



## CLASSIFICAÇÃO DE LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS PARA EFEITOS DE ENGENHARIA

João Vicente; Carlos Marques; Cristina Monteiro; Leonor Veiga; Marina Miranda  
Instituto Hidrográfico

[dt.hi.chf@hidrografico.pt](mailto:dt.hi.chf@hidrografico.pt); [videira.marques@hidrografico.pt](mailto:videira.marques@hidrografico.pt); [cristina.monteiro@hidrografico.pt](mailto:cristina.monteiro@hidrografico.pt);  
[leonor.veiga@hidrografico.pt](mailto:leonor.veiga@hidrografico.pt); [marina.miranda@hidrografico.pt](mailto:marina.miranda@hidrografico.pt)

### Resumo

A 6.<sup>a</sup> edição da S-44 'IHO Standards for Hydrographic Surveys', publicada em setembro de 2020, pela *Internacional Hydrographic Organization* (IHO) foi desenhada de forma a permitir a classificação de qualquer levantamento hidrográfico, independentemente do seu propósito. Esta edição pretende ir ao encontro das necessidades de todas as entidades (públicas ou privadas) que precisam de dados hidrográficos como instrumento de apoio à decisão, como por exemplo, no âmbito da indústria e ciência: exploração de gás e petróleo, energias renováveis, dragagem, biologia marinha, geofísica, geologia e geotécnica.

Para efeitos de segurança da navegação, a IHO mantém a classificação por Ordens, definindo para cada ordem os respetivos requisitos mínimos. Para todos os levantamentos efetuados para outros fins que não a segurança da navegação, a IHO entende que não lhe compete definir classificações e requisitos mínimos, pelo que criou uma matriz para auxiliar as respetivas entidades competentes a fazê-lo.

A matriz de critérios e atributos é uma ferramenta que visa possibilitar, por parte das entidades competentes, a classificação de levantamentos hidrográficos realizados em função das suas características. As entidades podem recorrer à matriz *à priori*, isto é, na fase que antecede o levantamento para definirem os requisitos mínimos que pretendem exigir no âmbito de um determinado levantamento hidrográfico tendo em conta os objetivos do mesmo (e.g dragagens, monitorização de uma infraestrutura barragem/eclusa/molhe; acompanhamento do processo de construção de uma infraestrutura; etc); e/ou *à posteriori* para classificar o levantamento através das características que foram alcançadas e que sejam passíveis de comprovar.

Qualquer levantamento hidrográfico independentemente do seu objetivo, continua a poder ser classificado com uma das Ordens, definidas na S-44 pela IHO, caso se comprove que satisfaz todos os requisitos mínimos exigidos para essa ordem. A maior inovação desta edição é permitir a classificação livre de levantamentos, efetuada através da seleção adequada das células da matriz, consoante as características alcançadas. Também é possível efetuar uma classificação mista recorrendo à ordem e especificando os critérios alcançados que superaram os atributos exigidos para essa ordem.

Realça-se ainda a criação de uma nova Ordem «exclusiva», cujos requisitos são ainda mais exigentes que os da Ordem especial. Embora tenha sido criada para efeitos de segurança da navegação, esta ordem foi baseada nas necessidades da engenharia identificadas por alguns estados-membros da IHO.

Além da importância de definir adequadamente os requisitos mínimos para um levantamento hidrográfico em função do seu objetivo, é fundamental que o levantamento seja acompanhado dos respetivos metadados e/ou relatório técnico, para que fique devidamente documentada e comprovada a lista dos requisitos alcançados.

Neste artigo, são apresentados alguns casos exemplificativos de classificação de levantamentos hidrográficos, para os quais foram definidos os requisitos mínimos que melhor se ajustam ao objetivo do levantamento.



## Introdução

Com o incremento exponencial da procura de informação hidrográfica pela comunidade em geral, para os mais diversos fins, que não apenas a segurança da navegação, a *International Hydrographic Organization* (IHO) foi impelida a atualizar a publicação S-44 'IHO Standards for Hydrographic Surveys', de modo a permitir a classificação de qualquer levantamento hidrográfico, independentemente do seu propósito.

As tendências cada vez mais abrangentes de políticas de livre acesso e partilha de dados hidrográficos dinamizadas por diversos organismos e entidades públicas nacionais e internacionais, a evolução e a diversificação dos sistemas de aquisição de dados hidrográficos, o aparecimento das mais variadas plataformas de sondagem autónomas, a capacidade, cada vez maior, de processamento e armazenamento, e a facilidade de transferência de dados (que há muito deixou de ser uma limitação, embora continue a ser um desafio de segurança e gestão), e a disponibilização gratuita de um grande volume de dados *Crowdsourcing*, são outros fatores que foram tidos em conta, para a redefinição dos conteúdos e dos critérios de classificação da S-44.

Perante a quantidade e a disponibilidade de novos dados hidrográficos, a IHO reconheceu a necessidade emergente de ter uma ferramenta para classificar adequadamente todos estes dados. A IHO deixa às entidades produtoras e/ou às entidades responsáveis pelos dados a responsabilidade de classificação dos seus próprios levantamentos. O importante é perceber que não basta realizar levantamentos hidrográficos, é preciso conhecer a qualidade dos dados daí resultantes, para que possam ser usados criteriosamente pelos utilizadores finais e alcançar os objetivos a que se propõem. A partilha e a divulgação de dados e dos respetivos metadados (documentada a fonte e a qualidade dos mesmos) permite que possam ser adequadamente escolhidos e usados, por uma grande diversidade de utilizadores para os mais diversos fins, de uma forma consciente e assumindo a sua adequação ou apresentando as respetivas ressalvas, quando aplicável.

A 6.<sup>a</sup> edição desta publicação internacional de referência, mantém a segurança da navegação como foco primordial. No entanto, para auxiliar as entidades produtoras de dados e os utilizadores finais, a IHO decidiu incluir uma ferramenta em formato de «Matriz», para ajudar a classificação, *à priori* e *à posteriori*, dos levantamentos hidrográficos. Porque os objetivos de um levantamento hidrográfico podem ser muito diversificados, considera-se que o mais importante é definir bem os requisitos que se pretendem para um determinado objetivo, para que a informação adquirida e processada seja usável para o propósito estabelecido.

A Matriz apresenta um espectro de critérios muito abrangente e pormenorizado que permite classificar qualquer conjunto de dados hidrográficos independentemente da sua qualidade, da tecnologia do sistema de aquisição empregue e dos procedimentos e metodologias aplicadas. A escolha adequada das células da matriz permite classificar toda a gama de levantamentos: desde levantamentos sistemáticos realizados com sistemas de aquisição de alta resolução e conduzidos e processados por hidrógrafos qualificados, até aos levantamentos expedidos feitos por não especialistas em situação de trânsito ou através de métodos indiretos e experimentais, recorrendo a veículos autónomos e/ou equipamentos de baixo custo ou sondas de navegação ou de pesca, entre outros.

A publicação foi desenhada propositadamente de modo a ser independente da tecnologia – cabe às entidades produtoras e/ou às entidades responsáveis pela avaliação da conformidade dos dados, classificar os levantamentos, em função das características alcançadas para cada critério de classificação, apresentando, sempre que aplicável, a respetiva documentação e os resultados da análise estatística necessária que corroboraram a classificação atribuída.

As entidades competentes, levadas pelo desígnio de otimizar e rentabilizar a capacidade das infraestruturas atuais pelas quais são responsáveis, tornaram-se cada vez mais exigentes no que se refere à qualidade dos levantamentos hidrográficos que sustentam todas as atividades



dentro das suas áreas de jurisdição (exemplo: portos; canais de navegação). Ser detentor de dados hidrográficos atualizados, conhecer e ter capacidade para interpretar todos os parâmetros de qualidade do levantamento, nomeadamente as incertezas<sup>1</sup> totais de posicionamento horizontal e vertical associados à posição e ao valor de profundidade de cada sonda, a % da cobertura batimétrica<sup>2</sup>, a % da área de trabalho onde foi feita a busca e deteção de todas as estruturas com dimensões superiores às pré-definidas, é uma ferramenta fundamental de apoio à decisão e/ou gestão de risco, que permite às entidades competentes planear com maior rigor as atividades a desenvolver, ou definir operações em condições de manobrabilidade otimizadas, diminuindo tendencialmente e na medida do possível a folga abaixo da quilha, para rentabilizar ao máximo a utilização das suas infraestruturas, mas sempre salvaguardando os padrões de segurança impostos.

### **Etapas da classificação de um levantamento hidrográfico – da conceção até à classificação final**

De uma forma geral, e considerando o cenário nacional, a classificação de um levantamento hidrográfico previamente planeado e pensado numa perspetiva de prestação de serviços, passa pelas etapas apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Etapas da classificação de um levantamento.

<b>Etapa</b>	<b>Entidade</b>	<b>Descrição</b>
<u>Conceção</u>	Entidade requerente	Identificação da necessidade do levantamento para um determinado objetivo e definição dos requisitos mínimos adaptados a esse objetivo e das restantes especificações técnicas (definição dos entregáveis e de toda documentação técnica inerente - Relatório Técnico Final).
<u>Proposta (análise)</u>	Entidade requerente	Análise da melhor proposta, verificando se a entidade executante que se propõe a realizar os trabalhos reúne as condições (equipamentos; metodologias; recursos humanos, etc) para efetuar o levantamento satisfazendo os requisitos mínimos exigidos.
<u>Levantamento Hidrográfico (LH)</u>	Entidade executante	Planeamento dos trabalhos, execução, processamento de dados, elaboração dos produtos finais e de toda a documentação técnica.  Classificação do levantamento em função da qualidade dos dados finais validados, justificando adequadamente, para cada critério, os valores alcançados.
<u>Conformidade do LH</u>	Entidade requerente (ou por entidade independente de consultoria, contratada para o efeito)	Verificação da conformidade do LH, através da análise e confrontação das especificações técnicas dos entregáveis (dados; produtos finais e relatórios técnicos) com as especificações técnicas contratualizadas, verificando em especial se os requisitos mínimos pré-definidos foram alcançados e se foram devidamente comprovados e documentados.

Na primeira etapa, a conceção do levantamento, que antecede o levantamento propriamente dito, são identificadas pela entidade requerente, com competências numa determinada área de intervenção, as razões que desencadeiam a necessidade de obter dados hidrográficos

<sup>1</sup> **Incerteza:** estimativa que caracteriza um intervalo de valores, dentro do qual se espera, que esteja o valor verdadeiro de uma medição, definida para um nível de confiança de 95%.

<sup>2</sup> **Cobertura batimétrica:** extensão da área levantada, onde as profundidades foram medidas usando um método sistemático.



atualizados, em função das quais são definidos o(s) objetivo(s) de utilização desses dados e a respetiva área de trabalho.

Razões como a definição de um novo canal de navegação, a manutenção da profundidade de zonas acostáveis ou de uma zona de manobra têm um objetivo em comum: salvaguarda da segurança da navegação. Num dos casos mais comuns, em que a razão do(s) levantamento(s) é a monitorização de operações de dragagem, normalmente há dois objetivos simultâneos: sustentar o cálculo de volumes (pré: a dragar e pós: efetivamente dragado) e definir (pré) e verificar (pós) a profundidade de dragagem, objetivos esses que implicitamente se encontram relacionados a com segurança da navegação.

Outras razões como sejam a definição dos limites uma área reservada (reserva natural; aquicultura; depósito de dragados) ou uma área para prospeção de um recurso geológico, ou um estudo de impacto ambiental, podem conduzir a levantamentos com o objetivo comum de conhecer genericamente a morfologia do fundo, mas dependendo do objetivo específico e das profundidades da área, terem requisitos diferentes.

Assim, a entidade requerente deve definir os requisitos mínimos adequados ao levantamento hidrográfico em função do objetivo do mesmo. Havendo vários objetivos simultâneos para o mesmo levantamento, é importante que os requisitos mínimos escolhidos satisfaçam o objetivo mais exigente.

Nos levantamentos hidrográficos que obrigam à elaboração de um concurso público, os requisitos mínimos são habitualmente referidos nas cláusulas técnicas, aparecendo discriminados detalhadamente em anexos dedicados a essas especificações técnicas.

Na elaboração das especificações técnicas citadas, as entidades requerentes podem agora recorrer à Matriz da 6.<sup>a</sup> edição da S-44 (IHO, 2020), para especificar os requisitos, selecionando as células que fazem corresponder a cada critério os respetivos valores de qualidade que pretendem que sejam alcançados.

Nestas especificações é também importante, solicitar prova da capacitação dos sistemas de aquisição (e.g. sistemas acústicos; lidar batimétrico); descrição de metodologias e procedimentos, apresentação do cálculo da estimação de incertezas (*à priori*), qualificação dos técnicos envolvidos, calendarização, etc.

A entidade requerente deve ainda discriminar detalhadamente quais os entregáveis que pretende, os respetivos formatos e solicitar um relatório técnico final com toda a documentação necessária que comprove a classificação final atribuída ao levantamento e/ou a cada um dos requisitos pré-definidos.

Na etapa seguinte, a entidade requerente deve analisar cuidadosamente as propostas recebidas, por forma a avaliar se o proponente tem capacidade técnica para a execução do levantamento hidrográfico, utiliza metodologias e tem recursos humanos adequados para alcançar os requisitos mínimos definidos para esse levantamento.

Durante todas as fases do levantamento hidrográfico (planeamento; execução, processamento e construção dos produtos finais) é suposto a entidade executante efetuar, de uma forma transversal, a monitorização e controlo de qualidade do levantamento, desde verificar os parâmetros de instalação e os valores de calibração dos sistemas (quando aplicável), ajustando em tempo real, caso necessário os seus procedimentos por forma a garantir a satisfação dos requisitos pré-definidos.

Não devemos esquecer que normalmente as condições METOC (meteorológicas e oceanográficas) são fundamentais e que podem em alguns casos (até) comprometer a qualidade dos dados, ou inviabilizar os trabalhos de campo num determinado período forçando a um reajuste da calendarização planeada. Outras vezes, em tempo real, é preciso adaptar, reverter e/ou repetir operações para salvaguardar a qualidade dos dados. Por exemplo: num levantamento com sondador multifeixe, é determinante adquirir novos dados de *Sound Velocity Profile*, sempre que a velocidade do som à face do transdutor indicar alterações significativas relativamente ao perfil em uso.



A entidade requerente pode solicitar, no caderno de encargos, nas especificações técnicas (ou em sede de contrato), relatórios de acompanhamento e monitorização da realização das tarefas intermédias (relatório de progresso de trabalho) e até o acompanhamento presencial da execução dos trabalhos (se entender ter capacidade técnica para tal).

À entidade executante cabe planear os trabalhos de campo, efetuar a aquisição dos dados e o respetivo processamento, classificar o levantamento (atribuindo uma ordem, se este foi efetuado para efeitos de segurança de navegação) ou classificando individualmente para cada critério o atributo (valor quantitativo/qualitativo) que foi alcançado. Na maioria dos levantamentos, são ainda requeridos produtos finais de cartografia hidrográfica (implantações gráficas a uma determinada escala, com a seleção das profundidades representativas e o traçado da isobatimetria), imagens georreferenciadas; nuvem de pontos validados, etc, assim como a respetiva metainformação e o relatório técnico final.

Após receber os produtos finais, a entidade requerente (ou uma entidade consultora independente por ela contratada para esse efeito) deve avaliar a conformidade do levantamento hidrográfico confrontando as especificações dos entregáveis com o que foi previamente definido nas especificações técnicas contratualizadas, verificando toda a informação disponível e, em particular, se os requisitos mínimos pré-definidos foram atingidos e se se encontram devidamente comprovados e documentados. No final deste artigo, são apresentadas algumas recomendações de alguns itens que devem ser analisados com a devida atenção na fase de conformidade do levantamento hidrográfico (principalmente nos levantamentos com a cobertura batimétrica total).

### **Classificação de um levantamento hidrográfico para efeitos de segurança de navegação**

Os levantamentos hidrográficos, para efeitos de segurança da navegação, são agora classificados em 5 ordens: Exclusiva, Especial, 1a, 1b e 2 em função da área a sondar e do tipo de navegação esperado.

Nesta edição, é introduzida a «cobertura batimétrica» como um novo critério na classificação dos levantamentos e são apresentadas ainda recomendações relativas aos metadados, deteção de estruturas e modelação batimétrica.

A ordem “Exclusiva” considerada nesta nova edição da publicação, é mais exigente do que a ordem Especial (a melhor da edição anterior), uma vez que os seus requisitos são mais difíceis de alcançar. Esta nova ordem foi pensada para abranger as necessidades de alguns países membros e inspirada nos padrões nacionais da Suécia e Canadá que nas suas especificações internas já incluíam uma ‘ordem’ mais exigente, para efeitos de segurança da navegação, controle de dragagens e efeitos de engenharia. A IHO seguiu a tendência dos requisitos e até respeitou a própria designação atribuída à ordem.

Segundo a IHO (2020), os levantamentos hidrográficos de Ordem Exclusiva são uma extensão da Ordem Especial com requisitos mais exigentes de incerteza e cobertura de dados. A sua utilização deve restringir-se a áreas de águas pouco profundas (portos, zonas de atracação e áreas críticas de vias navegáveis e canais de navegação) onde o uso da coluna de água é excepcional e se encontra otimizado, e em áreas críticas específicas cuja folga abaixo da quilha é mínima e as características do fundo sejam potencialmente perigosas para os navios. Para esta Ordem, é requerida uma busca por estruturas de 200% e uma cobertura batimétrica de 200%. O tamanho das estruturas a detetar é agora de 1/2 metro, deliberadamente mais exigente do que o definido para a Ordem Especial e as incertezas horizontal e vertical são as que se encontram definidas na tabela abaixo. A Tabela 2 é uma adaptação da tabela que consta na versão portuguesa da 6.<sup>a</sup> edição da S-44 (IHO, 2020) que resume os requisitos mínimos estabelecidos para cada ordem.



Tabela 2. Requisitos Mínimos de Batimetria para Levantamentos Hidrográficos para a Segurança da Navegação. \* = Referência à Matriz.

CrITÉRIOS	Ordem 2	Ordem 1b	Ordem 1a	Ordem Especial	Ordem Exclusiva
<b>Descrição da Área</b>	Áreas onde a descrição geral do fundo é considerada adequada.	Áreas onde a folga abaixo da quilha não é considerada um problema para o tipo de navios à superfície esperado na área.	Áreas onde, embora a folga abaixo da quilha não seja um problema, espera-se que possam existir estruturas/feições que podem colocar em risco a navegação.	Áreas onde a folga abaixo da quilha é crítica.	Áreas onde a folga abaixo da quilha e a manobrabilidade são estritamente mínimas.
<b>Incerteza horizontal total THU<sup>3</sup></b> (máxima admissível)	20 m + 10% da profundidade *Ba5, Bb2	5 m + 5% da profundidade *Ba8, Bb3	5 m + 5% da profundidade *Ba8, Bb3	2 m *Ba9	1 m *Ba10
<b>Incerteza vertical total TVU<sup>4</sup></b> (máxima admissível)	Os parâmetros "a" e "b", juntamente com a profundidade "d" em metros, devem ser introduzidos na fórmula para calcular a TVU máxima admissível: $TVU_{max}(d) = \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$				
	a = 1.0 m b = 0.023 *Bc7, Bd4	a = 0.5 m b = 0.013 *Bc8, Bd6	a = 0.5 m b = 0.013 *Bc8, Bd6	a = 0.25 m b = 0.0075 *Bc10, Bd8	a = 0.15 m b = 0.0075 *Bc12, Bd8
<b>Deteção de Estruturas/feições</b>	Não especificado	Não especificado	Estrutura cúbica > 2 m, em áreas com profundidades até 40 m; 10% da profundidade em áreas mais profundas do que 40 metros *Be5, Bf3 além dos 40m	Estruturas cúbicas > 1 m *Be6	Estruturas cúbicas > 0.5 m *Be9
<b>Busca por Estruturas/feições [%]</b>	Embora seja recomendado, não é exigido	Embora seja recomendado, não é exigido	100% *Bg9	100% *Bg9	200% *Bg12
<b>Cobertura Batimétrica [%]</b>	5% *Bh3	5% *Bh3	≤ 100% *≤ Bh9	100% *Bh9	200% *Bh12

<sup>3</sup> THU acrónimo original de Total Horizontal Uncertainty

<sup>4</sup> TVU acrónimo original de Total Vertical Uncertainty



### Matriz – ferramenta de classificação de levantamentos hidrográficos

A Matriz foi introduzida para permitir uma maior flexibilidade na avaliação e classificação de levantamentos hidrográficos (IHO,2020). Esta ferramenta está organizada de uma forma temática, agrupando os critérios em 4 classes, conforme descrito na Tabela 3:

Tabela 3 – Classes e Descrições da Matriz (IHO,2020)

	Classes	Descrições
<b>B</b>	Batimetria	Profundidades e estruturas
<b>P</b>	Outros Tipos de Posicionamento	Localização de estruturas acima do referencial vertical
<b>W</b>	Correntes	Direção e intensidade de correntes
<b>N</b>	Natureza do Fundo	Caracterização do fundo

A classificação dos critérios é obtida através de uma série de códigos alfanuméricos (três caracteres) que são referenciados às células da Matriz, conforme se explica a seguir e se exemplifica na Figura 1:

1. O primeiro caractere é uma letra maiúscula que identifica a classe.
2. O segundo caractere é uma letra minúscula correspondente a uma determinada linha da Matriz (critério).
3. O terceiro caractere é um número correspondente a uma determinada coluna da Matriz.

Criteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>P</b> OTHER POSITIONING ABOVE THE VERTICAL REFERENCE OUTROS TIPOS DE POSICIONAMENTO ACIMA DA REFERÊNCIA VERTICAL									
<b>a</b> Fixed Aids, Features Significant to Navigation THU [m] Auxílios Fixos, Estruturas Significativas para a Navegação THU [m]	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2
<b>b</b> Fixed Aids, Features Significant to Navigation TVU [m] Auxílios Fixos, Estruturas Significativas para a Navegação TVU [m]	3	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	0.01	
<b>c</b> Floating Aids and Objects THU [m] Auxílios Flutuantes, Objetos THU [m]	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2

Figura 1 - Exemplo: **Pb4**

P – Identifica a classe de “**Outros Posicionamentos**”

b - Identifica o critério: a **TVU [m]** das Ajudas Fixas e Estruturas Significativas para a Navegação

4 – Identifica o valor de TVU = **0.5 m**

Outra forma, bastante intuitiva e mais fácil de selecionar, comparar e definir os requisitos será colorir diretamente na Matriz, as células que se pretendem.

A IHO encoraja as entidades competentes (quer sejam nacionais, regionais ou locais) a criar as suas próprias especificações adaptadas às suas necessidades e objetivos. A matriz poderá ser uma ferramenta útil para a criação destas especificações, como também pode ser usada à *posteriori* para classificar dados hidrográficos (de aquisição não controlada ou experimental).



### Levantamentos hidrográficos – outras classificações – outros propósitos

Segundo US Army Corps of Engineers (USACE, 2013), os Projetos de Engenharia podem requerer levantamentos hidrográficos de suporte durante qualquer uma das cinco fases do projeto, tal como descrito na publicação ER 1110-2-1150: Fase de Reconhecimento, Fase de Viabilidade, Fase de Engenharia de Pré-construção e Design (PED), Fase de Construção e Fase de Operação e Manutenção. A maior parte dos levantamentos hidrográficos é efetuada durante as três últimas fases e os seus requisitos costumam ser mais exigentes que os definidos para efeitos de segurança da navegação.

Tendo em conta algumas normas nacionais que apresentam especificações para levantamentos para fins de controlo de operações de dragagens e para efeitos de engenharia (manutenção de estruturas portuárias, reservatórios, eclusas e barragens, revestimentos, quebra-mares, duques de Alba, investigações de estruturas submarinas, *wrecks*, restituição de praias), percebemos que para estes propósitos os requisitos de uma forma geral, são iguais ou mais exigentes do que os da ordem especial da IHO.

Na Tabela 4, resumem-se as incertezas máximas admissíveis horizontal (posicionamento) e vertical (profundidade), definidas por algumas instituições governamentais, para LH para efeitos de controlo de dragagem (Veiga, 2009).

	Máxima incerteza horizontal (95%)	Máxima incerteza vertical (95%) $TVU_{max}(d) = \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$
<b>IHO S-44</b> Ordem Especial	2m	a = 0.25m b = 0.0075
<b>IHO S-44 (setembro, 2020)</b> Ordem Exclusiva	1m	a = 0.15m b = 0.0075
<b>Holanda (RWS)</b> Norma 1	0.30m (RTK)	a = 0.25m b = 0.0075 c = 0-0.5m (parâmetro usado quando há suspeita de condições adversas que propiciam o aumento da incerteza).
<b>IMCA</b> <b>International Marine</b> <b>Contractors Association</b> Ordem 1	---	1 x IHO S-44
<b>Suécia (SMA)</b> Ordem Exclusiva	---	incerteza do modelo batimétrico a = 0.15m b = 0.004
<b>EUA</b> <b>USACE(2002)</b> Navigation & Dredging	< 2m	(RMS) fundo compacto ou rochoso ± 0.15m se d < 5m ± 0.3m se 5m < d < 12m ± 0.3m se d > 12m (RMS) fundo pouco compacto ± 0.15m se d < 5m ± 0.3m se 5m < d < 12m ± 0.61m se d > 12m

Tabela 4 – Informação adaptada do resumo de incertezas máximas admissíveis, definidas em algumas normas para LH (Veiga, 2009), atualizada com os requisitos mínimos da nova ordem exclusiva da IHO.

Embora a atual edição da S-44 continue a não apresentar especificações para os modelos batimétricos, já contém um anexo dedicado aos mesmos. Existem alguns organismos nacionais (por exemplo a Suécia) cujos requisitos definidos são apensos aos modelos batimétricos (e não aos dados). É importante perceber que tão importante como a qualidade dos dados é a escolha adequada e a qualidade dos produtos finais que os representam. Para levantamentos com cobertura total do fundo, a densidade de dados é tal, que o recurso a algoritmos estatísticos que estimem a profundidade mais provável numa determinada unidade de área (1m, 0.5m, 0.25m; baixas profundidades) passou a ser uma prática comum na criação do produto final básico (a partir do qual são gerados os restantes produtos finais) pela maioria dos serviços hidrográficos.





O exemplo que se segue, é de uma autoridade portuária australiana, a PILBARA Ports Authority (PPA) que atualizou as suas próprias especificações (maio de 2021), fazendo referência à 6.<sup>a</sup> edição da S-44 e às especificações nacionais, definindo vários níveis de exigência em função da área e do objetivo do LH. Na figura 2, podemos comparar os requisitos mínimos exigidos por esta entidade para os levantamentos hidrográficos de maior rigor, em canais de navegação assinalados, para diversos objetivos no contexto da gestão portuária incluindo segurança da navegação, com as ordens da IHO, através da coloração das células da matriz (*string*).

Critérios		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
B	BATIMETRIA														
a	Profundidade THU [m]	500	200	100	50	20	15	10	5	2	1	0.5	0.35	0.1	0.05
b	Profundidade THU [% da profundidade]	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.1						
c	Profundidade TVU "a" [m]	100	50	25	10	5	2	1	0.5	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05
d	Profundidade TVU "b" <i>Nota 1</i>	0.20	0.10	0.05	0.023	0.02	0.013	0.01	0.0075	0.004	0.002				
e	Deteção de Estruturas/Feições [m]	50	20	10	5	2	1	0.75	0.7	0.5	0.3	0.25	0.2	0.1	0.05
f	Deteção de Estruturas/Feições [% da Profundidade]	25	20	10	5	3	2	1	0.5	0.25					
g	Busca por Estruturas/Feições [%]	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	
h	Cobertura Batimétrica [%]	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	

Ordem Especial – 6.<sup>a</sup> edição S-44 IHO  
 Ordem Exclusiva – 6.<sup>a</sup> edição S-44 IHO  
 Especificações LH – PILBARA PORTS AUTHORITY (maio 2021)

Figura 2 – Matriz de batimetria – com a liustração das especificações da PILBARA PORTS AUTHORITY (PPA,2021) e das ordens mais exigentes definidas na S-44 (IHO, 2020)

Analisando a matriz apresentada na Figura 2, percebemos que os LH da PPA, podem também ser classificados com a ordem exclusiva da IHO, uma vez que cumprem todos os requisitos mínimos exigidos, alcançando até valores de incerteza horizontal e vertical mais exigentes.

Esta entidade define ainda especificações para o produto final básico - modelo batimétrico final referindo que os dados finais processados devem derivar da seleção da sonda mínima, de um BIN de 1 metro, a partir de uma superfície de 0.25m de resolução construída através de métodos estatísticos que utilizem a totalidade dos dados brutos, assim como outras especificidades dos restantes produtos derivados e do conteúdo mínimo que pretendem que seja documentado no relatório técnico final.

### Recomendações - Análise da conformidade de um LH

A avaliação da conformidade do LH, deve ser feita analisando os diversos entregáveis (dados, produtos e documentação). O relatório técnico final do LH é o documento que reúne toda a informação necessária para auxiliar a análise da conformidade do levantamento. Deve ser abrangente e explicar de forma compreensiva e clara como o levantamento foi realizado e como foram atingidos e comprovados os requisitos exigidos.



Recomenda-se a análise dos seguintes itens:

- Descrição concisa de todo o trabalho realizado (metodologias, procedimentos, equipamentos, softwares e filtros aplicados);
- *Offsets* de instalação e de calibração (quando aplicável) dos diversos sensores relativos ao referencial da plataforma;
- Verificação das medições em relação às marcas de referência oficiais, incluindo resultados e subsequentes ajustes e calibrações;
- Prova de que os requisitos individuais foram alcançados por meio de verificações, calibrações e controlo de qualidade (QC), intermédios e finais. Os requisitos devem ser verificados individualmente, valores de incertezas TVU e THU alcançados incluindo a análise do algoritmo de estimação de incerteza; análise da consistência e repetibilidade dos dados – estatística proveniente de fiadas de verificação ou de zonas onde há redundância de dados; análise da cobertura batimétrica – identificação e justificação dos *holidays* (se aplicável); análise da metodologia de busca e deteção de estruturas;
- Metodologia de processamento de dados, incluindo descrição das correções e dos algoritmos aplicados nesta fase;
- Descrição das características dos produtos finais e dos algoritmos de seleção de sondas e construção de batimetria;
- Informação relativa ao cálculo de volumes (se aplicável);
- Consistência dos Metadados (estes devem ser elaborados preferencialmente num formato *standard*, onde seja possível discriminar a classificação critérios alcançados).

Dos vários itens acima listados salientam-se, para efeitos de engenharia e controlo de dragagens, algumas notas técnicas relativas aos dois itens abaixo explanados.

### **Verificação do modelo de separação entre o elipsoide e o NMA**

Atualmente na maioria dos LH, recorre-se à utilização de dados GNSS RTK<sup>5</sup> com aplicação do modelo do geóide para redução da sondagem ao Zero Hidrográfico (ZH). Deve ser efetuada uma verificação sobre as marcas de nivelamento (MN) existentes no local do levantamento para analisar se o modelo do geóide se ajusta ao Nível Médio Adotado (NMA).

Em Portugal continental, sempre que as diferenças forem superiores a 5 cm, consoante os requisitos e a ordem do LH, pode ser necessário determinar a ondulação do geóide de forma mais precisa, e mais adaptada à área de trabalho do que o modelo GeodPT08. Em áreas de sondagem de pequena dimensão, o uso de um valor constante de ondulação do geóide que cumpra os requisitos de incerteza do LH pode ser utilizado.

Quando não exista confiança no modelo de separação deve-se, em paralelo, efetuar a redução da sondagem de maré de forma tradicional, através da aplicação de dados maregráficos comparando os resultados obtidos com a utilização das alturas elipsoidais e do modelo do geóide.

Em Sines, por exemplo, a aplicabilidade do modelo foi estudada, em 2019, através da comparação entre as cotas ortométricas referidas ao NMA e as referidas ao modelo GeodPT08 em 14 marcas de nivelamento dispersas pela área de trabalho, obtidas Nivelamento Geométrico e por observações GNSS RTK respetivamente. A média das diferenças obtida, foi de **- 0,189 m** com um desvio padrão de 0,020 metros. Face à consistência dos resultados, foi definido um *offset* de +0,189 m para ajustar o modelo do geóide ao NMA (correção comprovada com a aplicação de dados maregráficos).

---

<sup>5</sup> *Differential Global Navigation Satellite System* (DGNSS), em modo *Real Time Kinematic* (RTK)



### Algoritmo de seleção de sondas (telas finais)

A quantidade de informação (nomeadamente o n.º de sondas) que é adquirida num levantamento hidrográfico é muito superior àquela que é apresentada nos produtos finais. Assim, tem que haver uma seleção de informação que represente o trabalho realizado e que seja fiel à morfologia do fundo. A seleção/escolha dos elementos a representar depende da aplicação dos dados resultantes do levantamento.

Por exemplo, num levantamento para controlo de dragagens, na maioria dos softwares, o cálculo do volume é feito com todas as sondas para que a superfície em análise seja o mais fiel possível à superfície real. No entanto, para avaliar se a profundidade de dragagem foi alcançada, costuma ser feita uma seleção da informação a representar a uma escala adequada à área de trabalho, por imperativos de legibilidade da informação. A escolha adequada do algoritmo de seleção/supressão de sondas é crucial, neste caso e tendo em conta o objetivo é importante que o algoritmo selecione as sondas mínimas. A análise do cumprimento deste objetivo, pode ficar comprometido caso o algoritmo seja outro, conforme se ilustra na figura 3.

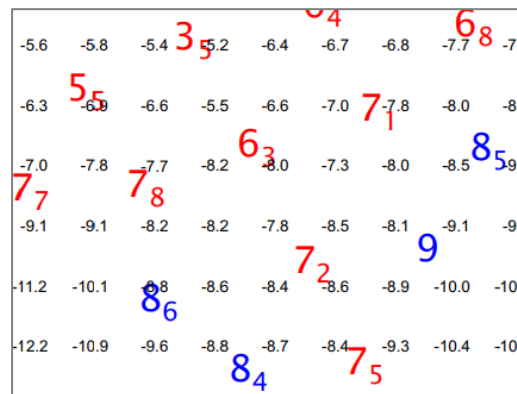


Figura 3 – Comparação dos métodos de seleção de sondas, a partir mesmo produto básico final: modelo batimétrico de 1 m de resolução. Seleção das mínimas (sondas coloridas) versus outro método de seleção de sondas (sondas a preto).

É importante salientar que a avaliação da conformidade do LH não se restringe à análise da informação documentada, pode ser efetuada e corroborada com a análise aos dados e aos respetivos produtos finais. A classificação do LH pode ser degradada se na fase de análise de conformidade se apurar que os requisitos pré-definidos não foram alcançados.

### Conclusões

A *International Hydrographic Organization* publicou, em setembro de 2020, a 6.<sup>a</sup> edição da publicação S-44 'IHO Standards for Hydrographic Surveys'. Esta publicação foi desenhada de modo a ser tecnologicamente independente e estruturada de forma a permitir a classificação de qualquer levantamento hidrográfico, independentemente do seu propósito.

A IHO encoraja as entidades com competência nas suas áreas de jurisdição (a nível nacional, regional ou local), a criarem as suas próprias especificações. Esta edição tem como objetivo incentivar o uso da S-44 para outros fins para além da segurança da navegação. Introduce o conceito de Matriz de critérios para definir concretizações das normas e especificações dos levantamentos. A Matriz por si só não é uma norma, deve ser considerada como uma referência para requisitos dos levantamentos específicos, conforme adequado, e para fornecer um



instrumento para uma classificação mais ampla de levantamentos (IHO, 2020).

Neste artigo, são apresentados alguns exemplos de classificação de levantamentos hidrográficos, para os quais foram definidos os requisitos mínimos ajustados aos respetivos objetivos. É apresentado um resumo (Veiga, 2009) com os valores de incerteza admissíveis definidos em algumas normas governamentais para efeitos de dragagem e as especificações de uma autoridade portuária australiana (PPA, 2021).

Na conceção dos levantamentos hidrográficos, realça-se a importância de definir parâmetros de qualidade adequados ao objetivo do levantamento e verificar na fase de avaliação de conformidade do LH se os mesmos foram atingidos e se encontram devidamente comprovados e documentados.

No mundo global que se vive atualmente, a importância da classificação dos dados passa ainda pela possível reutilização dos mesmos, para outros objetivos diferentes dos originais. Os metadados incluem a classificação do levantamento e/ou dos critérios alcançados, permite a um vasto grupo de utilizadores usar os mesmos dados, de forma criteriosa, para diversos propósitos.

### Referências Bibliográficas

- PILBARA PORTS AUTHORITY (2021) "HYDROGRAPHIC SURVEY STANDARDS AND DELIVERABLES" - AUSTRALIA (versão 11, de 14 maio 2021)
- IHO (2020). "S44 - IHO Standards for Hydrographic Surveys. 6ª Edição, Organização Hidrográfica Internacional. Disponível online versão original e versão portuguesa, [https://iho.int/uploads/user/pubs/standards/s-44/20211216\\_S-44\\_Ed6\\_2.0.1\\_Portugu%C3%AAs\\_v2F.pdf](https://iho.int/uploads/user/pubs/standards/s-44/20211216_S-44_Ed6_2.0.1_Portugu%C3%AAs_v2F.pdf) acedido em 02-02-2022
- Veiga, L. et al (2009) "Levantamentos hidrográficos para fins especiais: dragagens" Actas das 1.as Jornadas de Engenharia Hidrográfica, Lisboa, 159-162.
- Monteiro, C. Marques, C. Roscher, N. Carvalho, R. (2018) No caminho de uma nova S-44, reestruturação dos "IHO Standards for Hydrographic Surveys". Actas das 5.as Jornadas de Engenharia Hidrográfica, Lisboa, 57-60.
- USACE (2013). "Engineering and Design – Hydrographic Surveying". U.S. Army Corps of Engineers.