma onda de areia isolada é então posicionado ao longo da linha que representa a crista. Se a onda é assimétrica, uma pequena seta é inserida apontando para o lado mais inclinado da estrutura, a seta deve ser omitida se a onda de areia é simétrica. Devem ser incluídos detalhes da altura da crista acima da cava.
- Campos de ondas de areia. Muitas ondas de areia ocorrem em grupos com altura e orientação semelhantes. Nestas condições, ondas individuais não necessitam de ser traçadas. A extensão do campo deve ser delineada, socorrendo-se mais uma vez da batimetria para maior exatidão e deve ser inserido o símbolo para um campo de ondas de areia. A orientação das cristas deve ser indicada, tal como o comprimento de onda, altura, simetria e indicação do lado mais inclinado.

3.3.14.5 Para propósitos de implantação na prancheta, uma onda de areia é definida como tendo uma altura superior a um metro. Estruturas mais pequenas devem ser classificadas como enrugamentos (*ripples*). O comprimento de onda é definido como a distância entre duas cristas adjacentes; a altura é a diferença de profundidade entre uma crista e a cava adjacente. Como regra empírica as cristas que se traçam mais perto que um centímetro no papel e que são semelhantes em orientação, altura e comprimento de onda, devem ser consideradas como um campo. Os *ripples* estão muitas vezes sobrepostos nas ondas de areia e podem ter uma orientação diferente e devem ser colocadas breves descrições escritas como “*Ripples 120/300*” ao lado do símbolo de onda de areia.

3.3.14.6 Pequenos contactos no fundo marinho. Devem ser assinalados todos os contactos não efémeros de dimensão superior a um metro. Quando existirem mais que cinco contactos por centímetro quadrado a área deve ser delineada e feita uma anotação. O número de contactos em cada área deve ser assinalado sempre que possível, e quando for útil devem ser incluídas descrições escritas.

3.3.14.7 Destroços e obstruções. Todos os destroços e obstruções localizados durante o levantamento devem ser incluídos no modelo de classificação. Os destroços devem ser assinalados com o símbolo de destroço não perigoso, orientado na mesma direção. Deve ser assinalada a extensão e direção de qualquer sulco, por exemplo “*Scour 155/50m*”. Outras obstruções devem ser assinaladas recorrendo ao símbolo de detritos “*foul*”, com uma descrição escrita quando possível, por exemplo, “*wellhead*”.

3.3.14.8 Pequenas depressões. Certas áreas do fundo marinho podem conter pequenas depressões, distinguíveis no registo de sonar pela sombra à frente do contacto. Algumas podem mostrar um lábio pronunciado e incluir marcas circulares (*pockmarks*). A não ser que a sua origem seja conhecida (por exemplo se uma torre de perfuração de petróleo é movimentada durante um levantamento) não se deve tentar classificá-las.

- 3.3.14.9 Marcas de arrasto. Em muitas áreas as marcas de arrasto são frequentes e constituem uma parte característica do fundo marinho. A sua importância é acrescida pelo fato de que são encontradas geralmente em áreas planas. As marcas de arrasto isoladas devem ser assinaladas individualmente; quando ocorrem em concentrações pode-se delinear a área e inserir a legenda: “numerosas marcas de arrasto”.
- 3.3.14.10 Conduitas. Todas as conduitas detectadas durante um levantamento devem ser marcadas. Não deve haver interpolação em áreas em que os tubos estejam enterrados a não ser que sejam visíveis no registo de SVL, neste caso a legenda “enterrado” deve ser inserida. Tubos que sobressaiam do fundo marinho devem ter a sua altura, em metros, assinalada em intervalos regulares.
- 3.3.14.11 Contornos de profundidade. Devem ser incluídas linhas de contorno com o intervalo vertical de 5 m. Em áreas onde ocorra uma grande variação de profundidades isto pode ser expandido à consideração do hidrógrafo, desde que a forma de apresentação da textura seja mantida. O propósito de se desenhar contornos de profundidade é apoiar o hidrógrafo na sua interpretação da sonografia.
- 3.3.14.12 Descrições para uso em modelos militares de classificação do fundo marinho:

Ondas de areia. Cristas de areia, direitas ou sinuosas, geralmente alinhadas transversalmente à corrente. A altura mínima é um metro. A separação das cristas (comprimento de onda) pode ser até 1 000 m com alturas que atingem os 20 m. Podem ser simétricas ou assimétricas, e podem ter *ripples*.

Ripples. Pequenas ondas de areia, com formas semelhantes às ondas de areia mas com altura inferior a um metro. Habitualmente estão orientadas transversalmente à direção da corrente ou corrente de maré, com um comprimento de onda inferior a 15 m. Podem não ser detectáveis com um sondador.

Sulcos. Formas de fundo longitudinais em cascalho, areia ou lodo, algumas das quais podem ter 9 km de comprimento e 14 m de largura. Podem aparecer individualmente, mas é mais usual ocorrer em grupos. São geralmente paralelas às correntes prevaletentes.

Dunas em crescente. Normalmente aparentam sobrepor-se a um fundo marinho mais grosseiro. A maior parte é direita e paralela às correntes. Podem ter até 15 km de comprimento, 200 m de largura e têm geralmente apenas alguns centímetros de espessura. Tipicamente têm uma aparência em escada devido à presença de *ripples*.

Retalhos de cascalho/lodo/areia. Pequenos retalhos espalhados de cascalho, areia e lodo com menos de 100 m de largo e geralmente com menos de 2 m de espessura. Podem ser deposicionais e sujeitos a movimento. A forma pode ser determinada pelo relevo do fundo marinho subjacente.

Afloramento rochoso. Um retalho/mancha de rocha cobrindo uma pequena área. Refere-se a um grupo coesivo, não a um conjunto de blocos.

Pináculo. Uma rocha com extensão horizontal limitada com altura consideravelmente maior que as rochas circundantes.

Costeira. Afloramento rochoso com comprimento superior a 300 m e relativamente estreito em comparação. Geralmente encontrado em grupos, com direção e extensão semelhante.

Banco. Usualmente de areia ou cascalho, mas pode ser de rocha. Uma elevação do fundo marinho sobre uma área relativamente pequena, mas consideravelmente proeminente em relação aos arredores. Quando formado por sedimento está geralmente orientado ao longo da corrente de maré.

Grande/pequeno. Preferido a alto/baixo.

Largo/estrito. Usado para exprimir largura quando se qualifica estruturas como dunas em crescente. Largo só deve ser usado para crescentes com mais de 150 m de largura e estrito para menos de 10 m.

Liso. Preferido a plano ou nivelado, e pode-se referir a um fundo que tanto é horizontal como inclinado. Geralmente refere-se apenas a lodo.

Plano. Deve ser usado só para descrever superfícies niveladas (isto é, sem gradiente significativo).

Inclinado. Refere-se a qualquer área onde há uma tendência geral na profundidade do fundo marinho, isto é, um gradiente. Um fundo marinho inclinado pode ser liso mas não pode ser plano.

Suave. Mudança gradual.

Regular. Usado para qualificar uma série de estruturas que são uniformes em amplitude e comprimento de onda, isto é ondas de areia, cristas.

Irregular. Usado para qualificar estruturas que não são uniformes mas que têm uma entidade específica. Por exemplo, ondas de areia. Pode também ser usado para descrever uma área de rocha onde nenhuma estrutura regular é evidente.

Proeminente. Usado para descrever uma estrutura ou uma série de estruturas que são conspícuas em relação à área circundante.

Não acidentado. Aplicado normalmente a um fundo marinho plano ou liso, sem acidentes (estruturas ou objetos) ao longo de uma extensão considerável.

Os símbolos para utilização em modelos militares de classificação do fundo marinho estão presentes na Figura 4.15.






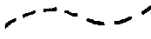

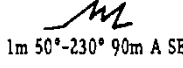











	←	Afloramento rochoso
	←	Cascalho
	←	Areia
	←	Lodo
	←	Limite textural bem definido
	←	Limite textural mal definido
	←	Crista de onda de areia com altura em metros (da cava à crista), a seta mostra a direção do lado mais inclinado.
	←	Campo de ondas de areia (com altura, orientação, comprimento de onda e simetria; A = assimétricas; S = simétricas)
	←	Marca de arrasto proeminente
	←	Área com marcas de arrasto concentradas
	←	Contacto de sonar significativo
	←	Porção de fundo marinho muito refletivo sem altura ou extensão significativa
	←	Marca circular indicadora da libertação de gás ("pockmark")
	←	Posição da amostra com descrição abreviada e número de identificação se existente
	←	Destroço, orientado como na realidade, com direção e extensão do sulco
	←	Detritos ou obstrução (com classificação se aplicável)
	←	Poço submerso
	←	Conduta
	←	Contorno do fundo com 5 m de intervalo vertical

Fig. 4.15 Símbolos para utilização em modelos militares de classificação do fundo marinho.

REFERENCES

- | | | |
|------|--|---|
| 1987 | <i>“The Use of Side Scan Sonar for Hydrographic Surveying and the Gathering of Bottom Texture Information”</i> | UK Hydrographic Department
Professional Paper No. 24 |
| 1990 | <i>“Sound Underwater Images” – A Guide to the Generation and Interpretation of Side Scan Sonar Data.</i> | Fish JP & Carr HA |
| 1994 | <i>“High Frequency Ocean Environmental Acoustic Models Handbook”</i> | Washington University Seattle
Applied Physics Lab |
| 1997 | <i>“Admiralty Manual of Hydrographic Surveying”</i> | UK Hydrographic Office |
| 1998 | <i>“Side Scan Versus MBES Object Detection - A Comparative Analysis”</i> | Brissette MB & Hughes Clarke
JE |
| 2001 | <i>“LEEWIN Class Operating System”</i> | Australian Hydrographic
Service |
| 2004 | <i>“Hydrographic Quality Assurance Instructions for Admiralty Surveys”</i> | UK Hydrographic Office |

