

**A evolução dos modelos de dados hidrográficos: da
Cartografia Eletrónica de Navegação à
multifuncionalidade em ambiente SIG**

Nuno Guilherme Crespo Cristeta da Paixão

**Dissertação em Ordenamento do Território e
Sistemas de Informação Geográfica**

(versão corrigida)

Abril de 2024

Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ordenamento do Território e Sistemas de Informação Geográfica, realizada sob a orientação científica e académica do Professor Doutor Rui Pedro de Sousa Pereira Monteiro Julião.

Autor Copyright ©: Nuno Guilherme Crespo Cristeta da Paixão

Aluno nº. 2021111495

Gestor: Faculdade de Ciências Sociais Humanas e a Universidade Nova de Lisboa

O autor identificado e a Faculdade de Ciências Sociais Humanas e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio existente ou que venha a ser inventado, de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Num mar calmo e que por vezes é agitado resultou num desafio para chegar a bom porto com experiências únicas, no qual tiveram imensos participantes. Um ser humano é enriquecido por aquilo que vive e por aquilo que luta. E será lembrado se essa se basear na honestidade e humildade, com ética e moral.

Aos colegas do Instituto Hidrográfico pela humanidade impressa em cada palavra e ação e pela partilha de conhecimentos da arte de cartografar para uma navegação marítima em segurança, em particular à Ana Moura, Ana Rita Reis, António Manuel, Carla Antunes, Cte. Carlos Videira Marques, Cristina Monteiro, Francisco Sousa, Helena Julião, Leonor Veiga, Paula Marino e Paula Sanches, na melhor experiência profissional no âmbito de grande responsabilidade mundial, ligada a uma das entidades mais importantes e mais história deste país: a Marinha Portuguesa.

Ao orientador e professor Dr. Rui Pedro Julião, aos demais docentes que participaram neste percurso académico e aos colegas deste mestrado.

À família, meus pais e avós, assim como os primos mais presentes.

Aos amigos que são ou foram importantes numa fase preponderante ou prolongada da minha vida, e aos terapeutas que me apoiaram nas fases difíceis.

A EVOLUÇÃO DOS MODELOS DE DADOS HIDROGRÁFICOS: DA CARTOGRAFIA ELETRÔNICA DE NAVEGAÇÃO À MULTIFUNCIONALIDADE EM AMBIENTE SIG

NUNO GUILHERME CRESPO CRISTETA DA PAIXÃO

RESUMO

A navegação marítima é um setor de atividade crucial no mundo moderno. Em simultâneo, é uma área com imensos desafios ao nível da segurança e dos meios, tanto das embarcações, como nos portos e nas rotas, pois as condicionantes de obstáculos escondidos pela água, juntando à variabilidade do estado do tempo e agitação marítima, tornam esta atividade de enorme risco. Desta forma, foi necessário um esforço conjunto internacional para a uniformização de normas, métricas, linguagens e modelo de dados. Para este âmbito, a Organização Hidrográfica Internacional (OHI) é a entidade internacional para a coordenação nesta matéria, em conjunto com muitas outras entidades, nomeadamente a Organização Marítima Internacional (IMO), responsável pela Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS). Estas normas estabelecem que as embarcações devem recorrer a um sistema eletrónico integrado de cartografia eletrónica (ECDIS) a bordo, carregando as Cartas Eletrónicas de Navegação (ENC), modeladas pelas especificações da OHI S-57 e S-52, tornando-se um dos pilares para a segurança e eficiência da navegação marítima, assim como as *inland* ENC para navegação fluvial, em lagos e canais.

O S-57 foi formalmente adoptado em 1992 e implementado pela OHI para permitir a troca de informação hidrográfica entre agências hidrográficas, fabricantes de ECDIS, navegadores e outros utilizadores, encontrando-se “congelado” desde a edição 3.1. Contudo, com crescentes necessidades resultantes da ampliação do setor e evolução tecnológica, foi sendo preparado um novo modelo universal de dados hidrográficos, denominado S-100. Dentro do universo do modelo S-100, existe a especificação S-101 para a produção de ENC e reflete a necessidade da navegação marítima evoluir para um sistema dinâmico e integrado de informação geoespacial. O S-101 não constitui uma reformulação radical em relação ao S-57. Todavia reflete alterações ao nível da estrutura e modelo de dados de modo a beneficiar de uma estrutura mais flexível, orientado de acordo com a série 19100 das normas ISO referentes à informação geoespacial, permitindo alcançar e implementar o conceito “*e-navigation*” apresentado e regulamentado pela IMO.

Este estudo incide sobre as diferenças das especificações e dos *software* de compilação, edição e gestão desta informação geoespacial, num ambiente SIG com especificidade de cartografia náutica e dados marítimos. A conversão e adaptação do novo modelo S-100 é um desafio enorme para as agências hidrográficas, produtores de *software* e equipamentos, tendo em conta que qualquer falha pode tornar-se desastroso ou incorrer em imensos prejuízos. Existem apenas quatro pacotes de *software* para este efeito: *ArcGIS Maritime*, *CARIS*, *SevenCs* e *dKart*, os quais foram alvo de análise comparativa.

PALAVRAS CHAVE: Carta Eletrónica de Navegação, Cartografia Náutica, ENC S-57, S-101, Hidrografia, Modelos batimétricos.

THE EVOLUTION OF HYDROGRAPHIC DATA MODELS: FROM ELECTRONIC NAVIGATIONAL CHARTS TO THE MULTIFUNCTIONALITY ON GIS

NUNO GUILHERME CRESPO CRISTETA DA PAIXÃO

ABSTRACT

Maritime navigation is a crucial activity sector in the modern world. At the same time, it is an area with huge challenges at the level of safety and equipment, as well on vessels, ports and routes because of the conditions and hidden obstructions in water, joining the constant variability of weather conditions and maritime swell, makes this an activity of great risk. Thus, it was necessary to joint international efforts for a standardization of metrics, languages and standards.

In this context, the *International Hydrographic Organization* (IHO) is the international main coordinating entity on this subject, in partnership with others agencies, as the *International Maritime Organization* (IMO), responsible for the International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS). These standards establish that vessels must use an integrated electronic mapping system (ECDIS) on board, carrying on the Electronic Navigational Chart (ENC), standardized by the IHO specifications S-57 and S-52, becoming one of the pillars for the safety and efficiency of maritime navigation, as well for river navigation, in lakes and canals.

The S-57 standard was formally adopted in 1992 by IHO to grant the exchange of navigational information between hydrographic agencies, ECDIS manufacturers, navigators and others, being “freeze since 3.1 edition. Nevertheless, due to the growing needs of the sector's expansion and technological evolution, a new universal hydrographic data model, called S-100, was being prepared. In the S-100 model universe there is the S-101 specification for production of ENC and represent the needs for maritime navigation to evolve towards a dynamic and integrated geospatial information system. The S-101 is not a radical redesign of the S-57. However, its changes are more about structure and data model in order to benefit to a more flexible structure, accordingly with the 19100 series of ISO standards associated to geospatial information, allowing the achievement and implementation of the “e-navigation” concept presented and regulated by IMO.

This study focuses on the differences of specifications and compilation software, editing and management of this geospatial information, in a GIS environment with specificity of nautical cartography and maritime data. The conversion and adaptation of the new S-100 model is a huge challenge for hydrographic offices, software and equipment producers, taking into account that any failure can become disastrous or incur huge damage. There are only four software packages for this purpose: ArcGIS Maritime, CARIS, SevenCs and dKart, which have been the target of comparative analysis.

KEYWORDS: Electronic Navigational Chart, Nautical Charts, ENC S-57, ENC S-101, Hydrography, Bathymetric models.

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO	1
2.	ESTADO DE ARTE	8
3.	SISTEMAS, TRATADOS E CONVENÇÕES.....	13
3.1.	Termos e Definições.....	13
3.2.	Sistemas de Referência	16
3.3.	Fontes de informação e Compilação.....	18
3.4.	Tratados e instituições de âmbito marítimo internacional.....	22
3.4.1.	SOLAS	24
3.4.2.	MARPOL.....	25
3.4.3.	IALA	26
3.4.4.	IC-ENC.....	29
3.5.	<i>E-navigation</i>	30
4.	ESPECIFICAÇÕES.....	32
4.1.	Especificações Hidrográficas da OHI	32
4.1.1.	Lista Geral.....	32
4.1.2.	S-4 – Especificações para as Cartas Náuticas da OHI	35
4.1.3.	S-57 – Padrão de transferência de dados hidrográficos digitais (CEN)	37
4.1.4.	S-52 – Padrão de aspeto de visualização e simbologia	40
4.1.5.	S-58 – Consistência e Validações.....	42
4.1.6.	S-63 – Encriptação.....	43
4.1.7.	S-98 – Interoperabilidade de produtos em sistemas de navegação.....	44
4.1.8.	S-100 – Modelo Universal de Dados Hidrográficos.....	47
4.1.9.	S-101 – Especificação de Produto CEN.....	52
4.2.	<i>Inland ENC</i>	55
5.	METODOLOGIA.....	56
6.	SOFTWARE SIG PARA ENC S-57 & S-101	58
6.1.	QGIS.....	58
6.2.	Global Mapper.....	64
6.3.	SevenCs	66
6.3.1.	SeeMyENC	66
6.3.2.	ENC Designer	67
6.3.3.	7Cs Analyzer	69
6.3.4.	ENC Manager.....	70
6.3.5.	ENC Referencer	72
6.3.6.	ENC Optimizer	72

6.3.7.	ENC Bathymetry Plotter	73
6.3.8.	ENC Encryptor Package	74
6.3.9.	S-100 Data Management System (SDMS)	74
6.3.10.	S-101 Reader Plug-In for FME	74
6.3.11.	S-101 Writer Plug-In for FME	75
6.4.	CARIS	76
6.4.1.	CARIS <i>Easy View</i>	77
6.4.2.	CARIS HPD Source Editor	78
6.4.3.	CARIS Product Editor	82
6.5.	ArcGIS Pro.....	82
6.6.	dKart.....	87
6.6.1.	dKart inspector	87
6.6.2.	dKart S-101 Converter	89
6.7.	Outros software SIG	90
7.	RESULTADOS E ANÁLISE	92
7.1.	Conversão S-57 ↔ S-101.....	92
7.2.	Software	95
8.	CONCLUSÃO	99
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
	ÍNDICE DE FIGURAS	108
	ÍNDICE DE TABELAS	111
	ANEXOS	112
	Anexo 1 – Relatório do SevenCs Analyser da CEN PT526308.	112
	Anexo 2 – Relatório do dKart inpector da CEN PT526308.	115
	Anexo 3 – Relatório de conversão de S-57 para S-101 pelo ArcGIS Pro	118
	Anexo 4 – Relatório de conversão de S-57 para S-101 pelo dKart Converter	120
	Anexo 5 – Tabela de Diferenças S-57 para S-101.....	123

LISTA DE ACRÓNIMOS

AML – *Additional Military Layers*

AMN – Autoridade Marítima Nacional

ANAVNET – Avisos aos Navegantes Temporário

ASCII – *American Standard Code for Information Interchange*

BDG – Base de Dados Geográfica

BH – Brigada Hidrográfica

BMmin – Baixa-mar mínima

CEN – Carta Eletrónica de Navegação

CN – Carta Náutica

DGRM – Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos

ECDIS – Electronic Chart Display and Information System

ENC – *Electronic Navigational Chart* (versão inglesa de CEN)

EPSG – *European Petroleum Survey Group*

ESRI – *Environmental Systems Research Institute*

ETPC – Especificações Técnicas para a Produção de Cartografia Hidrográfica

FME – *Feature Manipulation Engine*

GMDSS - *Global Maritime Distress and Safety System*

GML – *Geographic Markup Language*

GNSS – *Global Navigation Satellite System*

GPL – *General Public License*

GRS80 – *Geodetic Reference System*

HPD – *Hydrographic Production Database*

IALA – *International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities*

IC-ENC – *International Centre for Electronic Navigational Charts*

ICOM – Gestão Integrada Costeira e Oceânica

IEHG – *Inland ENC Harmonization Group*

IH – Instituto Hidrográfico

IHO – *International Hydrographic Organization*

IMO – *International Maritime Organization*

IOC – *Intergovernmental Oceanographic Commission*

ISO – *International Organization for Standardization*

MARPOL – *Marine Pollution* (Tratado internacional)

MSDI – *Marine Spatial Data Infrastructure*

NMA – Nível Médio Adotado

NMM – Nível Médio do Mar

NOAA – *National Oceanographic & Atmospheric Administration*

OHI – Organização Hidrográfica Internacional

PMmáx – Preia-mar máxima

RENC – *Regional Electronic Navigational Chart Coordinating Centre*

SFS – Sistema de Feixe Simples

SHOM – *Service hydrographique et océanographique de la marine française*

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SMF – Sistemas Multifeixe (sondagem acústica)

SOLAS – *Safety of Life at Sea*

WGS84 – *World Geodetic System 1984*

WMS - *Web-Map Service*

UTM – Universal Transversa de Mercator

XML – *Extensible Markup Language* (linguagem de marcação informática para ficheiros)

ZH – Zero Hidrográfico

1. INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO

A navegação marítima e fluvial tem sido das principais vias de comunicação para distâncias regionais e até continentais, desde há milhares de anos, tanto para transporte de bens, como de pessoas e animais. A época dos Descobrimentos, iniciada pelos portugueses, foi graças à necessidade de encontrar novas rotas para acesso a bens tão preciosos, como especiarias do oriente, metais preciosos, assim como o descobrimento de novas terras e povos em para os evangelizar no Cristianismo, alimentando a influência da Igreja Católica no mundo. As rotas terrestres eram lentas, de má qualidade com diversos obstáculos e estavam à mercê de imensos postos fronteiriços e salteadores, enquanto a marítima estava ainda por explorar e era mais facilmente acedida pela maior predisposição em enfrentar as adversidades, a qual ganhou maior interesse e dimensão como resultado do desenvolvimento de novas embarcações, tecnologicamente melhor preparadas para o mar agitado, longos percursos e ventos desfavoráveis.



Figura 1 - Mapa português da costa sul de África em 1513 [Livro de Francisco Rodrigues, 1513]

Durante centenas de anos os navegadores têm usado Cartas Náuticas (CN) em papel, denominado de portulano (exemplo representado na figura 1), para navegar com maior segurança e precisão, sendo necessário considerar a variação das profundidades, a correta representação da linha de costa, rochas pouco profundas, bancos de areia, embarcações ou objetos afundados, sinais e pontos de ajudas à navegação, tais como faróis, boias, torres perto a costa, etc.

Nas últimas décadas, depois da Segunda Guerra Mundial, registaram-se grandes mudanças sociais e tecnológicas ao sabor da Terceira Revolução Industrial. [Coutinho, 1992] O sector da navegação marítima é um dos exemplos, massificando-se os transportes marítimos em escalas nunca antes vistas, tanto em quantidade, como em dimensão, resultado da necessidade trazida pela globalização. A indústria naval acompanhou essa necessidade, introduzindo a digitalização em todas as embarcações, incluindo nas de pequenas dimensões, não só para ganho de eficiência, mas principalmente por questões de segurança, tendo em conta que navegar no mar apresenta desafios consideráveis de geolocalização, comunicações, condições meteorológicas, estado do mar e obstáculos.

O tráfego marítimo é, atualmente, o oitavo sector de maior emissão de CO₂. Mas é também o principal meio de transporte do crude e de outros compostos derivados de petróleo, como exemplo na figura 2. Representa cerca de 11% do total das emissões de CO₂ na UE provenientes dos transportes e 3% a 4% do total das emissões de CO₂ na UE. [IMT, 2020]

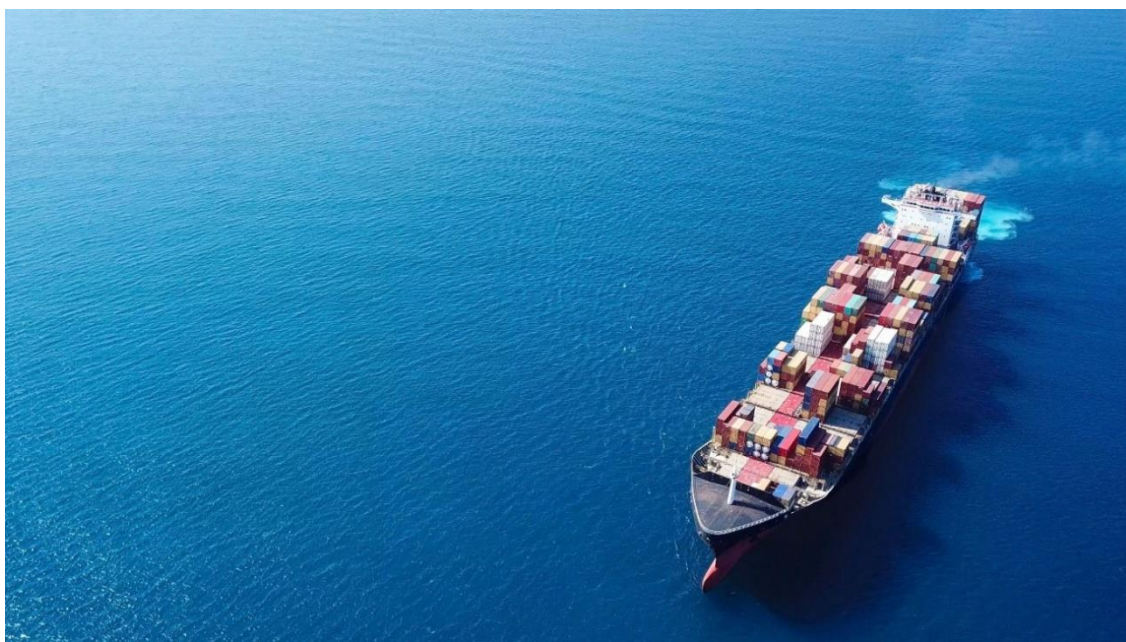


Figura 2 - Fotografia aérea de um navio cargueiro em navegação marítima [IC-ENC, 2023]

É possível aceder ao tráfego marítimo em tempo real e o respectivo histórico através da plataforma de internet *Marine Traffic* – www.marinetraffic.com – com possibilidade de ter algum detalhe de cada embarcação e segui-la, como mostra a figura 3.

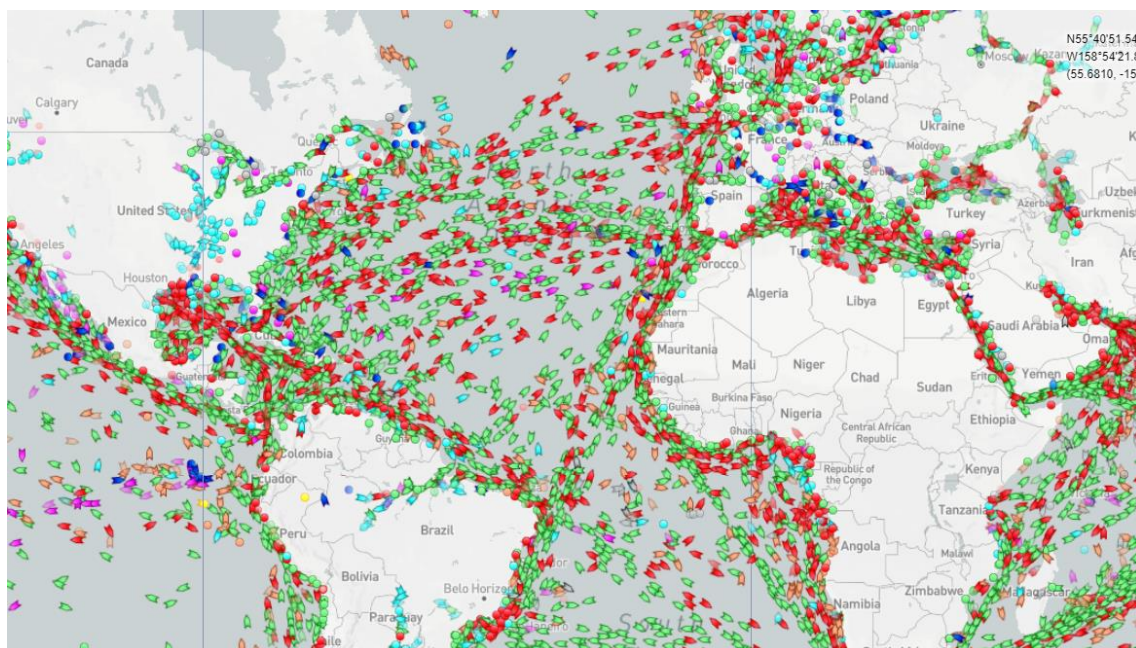


Figura 3 – Marine Traffic [www.marinetraffic.com]

Atualmente os oceanos são monitorizados em tempo real por sistemas de Detecção Remota por satélite, acompanhando embarcações, assinalando situações anômalas e rastreando poluição, derrames, áreas de algas, permitindo que equipas de limpeza especializadas possam entrar em ação rapidamente para remover a poluição e proteger as zonas marinhas e costas vulneráveis. [Argos, 2023]

Uma das principais razões de acidentes marítimos é por erro humano, por negligência ou inexperiência. Assim tem havido a necessidade de um contínuo investimento nos equipamentos e sistemas para segurança da navegação, na qual a evolução tecnológica permitiu um salto qualitativo neste âmbito em poucas décadas. Em simultâneo, as infraestruturas marítimas e fluviais têm evoluído em dimensão, capacidade, tecnologia e quantidade, para uma gestão mais operacional e eficiente.

Consequentemente, é necessário conhecer a morfologia do fundo do mar e rios, de modo a garantir a segurança da navegação e a optimização dos seus recursos e espaços. Os produtos finais derivados dos levantamentos hidrográficos são denominadas de Cartas Náuticas (em papel e formato eletrónico), cartas sedimentares e outras cartas e mapas temáticos. Permitem também projetar dragagens ou a instalação de boias e balizas para assinalar canais de navegação, perigos isolados, entre outros.

Em 1921 iniciou-se o processo de intenção de uniformizar a linguagem, representação, parâmetros e simbologia da informação presente na Cartografia Náutica. E em 1926 decorreu a segunda Conferência Internacional de Hidrografia, cujo presidente do comité, Almirante J.M.

Phaff, defendeu a necessidade duma instituição hidrográfica internacional permanente. Seguindo esta ideia, e na continuação da Conferência internacional para discutir o assunto, juntou-se também o francês *Monsieur Renaud* e o Sr. *Knorr*. Esses dois Comandantes, ambos profissionais, bem conscientes das complexidades do assunto, valorizaram o projeto de Regulamentos da OHI para Cartas Internacionais. Este foi compilado a partir dos relatórios, acordos e estudos do Grupo de Trabalho de Cartografia Náutica dos Serviços Hidrográficos da OHI e Comité de Padrões, anteriormente conhecido como Grupo de Trabalho de Padronização de Cartas em Papel, o qual substituiu o Comité de Padronização de Cartas e é responsável pela atualização do Regulamento. [OHI - S-4 Part A, 2021]

Gradualmente a Organização Hidrográfica Internacional ([OHI](#)) foi-se constituindo, tendo atualmente 99 Estados membros, como se pode ver no mapa da figura 4. Os países que ainda não integram são alguns situados no Mar do Caribe e continente africano. Na Europa, apenas a Bósnia-Herzegovina e a Lituânia não são membros à data de Outubro de 2023. [OHI, 2023]



Figura 4 - Mapa dos Estados membros da OHI em 2023 [OHI, 2023.b]

Apesar da constituição da OHI se ter iniciado em 1921, apenas em 1984 foram completadas as Especificações S-4 para Cartografia Náutica (*Regulations for International (INT) Charts and Chart Specifications of the IHO*) que estabelecem as regras de compilação e de representação. [OHI - S-4 Part A, 2021]

No enquadramento de gestão de toda informação com características geográficas, e com o avanço da tecnologia e a informatização, desenvolveu-se a área dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Assim, a informação geográfica informatizada e conjugada em

Base de Dados, aliada à necessidade de se estruturar melhor os dados geográficos sobre um território e efetuar estudos complexos com características geográficas, motivou o desenvolvimento de ferramentas robustas com capacidade de cálculo, para se obter respostas úteis para determinada informação e na criação dum fluxo de produtos temáticos de acordo com a atividade pretendida. O sector da hidrografia e da navegação marítima é uma dessas atividades que aproveitou e evoluiu imenso com o desenvolvimento no ramo do SIG.

Em 1992, a OHI definiu o modelo de dados uniformizados para troca de informação hidrográfica digital S-57 (*IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data*), resultando no produto denominado de Carta Eletrónica de Navegação (CEN) ou, *Electronic Navigational Chart* (ENC¹) na versão oficial inglesa. Deste modo, permite a ampla utilização e troca de informação entre os utilizadores e produtores de cartografia navegação marítima, nomeadamente navegadores, produtores de aplicações, pilotos de barra e controlo de tráfego marítimo. Desde essa data, o modelo S-57 sofreu alterações até à versão 3.1 e encontra-se “congelado” (sem atualizações de fundo) desde o ano 2000.

As especificações da CEN estabelecem o modelo de dados, as regras de tradução do mundo real para o mundo marítimo, com o objetivo de fornecimento de informações detalhadas cruciais para uma navegação segura, incluindo batimetria, ajudas à navegação, perigos, linhas de costa e outros relevantes. Essencialmente são exibidos em sistemas eletrónicos de informação e visualização de cartas (ECDIS - *Electronic Chart Display and Information System*) a bordo das embarcações. A Organização Marítima Internacional (IMO), em conjunto com a OHI, definiu as normas às quais os fabricantes de ECDIS devem obedecer para a concepção deste sistema e estão estabelecidas na publicação das Especificações S-52, aprovada em Novembro de 1995.

Os modelos de cartografia marítima digital usados atualmente, de acordo com as Especificações S-57, apresentam diversas limitações para as necessidades atuais, tendo em conta toda a evolução do meio digital desde a data da concepção das mesmas.

Assim, a OHI tem desenvolvido o novo modelo de dados S-100 (*IHO Universal Hydrographic Data Model*) para a hidrografia de forma a integrar melhor outros dados geoespaciais do meio marinho e marítimo, desde as marés, correntes, avisos, modelos

¹ Para evitar confusões de terminologia, é importante referir que existe uma duplicação de significado para o acrónimo ENC: Engineering Noise Control. E existe um software dedicado com o nome ENC Software for Noise and Vibration Calculations. [Scantek, sem data]

batimétricos, proteção ambiental, previsões meteorológicas, comunicações, tráfego marítimo, etc., prevendo-se a sua implementação na atual década de 2020-2030. Reflete a necessidade da navegação marítima e águas interiores (fluvial, canais, lagos) evoluir para um sistema dinâmico, flexível e integrado de informação geoespacial, trazendo uma maior eficiência e segurança.

Este conjunto de especificações S-100 ainda estão numa fase de implementação e desenvolvimento, pelo que se ressalva que o estudo feito e apresentado neste documento foi analisado de acordo com as versões existentes, não se podendo considerar versões finais por ainda se encontrarem em fase de testes e afinações. Por consequência, as aplicações SIG ainda se encontram em fase de desenvolvimento e testes para o S-100.

O S-101 (*ENC Product Specification*) é a nova especificação da OHI, pertencente ao universo do S-100, para a produção de CEN, que irá substituir o atual S-57.

Para navegação em águas interiores, nomeadamente fluvial, existe uma norma específica denominada de *inland ENC*, a qual define as regras para a carta digital utilizada na navegação em vias navegáveis de águas interiores, tais como rios, lagos, canais e outras regiões hidrográficas não-oceânicas, tendo por base a especificação S-57. Pretende-se que o S-100 contemple um novo *inland ENC*, denominado S-401.

Em Portugal, cabe ao [Instituto Hidrográfico](#) (IH) a “missão fundamental assegurar atividades relacionadas com as ciências e técnicas do mar, tendo em vista a sua aplicação na área militar, e contribuir para o desenvolvimento do País nas áreas científica e de defesa do ambiente marinho”, centrando-se nas seguintes áreas de conhecimento e de investigação: Hidrografia, Oceanografia, Navegação, Química e Poluição, Geologia Marinha e Sistemas de Informação Geográfica. [IH, 2023]

Desta forma, é responsável por fornecer aos navegantes informação detalhada sobre Ajudas à Navegação. Edita duas publicações náuticas: a Lista de Luzes, Boias, Balizas e Sinais de Nevoeiro, e a Lista de Radioajudas e Serviços, integrando o Sistema de Balizagem Marítima da [IALA](#) (*International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities*).

O IH é também a entidade nacional para a produção de cartografia náutica e é o representante de Portugal junto da OHI. No âmbito das suas competências como Serviço Hidrográfico Nacional e como Laboratório de Estado, o IH tem vindo a acompanhar a evolução do S-100, no sentido de poder implementar as recomendações definidas pelo OHI nesta matéria.

A Divisão de Hidrografia do IH tem as competências e a responsabilidades: planear, executar e promover estudos e trabalhos no âmbito da Hidrografia e Cartografia Náutica, com

suporte na Geodesia, Topografia, Batimetria e Cartografia de Navegação. Em particular, participa em diversos grupos de trabalho da OHI relacionados com a produção cartográfica (S-100 WG, ENCWG, NCWG, etc.) e, conseqüentemente, garante o acompanhamento no desenvolvimento e implementação do padrão S-101 na produção das CEN, não só numa perspectiva de produção, mas também numa perspectiva de implementação deste padrão junto de outras entidades envolvidas. [IH, 2023]

O IH também fornece a versão portuguesa da Norma S-44 - Especificações para Levantamentos Hidrográficos – inicialmente aprovada em 1968, com a segunda edição de 1982, a terceira de 1987, a quarta de 1998 e a quinta e a atual de 2008. Em 2016 foi iniciado o grupo de trabalho para atualizar para a sexta edição, composto por representantes dos Estados-membros da OHI, observadores e outros colaboradores especializados. Esta norma visa fornecer o conjunto de requisitos para os levantamentos hidrográficos para, posteriormente, compilar dados para as CN, no âmbito primordial de segurança da navegação, ao mesmo tempo do conhecimento e da proteção do meio ambiente marinho. Neste documento define-se Ordem do levantamento, de acordo com a necessidade de cobertura batimétrica ser completa, com mais ou menos detalhe e precisão. [IH, 2020]

Para além das Especificações referidas, foram criados diversos Tratados, Convenções e Protocolos internacionais, que visam garantir uma uniformização da comunicação dos sistemas de controlo e segurança marítimos, segundo as Leis Marítimas, resultando também na constituição doutras instituições de âmbito internacional que serão mais adiante mencionadas.

Este estudo pretende retratar o mundo da navegação marítima e analisar a evolução das especificações da informação hidrográfica em base digital, com principal foco na Cartografia Eletrónica de Navegação (CEN). Focar-se-á na análise aos sistemas de produção, gestão, integração, flexibilidade e interoperabilidade desses dados com a diversidade de aplicações em SIG capacitados para este efeito, tanto no modelo atual da especificação S-57, como no novo S-101, adaptando-se ao moderno sistema de identificação automática de navios (*Automatic Identification System* - AIS), para permitir, também, a realização serviços de navegação autónoma *e-Navigation*².

² Sistema de Navegação Marítima com recurso a meios automáticos e equipamentos digitais, para incrementar a segurança da navegação e permitir ao navegador avaliar a situação de forma mais célere e correta, desenvolvido pela Internacional Maritime Organization (IMO).

2. ESTADO DE ARTE

Steve Lam, de Hong Kong, e *Andrew Leyzack* do Canadá estudaram a integração do SIG, do ECDIS e do sistema de informação marítima baseado na Web para Navegação Marítima e Proteção Costeira, sendo fundamental para a apresentação de informações de várias fontes e, assim, melhor apoiar os navegadores e os gestores costeiros e portuários a tomarem decisões corretas no âmbito da segurança da navegação e da proteção do ambiente. Sugeriram a integração de camadas cadastrais em SIG para relacionar dados de CEN e ambientais, com os direitos de propriedade e administração. Concluíram que os principais obstáculos eram a qualidade dos dados de origem disponíveis, bem como o custo de aquisição da informação a utilizar na produção de CEN e a disponibilidade de cursos de formação sobre a produção e validação de cartografia náutica. Alertaram que algumas agências hidrográficas governamentais continuam a ter dificuldades em produzir ENC em conformidade com a norma S-57 da OHI devido à falta de financiamento e de conhecimentos técnicos. [Lam & Leyzack, 2007]

O sueco *Frederik Haag* rebateu uma dissertação em 2006 sobre as possibilidades e limitações do SIG no contexto do ICOM (Gestão Integrada Costeira e Oceânica) e das questões marítimas, como ferramenta de apoio à decisão, envolvendo dimensões socioeconómicas, ambientais, de gestão e planeamento de interface litoral. Abrangendo diversas camadas de informação, tais como mapas base, pontos notáveis, estruturas portuárias, levantamentos hidrográficos, limites naturais e administrativos, foi identificada a necessidade de criar uma estrutura conceitual única para armazenar e gerir todos estes dados. Assim foi testado com o software ArcGIS da ESRI (licença *ArcView*), criando uma *Geodatabase* (termo inglês para Base de Dados Geográfica - BDG) e, num documento de mapa (.mxd) e foram organizados os dados em *data frames* (grupos de conjuntos de dados). Segundo *Haag*, as aplicações SIG costeiras e marítimas encontravam-se consideravelmente mais atrasadas do que para ambientes e aplicações em terra. Os obstáculos deviam-se ao dinamismo de parâmetros e informações, indefinição ou conflitos de delimitação de fronteiras e a partilha de jurisdição sobre recursos, bem como falta de investimento em mapeamento e monitorização, havendo muito maior foco das instituições e empresas em questões de âmbito terrestre. [Haag et al., 2006]

Arsana publicou em 2006 o estudo relativo à redefinição das fronteiras marítimas entre Indonésia e Timor-Leste. As potenciais linhas delimitadoras foram calculadas numa forma geodésica, simulando as reivindicações de fronteira de ambos os países para identificar zonas sobrepostas, tratado com suporte da ferramenta SIG “CARIS LOTSTM” (delimitações e fronteiras), uma aplicação do CARIS Base Editor, da empresa *Teledyne*. Ambos países criaram

uma equipa técnica para este assunto, com apoio de técnicos australianos. As zonas de fronteira com zonas sobrepostas situavam-se no estreito de *Ombai* (junto ao enclave de Oecussi), no estreito de *Wetar* e no mar de Timor. Sob a referência jurídica da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar de 1982, os dois países tiveram de negociar as zonas marítimas em disputa para alcançar uma solução de compromisso mutuamente aceitável e na boa-fé. No CARIS LOTSTM³ foi gerado linhas de base recta. Em seguida foram deslocadas essas linhas para gerar várias hipóteses, até chegar ao compromisso final representado na figura 5.

As partes envolvidas têm o dever de publicar os acordos de fronteira, informando os cidadãos, acompanhadas das coordenadas geográficas relevantes, o sistema de referência os parâmetros geodésicos utilizados, entregues nas Nações Unidas para validação. [Arsana et al., 2006]

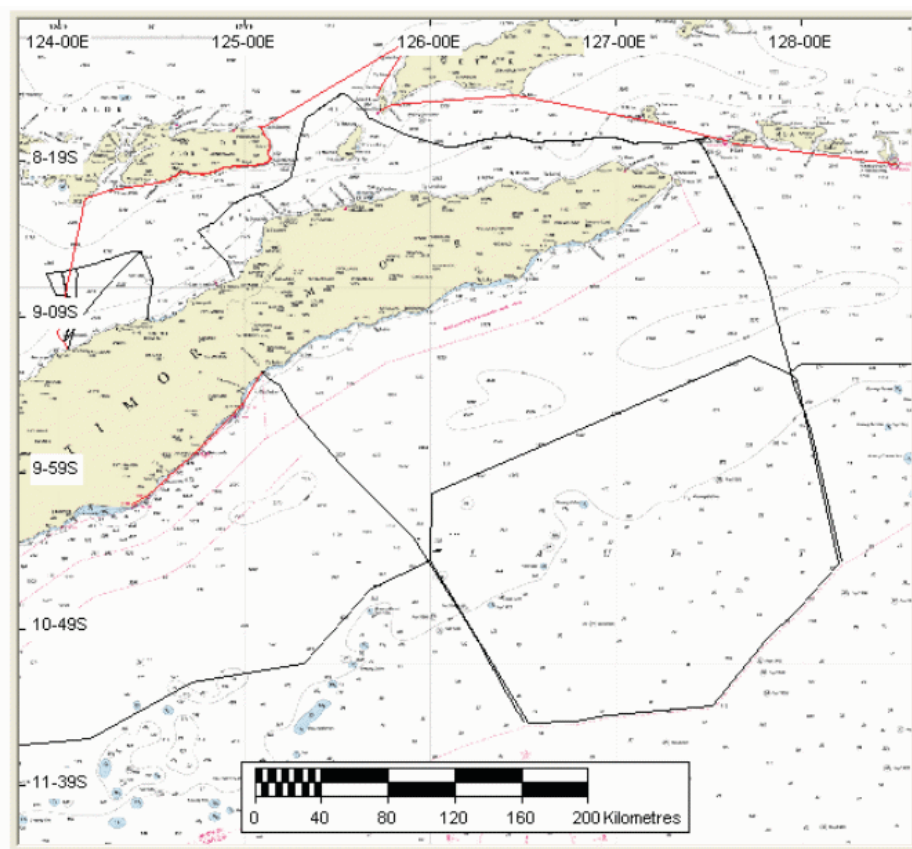


Figura 5 - Resultado final da definição das fronteiras marítimas entre Indonésia e Timor-Leste (em CARIS LOTSTM) [Arsana, 2006]

³ Um módulo para o CARIS Base Editor como ferramenta para gerir e determinar limites e fronteiras marítimas.

Marcin Mąka da Universidade Marítima de *Szczecin* e *Janusz Magaj* do Instituto de Marinha e Tecnologia, ambos da Polónia, debruçaram-se em 2012 sobre a questão de tomadas de decisão para navegação por extração de informação das CEN em S-57 nos ECDIS. Avaliaram comparativamente alguns métodos de aquisição e seleção de informação, bem como de apresentação, os quais podem ser utilizados para fins informativos, no processo de uma situação real de navegação e na determinação de uma trajetória segura numa zona com escassez ou falhas de sistemas de apoio à navegação. Os procedimentos de criação de malhas regulares tinham uma estrutura significativamente menos complexa, permitindo assim simplificar muitos cálculos. Consequentemente, a implementação de outros algoritmos de otimização, por exemplo, é facilitada. No caso das malhas irregulares o processo era mais complexo, mas permitiu ajustar a estrutura da malha ao conteúdo de uma área selecionada, sendo que as zonas reconhecidas como perigosas foram, neste caso, representadas com maior exatidão. Como resultado, as trajetórias do movimento do navio em zonas particularmente perigosas puderam ser planeadas com maior precisão. Os resultados obtidos constituíram uma base para novas investigações com o objetivo de reduzir o tempo de funcionamento do algoritmo e melhorar a precisão da representação da área. A aplicação dos métodos propostos para a extração de dados de cartas náuticas na nova norma S-100, presumiu-se aceder a uma maior quantidade de dados hidrográficos, e, consequentemente, uma descrição mais exata da zona. [Mąka & Magaj, 2012]

A Divisão Hidrográfica da Marinha israelita relatou, num artigo disponível na plataforma online da ESRI, que antes era um desafio a produção de cartografia náutica devido à necessidade de uma formação específica para vários *software* independentes, cada um dedicado para o seu âmbito muito específico para cada parte do processo, havendo um pequeno universo de funcionários e sem existir estrutura de formação para tanta dispersão de meios. Com a ampliação de formatos e fontes de informação, ao mesmo tempo que surgiam pedidos para diferentes âmbitos (cuja informação base era a mesma), tornou-se evidente a necessidade de agrupar toda informação hidrográfica numa única base de dados e software, para também agilizar os processos e as aprendizagens. Embora o ArcGIS já fosse uma solução consensual e abrangente no universo SIG, inclusive para os funcionários e técnicos da Marinha, não o era possível para a produção específica de ENC. O cenário mudou com a integração do módulo “*ArcGIS Maritime*” em 2009, ainda em versão beta, possibilitando a produção muito mais célere em S-57, ao mesmo tempo que os dados são geridos na mesma plataforma e base de dados, o que acelerou consideravelmente todo processo e também melhorou o controlo de qualidade. A disponibilização de dados na plataforma web da ESRI, permitiu, adicionalmente o fornecimento de informação facilmente e de forma autónoma, ao que antes era uma chuva de pedidos

diversos, ocupando demasiado o tempo dos funcionários, libertando assim para maior dedicação à produção e atualização batimétrica e ENC. [Israel Navy, sem data]

A agência dinamarquesa de geoinformação (GST), num artigo de 31 de Dezembro de 2019 publicado na revista *Hydro International*, relatou uma situação relativamente similar à anteriormente referida da Marinha israelita, no qual a produção de cartografia náutica na Divisão de Hidrografia da GST baseava-se em ficheiros separados, assim como a toda informação base, o que era um entrave às crescentes necessidade e à evolução dos modelos, cada vez mais dinâmicos e digitais. Na tentativa de inovar e resolver as dificuldades, implementaram uma BDG em parceria com a ESRI, num projeto piloto aplicada à região da Gronelândia, também gerida pela agência dinamarquesa. Ao fim de um ano, o melhoramento foi notório e automatizou cerca de 70% dos procedimentos. Dessa forma, estenderam o mesmo sistema para as restantes regiões, Dinamarca e Ilhas Faroé. Desde então, a Divisão de Hidrografia deu um avanço em termos de eficácia e rapidez de resposta, facilitando a interação da informação com outras divisões para objetivos complementares do âmbito marítimo e marinho, em grande desenvolvimento. [Hydro International, 2019]

Athanasios Palikaris (da Academia Naval Helénica) e *Athanasios K. Mavraeidopoulos* (da Universidade de Atenas) publicaram um artigo no *Journal of Marine Science ad Engineering* relativamente a padrões internacional e projeções cartográficas em CEN. Concluíram que a falta de conhecimento profundo deste assunto já levou a usos menos profissionais das CEN no ECDIS, causando algumas limitações e desconforto devido ao uso de projeção inadequada, ou pelo uso excessivo da Projeção de Mercator, considerado inadequado para navegação eletrónica em ECDIS e outras aplicações baseadas na *Web*, especialmente à escala global. Sugerem assim que este problema seja colmatado reduzindo o leque de escolhas de projeções cartográficas a duas ou três, por forma a implementar sistemas (semi-)automáticos mais facilmente implementadas no ECDIS. [Palikaris & Mavraeidopoulos, 2020]

Qiong Chen elaborou um estudo em 2023, relativamente aos ataques piratas nos mares e oceanos em todo mundo no período entre os anos de 1994 e 2019, com o suporte SIG do ArcGIS 10.6, chegando à conclusão que as regiões mais assoladas com este problema coincidem com a proximidade dos países com piores condições de vida e de injustiça social, nomeadamente no Golfo da Guiné, mar das Filipinas, proximidade com a Somália, estreito de Malaca e perto da costa da Colômbia. [Chen et al., 2023]

Na Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia que decorreu no Instituto Politécnico da Guarda decorrido nos dias 2 e 3 de Novembro de 2023, a Eng.ª Paula Sanches

apresentou o tema S-100 – Modelo Universal de Dados Hidrográficos, estando em representação do trabalho desenvolvido no IH relativo ao tema referido. Apresenta os objetivos do grupo de novas especificações hidrográficas S-100, referindo que pretende-se disponibilizar os primeiros produtos CEN em S-101 durante o ano de 2025, o qual é um desafio para os serviços hidrográficos estabelecer um plano de implementação: formação do pessoal, aquisição de transição de *software*, conversão de dados e construção do S-101, continuando a garantir a disponibilização do S-57 em simultâneo. [Sanches et al., 2023]

Também no mesmo enquadramento, o Comandante Carlos Marques apresentou o Standard S-100 para as 11ª Jornadas de Engenharia Costeira e Portuária, que decorreu em Leixões nos dias 3 e 4 de Outubro de 2023. Acrescenta que outras séries de especificações por outras organizações competentes suportadas no S-100, nomeadamente as séries S-200, S-300, S-400 e S-500, destinados a Ajudas à Navegação e meteorologia. Também afirma que este novo modelo visa ainda apoiar a navegação autónoma (conceito de *e-navigation*), garantindo formatos inteligíveis, quer ao ser humano, quer ao processamento informático à inteligência artificial. [Marques et al., 2023]

Na 31ª Conferência Cartográfica Internacional, em 2023 em *Cape Town*, África do Sul, *Tamer Nada* apresentou o seu projeto “Rumo à Compilação Automatizada de Cartas Náuticas e Verificação dos resultados da Topologia e segurança”, resultado do grupo formado por membros da NOAA, da Universidade de New Hampshire (EUA) e da ESRI. Procuraram uma nova abordagem de cobertura de CEN, através de uma malha de quadrículas retangular, com escalas padronizadas, facilitando a resolução vertical e a inconsistência horizontal, o que beneficiaria muito na automatização de tarefas, redução dos erros topológicos e no processo de generalização. Este último é definido por um modelo que implementa etapas para generalizar dados CEN em grande escala para menor escala, desenvolvido em ArcGIS Pro, executado em 5 fases automatizadas e seguindo regras de generalização. Este processo foi testado em diferentes áreas, com diferentes cenários e validado para condições de segurança de navegação, com as ferramentas de verificação e correção de erros topológicos do *software*. No entanto, uma vez que as ferramentas disponíveis com ArcGIS Pro não são geralmente concebidas para respeitar o entendimento de segurança de navegação, os incumprimentos eram esperados em termos de sondagens e isolinhas de profundidade/generalização de áreas de profundidade. Por conseguinte, foi desenvolvida e apresentada uma ferramenta de validação que é capaz de detetar as falhas de segurança no modelo de saída através de três etapas principais, ordená-lo por área e destacá-los para correção do utilizador. [Nada et al., 2023]

3. SISTEMAS, TRATADOS E CONVENÇÕES

Neste capítulo desenvolve-se o enquadramento da Cartografia Náutica, nomeadamente a definição de termos necessários, a descrição da sua componente técnica associada, as Convenções e Tratados internacionais, assim como o sistema de navegação eletrónico *e-navigation*.

3.1. Termos e Definições

O tema em estudo enquadra-se numa área muito setorial (hidrografia, cartografia náutica e navegação marítima), pelo que senti a necessidade de descrever brevemente alguns dos termos fundamentais à compreensão do documento.

Ajudas à Navegação: conjunto de elementos físicos, sinais ou sistemas destinados a auxiliar a navegação segura de embarcações em mar ou rio, essenciais para orientar os navegadores e garantir a segurança da navegação, tais como faróis, balizas, boias e pontos conspícuos. Podem ser encontradas em oceanos, rios, lagos, mares e canais, fornecendo informações valiosas sobre a posição, direção, profundidade e outros aspetos relevantes para a navegação. [IH, 2020.b]

Batimetria: Profundidades dos oceanos, mares, lagos, lagunas e rios, incluindo as informações derivadas de tais medidas.

Copernicus é o Programa de Observação da Terra da União Europeia, que analisa o nosso planeta e o seu ambiente em benefício de todos os cidadãos europeus, de forma gratuita e aberta. Oferece serviços de informação baseados na observação da Terra por satélite e dados *in situ* (não espaciais). [Copernicus, 2023]

Datum (ou *Datum* geodésico) é o conjunto dos parâmetros que constituem a referência de um determinado sistema de coordenadas geográficas, e que inclui a especificação do elipsoide de referência, bem como a sua posição e orientação relativamente ao globo terrestre. Num *Datum* geodésico faz-se coincidir o elipsoide de referência, num ponto, com o geoide. Nos *data* (plural de *Datum*) locais esse ponto, designado ponto de fixação, constitui a origem do sistema de coordenadas geográficas, latitudes, longitudes e altitudes geodésicas. Nos *data* globais o centro de massa da Terra coincide com o centro do elipsoide de referência e o eixo da Terra com o eixo menor do elipsoide. [DGT, 2023]

ECDIS – Electronic Chart Display and Information System: sistema de informação de navegação que conjuga um equipamento digital específico para leitura em tempo real de CEN, combinando com outras informações da respetiva posição, para a navegação marítima ou em águas interiores, em conjunto com informação posicional em tempo real dos sensores posicionais que dão ao piloto a rota planeada e a verdadeira e, se requerido, alertas e outras informações de navegação que possam ser úteis, atendendo ao quadro atualizado exigido pelas normas V/19 e V/27 da SOLAS 1974. [IC-ENC, 2022, p. 13]

As principais vantagens de um ECDIS são definir alarmes de perigos, poder apresentar dinamicamente objetos cartográficos, tais como a linha de costa e a batimetria, juntamente com as posições e o rasto em tempo real de outros navios (incluindo o navio anfitrião). [Lam & Leyzack, 2007]

Elevação da maré: distância vertical, num dado momento, entre a superfície livre da água e o nível médio do mar (ver figura 6). [IH, 2020.b]

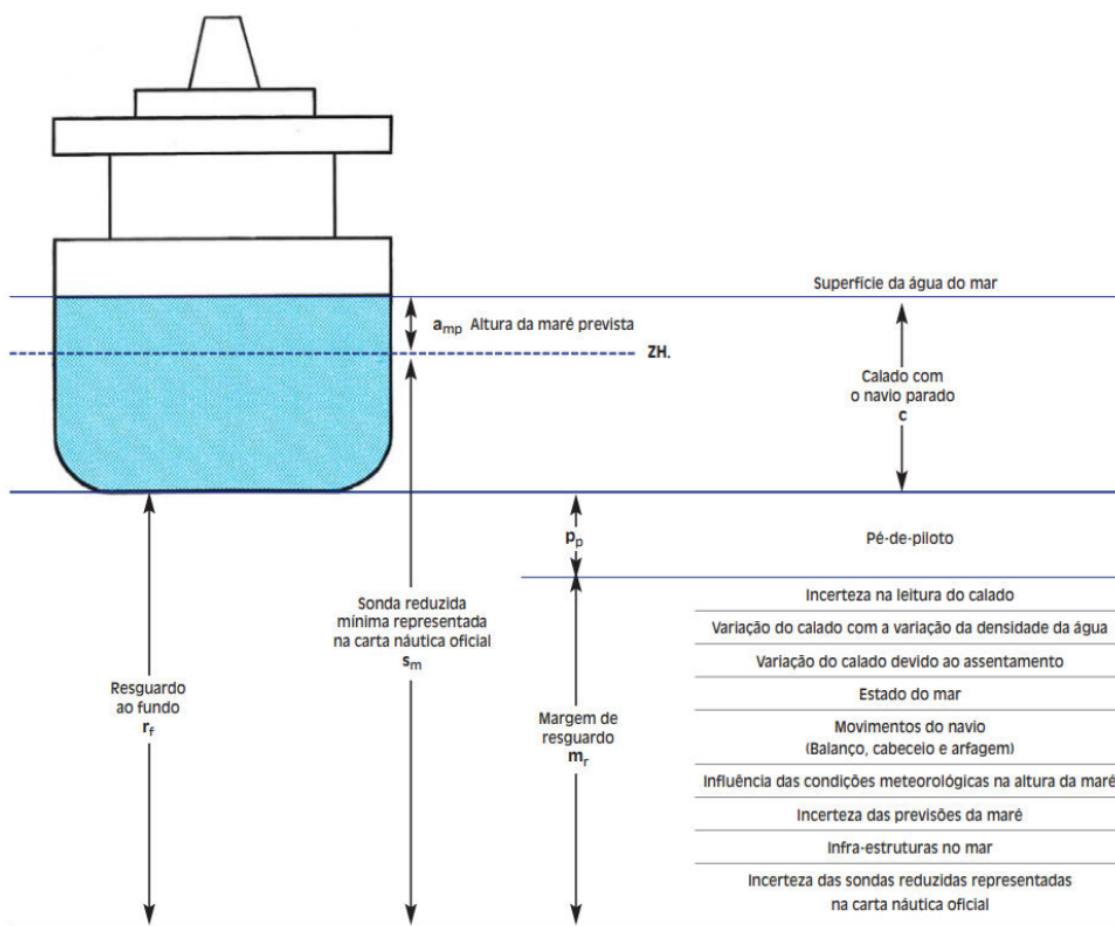


Figura 6 - Diagrama de Resguardo ao fundo [IH, 2024.c, p.44]

Elipsoide: figura geométrica tridimensional, de representação matemática simples, formada pela revolução de uma elipse em torno do eixo menor. Este é o modelo mais utilizado como superfície de referência geodésica (ver figura 7). [DGT, 2023]

Folga abaixo da quilha: distância entre o ponto mais baixo do casco de um navio e o fundo do mar, rio ou lago. Para melhor percepção, analisar a figura 6. [IH, 2020.b]

Geoide: superfície de nível equipotencial (superfície de potencial gravitacional constante) aproximadamente coincidente com o Nível Médio do Mar (NMM), supostamente prolongado sob os continentes, à qual foram deduzidos os efeitos da ondulação e da influência dos potenciais gravitacionais de corpos planetários como a Lua e também do Sol. A ondulação do geoide (N) é a diferença entre a altitude elipsoidal (h) e a altitude ortométrica (H) (ver figura 7). [DGT, 2023]

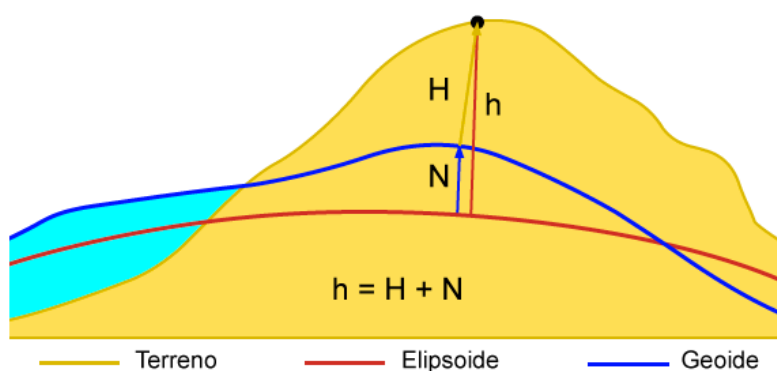


Figura 7 - Modelo do Geoide [DGT, 2023]

Ortofotomapas: representações cartográficas *raster* que combinam fotografias aéreas (ou de satélite) com informações geográficas com elevada precisão, gerando imagens retificadas, que são corrigidas para eliminar distorções causadas pela inclinação e altitude do voo. [DGT, 2023]

Raster: termo dado a um modelo de dados espaciais que define espaço como um vetor de células de tamanhos iguais organizados em linhas e colunas, e composto de uma única ou múltiplas bandas. Cada célula contém um valor de atributo e coordenadas de localização. Diferentemente de uma estrutura de vetor, que armazena explicitamente coordenadas, coordenadas *raster* são contidas na ordem da matriz. Os grupos de células que compartilham o mesmo valor representam o mesmo tipo de feição geográfica. [ESRI, 2023.c]

Pé de Piloto: profundidade mínima debaixo da quilha em qualquer situação (ver figura 6). [IH, 2020.b]

Porto (ou uma área portuária): zona delimitada entre superfície de água (rio, lago ou mar) e terra para conexão entre os transportes marítimo e os terrestres. Em muitos casos é também uma fronteira, provocando o aumento da complexidade da estrutura associada. [IH, 2020.b]

Sonda reduzida: corresponde à distância vertical entre o Zero Hidrográfico (ZH) e o fundo do mar num dado local (valores de profundidade obtidos depois de efetuadas as devidas correções em pós-processamento e relacionadas com o *Datum* vertical), o qual o valor positivo indica no sentido da profundidade (para baixo), cujo o valor zero corresponde ao ZH definido para a respetiva área. Por consequência, um valor de profundidade acima do ZH é-lhe atribuído valor negativo (ver figura 6). [IH, 2020.b]

3.2. Sistemas de Referência

O posicionamento e a georreferenciação são uma parte fundamental para cada levantamento e produto de representação cartográfico. As posições são estabelecidas com base num sistema de referência adoptado, nas suas componentes horizontal e vertical. Em particular, a informação representada na cartografia náutica tem por base coordenadas geográficas referidas ao sistema geodésico de referência WGS84, recomendado pela OHI. Os valores de profundidades (sondas) são referidos ao plano vertical definido pelo Zero Hidrográfico (ZH) e as altitudes representadas ao NM adoptado em Cascais em 1938.

O Zero Hidrográfico (ZH) é um plano de referência vertical convencionado, situado abaixo do Nível da Maré Astronómica Mais Baixa (BMmin), ao qual estão referidas as profundidades (habitualmente chamadas de sondas) e as linhas isobatimétricas representadas nas CN e CEN, bem como as previsões de altura de maré publicadas nas Tabelas de Marés do Instituto Hidrográfico. [IH, 2023]

Este referencial vertical pode basear-se em observações de marés (BMmin, MWL ou NMA), num modelo físico (geoide) ou num elipsoide de referência, onde se adiciona um coeficiente de resguardo, comumente conhecido na náutica como Pé de Piloto (ver figura 5). A relação entre o ZH e o *Datum* vertical (height) depende da localização e do BMmin. [IH, 2020]

As sondas (valores de profundidade mínima) são representadas em metros, por valores positivos abaixo do ZH e valores negativos, acima do ZH. Para efeitos de segurança da navegação, os dados hidrográficos devem ser reduzidos ao ZH, em profundidades inferiores a 200 m.

Em Portugal, o *Datum* vertical (*height*) corresponde ao Nível Médio Adoptado (NMA) em Cascais no ano de 1938, estabelecido a partir de uma série temporal de observações maregráficas. Em Portugal, os valores de ZH adoptados (EPSG⁴: 10349) são, em metros e estabelecidos em relação ao NMA: [IH, 2023]

- Continente (excepto Cascais e Lisboa) = 2.00 m
- Lisboa e Cascais = 2.08 m
- Açores = 1.40 m
- Madeira = 1.00 m

A linha de costa marca a separação entre a zona molhada e zona seca da CN (zonas correspondentes ao mar e a terra), correspondendo igualmente à linha que delimita a área sempre a descoberto e que já não se encontra sob a influência da maré. Esta linha é referida à Preia-mar máxima (PMmáx), ou seja, é a altura máxima de água que se prevê que possa ocorrer. O esquema seguinte na figura 8 elucida os planos e níveis em descrição neste tópico.

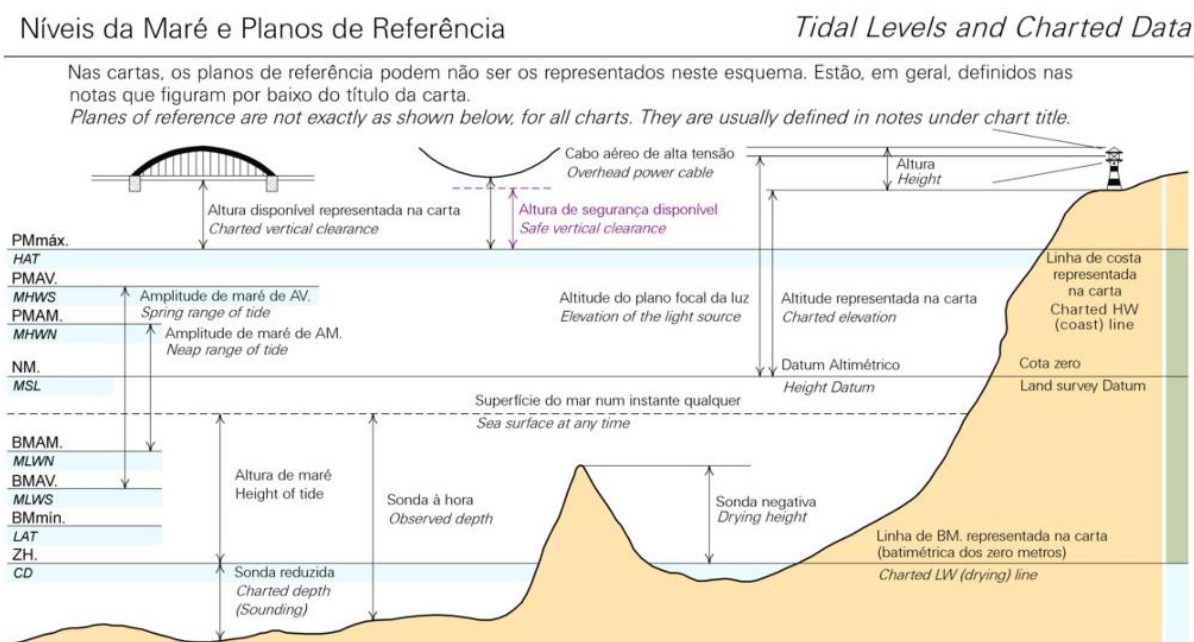


Figura 8 - Níveis de Maré e Planos de Referência [IHb, 2023]

Por sua vez, para as altitudes, o plano de referência utilizado é o NMA. No caso das alturas disponíveis (por exemplo no caso de pontes e cabos elétricos) o plano de referência considerado é a PMmáx. A figura 8 resume e esquematiza as relações verticais entre o NMA, o

⁴ EPSG: codificação definida pelo *European Petroleum Survey Group* que associa um código numérico a cada sistema de coordenadas cartográficas.

ZH, altura de maré, PM_{máx}, BM_{min}, sonda reduzida e sonda à hora (profundidade observada), altimetria, etc.

A navegação marítima pressupõe geoposicionar-se em tempo real no sistema de referência WGS84 (EPSG: 4326) em coordenadas geográficas (latitude e longitude). Atualmente recorre ao Sistema Global de Posicionamento por Satélite (GNSS), o qual abrange as diversas constelações combinadas, nomeadamente:

- E.U.A.: *Global Positioning System* (GPS);
- China: *BeiDou Navigation Satellite System* (BDS);
- Índia: *Navigation Indian Constellation* (NavIC);
- Europa: Galileo - *European Global Navigation System*;
- Japão: *Quasi-Zenith Satellite System* (QZSS);
- Rússia: *Globalnaya Navigazionnaya Sputnikovaya* (GLONASS).

Os sistemas de geoposicionamento, sensores de inércia, ECDIS, entre outros, foram desenhados de acordo com a aplicação do Protocolo eletrónico NMEA 0183 para transferência das informações no formato ASCII. A associação NMEA (acrónimo para *National Marine Electronics Association*) foi fundada em 1957 por revendedores de produtos eletrónicos para aprimorar a tecnologia e a segurança dos produtos eletrónicos marítimos por meio de testes de instaladores e padrões de *interface*. O protocolo de mensagens NMEA 0183 foi adoptado em 1983, originalmente para *interface* com eletrónicos marítimos, mas seu uso também se expandiu para equipamentos eletrónicos terrestres, sistemas de satélites e GNSS. [NMEA, 2015]

3.3. Fontes de informação e Compilação

Para execução do trabalho em SIG no âmbito marítimo, a recolha de informação e as suas fontes é de toda importância. E, particularizando a construção da Cartografia Náutica, é necessária uma compilação de informações de diversas fontes, tais como:

- ❖ Carta Administrativa: definição das fronteiras e localidades;
- ❖ Cartografia terrestre: estradas, orografia (curvas de nível e pontos de cota), delimitação de localidades, aeroportos, pontes, rios (e linhas-de-água), estruturas importantes perto da costa, especialmente as conspícuas, fornecidas por outras entidades estatais;
- ❖ Sondagem para determinação de fundo: antigamente através de fio-de-prumo, depois de forma indireta por frequências acústicas com equipamentos

sondagens de feixe simples (SFS), e mais recentemente, sondagem por multifeixe (SMF) instalados em embarcações com equipamentos específicos (tais como transdutores) de acordo com as especificações S-44;

- ❖ Topografia clássica, fotografias do local, cartas militares, ortofotomapas e imagens satélite;
- ❖ Legislação nacional e internacional, assim como Tratados e Convenções, definindo, por exemplo, Reservas Naturais;
- ❖ Cartografia Náutica de maior escala que contenham uma zona em comum;
- ❖ Roteiros, Lista de Luzes e informações das capitanias e autoridades marítimas nacionais;
- ❖ Detecção Remota com acesso a várias bandas espectrais para calcular batimetria de baixo fundo.

O IH desenvolveu e implementou uma infraestrutura geoespacial de dados marinhos online, em inglês *Marine Spatial Data Infrastructure* (MSDI), apelidado de «Hidrográfico +», projeto esse que “nasceu da necessidade de organizar, sistematizar e disponibilizar dados relacionados com as atividades no mar recolhidos pelo IH. Pretende-se combater a burocracia e automatizar processos, nomeadamente no âmbito da cedência de dados ao cidadão, às universidades e às administrações locais.” [IH, 2024]

Esta plataforma MSDI, com endereço <https://geomar.hidrografico.pt/>, permite pesquisar, aceder, visualizar, medir informação hidrográfica (e descarregar nalguns casos), nomeadamente modelos batimétricos, CEN, Rede de Marégrafos, Catálogo de Cartas, isobatimetria, corredores de tráfego, pontos coordenados e rede de boias, conforme figura 9.

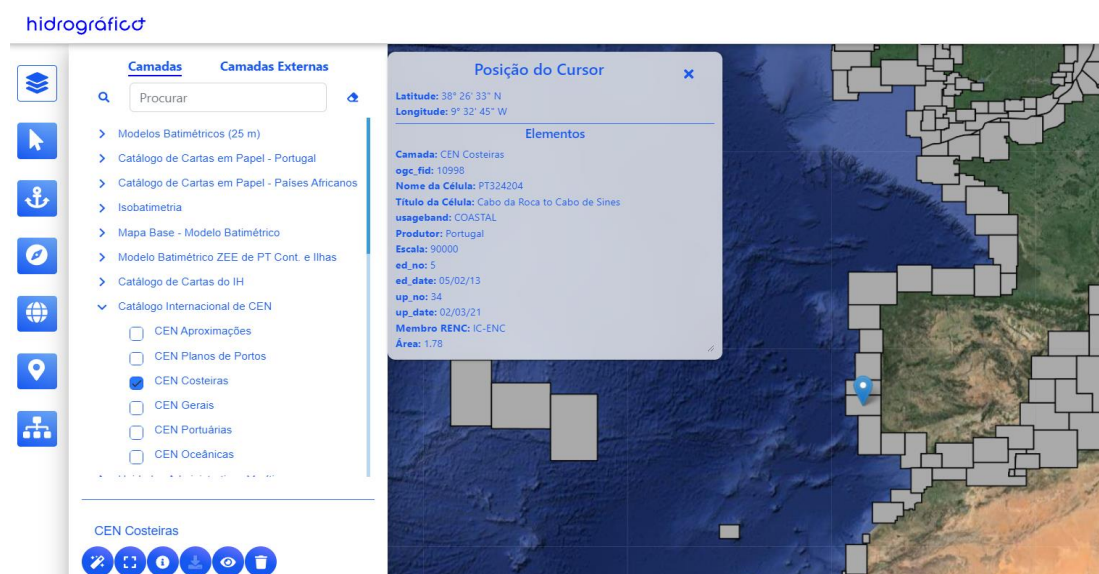


Figura 9 - Pesquisa e Seleção da informação hidrográfica na plataforma online Hidrográfico+

Em analogia ao Hidrográfico+, na MSDI *online* da NOAA disponibiliza gratuitamente uma vasta quantidade de CEN (em S-57) e de CN à medida e outros dados hidrográficos, correspondente às costas e oceanos atribuídos a essa entidade nos Estados Unidos da América, Canadá, grande parte do Oceano Pacífico e parte do Golfo do México, Porto Rico e Panamá, como se pode visualizar na figura 10.

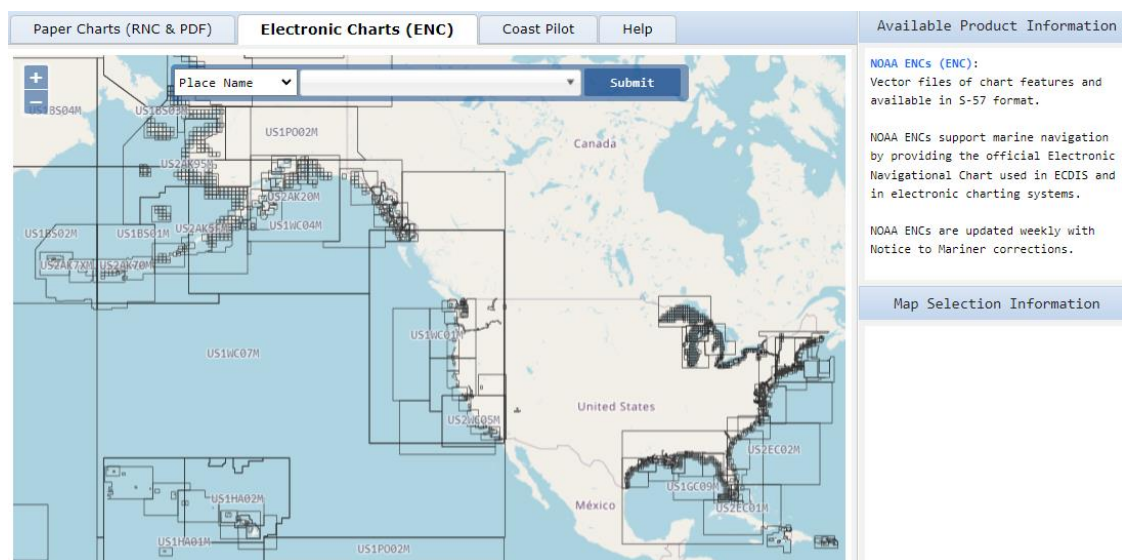


Figura 10 - Mapa interativo no website da NOAA [NOAA, 2024]

Outras fontes de informação hidrográfica, de navegação e de compilação de CEN:

- DGT: <https://www.dgterritorio.gov.pt/dados-abertos>
- ANAVNET⁵: <https://geoanavnet.hidrografico.pt/>
- IC-ENC:
<https://icenc.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=b448351c8b19429881d1af16cfa6ecf6>
- OpenSeaMap: <https://openseamap.org/index.php?id=openseamap&L=1>
- NOAA Bathymetric Data Viewer:
<https://www.ncei.noaa.gov/maps/bathymetry/>
- GEBCO⁶ Batimetria: <https://www.gebco.net/>
- PRIMAR: <https://primar.ecc.no/primar/portal/cc/mapClient.jsf>

⁵ Avisos aos Navegantes (fornecido pelo IH).

⁶ General Bathymetric Chart of the Oceans: Carta Batimétrica Geral dos Oceanos é uma carta batimétrica dos oceanos disponível publicamente. O projeto é gerido pela OHI e IOC (*Intergovernmental Oceanographic Commission*, da UNESCO) e foi concebido com o objetivo de preparar uma série global de cartas que representassem o fundo do mar numa escala generalista.

- ArgoGIS, via WMS⁷: https://enc.argogis.com/wms/wms_enc
- Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil:
<https://www.marinha.mil.br/chm/chm/dados-do-segnav/cartas-raster>
- ARCS (Admiralty Raster Chart Service) da UKHO: <https://amnautical.info/arcs/>

O percurso da produção e gestão da informação hidrográfica, tendo como um dos produtos finais principais as CEN e segue uma sequência lógica de compilação, de acordo com a figura seguinte (ilustrado pela figura 11):

- ✓ Planeamento e definição da zona e da escala do produto necessário, em função do âmbito e das normas internacionais;
- ✓ Recolha de informação de campo, desde sondagem acústica, topografia de apoio e informação fornecida por outras entidades, assim como informação recolhida e processada por via remota (satélite ou LiDAR, por exemplo);
- ✓ Processamento da informação, nomeadamente a transformação da informação de modelos batimétricos em batimetria processada, com isobatimétricas e escolha de sondas designadas como pontos críticos, assim como identificação de objetos (navios afundados, como exemplo);
- ✓ Compilação: Construção ou atualização dos produtos cartográfico com base nos dados processados no ponto anterior;
- ✓ Optimização e correção de erros de geometria, topologia e de atributos, com apoio das ferramentas de validação (de acordo com S-57 e S-58, ou S-101 se for o caso) disponíveis nos *software* dedicados à construção deste tipo de produto;
- ✓ Controlo de qualidade, elaborado por outro operador e validação por outros *software*;
- ✓ Envio à entidade gestora RENC⁸, no caso português do IH é à IC-ENC para avaliação da conformidade do novo produto sob todas as normas e especificações, sendo elas S-57, S-58 ou S-101 (mais à frente descritos);
- ✓ Em caso de aprovado, entrará em vigor para o mercado internacional assim que for dada autorização do produtor;

⁷ WMS (Web Map Service) é um protocolo padrão desenvolvido pelo *Open Geospatial Consortium* em 1999 para fornecer imagens de mapas georreferenciados pela Internet.

⁸ Regional Electronic Navigational Chart Coordinating Centre

- ✓ Caso o acesso ao produto seja pago (definido pelo produtor), a RENC respectiva tratará de a encriptar, pelas especificações do S-63, com recurso a *software* próprio.

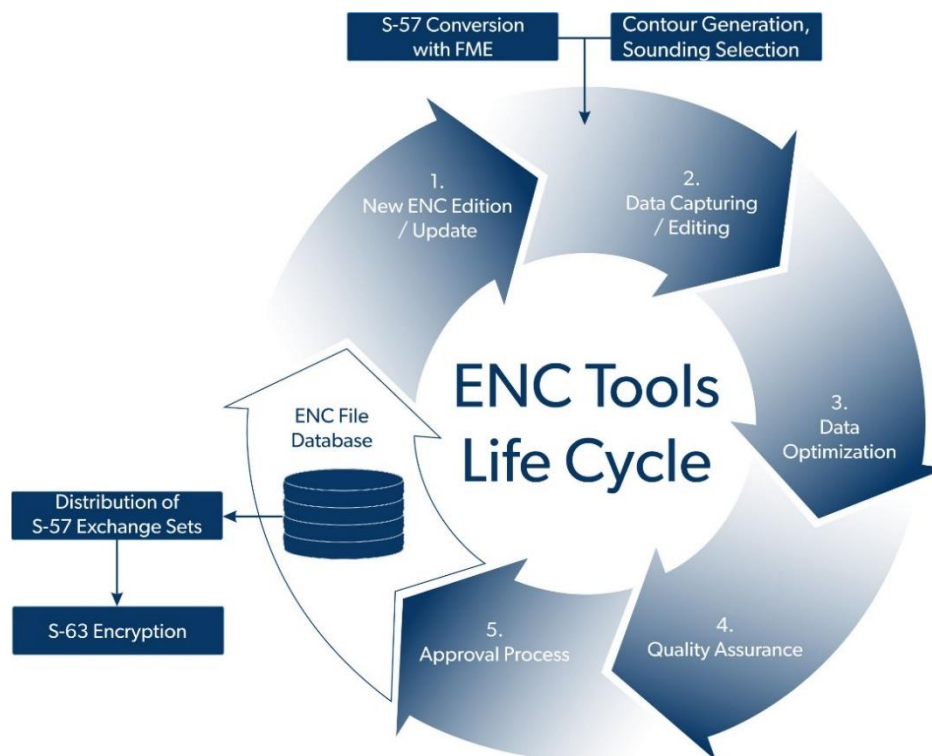


Figura 11 - Esquema do ciclo de um produto S-57 ou S-101 [SevenCs, 2023]

3.4. Tratados e instituições de âmbito marítimo internacional

Na introdução deste documento foi relatado o início da OHI, sendo uma das principais entidades internacionais que atua no âmbito marinho, na componente técnica de hidrografia e navegação marítima, encontrando-se sediado no principado do Mónaco. É referido no sítio de internet da OHI e demais documentos que a hidrografia é a base para todas as atividades que envolvem o mar (da superfície ao fundo). Citando, a OHI “trabalha para garantir que todos os mares, oceanos e águas navegáveis do mundo sejam sondados e cartografados, apoiando assim a segurança da navegação e a proteção do ambiente marinho. Coordena as atividades com as instituições hidrográficas de cada Estado membro e estabelece normas para promover a uniformização das cartas e documentos náuticos, assim como as melhores práticas de levantamento e fornece diretrizes para maximizar o uso de informações hidrográficas.” [OHI, 2023]

A OHI organiza vários grupos de trabalho, entre os quais se encontra o HSSC (acrónimo para o *Hydrographic Services and Standards Programme*) para promover e coordenar o desenvolvimento de normas, especificações e diretrizes para produtos e serviços oficiais para atender aos requisitos dos marinheiros e outros utilizadores de informações hidrográficas, nomeadamente todo o desenho dos modelos do universo de especificações S-100.

A Organização Marítima Internacional (IMO) é a agência internacional especializada das Nações Unidas de maior importância no âmbito marinho e marítimo, desempenhando um papel fundamental na proteção da vida humana no mar, na prevenção de acidentes marítimos e na prevenção da poluição, contribuindo para um transporte marítimo mais seguro e sustentável em todo o mundo. [IMO, 2023]

Atualmente com 176 Estados membros e outros três associados, fazem ainda parte da IMO sessenta e seis organizações intergovernamentais e oitenta e oito não-governamentais. Enquadra-se como entidade autónoma sob jurisdição da Lei Marítima Internacional, cujo instituto IMLI se situa na ilha de Malta e foi estabelecido em 1988.

Em Portugal, para além do IH (Laboratório de Estado) como órgão da Marinha, para garantir a segurança em áreas portuguesas, existe a Autoridade Marítima Nacional ([AMN](#)), pertencendo também à Marinha, e a Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos ([DGRM](#)) para gerir as atividades de navegação, portuárias, de pescas e outras atividades marinhas. Nesta última encontra-se disponível no seu *website* a lista de Convenções ou Tratados internacionais adoptados, podendo ser consultados em <https://www.dgrm.pt/web/guest/convencoes>. Os mais importantes são a Convenção SOLAS e o Tratado MARPOL, adiante descritos.

O IH é associado da entidade internacional gestora e distribuidora de CEN IC-ENC (*International Centre for Electronic Navigational Charts*), descrita com mais detalhe adiante, assim como outras agências hidrográficas:

- Norte-americana [NOAA](#) (*National Oceanographic & Atmospheric Administration*),
- Francesa [SHOM](#) (*Service hydrographique et océanographique de la marine*),
- Espanhola [Instituto Hidrográfico de la Marina](#),
- Inglesa UKHO (*United Kingdom Hydrographic Office*).

3.4.1. SOLAS

O mais importante Tratado internacional de segurança marítima do mundo é administrado pela IMO e derivou da Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar “*Safety of Life at Sea*” (SOLAS) para estabelecer padrões de segurança para navios, tripulações e passageiros. Portugal aderiu a este tratado em 21 de Julho de 1992. [DGRM, 1992]

Em 1914 a Convenção SOLAS foi adoptada pela primeira vez, como resposta do famoso e trágico naufrágio do navio *Titanic*. Sofreu diversas adaptações, por ter de acompanhar as evoluções tecnológicas e desenvolvimentos na indústria marítima. A versão atual da Convenção, conhecida como SOLAS 1974, entrou em vigor em 1980 e passou por várias emendas desde então, abrangendo uma ampla gama de questões relacionadas à segurança marítima, nomeadamente:

- a) Estabelece padrões para o projeto e a construção de navios, garantindo que sejam construídos e equipados para operar de maneira segura em condições normais e de emergência.
- b) Define os equipamentos de segurança obrigatórios a bordo de navios, como coletes salva-vidas, botes salva-vidas, extintores de incêndio, boias salva-vidas, entre outros.
- c) Estabelece procedimentos operacionais e requisitos de treinamento para garantir que a tripulação esteja preparada para lidar com emergências marítimas, como incêndios, naufrágios e vazamentos de carga perigosa.
- d) Define requisitos para sistemas de comunicação a bordo de navios, incluindo rádio, radar, sistemas de localização global GNSS e o Sistema de Identificação Automática - AIS.
- e) Disposições para prevenir a poluição do meio ambiente marinho por navios, abordando questões como descarte de resíduos, emissões de gases e segurança do transporte de substâncias perigosas.
- f) Estabelece requisitos para inspeções regulares de navios e emissão de certificados de segurança, garantindo conformidade contínua com os padrões da SOLAS.

Deriva ainda dois protocolos adicionais, Protocolo SOLAS 78 e Protocolo SOLAS 88, de informação técnica detalhada para cumprir os objetivos da Convenção SOLAS. É legalmente

vinculativa para os países signatários e é transposta para as leis nacionais e regulamentos marítimos de cada Estado membro. [IMO, 2023]

3.4.2. MARPOL

Administrado também pela IMO e no âmbito ambiental, a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios, mais conhecida como MARPOL (*Marine Pollution*), é um tratado internacional adoptado pela IMO em 1973, com revisões posteriores. O seu principal objetivo é minimizar a poluição causada por navios, através de padrões e regulamentos internacionais para a prevenção da poluição do ar e da água pelos navios, bem como a eliminação segura de resíduos, incluindo óleo, produtos químicos, lixo, efluentes líquidos e emissões de gás. [IMO, 2023]

A Convenção MARPOL é dividida em anexos que tratam de diferentes tipos de poluição e estabelecem regulamentos específicos para cada um deles. Até a presente data, existem seis anexos à Convenção MARPOL:

- a) Anexo I: Regulamentos para a Prevenção da Poluição por Óleo;
- b) Anexo II: Regulamentos para a Prevenção da Poluição por Substâncias Líquidas Nocivas a Granel (como produtos químicos);
- c) Anexo III: Regulamentos para a Prevenção da Poluição por Substâncias Nocivas Transportadas em Massa (grandes quantidades).
- d) Anexo IV: Regulamentos para a Prevenção da Poluição por Esgotos de Navios;
- e) Anexo V: Regulamentos para a Prevenção da Poluição por Lixo dos Navios (inclui plásticos, papel, vidro, metal, ...);
- f) Anexo VI: Regulamentos para a Prevenção da Poluição Atmosférica de Navios (tais como óxidos de enxofre e óxidos de azoto).

A adesão à Convenção MARPOL é obrigatória para os países membros da IMO, e os navios que navegam sob jurisdição desses países devem cumprir os regulamentos estabelecidos nos anexos, nomeadamente MARPOL 73/78 (Anexos I/ II /II I/ IV / V) e Protocolo MARPOL 97 (Anexo VI).

A implementação e o cumprimento dos regulamentos da MARPOL são essenciais para proteger o meio ambiente marinho e costeiro e para garantir a sustentabilidade das atividades marítimas.

3.4.3. IALA

A Associação Internacional de Autoridades de Sinalização Marítima e de Faróis – [IALA](#) - sigla em inglês para *International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities*, é uma organização internacional que estabelece padrões e recomendações para a sinalização marítima em todo o mundo. Fundada em 1957, a IALA tem como objetivo principal promover a segurança da navegação marítima, garantindo que as embarcações possam movimentar-se de forma segura e eficiente em águas internacionais. O documento principal da IALA denomina-se *NavGuide*. [IALA, 2018]

A IALA define também o conjunto de métodos e padrões de geoposicionamento, começando pela orientação visual por estruturas conspícuas, sistema radar (deteta estruturas ou embarcações na proximidade), navegação com apoio astronómico (sol, lua e estrelas), observação ou determinação de profundidade, uso dos equipamentos modernos de posicionamento por satélite GNSS e/ou pelo sistema LORAN⁹. [IALA, 2017, p. 15]

O sistema IALA é composto por duas regiões principais: Região A e Região B, conforme se distribui de acordo com o mapa na figura 12. No caso das regiões portuguesas situam-se na região IALA A.

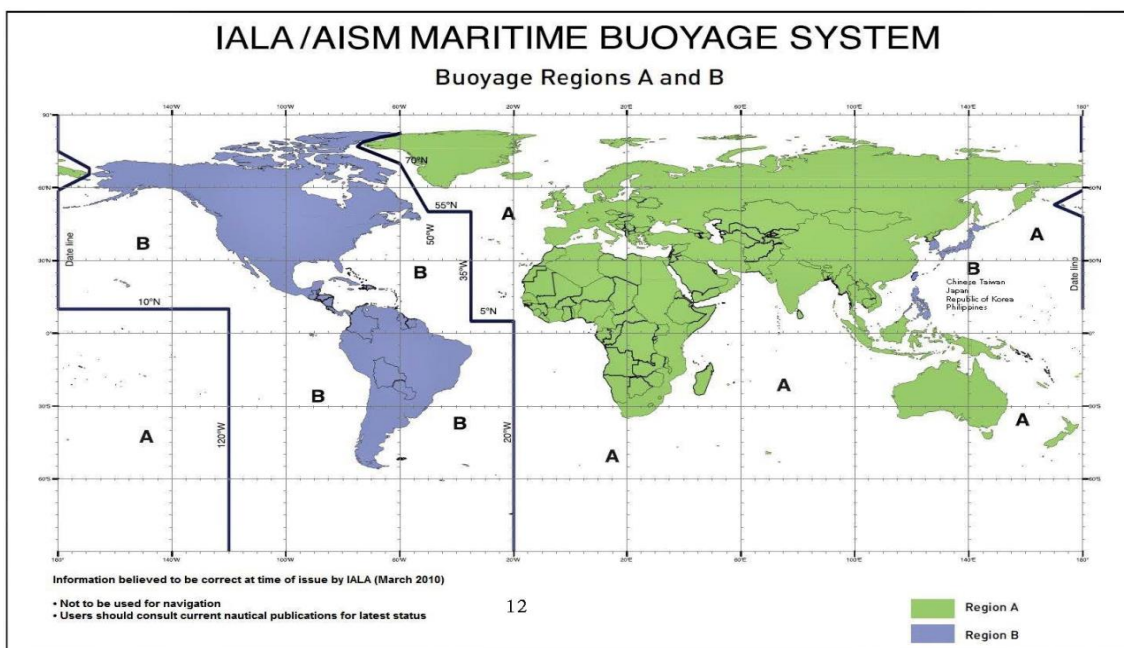


Figura 12 - Regiões IALA A e B [IALA, 2017, p. 17]

⁹ LORAN: Acrónimo de LONG RANGE Navigation - sistema terrestre de radionavegação, baseado na utilização de emissões coordenadas de impulsos radioelétricos de ondas médias ou longas.

Cada região tem suas próprias convenções de sinalização marítima, incluindo cores, formatos e características das boias e faróis. As boias de sinalização (amarelo e preto) e os sistemas de balizamento (utilizam principalmente a cor vermelha e verde), conforme se pode comparar nas figuras 13 e 14.

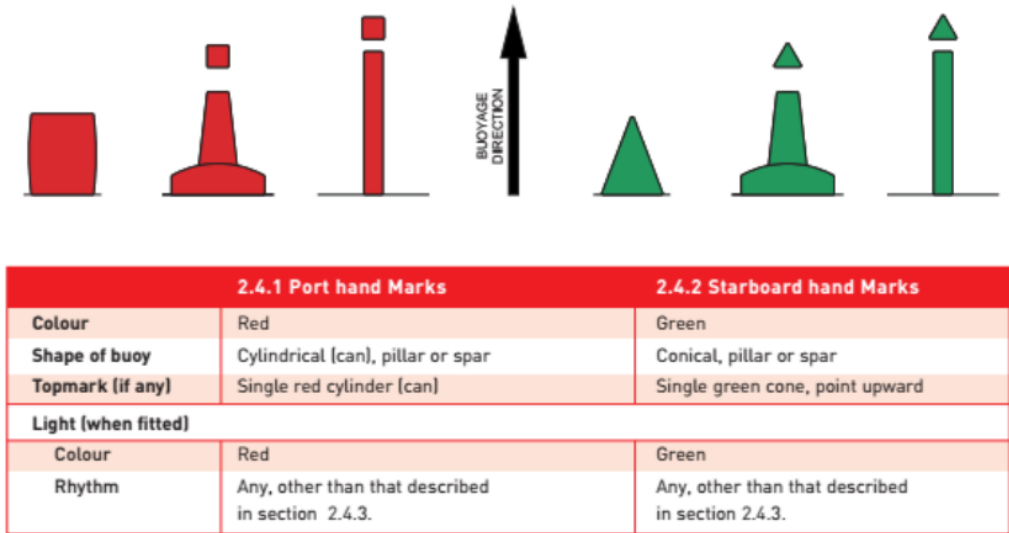


Figura 13 - Boias e balizas de Bombordo (a vermelho) e Estibordo (a verde) da região A da IALA [IALA, 2010, p. 15]

As luzes têm diferentes características, dependendo da posição da embarcação em relação à boia. Este sistema é crucial para evitar confusões e garantir a segurança dos navios que transitam entre diferentes áreas do mundo.

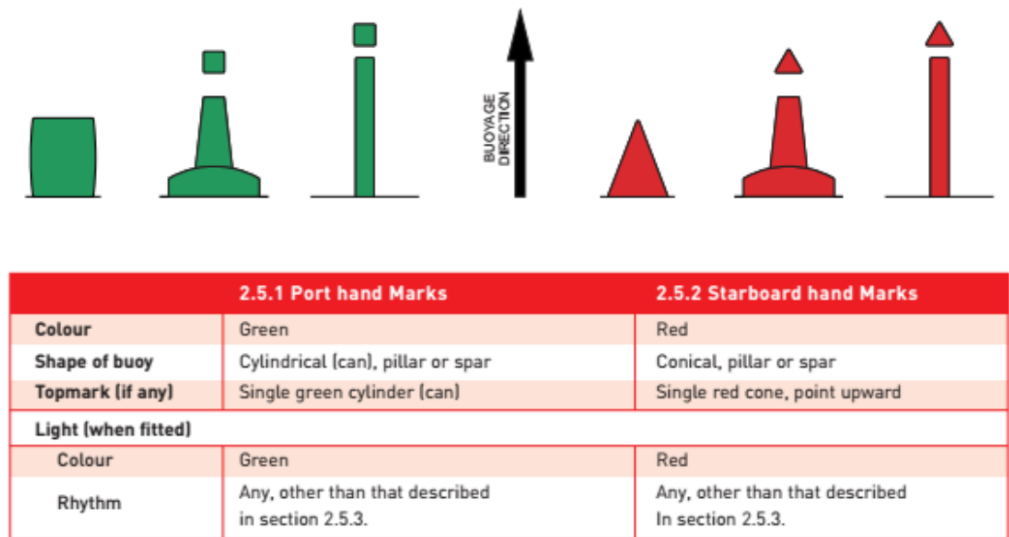


Figura 14 - Boias e balizas de Bombordo (a verde) e Estibordo (a vermelho) da região B da IALA [IALA, 2010, p. 16]

3.4.4. IC-ENC

O *International Centre for Electronic Navigational Charts* (IC-ENC) é uma organização internacional sem fins lucrativos constituída em 2002, sendo o maior centro regional coordenador de CEN (RENC) do mundo, cujo principal objetivo é coordenar e gerir a produção, harmonização e distribuição de CENs das cinquenta agências hidrográficas que tem acordos (conforme mapa na figura 16). Atua para promover a segurança da navegação marítima através da produção e distribuição de CEN de alta qualidade para usuários de sistemas de navegação eletrónica (ECDIS) em todo mundo, garantindo que as CEN sejam atualizadas, harmonizadas e confiáveis para os navegadores marítimos. [IC-ENC, 2023]

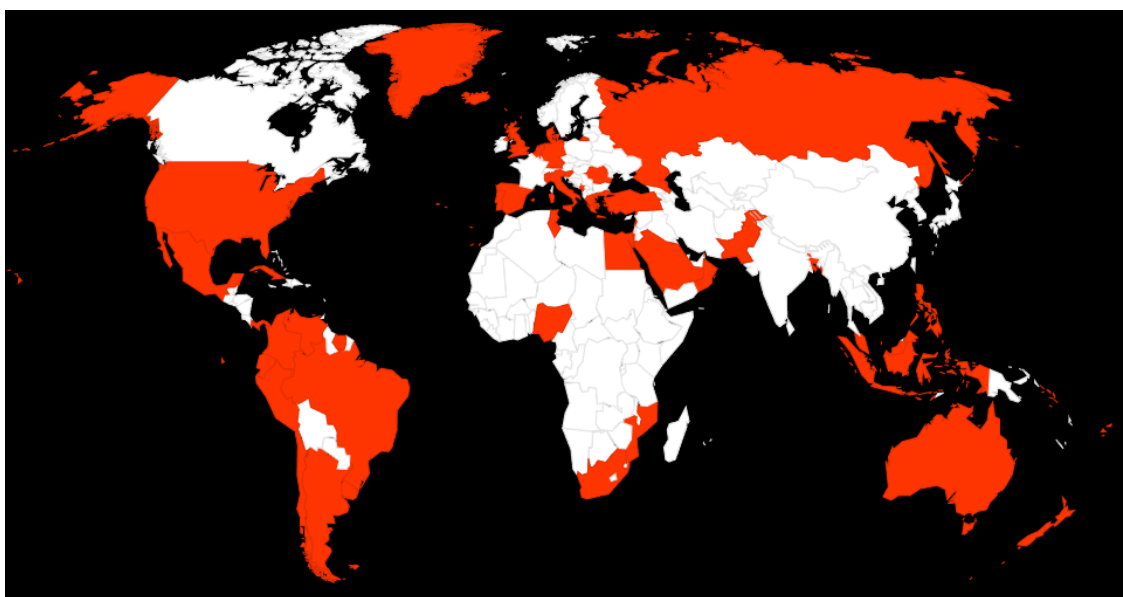


Figura 16 - Mapa representativo dos membros do IC-ENC [IC-ENC, 2023]

O IH encontra-se associado ao IC-ENC, e este detém uma rede de distribuidores autorizados, que fornecem acesso às CEN produzidas e validadas pelo IC-ENC. Situa-se:

- Reino Unido - [UK Hydrographic Office](#), Taunton;
- Austrália - [Australian Hydrographic Office](#), Wollongong;
- Brasil - [Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil](#), Niterói – Rio de Janeiro;
- Estados Unidos da América – [NOAA](#), Washington DC.

O IC-ENC fornece uma base de dados de conhecimento para os seus associados, sessões online de esclarecimento, apresentações de novidades, apoio para a produção e validação de produtos CEN, estrutura de distribuição, apoio técnico aos utilizadores, apoio à implementação do novo S-100 e respetiva conversão. Na sua plataforma online dispõe dum [mapa interativo](#) no

qual é possível pesquisar todos os produtos CEN disponíveis. Aqui é possível observar que, por exemplo, a grande maioria dos países africanos entrega a responsabilidade da hidrografia e cartografia náutica às agências do Reino Unido, França, Portugal e África do Sul.

3.5. E-navigation

E-navigation é o termo oficial internacional da navegação com apoio com recurso a meios eletrónicos integrados, criado em 2006 pela IMO como resultado da estratégia de integrar várias ferramentas novas e existentes para melhorar e aumentar a segurança da navegação e respetiva condução das embarcações. [Marine insight, 2019]

Apresenta cinco graus de navegação autónoma e define-se como o sistema que inclui a recolha, integração, troca, apresentação e análise harmonizadas de informações marítimas (tráfego marítimo em tempo real, meteorologia, estado do mar e vento, vagas, ondulação, temperatura e salinidade da água), recursos marinhos (biomassa, funa e flora) e serviços a bordo e em terra, por meios eletrónicos, para melhorar a navegação de porto a porto e serviços relacionados, de modo a garantir a segurança da navegação e a proteção do meio marinho”. Esta evolução obriga ao envolvimento dos vários intervenientes do universo marítimo: agências hidrográficas, produtores de *software*, fabricantes de ECDIS (fotografia exemplo na figura 17), entidades reguladoras, como a OHI e a IMO, os RENC, entidades produtoras de serviços marítimos e utilizadores finais, como navegadores, autoridades portuárias e outras partes interessadas. [IMO, 2019]

As embarcações modernas usam sensores e sistemas digitais de comunicação, geolocalização e segurança a vários níveis e integrados entre si, tais como o AIS (*Automatic Identification System*), geolocalização por GNSS, ECDIS, Radar/ARPA, odómetro, girobússula, sonda “*probe*”, sistema de comunicações GMDSS (*Global Maritime Distress Safety System*), podendo ainda integrar sensores posicionais e inerciais, por forma a organizar todas as informações em tempo real e contribuir ativamente para a navegação segura, bem como para a facilidade e comodidade da navegação e manobras.

Essa integração é representada no ECDIS para fornecer posicionamento em tempo real 24 horas por dia, alarmes anti-colisão e orientação de piloto automático para navegação. Permite atualizar e visualizar as CEN, planeamento e monitorização de rotas, registo de rota, incluindo data, hora, posição, direção e velocidade do navio, assim como visualizar e registar a telemetria AIS de outras embarcações.



Figura 17 - Fotografia de um ECDIS em funcionamento [Marine insight, 2019]

O assinalamento marítimo em Portugal, da competência da Direção de Faróis e IH, refere na página de internet da Autoridade Marítima Nacional (AMN), que pretende estar atualizado relativamente a *e-Navigation*, tendo já em funcionamento diversos sistemas de assinalamento eletrónicos baseados no sistema AIS. O primeiro entrou em funcionamento em Janeiro e 2015, respondendo à necessidade de assinalamento de emergência. [AMN, 2023]

As Ajudas à Navegação em vigor atualmente em Portugal com AIS são 16 fluviais e 21 marítimos e são as seguintes: [IH, 2024.c]

- Porto de Leixões – Boia Oceanográfica ODAS CSA 89/1
- Rio Douro – V-AIS 102E, V-AIS 100C, V-AIS 109C, V-AIS 104C, V-AIS 108C, V-AIS 112C, V-AIS 123C, V-AIS 127C, V-AIS 122C, V-AIS 227C, V-AIS 231C, V-AIS 235C, V-AIS 239C, V-AIS 243C, V-AIS 247C, V-AIS 234C; 16
- Cabo da Roca – Esquema Separação Tráfego: S1, N3, S2, N2, S3 e N1; 6
- Na barra de entrada de Lisboa (junto à Foz do Rio Tejo) - Boia nº 2;
- Na barra de entrada de Setúbal (junto à Foz do Rio Sado) - Boia nº 1;
- Portinho do Canal (Costa Vicentina, a sul de Porto Côvo) – Boia Oceanográfica ODAS CSA 83;
- Cabo de São Vicente – Esquema Separação Tráfego: S1, N4, S2, N3, S3, N2, S4, N1;

- Quarteira – Boia Oceanográfica ODAS CSA 81;
- Ilha de Cabanas (Tavira) – APA S, APA N. 2.

4. ESPECIFICAÇÕES

4.1. Especificações Hidrográficas da OHI

4.1.1. Lista Geral

Segue-se a lista do conjunto de todas as especificações atualmente definidas para OHI, consultáveis no sítio de internet da entidade pelo endereço <https://iho.int/en/standards-and-specifications>:

- ❖ S-4 – Regulamentos para Cartas Internacionais (INT) e Especificações de Cartas da OHI (edição 4.9, Março de 2021), com três documentos associados, descrito em detalhe adiante.
- ❖ S-5A – Competência para Hidrógrafos na Categoria A - define as normas/especificações aplicadas para acesso e aprendizagem a profissionais hidrógrafos da categoria A (edição 1.0.2, Junho 2018).
- ❖ S-5B – Competência para Hidrógrafos na Categoria B - define as normas/especificações aplicadas para acesso e aprendizagem a profissionais hidrógrafos da categoria B (edição 1.0.1, Junho 2017).
- ❖ S-8A – Competência para Cartógrafos Náuticos na Categoria A - define as normas/especificações aplicadas para acesso e aprendizagem a profissionais de Cartografia Náutica na categoria A (edição 1.0.1, Junho de 2018).
- ❖ S-8B – Competência para Cartógrafos Náuticos na Categoria B - define as normas/especificações aplicadas para acesso e aprendizagem a profissionais de Cartografia Náutica na categoria B (edição 1.0.0, Setembro de 2017).
- ❖ S-11 – Orientação para a Preparação e Manutenção de Cartas Internacionais (INT) e Esquemas ENC e Catálogo de Cartas Internacionais (INT), dividido em duas partes:
 - Parte A - Orientação para a preparação e manutenção de gráficos internacionais (INT) e esquemas ENC (edição 3.1.0, Fevereiro de 2018);
 - Parte B - Catálogo da Web de Cartas Internacionais, serviços via internet “Webservices” e Manuais do Usuário (edição 3.1.0 de Fevereiro de 2018).

- ❖ S-12 – Normalização da Lista de Luzes e Sinais de Nevoeiro (Junho de 2004, correções de Junho 2006).
- ❖ S-23 – Limites dos Oceanos e dos Mares (1953).
- ❖ S-32 – Dicionário Hidrográfico (disponível nos idiomas inglês, francês, espanhol, chinês e indonésio).
- ❖ S-44 – Especificações para Levantamentos Hidrográficos - define as normas/especificações aplicadas aos levantamentos hidrográficos destinadas a melhorar a segurança da navegação, o conhecimento e a proteção do meio ambiente marinho.
- ❖ S-49 – Padronização dos Roteiros para os Navegantes (edição 2.1.0, Setembro de 2020).
- ❖ S-52 – Conteúdo gráfico e aspetos da visualização no ECDIS (edição 6.1, Outubro de 2014 com clarificações até Junho de 2015) + Anexo A.
- ❖ S-53 – Manual sobre informação para a Segurança Marítima produzida conjuntamente por IMO/IHO/WMO (Janeiro de 2016).
- ❖ S-57 – Padrão de transferência de dados hidrográficos digitais (edição 3.1, Novembro de 2000), descrito em detalhe adiante.
- ❖ S-58 – Verificações de Validação das CEN (edição 7, Outubro 2022) para incluir nos *software* de validação para garantir que as cartas em S-57 são devidamente compiladas e sem erros.
- ❖ S-60 – Manual de Utilizador sobre Transformações de *Datum* envolvendo WGS84 (Julho de 2003, com correções de Agosto de 2008).
- ❖ S-61 – Especificações dos requisitos para produção de Cartas de Navegação *Raster* (RNC) (Janeiro de 1999).
- ❖ S-62 – Lista de códigos de produtores de dados atribuídos pela OHI (Abril de 2023).
- ❖ S-63 – Definições para proteção de dados associados à OHI (edição 1.2.1, Março de 2020).
- ❖ S-64 – Conjuntos de dados de teste IHO para ECDIS (edição 3, Dezembro de 2020).
- ❖ S-65 Anexo A – Orientação de Produção e Manutenção de CEN de Alta Densidade (edição 1, Janeiro de 2020).

- ❖ S-65 Anexo B – Guia de conversão S57 para S-101 (edição 1.1, Agosto de 2023), apenas usado para implementação e testagem.
- ❖ S-66 – Informação sobre CEN e requisitos de transporte (edição 1.1, Janeiro de 2018).
- ❖ S-67 – Guia para navegação relativa à precisão da informação sobre profundidade nas CEN (edição 1.0, Setembro 2020).
- ❖ S-68 – Diretrizes e recomendações às agências hidrográficas para a alocação da classificação CATZOC/QOBD sobre os dados de levantamentos hidrográficos (edição 1.0, Julho de 2023).
- ❖ S-97 – Guia para criação de especificações de produtos S-100 (edição 1.1, Junho 2020).
- ❖ S-98 – Interoperabilidade de produtos em sistemas de navegação S-100 (edição 1.0, Maio de 2022), contendo quatro partes e três anexos (descrito em pormenor no tópico 4.3.7).
- ❖ S-99 – Procedimentos Operacionais para a Organização e Gestão de Registo de Informações Geoespaciais da OHI (edição 2, Outubro de 2022).

Especificações de produtos S-100 da OHI – conforme tabela 2 no tópico 4.1.8.

- ❖ S-101 – Especificação de Produto CEN (edição 1.1, Abril de 2023).
- ❖ S-102 – Superfície Batimétrica (edição 2.2, Abril de 2023).
- ❖ S-104 – Informação do nível de água para a Navegação de Superfície (edição 1, Agosto de 2021).
- ❖ S-111 – Correntes de Superfície (edição 1, Dezembro de 2018).
- ❖ S-121 – Limites e fronteiras marítimos (edição 1, Outubro de 2019).
- ❖ S-122 – Áreas Marítimas Protegidas (edição 1, Janeiro de 2019).
- ❖ S-123 – Serviços de Radiocomunicações Marítimas (edição 1, Janeiro de 2019).
- ❖ S-124 – Avisos de Navegação (edição 1.0, Maio de 2023).
- ❖ S-125 – Ajudas à Navegação Marinha (AtoN) (em construção).
- ❖ S-126 – Ambiente Físico Marinho (em construção).
- ❖ S-127 – Gestão de tráfego marítimo (edição 1, Dezembro de 2018).
- ❖ S-128 – Catálogo de Produtos Náuticos (edição 1, Maio de 2022).

- ❖ S-129 – Gestão do resguardo sob a quilha dos navios ¹⁰ (edição 1.1, Novembro de 2023).
- ❖ S-130 – Demarcações Poligonais de Áreas Marítimas Globais (edição 1.0, Abril de 2023).
- ❖ S-131 – Infraestrutura marítima portuária (edição 1.0, Abril de 2023).
- ❖ S-164 – IHO Conjuntos de Dados de Testes para ECDIS em S-100 (edição 1.0, Março de 2023).

4.1.2. S-4 – Especificações para as Cartas Náuticas da OHI

O padrão S-4 especifica os regulamentos da OHI para cartas náuticas nacionais e internacionais (INT) para garantir a segurança da navegação. Os regulamentos estabelecidos no S-4 são muito detalhados e fornecem diretrizes para todos os aspetos de uma carta náutica, desde a concepção, compilação, passando pela produção, até a divulgação. Desta forma pretende assegurar a correta leitura e interpretação dos demais utilizadores, independentemente do país, escala ou idioma.

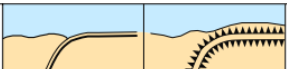
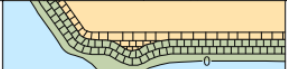
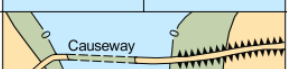
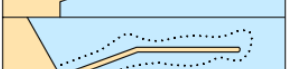
Estruturas de Proteção		Símbolos nacionais suplementares: <i>Supplementary national symbols:</i>	a, b	<i>Protection Structures</i>	
1		Dique <i>Dyke, Levee</i>			313.1
2.1		Paredão (em cartas de grande escala) <i>Seawall (on large-scale charts)</i>			313.2
2.2		Paredão (em cartas de média e pequena escala) <i>Seawall (on smaller scale charts)</i>			
3		Combro <i>Causeway</i>			313.3
4.1		Quebra-mar (representação geral) <i>Breakwater (in general)</i>			322.1
					
4.2		Quebra-mar (Pedra solta, tetrápodes, etc.) <i>Breakwater (loose boulders, tetrapods, etc.)</i>			

Figura 18 – Excerto "Símbolos, Abreviaturas e termos usados nas Cartas Náuticas da Série internacional
INT1 [IH, 2015.d, p. 22]

¹⁰ Prevê com precisão de centímetros a profundidade da água entre a quilha da embarcação e o fundo do mar (ver figura 5).

O padrão S-4 foi projetado para fornecer uma estrutura de dados hierárquica e modular para hidrografia, hidro-geodésica, topografia envolvente e dados ambientais relacionados. Inclui vários elementos, como dados batimétricos, dados de fundo marinho, informações sobre linhas de costa, informações sobre portos (ver exemplo na figura 18) e rotas de navegação. [OHI - S-4, 2021]

Os métodos de partilha de dados são projetados para garantir que as informações hidrográficas sejam acessíveis e utilizáveis por todas as partes interessadas.

Na figura 19 é possível visualizar uma imagem alusiva à CN-26303, correspondendo a uma carta portuária que representa a zona da Barra do Rio Tejo e Baía de Cascais.

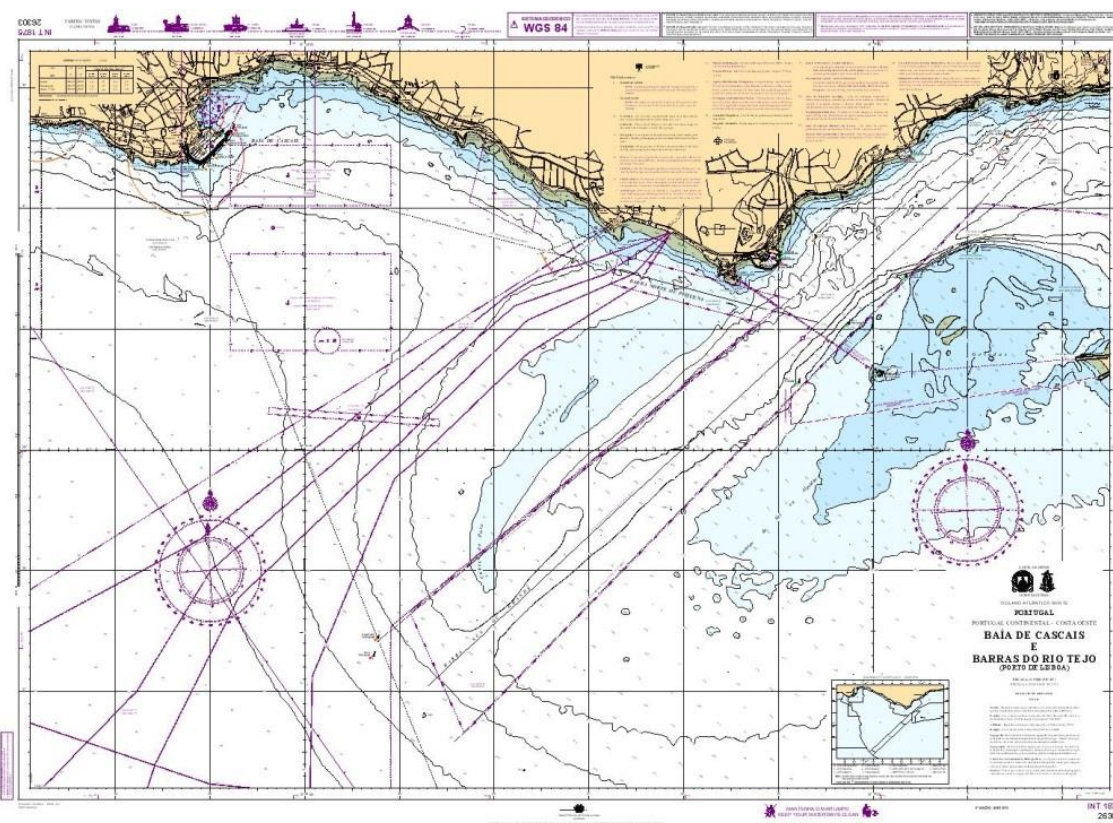


Figura 19 - Exemplo real de uma CN portuária produzida pelo IH (segundo as especificações S-4) [IH, 2022]

O modelo de dados hidrográficos S-4 é uma importante ferramenta para a segurança marítima e a gestão de recursos marinhos, sendo usado em todo o mundo para medir e avaliar a hidrografia, a meteorologia e a oceanografia e, assim, fornecer informações seguras e precisas para navegação com segurança. [OHI - S-4, 2021]

O S-4 é complementado por três anexos:

- INT 1: Símbolos e Abreviações usadas para Cartas Náuticas em Papel (edição 8, 2020);

- INT 2: Delimitador, Graduação, Quadrículas e Escalas Lineares (edição 4, 2007);
- INT 3: Uso de Símbolos e Abreviaturas (edição 5, 2011).

No IH as CN eram produzidas no *software* *CARIS GIS* (exemplo na figura 20), numa gestão por ficheiros, sendo que a última versão 4.5 foi descontinuada em 2010, atualmente considerado obsoleto e em desuso. O IH substituiu-o para uma vertente de SIG em Base de Dados Geográfica (BDG), recorrendo ao pacote *CARIS HPD* (da *Teledyne*), que contém o *Paper Chart*.

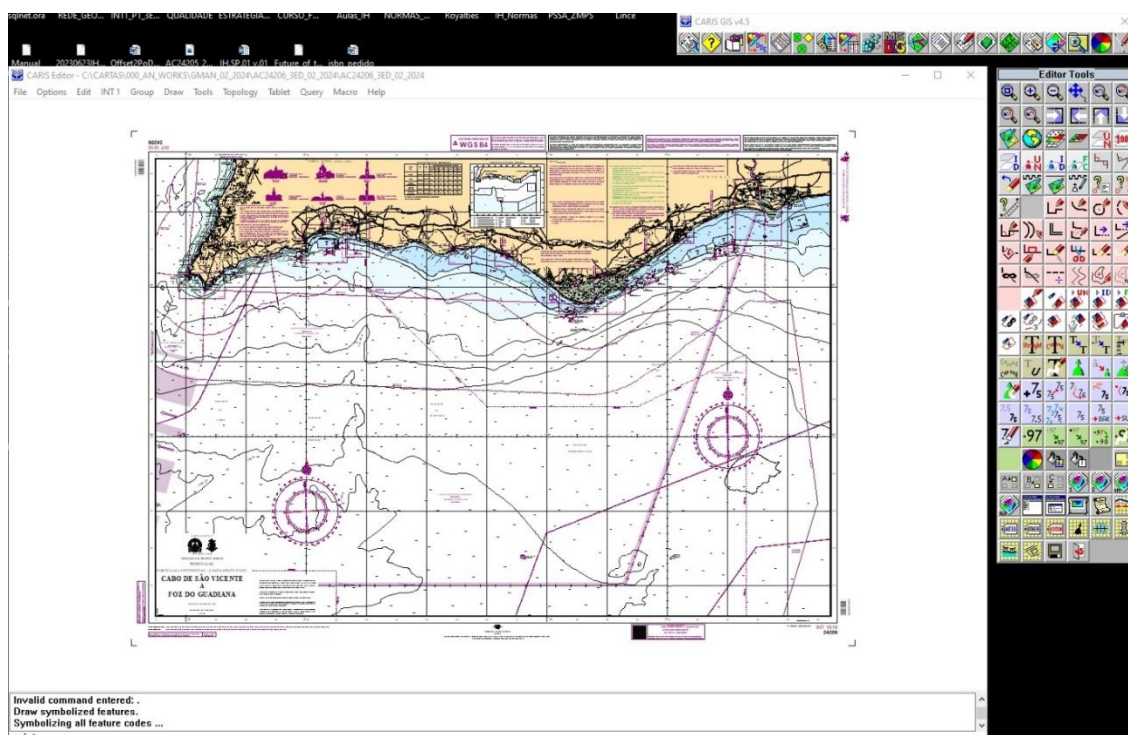


Figura 20 - Exemplo real de edição duma CN em CARIS GIS [IH,2024]

4.1.3. S-57 – Padrão de transferência de dados hidrográficos digitais (CEN)

O modelo de dados S-57 é um padrão de dados para representação de informações hidrográficas em formato eletrónico, baseado numa estrutura de dados geoespaciais, estruturado num esquema de dados de objetos e possui um conjunto de regras para codificar dados hidrográficos num formato padronizado, permitindo a sua transferência e uso em diferentes sistemas hidrográficos (a figura 21 mostra um exemplo CEN em S-57 representativo da zona costeira entre Cascais e Alge's). É constituído pelos seguintes apêndices: [OHI - S-57, 2000]

- Apêndice A (Capítulo 1 e 2 – *Objects and Attributes*)
- Apêndice B.1 (ENC *Product Specification*)
- Apêndice B.1 Anexo A (*Use of the Object Catalogue for ENC*)
- Apêndice B.2 IHO *Object Catalogue Data Dictionary Product Specification*
- Suplemento nº 3 da Edição 3.1 (Junho de 2014 - inclui Suplemento nº 2)

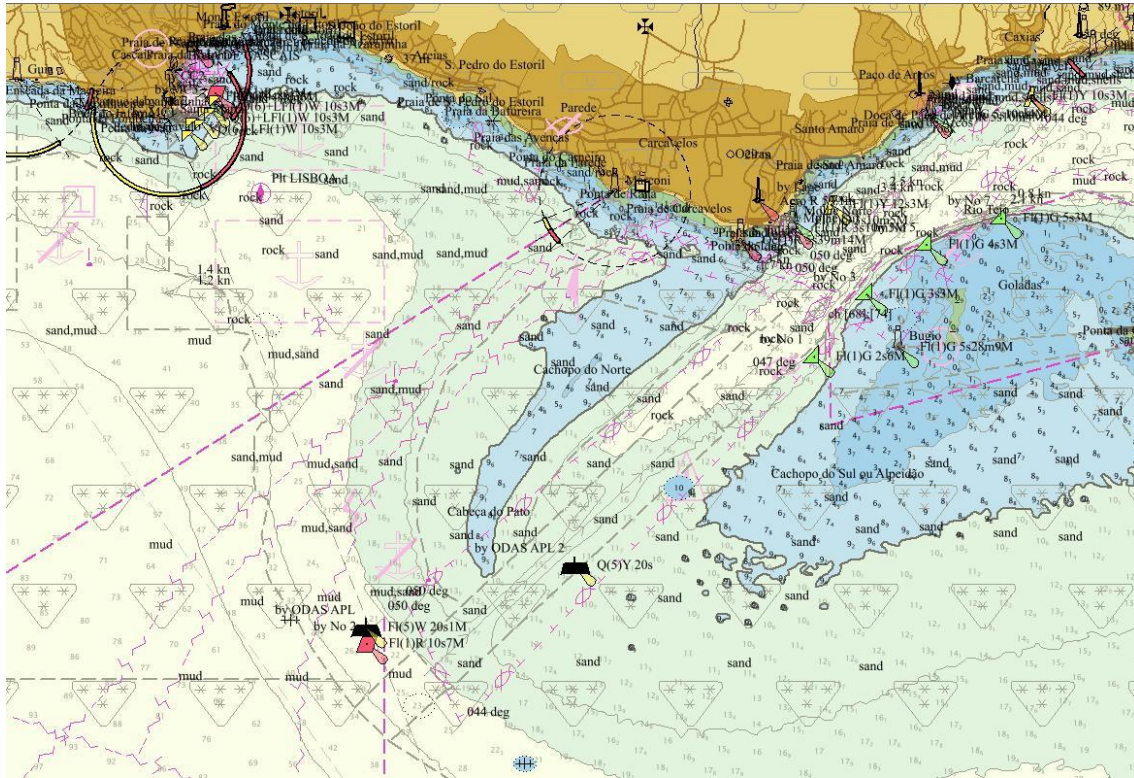


Figura 21 - Exemplo real da CEN PT526303 em vigor produzida pelo IH [IH, 2023]

No modelo S-57 encontra-se definido, adaptado de acordo com as definições no S-4, o conjunto de características hidrográficas, tais como profundidades, linhas de costa, faróis, boias, áreas de ancoragem, cais, pontões, navios afundados, rochas ou objetos perigosos, etc. Cada tipo é representado como um objeto, contendo um conjunto de atributos que descrevem suas características e propriedades.

Formalmente adoptado em 1992, o S-57 foi desenvolvido e implementado pela OHI, sendo amplamente utilizado internacionalmente para a produção de CEN para permitir a troca de informação hidrográfica entre agências hidrográficas, fabricantes de ECDIS, navegadores, controladores de tráfego portuário, entre outros utilizadores. [Moura et al., 2022]

O padrão para denominação de cada ficheiro de célula de CEN define o formato CCPXXXXX.EEE, o qual: [IH, 2008]

- CC – Código da entidade produtora (PT para o IH de Portugal);

- P – Tipo de navegação (de 1 a 6), o qual define também a escala (ver Tabela 1);
- XXXXX – Código individual de cada célula, habitualmente faz referência à correspondente de CN;
- EEE – número do *update* (de 000 a 999) sendo .000 para o ficheiro inicial da CEN.

É recomendado que as escalas de compilação das CEN sejam baseadas nos alcances dos RADAR das embarcações. E o tipo de navegação (*UsageBand*) referido anteriormente é estabelecido de acordo com a tabela seguinte (número 1-6 da coluna da esquerda):

Tabela 1 - Escala de compilação das CEN em função do tipo de navegação “UsageBand” [IH, 2008]

P	Tipo de Navegação (UsageBand)	Escalas de Compilação
1	Roteamento (<i>Overview</i>)	< 1 : 1 499 999
2	Geral (<i>General</i>)	1 : 350 000 – 1 : 1 499 999
3	Costeira (<i>Coastal</i>)	1 : 90 000 –, 1 : 349 999
4	Aproximação (<i>Approach</i>)	1 : 22 000 – 1 : 89 999
5	Portuária (<i>Harbour</i>)	1 : 4 000 – 1 : 21 999
6	Atracação (<i>Berthing</i>)	> 4 000

A estrutura de ficheiros duma CEN é elaborada por um processo classificado como “*Exchange Set*”, o qual analisa e cria uma pasta *ENC_ROOT* com o ficheiro principal da CEN (extensão .000), o ficheiro *CATALOG.031* (descritor de todo processo e conteúdo), os ficheiros de texto anexos (caso existam) e os ficheiros resultantes de atualizações à CEN, mais conhecido por *updates*, cuja extensão do ficheiro é uma contagem sequencial começando em .001 e terminando em .999 (com dimensão máxima de 100 KB).

O padrão S-57 usa a norma ISO/IEC 8211 (*Specification for a data descriptive file for information interchange*), uma estrutura de dados bidimensional na qual a geometria é descrita em termos de nós, arestas e faces que estão todas ligadas topologicamente. Em termos de léxico/caracteres para os atributos segue a ISO 8859-1. O S-57 organiza-se num Catálogo de Objetos¹¹ classificado por acrónimos que caracterizam uma estrutura, um espaço ou um meta-objeto com informação necessária para a navegação. [OHI - S-57, 2000]

Toda área da célula tem de ser coberta por um dos objetos denominado do Grupo 1 (*Skin-of-the-earth*), nomeadamente: DEPARE (intervalo de profundidades), DRGARE (área

¹¹ Consultável em <https://www.teledynecaris.com/s-57/frames/S57catalog.htm>

dragada), FLODOC (doca flutuante), HULKES (navio permanentemente atracado), LNDARE (área em terra seca), PONTON (pontão), UNSARE (área não sondada). [OHI - S-57, 2000]

O S-57 encontra-se na edição 3.1 (de Novembro de 2000), tendo sofrido apenas pequenas alterações ao longo dos anos. Segundo a OHI, o S-57 tem, entre outras, as seguintes limitações [Powell, 2011]:

- Regime de atualização inflexível (adição de novos objetos/atributos com sérias consequências nos produtos, serviços, software de produção e sistemas ECDIS);
- Não suporta as necessidades futuras dos utilizadores;
- Formatos utilizados condicionam a capacidade e a flexibilidade dos mecanismos de transferência de informação;
- Limitações em termos de segurança cibernética;
- É considerado por muitos como um padrão de uso exclusivo para a produção e distribuição de CEN.

Como resultado destas limitações, a OHI aprovou em 2000 uma revisão substancial do S-57, da qual resultou a criação do protótipo do padrão S-101, pertencente ao recente universo do S-100 (figura 20), do qual se apresenta como base para os outros produtos e serviços, indo muito além das necessidades específicas das CEN, contrariamente ao que acontece até hoje com o S-57. [Moura et al., 2022]

4.1.4. S-52 – Padrão de aspeto de visualização e simbologia

O padrão S-52 é um conjunto de especificações desenvolvido pela OHI para a visualização de CEN. Define os requisitos para a apresentação gráfica das informações contidas nas CEN, garantindo consistência e legibilidade em diferentes sistemas de visualização de acordo com o tipo de objetos e o âmbito. É composto por três partes: [OHI - S-52, 2015]

- *Specifications for Chart Content and Display Aspects of ECDIS;*
- *Glossary of ECDIS-Related Terms;*
- *Colour & Symbol Specifications for ECDIS.*

Na figura 22 encontra-se um exemplo dos detalhes da simbologia, retirado ao Catálogo de Objetos.

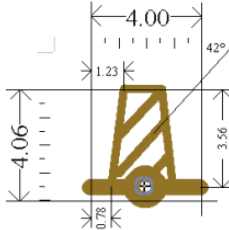
Symbol Name:	SY(MONUMT02)	RN: 169									
Symbol Explanation:	monument										
Look up table affected:	paper chart point symbols										
Pivot Point Column:	1.97										
Pivot Point Row:	3.55										
Width of Bounding Box:	4.00										
Height of Bounding Box:	4.06										
											
Symbol Colours:	 LANDF										
Comments:	Line weight 0.3 mm; cross bar line weight 0.6 mm Circle line weight 0.3mm; circle diameter 1.0 mm										
Examples on ENC:	N/A										
References:	<table border="1"> <tr> <td>S57</td><td colspan="2">INT 1</td></tr> <tr> <td>LNDMRK</td><td>E 24; G 66</td><td>(E 24)</td></tr> <tr> <td></td><td>  </td><td>Mon</td></tr> </table>		S57	INT 1		LNDMRK	E 24; G 66	(E 24)			Mon
S57	INT 1										
LNDMRK	E 24; G 66	(E 24)									
		Mon									

Figura 22 - Simbologia de Estrutura em terra LNDMRK presente no Anexo A do S-52 [OHI - S-52-A, p. 172]

Algumas características e componentes importantes do padrão S-52: [OHI - S-52, 2015]

- Símbolos e Elementos gráficos, por exemplo símbolos para faróis, boias, perigos à navegação, fundeadouro, cabos submarinos, linhas de navegação, torres, profundidades;
- Cores e Estilos: para cada objeto, seja do tipo linha, ponto ou área, é definido uma cor, espessuras das linhas;
- Legibilidade e Consistência: tamanhos de fonte, espessuras de linha e escalas de visualização que proporcionem uma apresentação clara e compreensível das informações contidas nas CEN;
- Adaptação à escala: especifica como as CEN devem ser apresentadas em diferentes escalas de visualização. Os detalhes sobre quais elementos devem ser exibidos ou ocultados em determinadas escalas, para garantir uma apresentação adequada e útil para os navegadores, tem como mecanismo

combinação da definição do atributo Escala Mínima (SCAMIN) para cada objeto de acordo com a combinação de duas tabelas.

- Compatibilidade: é projetado para ser compatível com uma variedade de sistemas de visualização de CEN, garantindo que possam ser carregadas e visualizadas de maneira consistente em diferentes plataformas e dispositivos.

4.1.5. S-58 – Consistência e Validações

No contexto da codificação de CEN pela OHI, a especificação S-58 define um conjunto de critérios e regras para garantir a precisão, integridade e consistência dos dados nas cartas eletrônicas.

A implementação do padrão S-58 envolve uma série de testes automatizados que verificam se as CEN cumprem com os requisitos especificados. Esses testes podem incluir a verificação de elementos como a correta topologia e coerente geometria, a consistência das informações de profundidade e a conformidade com os padrões de codificação da OHI, a coerência dos atributos definidos ou a falta de informações ou objetos. [OHI - S-58, 2018]

O objetivo final do S-58 é garantir que as CEN sejam confiáveis e seguras para uso na navegação marítima, ajudando a evitar acidentes e garantindo a segurança dos navios e tripulações.

Analisa tanto a consistência a nível geométrico, como ao nível dos atributos e objetos. Os resultados são agrupados em três tipos de problemas: Erro Crítico (*Critical Error*), Erro (*Error*) e Aviso (*Warning*). Os *software* de construção S-57 disponibilizam uma aplicação integrada ou separada para avaliação. As normas ISO usadas são ISO 19125-1. [OHI - S-58, 2018]

Os RENC avaliam a integridade das CEN submetidas pelos produtores associados e retornam o veredicto acompanhado por um relatório. Se for não contiver erros nem avisos susceptíveis de problemas, a submissão será aprovada para ser distribuído no circuito comercial. Caso contrário, o relatório descreve os problemas detetados e sugestões para a resolução.

Nem todos os erros são impeditivos de serem aceites pelas entidades gestoras internacionais. Por exemplo, a IC-ENC disponibiliza uma base de dados de erros, sugerindo as possíveis causas e correções, assim como aponta se é um erro/aviso impeditivo da CEN seguir para o mercado.

4.1.6. S-63 – Encriptação

O padrão S-63 é a especificação desenvolvida pela OHI para proteger as CEN do acesso e uso indevido através de encriptação. As CEN são encriptadas pelos distribuidores oficialmente designados ou selecionados para o efeito (RENCs como o IC-ENC ou o PRIMAR, ou por redistribuidores locais, os VARs (*Value Added Resellers*)). Este método de encriptação fornece uma chave e um método seguro para distribuir e abrir as CEN em S-57, garantindo assim que apenas utilizadores autorizados possam visualizar e usar essas CEN em sistemas ECDIS igualmente certificados. [OHI - S-63, 2020]

Algumas características e componentes importantes do sistema S-63 são:

- Criptografia: utiliza técnicas de criptografia para proteger os dados das CEN durante o armazenamento, transmissão e acesso, garantindo que as informações contidas nas CEN só possam ser acedidas por utilizadores autorizados.
- Compressão: usa algoritmo ZIP para comprimir e descomprimir as CEN, resultando numa redução de 30 a 60% do seu tamanho;
- O nível de encriptação é de 48-bit com recurso ao algoritmo *Blowfish*.
- Chaves de Licença: o acesso às CEN protegidas pelo S-63 é controlado por meio de chaves de licença, com um ficheiro PERMIT.TXT que descreve o pormenor das permissões, e uma chave de 5 dígitos hexadecimais. fornecidas ao equipamento específico e utilizadores autorizados para permitir o sistema descriptar a CEN fornecida, assim, visualizem nos devidos equipamentos.
- Gestão de Direitos Digitais: facilita às autoridades fiscalizadoras controlar e validar quem tem permissão para aceder e utilizar essas CEN.
- Compatibilidade: é projetado para ser compatível com uma variedade de sistemas de navegação eletrónica e *software* de visualização de cartas, garantindo que as CEN encriptadas pelo S-63 possam ser utilizadas em diferentes plataformas e dispositivos.
- Atualizações de Segurança: o S-63 é periodicamente atualizado para garantir que continue a fornecer um nível adequado de segurança para as CEN. [OHI - S-63, 2020]

Em suma, o sistema S-63 é um padrão crucial para garantir a segurança e a proteção dos dados das CEN, permitindo o acesso controlado e seguro a informações vitais para a navegação marítima. Todavia, existem produtores que escolheram que os seus produtos CEN sejam abertos, sem encriptação, tendo como principal exemplo os EUA (podendo descarregar na plataforma online da NOAA) e Canadá.

4.1.7. S-98 – Interoperabilidade de produtos em sistemas de navegação

Os utilizadores recebem diversos tipos de produtos dentro do universo do S-100, organizando-os em camadas, sendo a informação das mesmas visualizada simultaneamente no ECDIS.

Assim, para permitir uma interoperabilidade harmonizada entre dados do universo S-100 e S-57, torna-se necessário um conjunto de regras bem definidas contidas num catálogo claro, não só para a produção dos produtos, mas também na interligação entre os diversos tipos de dados entre várias camadas de informação para visualização de diversos produtos em simultâneo.

O S-98 é precisamente a especificação que define e descreve as regras e a estrutura, através do Catálogo de interoperabilidade, fornecendo um conjunto estruturado de regras e diretrizes que regem as interações visuais e funcionais entre diferentes produtos de dados baseados no S-100. É dividido em quatro níveis - Partes A a D - correspondendo à sucessiva complexidade de operações. As especificações S-100 cobertas com as especificações S-98: [OHI - S-98, 2019]

- S-101 - Especificação de Produto CEN
- S-102 - Superfície Batimétrica
- S-104 - Informação do nível de água para a Navegação de Superfície
- S-111 - Correntes de Superfície
- S-122 - Áreas Marítimas Protegidas
- S-123 - Serviços de Radiocomunicações Marítimas
- S-129 - Gestão do resguardo sob a quilha dos navios

O Catálogo ajuda a organizar a visualização das camadas, reduzindo a sobrecarga de informações, resolvendo conflitos e melhorando a qualidade geral e a clareza das informações apresentadas aos navegantes quando vários produtos de dados baseados no S-100 são exibidos simultaneamente. [OHI - S-98, 2019]

As especificações do S-98 permitem:

- Interoperação suave e apresentações gráficas harmonizadas e fáceis de usar de várias camadas de dados, incluindo sobreposições de radar, em ECDIS compatíveis e outros cenários baseados em navios e em terra.
- Quatro níveis de interoperabilidade com complexidade crescente, especificando como diferentes produtos de dados baseados em S-100 devem ser usados e exibidos simultaneamente, promovendo consistência e compatibilidade entre sistemas:
 - Nível 0: Sobreposições sem interoperabilidade explícita.
 - Nível 1: Intercalação de dados.
 - Nível 2: Seletividade baseada em tipo e substituição de classe de recurso.
 - Nível 3: Hibridização de recursos.
 - Nível 4: Operações espaciais.
- Abrange áreas marítimas globais, proporcionando uma abordagem padronizada à interoperabilidade que pode ser aplicada universalmente.
- Inclui medidas para avaliar a qualidade dos dados exibidos e do próprio Catálogo, garantindo que as informações apresentadas atendem aos padrões definidos de precisão e integridade.
- Permite que diferentes versões de produtos de dados estejam ativos simultaneamente na mesma edição principal, facilitando atualizações sem interromper as funcionalidades existentes (figura 23).
- Fornece diretrizes para considerações de representação relacionadas ao uso do Catálogo num ECDIS, garantindo que as informações adicionais não definidas no Catálogo possam ser acomodadas sem comprometer a funcionalidade.

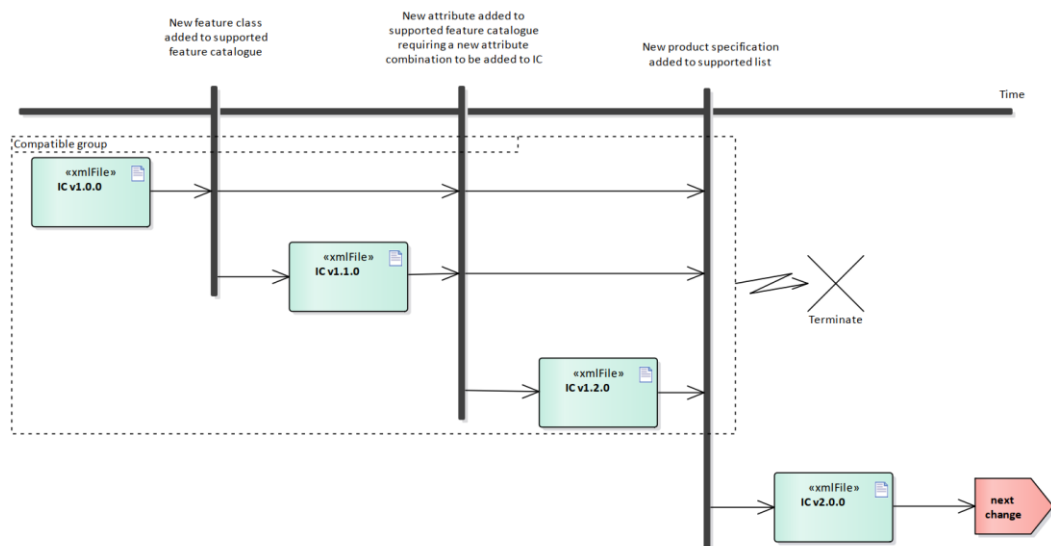


Figura 23 - Exemplos de como a alteração do Catálogo de Recursos pode impactar o ciclo de vida do Catálogo de Interoperabilidade [IHO, S-98, Pág. 25]

O S-98 aborda a importância dos Sistemas de Referência de Coordenadas para garantir uma representação precisa dos dados geoespaciais. A ênfase é colocada na manutenção de dados de alta qualidade, incluindo métodos de teste de qualidade para os dados exibidos e catálogos de interoperabilidade. A especificação inclui também padrões de desempenho para sistemas de informação e visualização de CEN em ECDIS para garantir a funcionalidade ideal do sistema. [OHI - S-98, 2019]

São fornecidas diretrizes sobre como tornar as especificações do produto interoperáveis, incluindo o tratamento de recursos duplicados, considerações de geometria e exibição de texto. O documento descreve o esquema de aplicação para produtos de dados cobertos, especificando como os diferentes tipos de dados devem ser estruturados e representados. Os arquivos de suporte são necessários para gerir a interoperabilidade em diferentes níveis, com convenções de nomenclatura específicas para garantir consistência e compatibilidade. [OHI - S-98, 2019]

O Catálogo de Interoperabilidade do Sistema de Navegação S-98 utiliza vários padrões ISO, nomeadamente: [OHI - S-98, 2019]

- ISO 19139: Este padrão define o esquema de aplicação para todos os escopos, utilizando a classe ISO *CT_Catalogue* como um supertipo para informações de cabeçalho.
- ISO 8601:1988: Especifica o formato de codificação de datas e horas, garantindo consistência na representação de informações temporais.

Esses padrões ISO desempenham um papel crucial na garantia da compatibilidade, qualidade e adesão às práticas padronizadas dentro da interoperabilidade do sistema de navegação S-98. [OHI - S-98, 2019]

Em suma, o Catálogo de Interoperabilidade do Sistema de Navegação S-98 atua como uma estrutura crucial que agiliza o uso de múltiplos produtos de dados baseados no S-100 (mais S-57) em sistemas de navegação, promovendo interoperabilidade contínua, clareza na apresentação de informações e práticas padronizadas em aplicações marítimas.

4.1.8. S-100 – Modelo Universal de Dados Hidrográficos

O Modelo Universal de Dados Hidrográficos S-100 é uma recente estrutura abrangente e ainda em desenvolvimento pela OHI que vem substituir o S-57. Iniciado em 2005, teve a primeira publicação em 2010 e possui uma base de suporte aos mais variados modelos de produtos e serviços para o uso alargado de dados hidrográficos e outras plataformas que interajam com o mundo marítimo e marinho, tais como por exemplo autoridades e administrações portuárias. Alicerçado nas normas ISO 19100 “*Geographic Information Standards*”, procura garantir as necessidades e aspirações dos demais intervenientes deste âmbito para otimização dos sistemas e redução de custos, estando documentado numa linguagem orientada por objetos “*Unified Modeling Language*” (UML) para uniformizar e facilitar o respetivo uso e implementação, por exemplo, do *e-navigation*, inteligência artificial e uso de dados provenientes de veículos autónomos. [Marques et al., 2023]

Estas especificações são cruciais para garantir uma interação perfeita e apresentações gráficas harmonizadas de diferentes produtos de dados baseados no S-100: CEN em S-101, Superfície Batimétrica (S-102) que nos traz modelo 3D do fundo, informações sobre Nível de Água (S-104), o S-122 para a definição das áreas marinhas protegidas, o S-129 para a informação específica sobre o resguardo ao fundo, que permite aos navios um melhor planeamento e gestão das águas navegáveis, como se pode melhor elucidar pela figura 24 e com o detalhe de toda lista pela Tabela 2. [OHI - S-100, 2023]

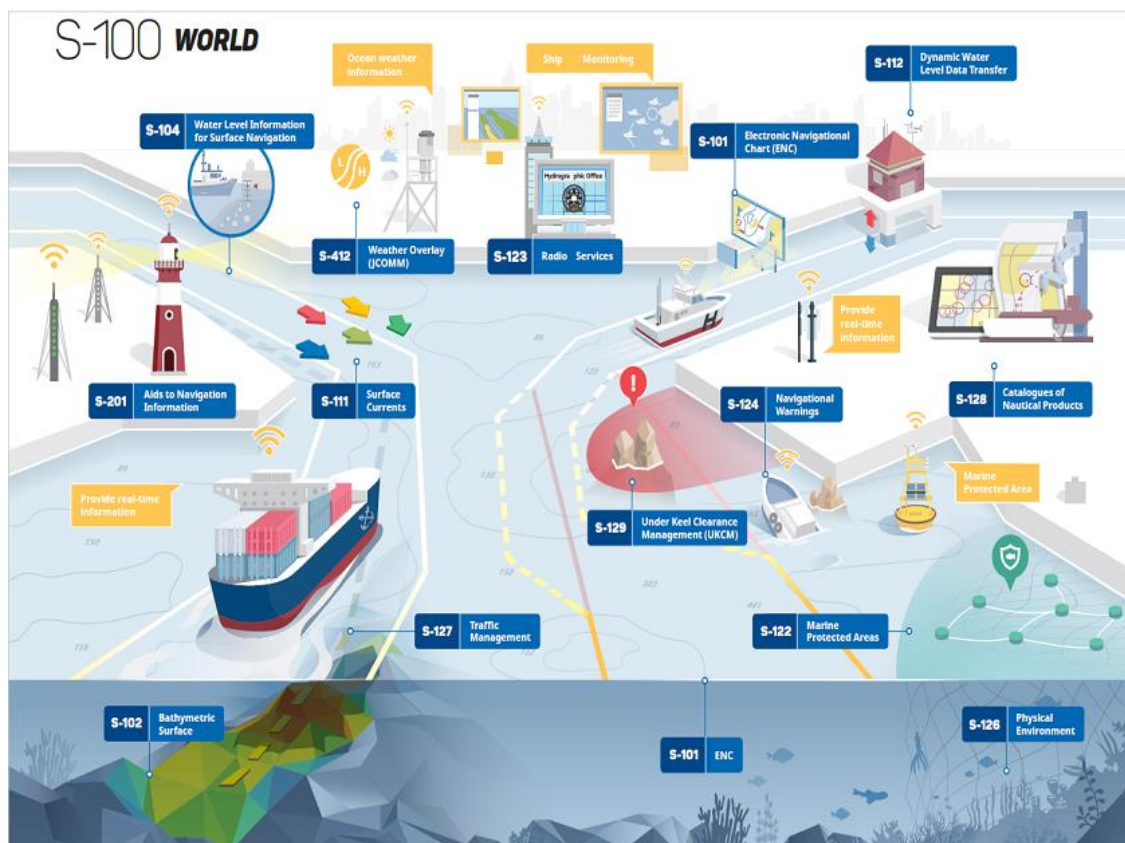


Figura 24 - Esquema da interação entre as sub-especificações do S-100 para o mundo real [KHOA, 2023]

Tabela 2 - Lista de Especificações do S-100 da OHI [OHI, 2024]

Série	Produto	Descrição	Edição	Data	Organização
Conceito	S-100	Modelo Universal de Dados Hidrográficos	5.1	2023 / 10	OHI & All
Especificações para produtos Hidrográficos baseados no S-100					
S-1xx	S-98	Interoperabilidade de produtos em sistemas de navegação S-100	1	2022 / 05	OHI
	S-101	Cartas Eletrônicas de Navegação (ENC)	1.2	2024 / 03	
	S-102	Superfície Batimétrica	2.2	2023 / 04	
	S-104	Informação do nível de água para a Navegação de Superfície	1.1	2023 / 03	
	S-111	Correntes de Superfície	1.2	2023 / 04	
	S-121	Limites e fronteiras marítimos	1	2019 / 10	
	S-122	Áreas Marítimas Protegidas	1	2019 / 01	
	S-123	Serviços de Radiocomunicações Marítimas	1	2019 / 01	
	S-124	Avisos à Navegação	1	2023 / 05	
	S-125	Ajudas à Navegação Marinha (AtoN)	em construção		
	S-126	Ambiente Físico Marinho	em construção		
	S-127	Gestão de tráfego marítimo	1	2018 / 12	
	S-128	Catálogo de Produtos Náuticos	1	2022 / 05	
	S-129	Gestão do resguardo sob a quilha dos navios	1.1	2023 / 11	
	S-130	Demarcações Poligonais de Áreas Marítimas Globais	1	2023 / 04	
	S-131	Infraestrutura marítima portuária	1	2023 / 04	
	S-164	Conjuntos de Dados de Testes para ECDIS em S-100	1	2023 / 03	

O plano de implementação da OHI estabelece que em 2025 se inicie a produção para os produtos das especificações S-101, S-102, S-104, S-111, S-124, S-128 e S-129, e em Janeiro de 2026 para o uso dos primeiros produtos S-101 nos ECDIS. Encontra-se planeado a disponibilização gradual dos restantes produtos S-1xx e um período de transição até 2030, com ambos os modelos (S-57 e S-100) em paralelo. [OHI - S-100, 2021]

Suportado pela norma S-100, são definidas, ou estão sendo projetadas muitas outras especificações dedicadas a diferentes produtos e serviços, organizadas por uma entidade internacional competente por temas, nomeadamente nas séries S-200, S-300, S-400 e S-500, conforme Tabela 3. Alguns destes produtos podem ser utilizados de forma isolada ou em combinação com outros. [Marques et al., 2023]

Tabela 3 - Lista de Especificações associados ao S-100 da responsabilidade doutras entidades [OHI, 2024]

Série	Produto	Descrição	Edição	Data	Organização Competente
Especificações para produtos de Ajudas à Navegação					
S-2xx	S-201	Ajudas à Navegação - informação			IALA
	S-210	Formato de transferência Inter-VTS			
	S-211	Formato de Mensagem Chamada de Porto			IPCDMC
	S-212	Serviço Digital VTS			IALA
	S-230	Aplicação de Mensagens Específicas			
	S-240	Estação Almanac DGNS	1	2020 / 10	
	S-245	Dados ASF eLoran			
	S-246	Estação Almanac eLoran			
	S-247	Diferencial eLoran da Estação de Referência Almanac			
Especificações para produtos da Comissão Intergovernamental Oceanográfica					
S-3xx	S-301	(em construção)	em construção		IOC
Especificações para produtos ENC de águas interiores					
S-401 e S-402	S-401	Especificação de produto Inland ENC	em construção		Inland ENC Harmonization Group (IEHG)
	S-402	Batimetria inland ENC			
Especificações para produtos de Meteorologia					
S-411 a 414	S-411	Informação de Gelo			WMO SERCOM ¹²
	S-412	Perigo Climático			
	S-413	Condições Meteorológicas e da Ondulação			
	S-414	Observações Climatéricas e da Ondulação			
Especificações para produtos IEC-TC80					
S-421 a 430	S-421	Planeamento de Rota			IEC-TC80 ¹³
Especificações para produtos Militares					
S-5xx	S-501	AML: Camadas Militares Adicionais			Grupo de Trabalho Marítimo Geoespacial da NATO

¹² WMO SERCOM - *Commission for Weather, Climate, Hydrological, Marine and Related Environmental Services and Applications* (SERCOM), da *World Meteorological Organization*.

¹³ *International Electrotechnical Commission*.

As especificações do S-100 são estruturadas para facilitar o uso de informação e visualização simultânea de múltiplos produtos de dados, melhorando a qualidade das informações apresentadas aos navegantes. Estas especificações definem quatro níveis de interoperabilidade, que começam com uma simples intercalação no Nível 1 para combinar virtualmente os dados no Nível 4, conforme descrito na figura 25. [OHI - S-100, 2023, parte 16]

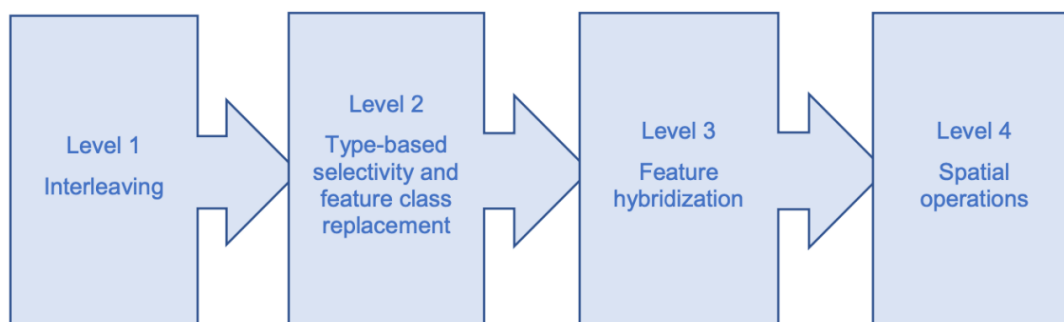


Figura 25 - Exemplo de separação de funções de interoperabilidade em níveis [OHI - S-100, Parte 16, p. 27]

O documento enfatiza a importância de organizar as camadas de informação, reduzir a sobrecarga de informações, resolver conflitos e melhorar a clareza geral das informações quando vários produtos de dados são exibidos simultaneamente. [OHI - S-100, 2023]

Os Catálogos de Interoperabilidade desempenham um papel central nessas especificações, delineando regras que controlam interações visuais e outras interações entre diferentes produtos de dados baseados em S-100. Esses catálogos orientam os sistemas de navegação sobre como usar e visualizar simultaneamente conjuntos de dados em conformidade com diversas especificações de produto. As regras definidas nestes catálogos garantem uma interoperação suave e apresentações gráficas harmonizadas e fáceis de usar de diversos produtos de dados. [OHI - S-100, 2023]

O S-100 também fornece um regime de manutenção flexível e dinâmico através de um registo de informação geoespacial, disponível *online* baseado na norma ISO 19135, contendo:

- Catálogo de características (FCD – *Feature Concept Dictionary*);
- Catálogo de simbologia (PC - *Portrayal Register*);
- Especificações dos produtos (*Product Specification*);
- Código do Produtor de Dados (*Agency Code*).

Outros padrões ISO usados pelo S-100, incluem:

- ISO/IEC 8211 - padrão de codificação atualmente usado para codificar dados ENC S-57;
- ISO 19103 – Esquema de Linguagem Conceptual e tipo de dados básicos;
- ISO 19107 – Informação Geográfica – Esquema Espacial;
- ISO 19109 – Característica geral do modelo;
- ISO 19131 – Especificações do Produto;
- ISO 19115-1:2014 – Informação geográfica – Metadados – Parte 1 – Fundamentos: fornece informações sobre a identificação, extensão, qualidade, aspetos espaciais e temporais, conteúdo, referência espacial, representação, distribuição e outras propriedades da informação geográfica;
- ISO 19115-3:2016 - Informação geográfica - Metadados – Implementação de esquema XML para conceitos fundamentais que suportam a descoberta e recuperação de informações geográficas;
- ISO 19111 – Sistemas de Coordenadas de Referência.

Estas normas ISO desempenham um papel crucial na garantia da compatibilidade, qualidade e interoperabilidade dos vários produtos de dados no âmbito da estrutura S-100, facilitando a comunicação, transferência e interação eficazes entre diferentes sistemas e conjuntos de dados em conformidade com estas normas, na consistência e utilização eficaz de diversos produtos de dados em sistemas de navegação como o ECDIS, aumentando a segurança, velocidade e a eficiência da navegação nas operações marítimas. [OHI - S-100, 2023]

No contexto dos SIG, as especificações do S-100 permitem que os sistemas ECDIS interajam eficazmente com outros cenários baseados em navios e em terra. Fornecem diretrizes sobre como tornar as especificações de produtos interoperáveis, incluindo aspetos como geometria, exibição de texto, sistemas de referência de coordenadas (CRS), padrões de qualidade de dados e critérios de desempenho para ECDIS. [OHI - S-100, 2023]

Geometricamente, além dos tipos primitivos ponto, linha e superfície, acrescentam o conceito de objetos espaciais complexos e agregados, tais como curva e multiponto, por exemplo para um agrupamento de sondas.

O uso das novas CEN em S-101 traz grandes vantagens respeitante à segurança da navegação, assim como à economia ligada a todo o setor da navegação. Como exemplo, o uso da combinação da CEN S-101 com o modelo batimétrico S-102, as marés S-104, as correntes S-111 e a informação sobre o resguardo ao fundo S-129, permite uma melhor gestão das rotas a executar, o que provoca uma redução do tempo de navegação ou até a possibilidade de

aumento da capacidade de carga dos navios. Outro exemplo será o uso adicional da informação do tráfego marítimo S-127, o qual agilizará e maximizará a gestão do tráfego marítimo, automatizando ainda os avisos à navegação (por S-124). [Marques et al., 2023]

4.1.9. S-101 – Especificação de Produto CEN

Para refletir a necessidade da navegação marítima evoluir para um sistema dinâmico, polivalente, multiplataforma e melhor integrado com a atual informação geoespacial, a OHI encontra-se na fase final de desenvolvimento e na fase de implementação da nova especificação S-101 “*ENC Product Specification*” para a produção de CEN, enquadrado e compatível com o mais recente universo S-100 “*IHO Universal Hydrographic Data Model*”, que se sucederá ao atual S-57.

O desenvolvimento do S-101 é atualmente da responsabilidade do *Project Team S-101PT*, integrado no grupo de trabalho *S-100WG* da OHI. O S-101 não constitui uma reformulação radical em relação ao S-57. Todavia, reflete alterações ao nível da estrutura e modelo de dados de modo a beneficiar de uma estrutura mais flexível, orientado de acordo com a série 19100 das normas ISO referentes à informação geoespacial e permitindo alcançar e implementar o conceito do “*e-navigation*” apresentado e regulamentado pela IMO. [Moura et al., 2022]

A cronologia prevista e pretendida no IH para a implementação do novo S-101 apresenta-se na figura 26, o qual está em consonância com a OHI.



Figura 26 - Cronologia de implementação do S-101 no IH

De acordo com as pretensões da OHI, todo o *portfolio* de CEN (mais de 180 atualmente em S-57) deverão estar gradualmente disponíveis também em S-101 a partir do ano de 2026 até 2029 (sem data ainda concreta), prevendo-se a coexistência de produtos S-57 e S-101 até 2030. Depois de 2030, os produtores têm de continuar a disponibilizar CEN em S-57, até não haver no

mercado nenhum sistema ECDIS S-57 (irão coexistir, na indústria marítima, ECDIS S-57, ECDIS S-101 e ECDIS *Dual Fuel*).

O S-101 é, em grande parte, derivado do modelo de características do mundo real definido no Catálogo UOC do S-57 da OHI. Existem também alguns novos objetos, outros são retirados. O modelo geométrico do S-101 é derivado diretamente do modelo CEN subjacente e, excepto níveis de abstração, é diretamente convertível com mínimo de alterações topológicas. Isso permite que a conversão seja focada quase inteiramente nos significados semânticos e nas conversões de recursos/atributos, sendo as especificações “S-65 Anexo B” aquelas que definem as conversões, encontrando-se ainda em desenvolvimento. Segundo a OHI, a norma para verificação de validações S-58 é aplicável também em S-101 com pequenas adaptações. [OHI - S-100, 2023]

A estrutura de ficheiros é semelhante ao S-57. Porém, o nome é mais extenso relativamente ao S-57 denominação de cada ficheiro de célula de CEN define o formato 101CCCCXXXXXXXXXX.EEE, como também esquematiza a figura 27: [OHI - S-101, 2023]

- 101 – Carateres que identificam que é uma célula do S-101 (obrigatório);
- CCCC – Código da entidade produtora (PT00 para o IH de Portugal), cujos últimos dois preencher com 0 (zero), caso não tenha código de 3 ou 4 caracteres;
- XXXXXXXXXXXX – Código individual de cada célula de 10 caracteres, habitualmente faz referência à correspondente de CN e ao tipo de navegação de acordo com a Tabela 1;
- EEE – número do *update* (de 000 a 999) sendo .000 para o ficheiro inicial da CEN.

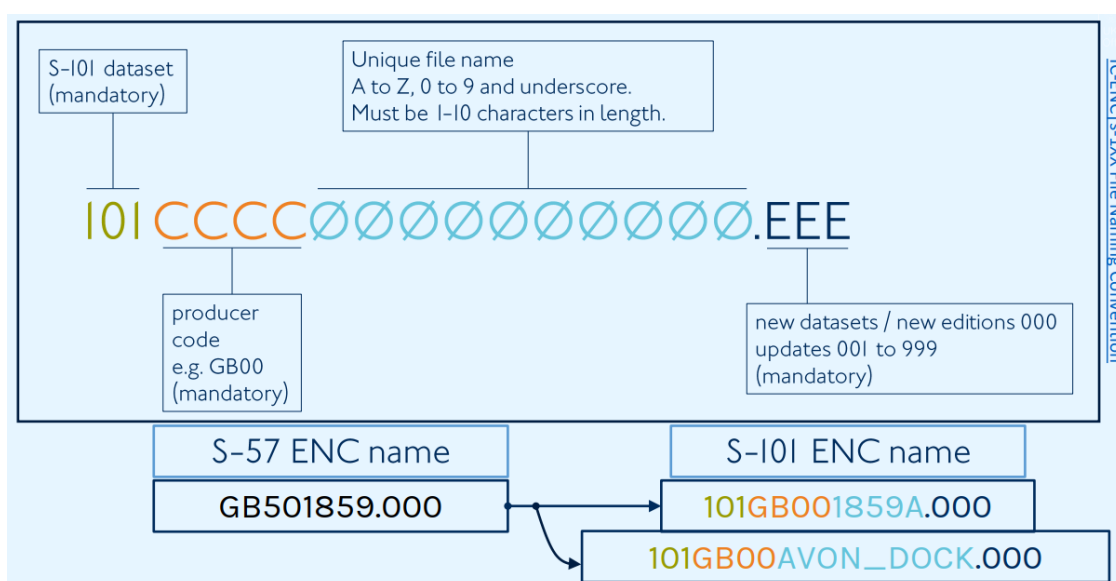


Figura 27 - Esquemática do nome do ficheiro para dataset S-101 [IC-ENC, 2023]

No S-101 assume uma nova forma de pensar nos objetos, considerando que, por exemplo, uma luz ou uma marca de navegação não existe sem um objeto de suporte (boia, baliza, mastro, farol). Desta forma, surgem os Atributos complexos, ou seja, um género de sub-atributos do objeto principal. Os sub-atributos podem ser de qualquer tipo. De seguida são descritos as alterações mais relevantes que o S-101 tem relativamente ao antecessor S-57: [OHI - S-101, 2023]

- a) Tamanhos de uma S-101 ENC *dataset* não pode ser maior que 10MB;
- b) *Updates* (menores de 100 KB em S-57), nunca maiores que 200 KB;
- c) “*Cartographic text*” no produto;
- d) Nomes dos CEN *datasets* mudam;
- e) Nomes dos objetos mudam, passam a estar com a seguinte nomenclatura:
 - BeaconCardinal (com maiúsculas no início dos nomes para objetos);
 - categoryOfLandmark (minúscula no início do nome para atributos);
- f) Alterações nos objetos que fazem parte do *skin-of-the-earth*:
 - PONTON (pontão), FLODOC (doca flutuante) e HULKES (navios permanentemente atracados) deixa de ser grupo 1;
 - DOCARE (doca de nível) e LOCKBSN (eclusa) passam a ser grupo1;
- g) *Topmarks* passam a fazer parte do objeto boia ou baliza (transformado como um atributo complexo);
- h) COALNE (linha de costa): a natureza transita de CATCOA para NatureOfSurface e desaparecem as opções *sandy shore*, *Stony shore*, *shingly shore*, *coral reef*, *shelly shore*;
- i) Luzes de obstrução aérea, de setores e de nevoeiro passam a ser um objeto específico;
- j) Objetos sem geometria (*Contact details*, *Island group*, *nautical information*, *mooring trot*, *service hours*, *spatial quality*, *traffic separation scheme*, *twoWayRoute*, etc.);
- k) Passa a haver vários tipos de associações entre objetos. Pode-se criar associações entre objetos geométricos e objetos sem geometria;
- l) Novos Objetos:
 - virtual AIS, *Spans*;
 - *text placement*;
 - *Foul ground* (substitui OBSTRN (obstrução) com CATOBS=7);

- *Update information* (meta), associado a um objeto geoespacial, serve para adicionar informação extra sobre o *update*. Um objeto pode acumular vários *update Information*;
- *Information types* passam a ser uma *Association*, sem geometria associada, mas devem ficar associado a um objeto geométrico.

m) Desaparecem:

- *Collections* C_AGGR (agregação) e C_ASSO (associação) como eram conhecidas em S-57. Transitam para uma associação.
- Objetos que deixam de ser usados: *tide harmonic/predition, cartographic*
- Objetos que deixam de ter correspondência direta:
 - BRIDGE (ponte), DAMCON (barragem) do tipo ponto;
 - CTRPNT (ponto coordenado) com CATCTR=3 (*fixed points*).

O estudo sobre as diferenças técnicas de alguns objetos, com mais detalhe, resultou numa tabela que pode ser consultada no Anexo 5.

O S-101 apresenta como principais vantagens, em relação ao S-57, a introdução do conceito dinâmico e evolutivo do catálogo de objetos, de visualização e simbologia, a existência de atributos mais complexos e a possibilidade de codificar objetos do tipo "informação" sem representação espacial, podendo ser associados a outros objetos já existentes. Estima-se que estas características permitirão uma maior eficiência na produção, codificação, transferência, atualização e visualização de CEN. [Moura et al., 2022]

4.2. Inland ENC

A especificação de Cartas Náuticas Eletrônicas para Navegação Interior (*inland ENC*), podendo ser abreviado como IENC, é um padrão desenvolvido para cartas eletrônicas que cobrem vias navegáveis interiores, como rios, lagos e canais, para a garantir uma navegação segura e eficiente nestas vias.

A [inland ENC](#) começou a ser desenvolvida em 2001 por uma série de agências nacionais e internacionais, bem como por organizações que trabalham no campo da hidrografia e da navegação de águas interiores, nomeadamente *European transport R&D project INDRIS*, ARGO (projeto alemão), ambas das comissões europeias do Rio Danúbio e do Rio Reno. Em 2003 juntou-se a *US Army Corps of Engineers* e formou-se uma comissão conjunta, denominado

Inland ENC Harmonization Group (IEHG). Em 2005 juntou-se a comissão russa, em 2007 juntou-se a Diretoria Hidrográfica do Brasil e em 2009 juntou-se o instituto chinês.

Este padrão é semelhante e deriva do padrão S-57 usado para navegação em águas marítimas, com as devidas adaptações para as necessidades específicas de navegação de águas interiores, tais como novos objetos (com denominação em caracteres minúsculos), eliminação ou alteração de algumas opções nos atributos de certos objetos. [IEHG, 2020]

Em termos gerais, as características importantes do padrão *Inland ENC* incluem:

- Formato de dados específico, seguindo critérios de qualidade para garantir que as cartas eletrônicas atendam aos padrões necessários de precisão e confiabilidade para permitir a visualização e utilização nos sistemas de navegação eletrônica;
- Permitem atualizações regulares, tal como as CEN em S-57;
- Formato de denominação de ficheiros igual ao S-57, cujo terceiro carácter “P” (tipo de navegação descrito na Tabela 1) é o 7 (Rio), 8 (Porto) ou 9 (Atracação);
- Detalhes e objetos específicos para navegação interior, tais como profundidades de água, locais de amarração, pontes, comportas, eclusas e outras características relevantes.
- Interoperabilidade: projetado para ser compatível com sistemas de navegação eletrônica existentes e *software*, garantindo que os navegadores possam aceder e utilizar as ICEN de forma eficaz.

O IEHG está desenvolvendo uma especificação de produto CEN de águas interiores que é baseada no novo modelo S-100 e S-101, classificado de S-401, o qual encontra-se disponível a edição inicial destinada como base para testes e desenvolvimentos adicionais.

5. METODOLOGIA

Após análise às especificações mais importantes para este estudo, S-57 e S-101, com os parâmetros de interoperabilidade definidos no S-98 e no universo S-100, de acordo com as diferenças técnicas teóricas principais identificadas entre S-57 e S-101, serão efetuadas algumas conversões com os conversores disponíveis. Os produtos resultantes dessas conversões serão abertos pelo *software KHOA Viewer* para confirmar a coerência e consistência da CEN convertida. Os relatórios dessas conversões serão remetidos para os devidos Anexos.

As principais aplicações informáticas SIG (adiante denominadas de *software*), depois de uma descrição das mesmas, pretendeu-se estudar as capacidades, limitações e modo de funcionamento no âmbito da hidrografia, em particular nas três especificações - S-57, *inland* ENC e S-101 - com recurso à informação técnica fornecida/encontrada e, se possível, a testes com CEN em vigor (com *updates*), nas seguintes operações e capacidades:

- 1) Abrir visualmente a CEN (S-57, *inland* ENC e S-101) e ler os atributos;
- 2) importar para Base de Dados Geográfica (BDG);
- 3) Edição geométrica e de atributos;
- 4) Importação ou carregamento de outras informações de outras fontes:
 - i. *Raster*
 - ii. *Webserver / WMS / WFS* (acesso online via servidor de internet)
 - iii. SIG vetorial (*Shapefile, ...*)
 - iv. Ficheiros vetoriais, do tipo *dwg, dxf, dgn*;
- 5) Automatismos de testes de controlo de qualidade, validações pré-definidas e aplicação do S-58;
- 6) Correções automáticas;
- 7) Produção de novo produto ou *update* – “*Exchange Set*”;
- 8) Conversão de S-57 para S-101;
- 9) Conversão de S-101 para S-57.

Para melhor análise, recorrer-se-á a uma tabela de registo, o qual usar-se-á os termos:

- Confirmado – quando essa funcionalidade funciona por completo e foi verificada e testada;
- Sim – quando a funcionalidade existe, indicada pelas especificações do *software*, mas por razões técnicas (ou de licença) não foi possível testar;
- Parcial / Limitado – quando a funcionalidade existe, mas não executa todas as necessidades ou da forma correta;
- Não – quando a funcionalidade não está disponível.

Para execução dos testes escolheram-se CEN oficialmente validadas pela entidade competente:

- A CEN Portuária PT526308 (S-57), à escala 1/12000 representa a de Barra de Setúbal e contém seis *updates* com data de 29 de Dezembro de 2023. A série portuária tem maior escala e, por isso, é conveniente pelo facto de conter maior

detalhe e maior diversidade e quantidade de objetos, sendo benéfico para os testes;

- A *inland* ENC escolhida é a PT76621H (à escala 1/8000) que representa o Rio Guadiana na zona de Alcoutim.
- A CEN em S-101 escolhida é a resultante da conversão automática da PT526308 em S-57, o que valida simultaneamente o sucesso da conversão.

6. SOFTWARE SIG PARA ENC S-57 & S-101

Os pacotes de aplicações informáticas, adiante denominado de *Software*, para edição desenvolvimento em SIG mais presentes no mercado são o ArgGIS Pro (da ESRI) e o QGIS (gratuito e de código aberto). Estes são incluídos obrigatoriamente neste estudo para avaliar a capacidade e comportamento no âmbito da hidrografia, mais especificamente para CEN em S-57, *inland* ENC e S-101. Outros *software* SIG serão também avaliados, nomeadamente *Global Mapper*, *ThinkGeo Desktop* e *Surfer* foram escolhidos de uma lista total de 32, com base no critério de conter na sua descrição a capacidade de interpretação ENC em S-57 ou S-101.

Os *software* SIG concebidos especificamente para executar a edição, compilação, produção e/ou validação da informação e produtos CEN nas especificações S-57 e S-101 são:

- SevenCs, da empresa SevenCs GmbH;
- CARIS, da empresa *Teledyne*;
- Módulo *Maritime* para ArcGIS;
- dKart inspector

Seguem-se as análises aos *software* para converter as CEN entre as especificações S-57 e S-101, à luz das versões existentes durante o ano de 2023, até inícios de 2024.

6.1. QGIS

O QGIS é uma aplicação profissional em SIG criada em código aberto segundo a Licença Pública Geral (GPL) é um *software* gratuito para visualizar, gerir, editar, analisar dados e criar mapas imprimíveis. O QGIS é um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo). Funciona nos Sistemas Operativos *Linux*, *Unix*, *Mac OSX*, *Windows* e *Android* e suporta inúmeros formatos de vetores, *rasters*, bases de dados, permitindo a comunidade contribuir para o seu

desenvolvimento, em ferramentas e funcionalidades. A versão usada para os testes é a 3.36 *Maidenhead* e foi descarregada pelo endereço eletrónico https://qgis.org/pt_PT/. [QGIS, 2023]

A entidade europeia *Copernicus* desenvolveu um [tutorial](#) de como usar informação marítima no QGIS, o qual mereceu atenção. Descreve como carregar e editar superfícies de temperatura e salinidade, criar superfícies a partir de pontos ou de isolinhas, trabalhar correntes oceânicas, produzir mapas regionais e costeiros. Todavia, não contempla nenhum tópico para carregamento de CEN em S-57.

Foi encontrado outro tutorial de como processar batimetria a partir de uma imagem *raster* de um modelo batimétrico de um fundo completo por SMF. Embora não tenha sido testado, o QGIS tem ferramenta própria para criar superfície através de nuvem de pontos ou da conversão de *raster* em modelo tridimensional, depois de definir alguns parâmetros. [Halifax Shipping News, 2020]

Ao abrir a CEN PT526308 solicita responder à questão se se escolhe agrupar os objetos em grupos, sendo a opção verificada a preferida, como mostra a figura 28.

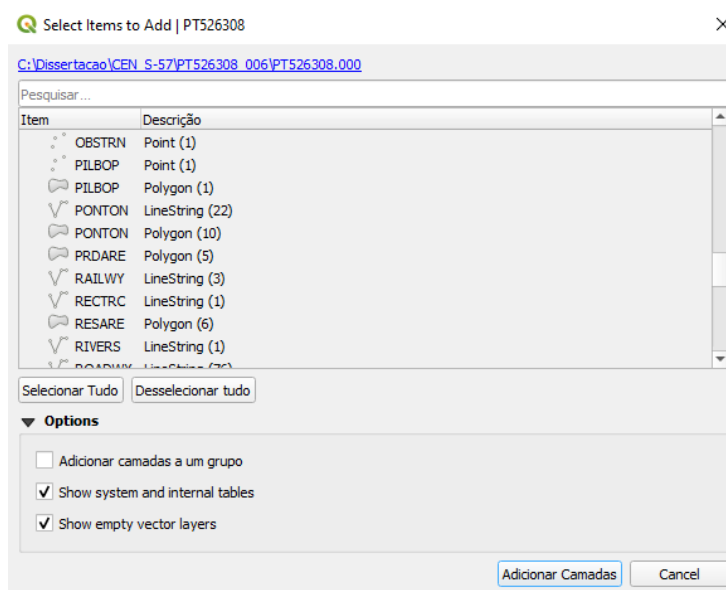


Figura 28 - Janela do QGIS ao abrir uma CEN

O QGIS tem a capacidade de carregar um ficheiro CEN em S-57, mas o resultado da visualização é desadequado, pois não contém a simbologia e grafismo S-52, conforme se evidencia na figura 29.

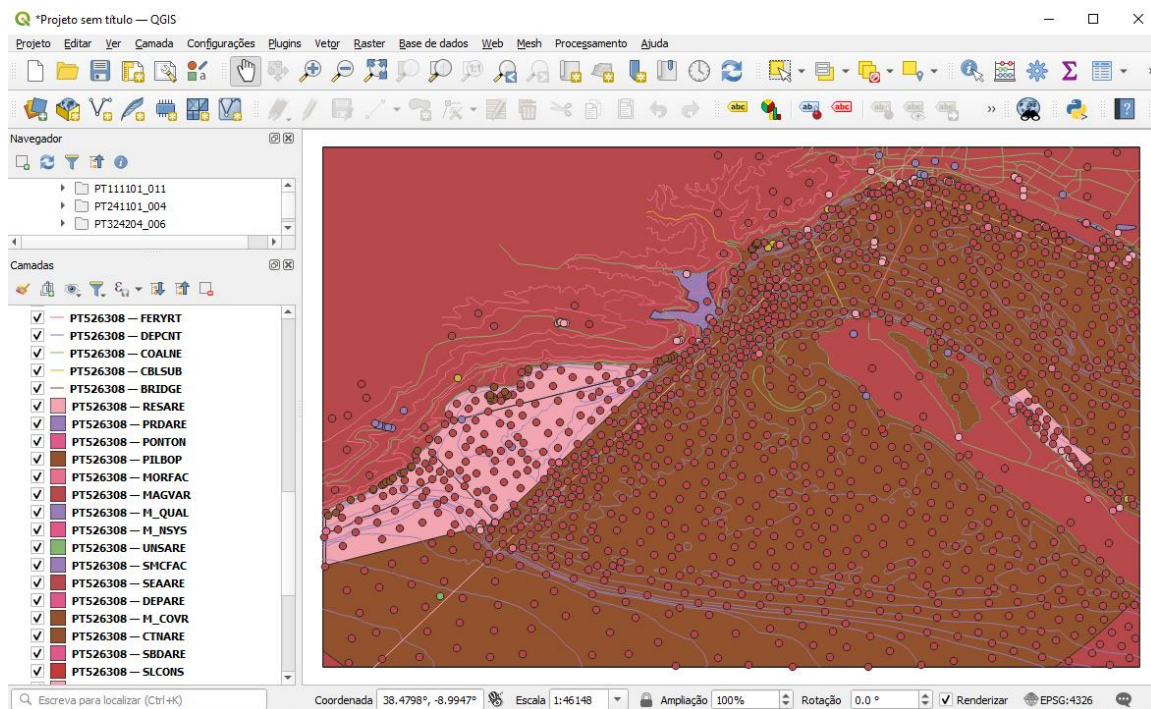


Figura 29 - Resultado do carregamento da CEN PT526308, sem simbologia adequada S-52

Ao inquirir um objeto da CEN, os atributos aparecem preenchidos, mas não com a identificação correta, pelo que se deduz que também não interpreta o ficheiro em S-57, mas apenas o ficheiro da parte geométrica e os objetos com atributos não traduzidos, como se entende na figura 30.

É possível copiar, acrescentar ou guardar os objetos geométrico noutros formatos, para depois se editar para outra finalidade.

Identificar resultados	
Elemento	Valor
PT526308 — ROADWY	
LNAM	019A000BC53A0001
(Derivado)	
(Ações)	
RCID	865
PRIM	2
GRUP	2
OBJL	116
RVER	1
AGEN	410
FIDN	771386
FIDS	1
LNAM	019A000BC53A0001
LNAM_REFS	NULL
FFPT_RIND	NULL
CATROD	3
CONDITN	NULL
NATCON	NULL
NOBJNM	NULL
OBJNAM	NULL
STATUS	NULL
INFORM	NULL
NINFORM	NULL
NTXTDS	NULL
SCAMAX	NULL
SCAMIN	17999

Figura 30 - Atributos dum objeto ROADWY em S-57 e como é interpretado

Na procura duma solução para interpretação do S-57 em S-52, encontrou-se num fórum *online* que sugeria três estratégias de carregar CEN no QGIS: [ArgoGIS, 2022]

- 1) Abertura dos ficheiros de origem em S-57 (desencriptados) e posterior configuração (para visualização) com uma ferramenta adicional; [Francois, 2023]
- 2) Carregamento de *Shapefiles* que foram previamente exportados doutro *software* dedicado aos modelos hidrográficos;
- 3) *Web-Map Service* (WMS) ou WFS
 - <https://www.argogis.com/use-in-qgis> [GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, 2020]
 - WFS: <https://services-eu1.arcgis.com/NdTsShglmet2f8ai/arcgis/rest/services/ICENC/OGCFeatureServer>
- 4) WFS em <https://dseu1.arcgis.com/NdTsShglmet2f8ai/arcgis/services/ICENC/WFSServer?service=wfs&request=getcapabilities> .

Na estratégia 1, foi necessário recorrer à “OSGeo4W Shell” do QGIS, para transformar as CEN S-57 em ficheiros no formato *Shapefiles*, de acordo com o tutorial. [Francois, 2023]

```
OSGeo4W Shell
ERROR 6: Can't create fields of type StringList on shapefile layers.
Warning 1: The output driver does not natively support IntegerList type for field FPPT_RIND. Misconversion can happen. -mapFieldType can be used to control field type conversion.
ERROR 6: Can't create fields of type IntegerList on shapefile layers.
Warning 1: The output driver does not natively support StringList type for field QUASOU. Misconversion can happen. -mapFieldType can be used to control field type conversion.
ERROR 6: Can't create fields of type StringList on shapefile layers.
Warning 1: The output driver does not natively support StringList type for field STATUS. Misconversion can happen. -mapFieldType can be used to control field type conversion.
ERROR 6: Can't create fields of type StringList on shapefile layers.
Warning 1: The output driver does not natively support IntegerList type for field TECSOU. Misconversion can happen. -mapFieldType can be used to control field type conversion.
ERROR 6: Can't create fields of type StringList on shapefile layers.
Warning 1: The output driver does not natively support StringList type for field LNAM_REFS. Misconversion can happen. -mapFieldType can be used to control field type conversion.
ERROR 6: Can't create fields of type StringList on shapefile layers.
Warning 1: The output driver does not natively support IntegerList type for field FPPT_RIND. Misconversion can happen. -mapFieldType can be used to control field type conversion.
ERROR 6: Can't create fields of type IntegerList on shapefile layers.
Warning 1: The output driver does not natively support StringList type for field LNAM_REFS. Misconversion can happen. -mapFieldType can be used to control field type conversion.
ERROR 6: Can't create fields of type StringList on shapefile layers.
Warning 1: The output driver does not natively support IntegerList type for field LNAM_REFS. Misconversion can happen. -mapFieldType can be used to control field type conversion.
ERROR 6: Can't create fields of type IntegerList on shapefile layers.
Warning 1: The output driver does not natively support IntegerList type for field FPPT_RIND. Misconversion can happen. -mapFieldType can be used to control field type conversion.
ERROR 6: Can't create fields of type IntegerList on shapefile layers.
Warning 1: The output driver does not natively support StringList type for field LNAM_REFS. Misconversion can happen. -mapFieldType can be used to control field type conversion.
ERROR 6: Can't create fields of type StringList on shapefile layers.
Warning 1: The output driver does not natively support IntegerList type for field FPPT_RIND. Misconversion can happen. -mapFieldType can be used to control field type conversion.
ERROR 6: Can't create fields of type IntegerList on shapefile layers.
Warning 1: The output driver does not natively support StringList type for field TECSOU. Misconversion can happen. -mapFieldType can be used to control field type conversion.
ERROR 6: Can't create fields of type StringList on shapefile layers.
Warning 1: The output driver does not natively support StringList type for field LNAM_REFS. Misconversion can happen. -mapFieldType can be used to control field type conversion.
ERROR 6: Can't create fields of type IntegerList on shapefile layers.
Warning 1: The output driver does not natively support IntegerList type for field FPPT_RIND. Misconversion can happen. -mapFieldType can be used to control field type conversion.
C:\Program Files\QGIS 3.36.0>
```

Figura 31 - Resultado da conversão S-57 em Shape-file pelo OSGeo4W Shell do QGIS

Depois da conversão (figura 31), foi necessário descarregar uma pasta com 217 símbolos de S-52 para a sub-pasta em “C:\Program Files\QGIS 3.36.0\apps\qgis\svg”. Posteriormente foi necessário acrescentar o ficheiro “s57.qgs” fornecido, de modo a estabelecer a ligação entre os tipos de objetos (por acrónimos) com a simbologia disponibilizada.

Lidar com camadas não disponíveis

	Nome da camada	Tipo	Fornecedor	Configuração Aut.	Fonte de dados
1	BCNCAR	vector	ogr		./BCNCAR.shp
2	BCNISD	vector	ogr		./BCNISD.shp
3	BCNSPP	vector	ogr		./BCNSPP.shp
4	CBLARE	vector	ogr		./CBLARE.shp
5	DAYMAR	vector	ogr		./DAYMAR.shp
6	DMPGRD	vector	ogr		./DMPGRD.shp
7	DRGARE	vector	ogr		./DRGARE.shp
8	FAIRWY	vector	ogr		./FAIRWY.shp
9	LAKARE	vector	ogr		./LAKARE.shp
10	PIPSOL	vector	ogr		./PIPSOL.shp

Manter camadas não disponíveis

Remover camadas não disponíveis

Navegar

Localização automática

Aplicar alterações

Figura 32 - Tabela de aviso prévio ao abrir o ficheiro convertido no passo anterior no QGIS

Abrindo o ficheiro “s57.qgs” (na mesma pasta dos restantes ficheiros), apareceu primeiro a janela representada na figura 32, indicando esse grupo de objetos que a simbologia não tem associação, possivelmente por uma biblioteca de símbolos incompleta, com três possibilidades de ação: retirar esses objetos, mantê-los, ou carregar sem a simbologia correta.

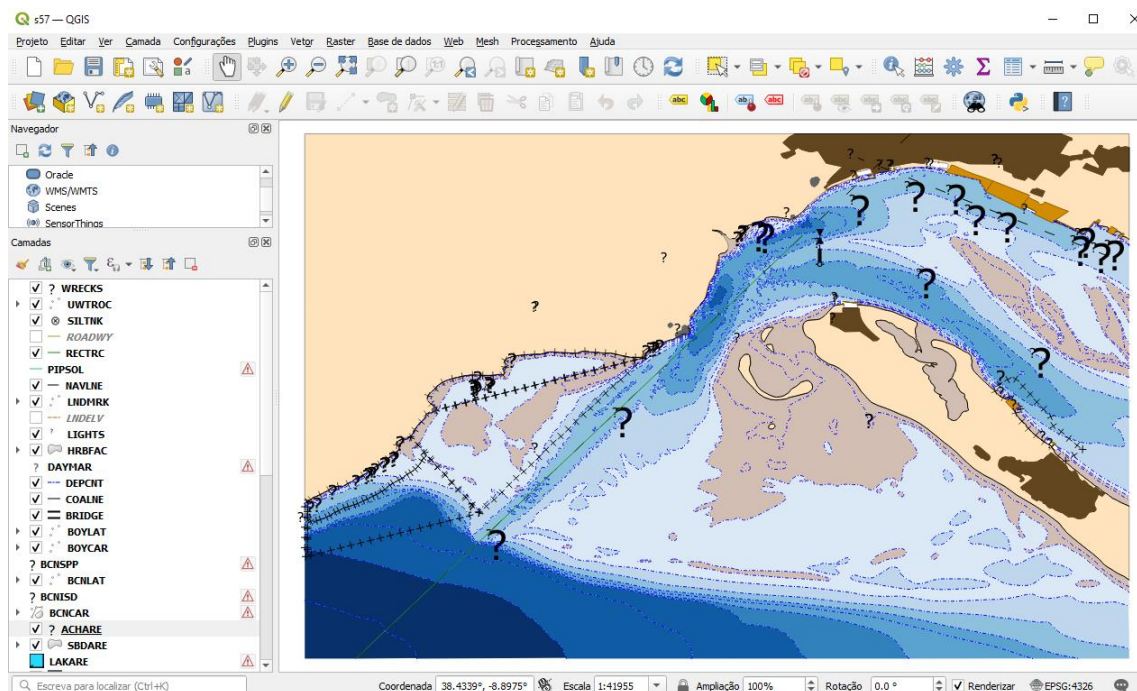


Figura 33 - Resultado visual do carregamento da CEN PT526308 após processo adicionais

Optando por Manter, o resultado é visível na figura 33, o que se aproxima bastante com a simbologia S-52, com falhas óbvias de objetos ponto de Ajudas à Navegação, por exemplo.

Foi ainda testado a abertura da *inland* ENC PT76621H, com um comportamento semelhante à anterior.

Para testar a segunda estratégia recorreu-se a *Shapefiles* exportados do CARIS HPD das referidas CEN, cujos objetos eram agrupados um por cada tipo com base no acrónimo. Porém, depois de abrir ou importar, o resultado e os problemas são semelhantes à da primeira estratégia.

Na estratégia nº 3, após configuração das ligações WMS e WFS, funcionaram as últimas duas, carregando apenas os limites dos mosaicos das CEN disponíveis.

Desta forma pode-se concluir que o QGIS pode ter a possibilidade, no futuro, carregar adequadamente das células CEN. Contudo ainda é necessário o desenvolvimento da leitura correta de todos os atributos, assim como conter por defeito a simbologia toda do S-52.

Este software não foi concebido pensado para este tipo de modelos de dados S-57 nem S-101. E até ao momento não foi encontrado um método completo de produzir este tipo de produto. Contudo é adaptável com recurso ao desenvolvimento futuro de ferramentas adicionais. Embora se possa processar algum tipo de dados hidrográficos, nomeadamente informação batimétrica, recolha de informação envolvente de linha de costa e objetos em terra

ou em água, não se encontra até ao momento nenhum módulo nem extensão para possibilitar a edição e criação de produtos segundo as especificações S-57 nem S-101.

6.2. Global Mapper

O *Global Mapper* apresenta-se como um software acessível financeiramente e fácil de usar para SIG, da empresa *Blue Marble Geo*, para Sistemas Operativos *Windows*. Possui funcionalidade integrada para cálculos de distância e área, combinação *Raster*, nuvem de pontos, análise espectral, determinação de elevação, cálculos de volume, de corte e preenchimento, bem como recursos avançados como rectificação de imagem, criação de superfícies, delineamento de bacias hidrográficas e comparação de superfícies.

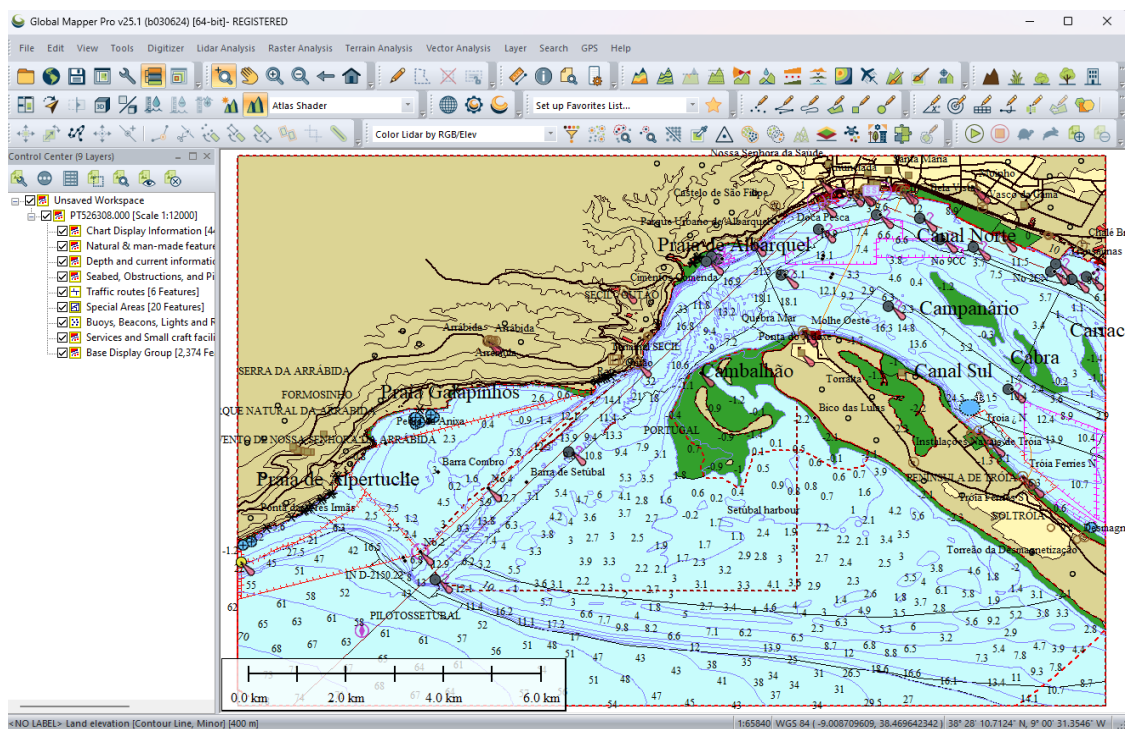


Figura 34 - CEN PT526308 carregada no Global Mapper

Para efetuar os testes foi usado a versão 25.1. Está capacitado de abrir as CEN em S-57, mostrando a simbologia de acordo com a especificação S-52 (como exemplo na figura 34).

Testando com a CEN *inland* ENC PT76621H, assim como a CEN anterior, inquirindo cada um dos objetos foi possível aceder aos atributos com a simbologia correta, conforme figura 35, o que valida a capacidade deste *software* em interpretar a célula e os objetos nas respetivas especificações.

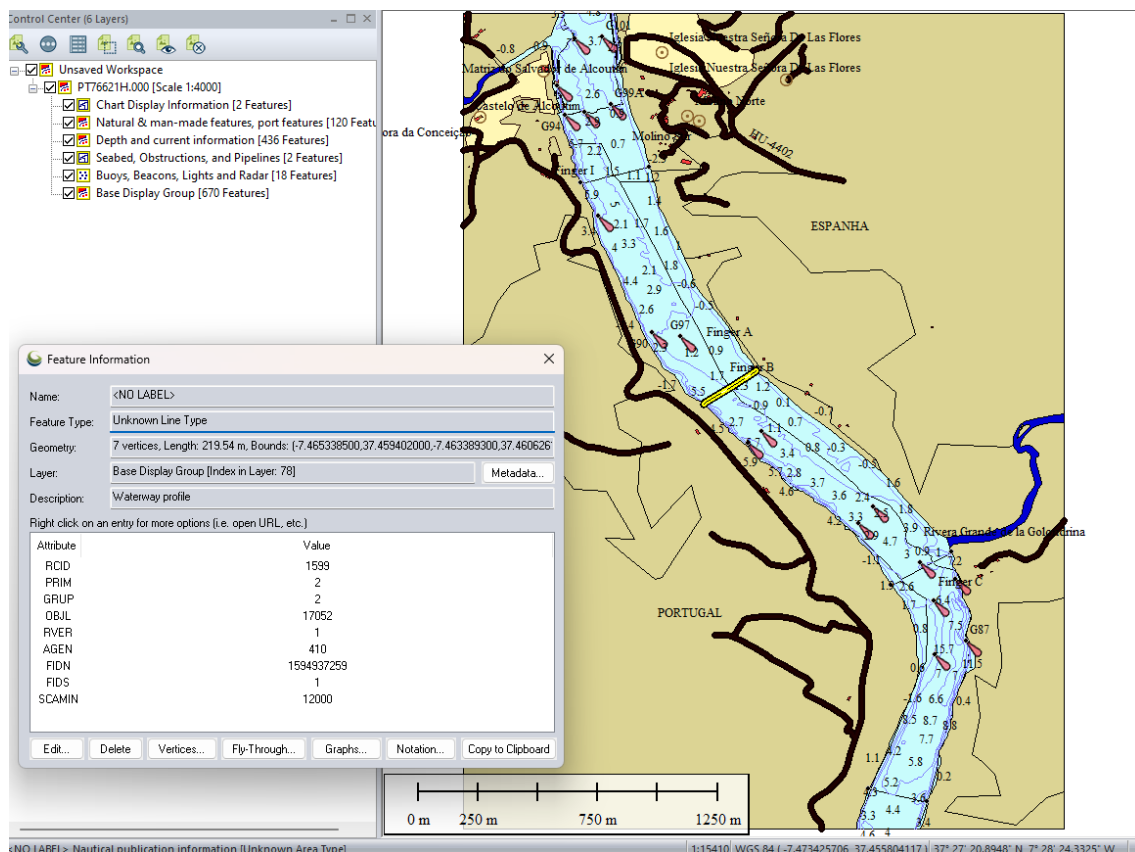


Figura 35 - inland ENC PT76621H carregada no Global Mapper

Apresenta a capacidade de importar informação batimétrica em imensos formatos possíveis, nomeadamente “BSB Marine Chart” nas extensões *.KAP ou *.CAP, formato XTF (eXtended Triton *.xtf), MB-System MB56 (*.mb56), BAG (Bathymetry Attributed Grid *.bag), [HDF5 e NETCDF](#), nos quais estão incluídos diversas extensões de ficheiro. [Global Mapper, 2024]

Procedeu-se a um teste para se verificar se é possível processar informação de pontos de sonda, de elevação, curvas de nível e das isobatimétricas para geração duma superfície 3D. Rapidamente obteve-se o resultado com sucesso, representado na figura 36, o que valida a correta interpretação dos objetos em S-57, tanto a nível espacial, como ao nível de atributos.

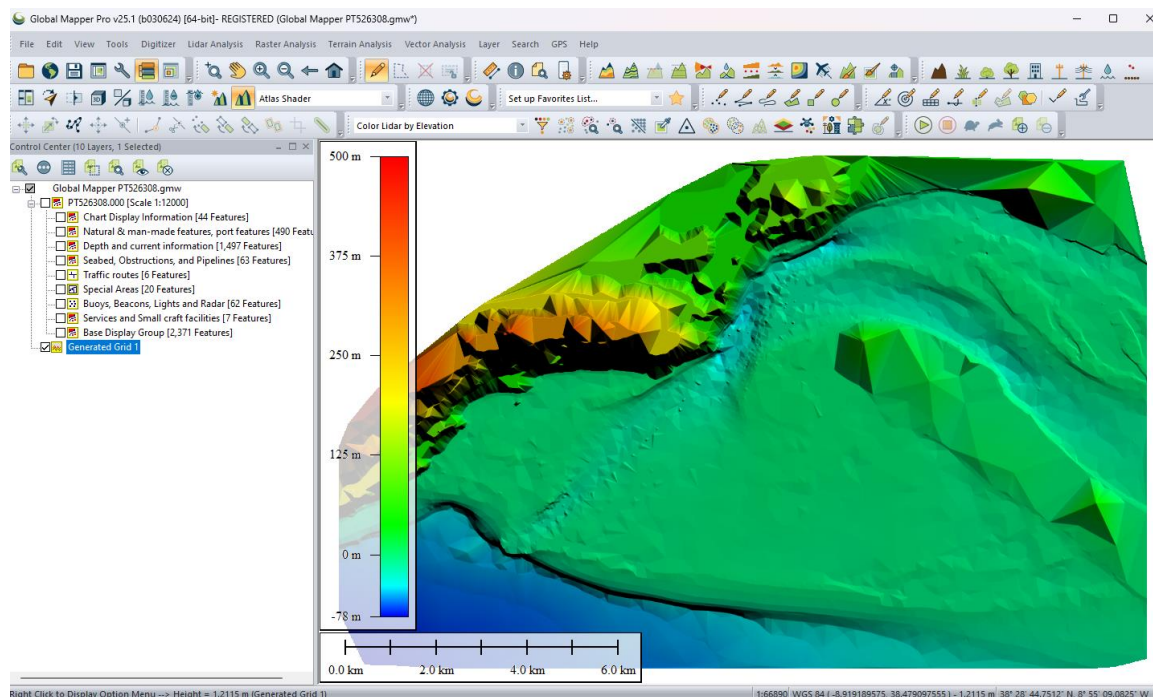


Figura 36 - Resultado do processamento dos dados de elevação e profundidade existentes na PT526308

6.3. SevenCs

A *SevenCs* é uma empresa de origem alemã, iniciada em 1992 e sediada em Hamburgo. Dispõe de um pacote de aplicações informáticas dedicadas ao carregamento de CEN em equipamentos em ambiente marítimo e de navegação, assim como à produção, edição e gestão de cartografia de navegação eletrónica (ENC, *inland* ENC e AML), para ambiente *Windows*, sendo um dos pacotes usados pelo IH.

6.3.1. SeeMyENC

Visualizador gratuito de cartografia náutica não protegida (não encriptada) nos formatos S-57, *inland* ENC, AML, *Port* ENC e Modelos batimétricos. Com vários modos de visualização, permite facilitar a análise das CEN e de informação batimétrica. [SevenCs, 2023]

A versão testada encontra-se na 2.2.0.

Depois de carregar o ficheiro inicial, os *updates* tiveram de ser carregados à parte, com sucesso. Permite escolher vários filtros de visualização, nomeadamente luzes, intervalo de profundidades, sondas, textos, assim como selecionar qualquer objeto e visualizar todos os seus atributos, como se pode ver na figura 37. Tem um funcionamento leve, fácil e intuitivo. Na tentativa de abrir uma CEN em S-101, bloqueou, o que sugere ainda não se encontrar preparado para carregar e visualizar no novo formato.

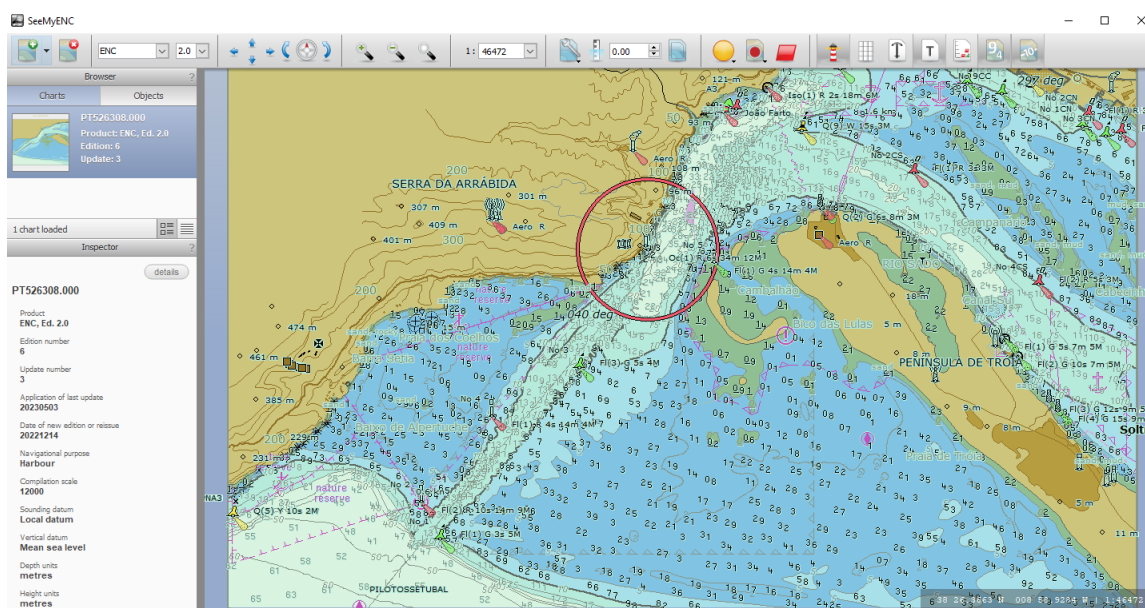


Figura 37 - SeeMyENC da SevenCs aberto com a CEN PT526308

6.3.2. ENC Designer

Esta aplicação (versão testada 4.7.0.14) foi desenhada exclusivamente para edição e produção de CEN em S-57 (edição 3.1), *inland* ENC, AML e *Port* ENC. Permite também carregar informação batimétrica em formato ASCII, assim como imagens georreferenciadas até 5MB de tamanho de ficheiro. Para se carregar as CEN, ou se abre através do ENC Manager (adiante analisado), ou importa-se um ficheiro S-57/*inland* no formato .000, ou um ficheiro de formato próprio do SevenCs – 7CB. Os *updates* não são possíveis de carregar no caso da importação de uma CEN no formato padrão (.001, .002, etc.).

Inicialmente, o *SevenCs* fornecia um módulo S-57 plug-in para o *software* FME (*Feature Manipulation Engine*). Mais tarde, desenvolveu o seu próprio, *ENC Designer*, que foi desenvolvido primeiro num conceito geométrico, e só depois na componente de objetos e atributos. Para operar no computador é relativamente leve e de fácil compreensão após uma leitura rápida do tutorial. Na figura 38 mostra o exemplo duma CEN aberta em modo de edição geométrica.

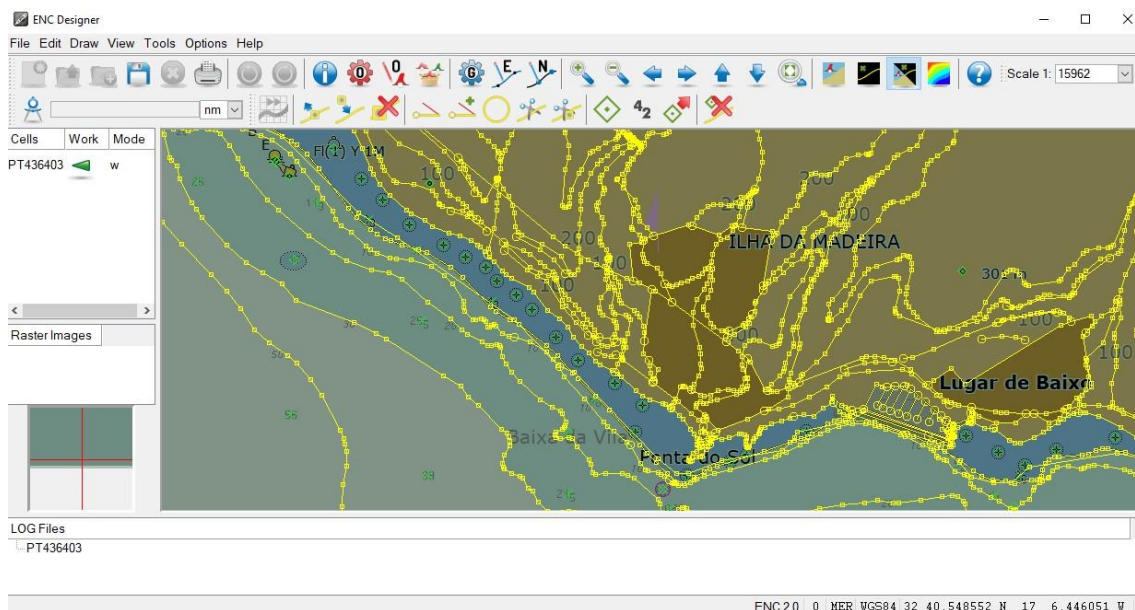


Figura 38 - Janela principal do SevenCs ENC Designer com uma CEN de aproximações PT436403 aberta em modo híbrido de visualização (S-52 e geometria)

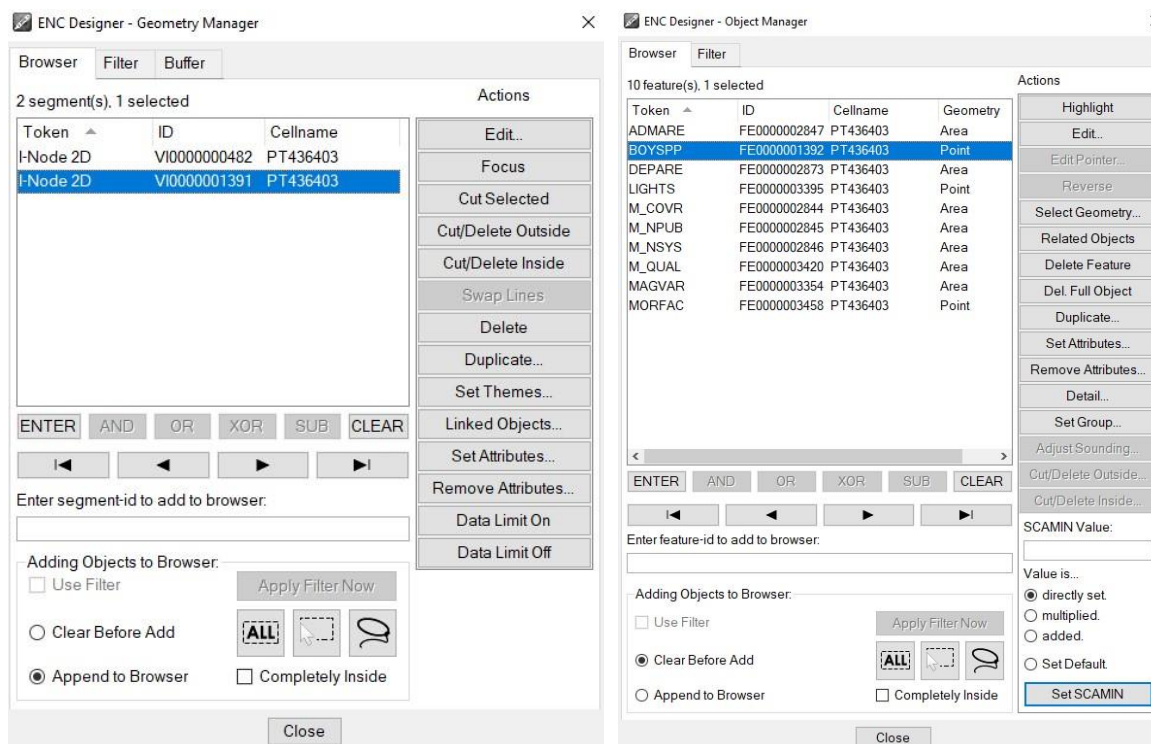


Figura 39 – Esquerda - Janela do Gestor das componentes geométricas. Direita - Janela do Gestor de Objetos (no SevenCs ENC Designer)

As operações recorrem a janelas de apoio separadas (conforme as figuras 39 e 40), o que convém ter um segundo ecrã para que o ambiente gráfico de trabalho não seja comprometido.

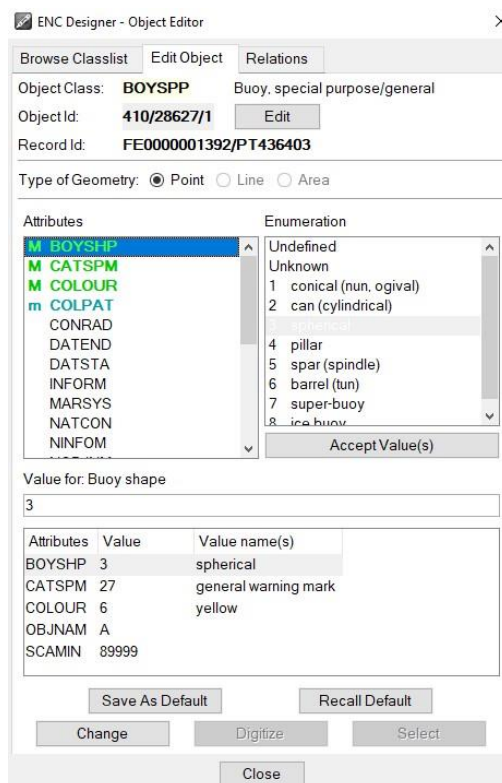


Figura 40 - Gestor e editor das propriedades/atributos dos objetos (no SevenCs ENC Designer)

Pela experiência de utilização intensiva em contexto laboral, este módulo de construção/edição das CEN é bastante leve, fiável e adaptado ao seu âmbito. Contudo, para algumas operações mais complexas, requer alguma habilidade e estratégia, como por exemplo, definição de relação de objetos principais/dependentes, ou corte e costura que envolva mais do que um objeto.

6.3.3. 7Cs Analyzer

Esta aplicação (testada na versão 5.2.1) está concebido para correr o conjunto de verificações de acordo com o modelo S-57, as validações da especificação S-58 e gera um relatório exportável. Este módulo também funciona para especificações *inland* ENC e para o recente S-101 (ver figura 41). [SevenCs, 2023]

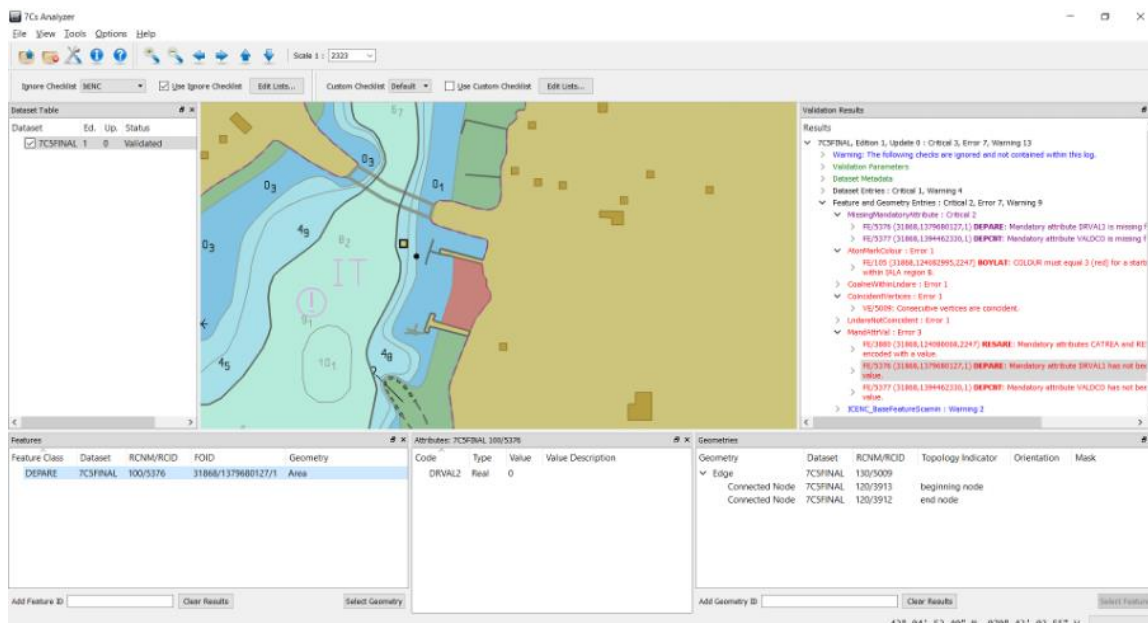


Figura 41 - Exemplo da Janela do 7Cs Analyser verificando os erros e validações S-58 numa carta
[SevenCs, 2023]

Pela experiência pessoal, esta aplicação de verificação dos erros e validações S-58 (na figura 42) é muito robusta, leve e de fácil utilização, integrável com o *ENC Designer* através do ficheiro criado na mesma pasta da CEN. Permite ainda exportar o relatório de informações, erros e avisos para um ficheiro em modo texto de extensão .log ou .xml. Encontra-se o relatório para CEN PT526308 no Anexo 1.

6.3.4. ENC Manager

É o gestor da Base de Dados de ficheiros do *portfolio* de CEN da *SevenCs*, gerindo também na produção de novas edições, validações e também das pequenas atualizações (*updates*). Na figura 42 é possível visualizar-se o grafismo e as opções do ENC Manager com a base de dados de ficheiros existente.

Suporta S-57 e *inland* ENC. Detém a capacidade de criação dos “Exchange Set” (ver figura 43). Foi alvo de testes na versão 2.5.5.

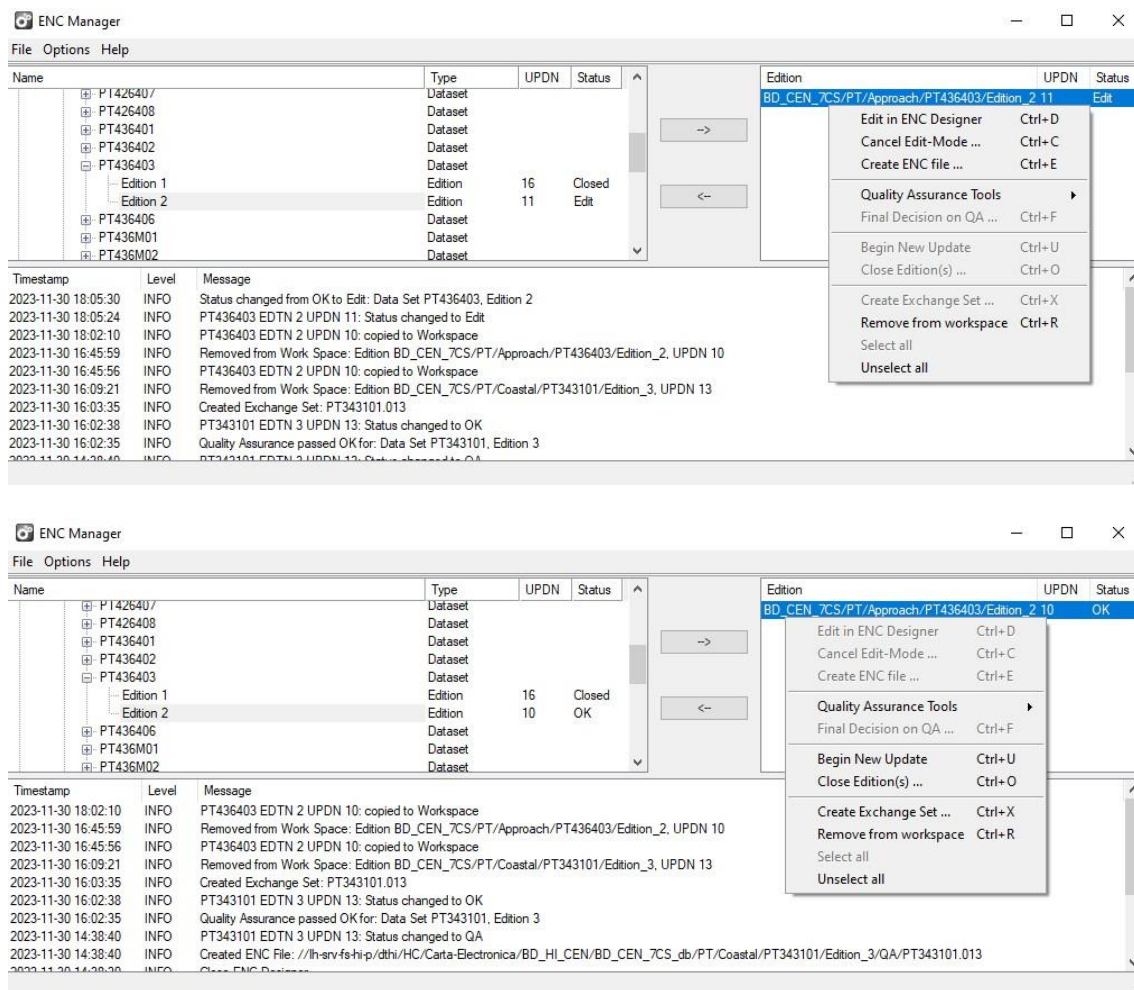


Figura 42 - Exemplo sequencial real de janela do SevenCs ENC Manager

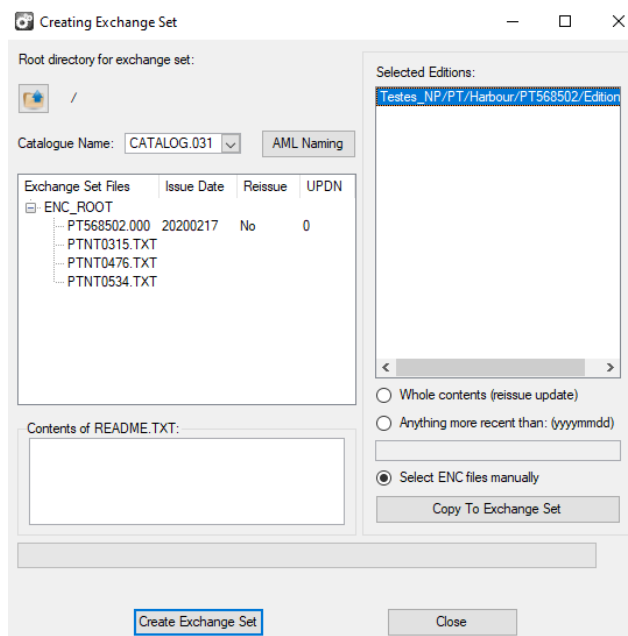


Figura 43 - Exemplo de janela do SevenCs ENC Manager, na secção do Exchange Set

6.3.5. ENC Referencer

Aplicação (testada na versão 1.12.5) para georreferenciar imagens *raster* de modo simples e eficientemente, desde que se saiba as coordenadas de dois ou mais pontos bem distantes, distribuídos e representados no *raster* respectivo, conforme figura 44. Suporta imagens nos formatos: TIFF, PNG, BMP, GIF e JPG.

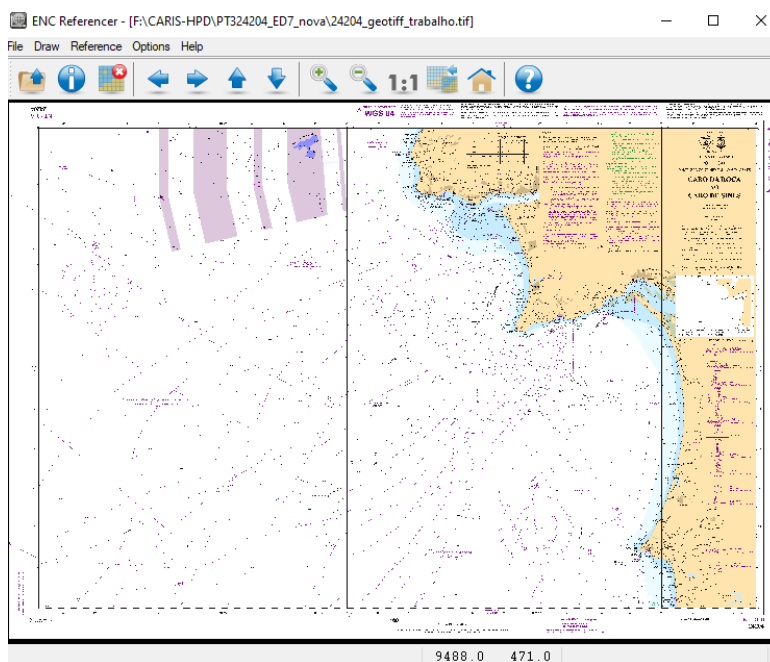


Figura 44 - SevenCs ENC Referencer

6.3.6. ENC Optimizer

Esta ferramenta (testada na versão 2.6.6.7) com muitos conceitos automáticos para correção de erros e otimização das cartas náuticas nas fases finais de edição do ENC Designer, nomeadamente inserção automática de SCAMIN, limpeza de excesso de vértices e de objetos redundantes, definição de relações entre objetos, correção de atributos, conforme figura 45.

Embora tenha poucas opções de configuração dos parâmetros, esta aplicação é extremamente eficiente, rápida, simples e adaptada às necessidades comuns da produção de CEN. A maior desvantagem é a impossibilidade de controlar as correções automáticas, tratando toda célula de uma só vez. O relatório gerado é passível de se guardar externamente. Pode-se correr várias vezes a otimização até a um resultado desejado. Contudo, é aconselhado fazer um *backup* prévio, para que se possa voltar atrás, caso se detete posteriormente a alteração ou problema indesejado.

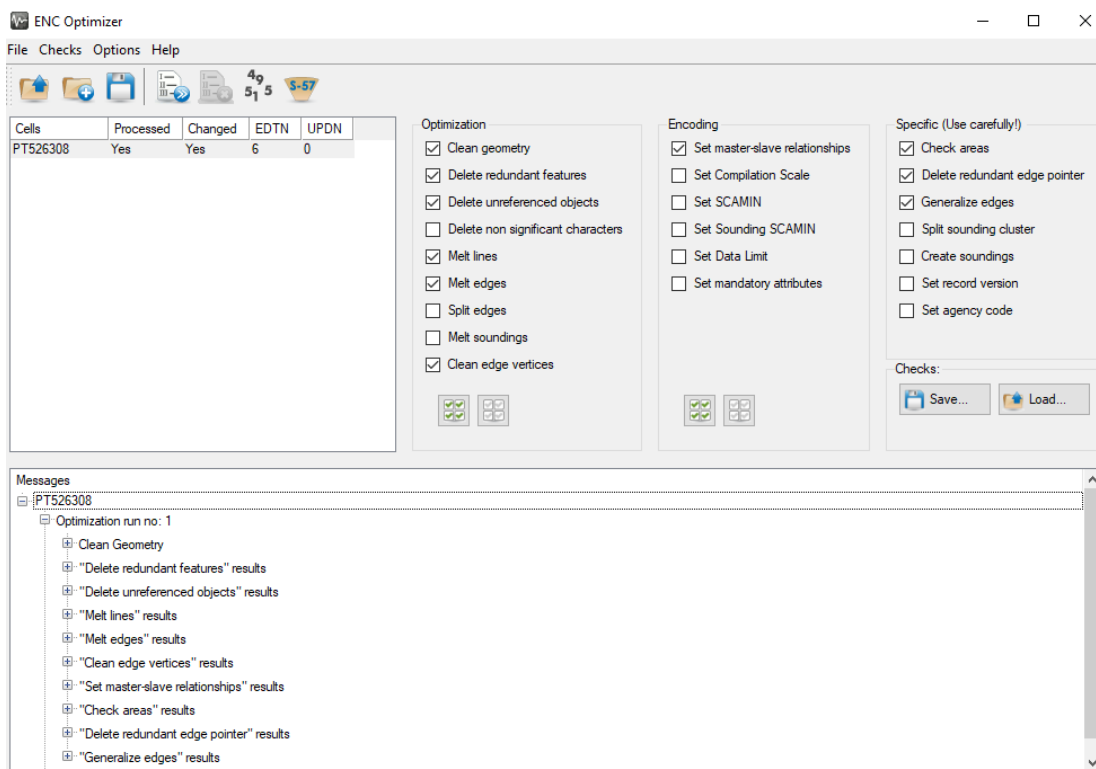


Figura 45 - Exemplo real de janela do SevenCs Optimizer

6.3.7. ENC Bathymetry Plotter

Aplicação (não testada por falta de licença) para processar informação batimétrica, transformando os modelos batimétricos em isobatimétricas e seleção de sondas mínimas, conforme exemplo na figura 46.

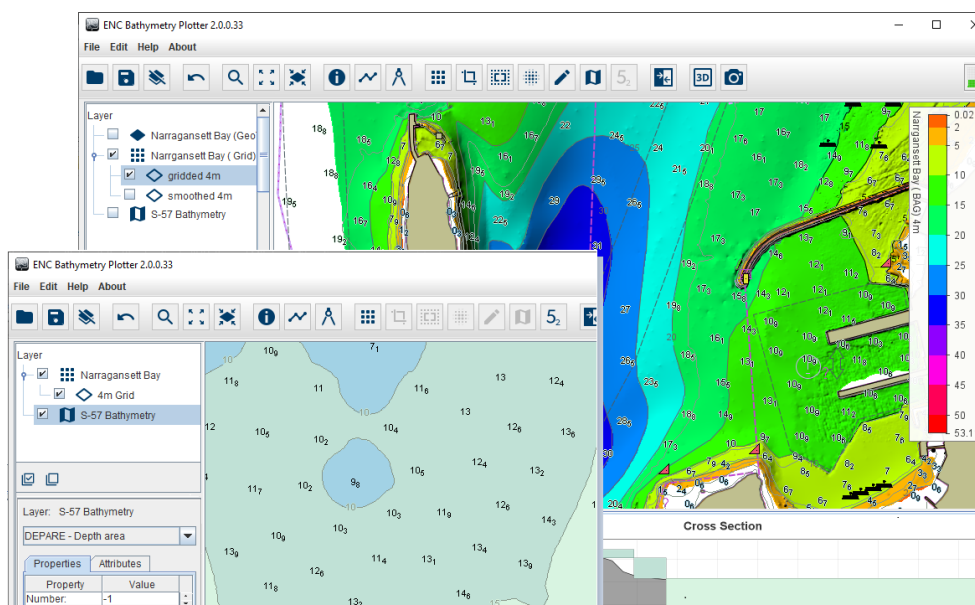


Figura 46 - Exemplo janelas do ENC Bathymetry Plotter [SevenCs, 2023]

Esta aplicação não foi testada pelo facto de falta de licença. As informações recolhidas estão de acordo com o fabricante.

6.3.8. ENC Encryptor Package

Cifra as CEN de acordo com as especificações S-63. É composto por *ENC Encryptor* (que processa a encriptação) e pelo *ENC Permit Generator*, o qual gera as licenças para as licenças de acesso para cada cliente.

6.3.9. S-100 Data Management System (SDMS)

É o visualizador, analisador e gestor do portfólio de CEN em S-57 e S-100 em BDG de forma mais eficiente, com capacidade de trabalhar em “cloud”. Um aparente candidato a substituir o “ENC Manager”. [SevenCs, 2023]

6.3.10. S-101 Reader Plug-In for FME

Uma ferramenta para transformação de informação digital entre formatos, cujo plug-in do SevenCS adiciona ao [FME Workbench](#) (software de terceiros pela *Safe Software Inc.*) a capacidade para interpretar e representar CEN em S-101 (com atributos simples e complexos), conforme figura 47.

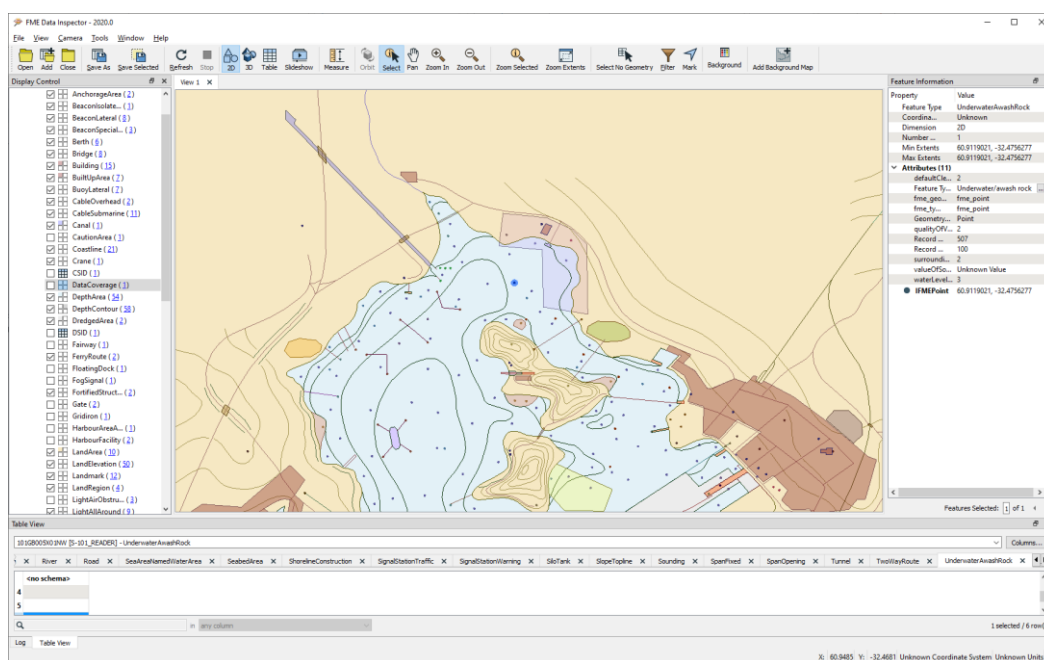


Figura 47 - Janela do software FME com o plug-in S-101 Reader [SevenCs, 2023]

O *software* base FME tem três módulos (*Desktop*, *Server* e *Cloud*) apresenta-se como multifuncional (modelação, transformação, fusão, validação, inspeção, conversão), juntando o SIG com o CAD¹⁴ e BIM¹⁵, pode funcionar em *cloud* ou com BDG da Amazon e Oracle, JSON, SQL, LAS, PostgreSQL, AVF, bem como dezenas de formatos de dados. [SevenCs, 2023]

6.3.11. S-101 Writer Plug-In for FME

A última ferramenta do *SevenCs* adiciona-se também como plug-in para o FME as valências de produção e edição na especificação S-101, assim como a capacidade de conversão de S-57 para S-101, infelizmente não testada.

O facto da produção de CEN em S-101 transitar para o ambiente FME, traz uma maior facilidade e flexibilidade para trabalhar em todo universo S-100, com múltiplos tipos de informação multicamada. Por outro lado, facilita o trabalho de compilação e edição duma CEN, pois comparativamente ao *SevenCs Design* para S-57, este novo método permitirá aceder e converter bastante informação de vários tipos e fontes no mesmo ambiente e projeto.

Em simultâneo dispõe da ferramenta de construção em *workflow* (exemplo na figura 48), dando liberdade ao operador de construir um processo automatizado, com possibilidade de melhorar ao longo da experiência e, assim, aumentar a velocidade de edição e produção de produtos em S-101.

Este pacote do *SevenCs* de *Plug-ins* (*Reader* e *Writer*) para um *software* base de terceiros condicionou a possibilidade de aceder ao mesmo para realizar testes. Apesar do *SevenCs* ter disponibilizado uma licença temporária para o efeito para este estudo, após pedido direto, o condicionamento da licença da base FME impediu de usufruí-la, pelo que a análise a estes pacotes dedicados ao novo S-101 resulta da pouca informação disponibilizada *online* pela *SevenCs* e FME.

¹⁴ Desenho assistido por computador.

¹⁵ Building information Modelling: conceito inovador com aplicabilidade na Arquitetura e Engenharia que assenta numa metodologia de partilha de informação entre todos os intervenientes, durante as diversas fases de construção de um edifício, materializando-se usualmente num modelo digital tridimensional, acessível através de software específico, contendo dados sobre as suas características geométricas, propriedades e atributos.

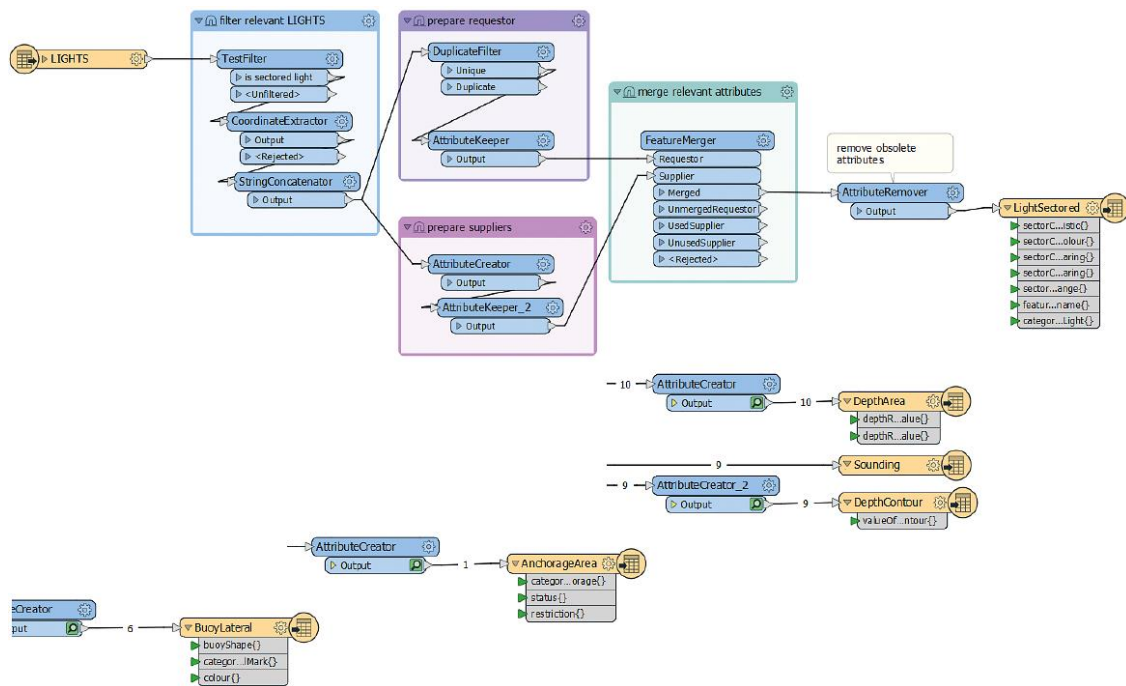


Figura 48 - Esquema de Workflow no S-101 Writer Plug-in para FME [SevenCs, 2023]

6.4. CARIS

A [Teledyne](#) tem disponível uma série de aplicações desenvolvidas para o mundo da hidrografia, para sistemas operativos *Windows*, conseguindo quase encerrar toda cadeia de produção, desde a aquisição de dados de sondagem acústica, passando pelas várias fases de processamento, até desaguar nos produtos finais e distribuição, tais como CEN em S-57, *inland* ENC e S-101. Oferece ainda opções *online*, algumas com apoio de Inteligência Artificial.

As principais aplicações são: [Teledyne, 2023]

- CARIS HIPS & SIPS – processa os dados em bruto de sondagem;
- *Bathy DataBASE* – processa dados limpos de sondagem para modelos batimétricos;
- *Base Editor* – carrega, gere e analisa todos os dados e modelos batimétricos;
- CARIS *Easy View* – visualizador de informação de todo universo de hidrografia e cartografia náutica;
- CARIS HPD *Source Editor* – gestor e editor de toda a BDG associado a S-57, *inland* ENC e S-101;
- CARIS *Product Editor* – gestor e gerador dos produtos CEN e *updates*;

- CARIS *Paper Chart Composer* – para produção de CN para papel de acordo com os padrões S-4, INT1, INT2 e INT3 a partir da BDG em S-57 ou S-101.

As aplicações CARIS que serão analisadas de seguida são *Easy View*, *HPD Source Editor* e *CARIS Product Editor*, pelo motivo que estas são as destinadas a CEN.

6.4.1. CARIS *Easy View*

Testado na versão 6.1.6, este *software* é de distribuição gratuita e tem a capacidade de leitura e visualização adequada 2D e 3D para todo o universo de hidrografia (incluindo ficheiros de sondagem) e cartografia náutica, inclusive os antigos ficheiros dos projetos do CARIS GIS, assim para o novo universo do S-100 e do âmbito SIG geral, tais como:

- Vetorial: *Shapefile*, *GeoPackage*, DXF, DWG, DGN, GML, ASCII e MapInfo;
- Modelos de Elevação: BAG, CSAR, 32-bit GeoTIFF, e USGS DEM;
- Raster: GeoTIFF, PNG, MrSID, e JPEG;
- Formatos de Cartas: S-57, *inland* ENC, S-100 and BSB
- Base de Dados geográfica: PostgreSQL, SQLite e Oracle
- Serviços Web: WFS, WMS, WCS e WMTS

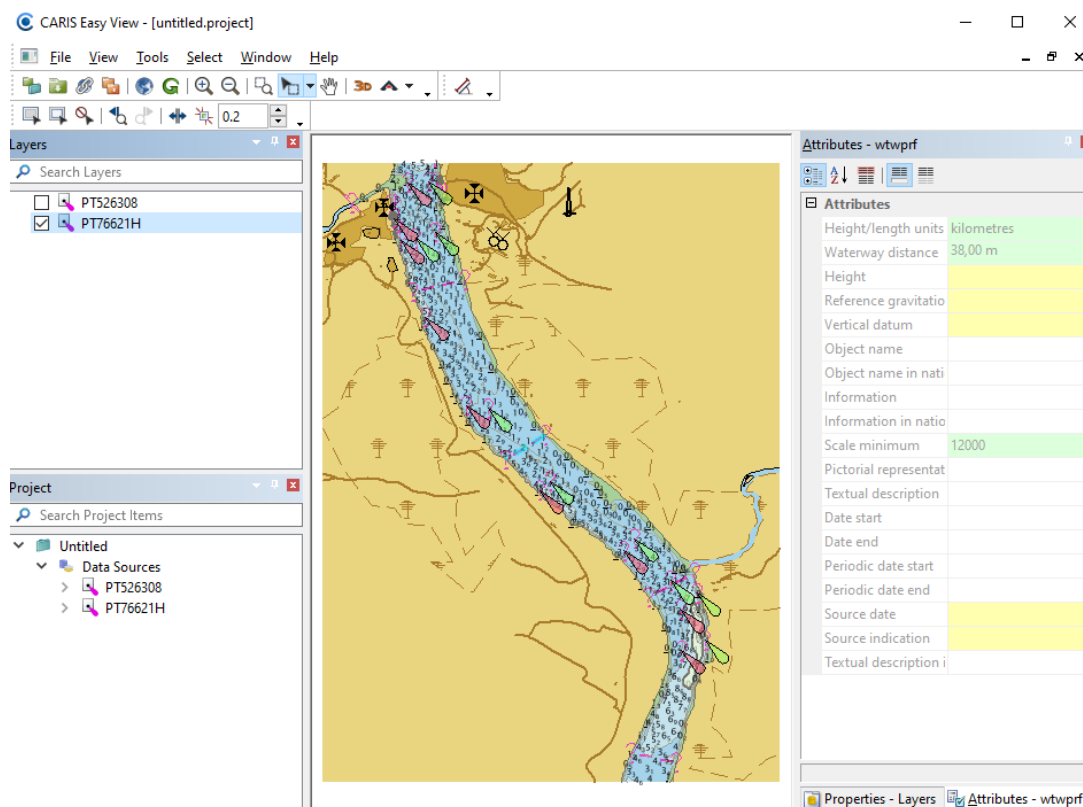


Figura 49 - Janela de visualização da PT76621H em CARIS Easy View

Abriu corretamente as CEN PT526308 e PT76621H.

Disponibiliza o recurso de exportação da célula visualizada em formato *Raster* (PNG, GeoTIFF) e KMZ, funcionando corretamente.

Na tentativa de abertura de células CEN em formato S-101, o resultado foi a área convertida em pontos de interrogação (ver figura 50).



Figura 50 - excerto da imagem da CEN em S-101 para testes no CARIS Easy View

Para se corrigir, teve-se de alterar o catálogo de visualização em *Tools > Options > Portrayal > Portrayal > S-101 Draft paper chart symbolized*. Desta forma mostrou-se corretamente, com o mesmo aspeto das CEN em S-57. Contudo esta condicionante impede carregar duas CEN que não estejam no mesmo padrão.

6.4.2. CARIS HPD Source Editor

Esta aplicação (testada na versão 4.1.43) é a mais importante do pacote CARIS para compilar a informação e produzir em S-57, *inland* ENC, S-101, AML e GML, conforme figuras 51 e 52. Embora possa operar com ficheiros independentes (em formatos CARIS, S-57, .HOB e S-101), está desenhado para funcionar integrado numa BDG da Oracle ou PostgreSQL e apresenta uma panóplia de ferramentas de importação de informação (em imensos formatos vetoriais, *Raster* e com suporte WFS, WMS, WCS e WMTS), de edição geométrica e de atributos dos objetos, de correção (semi-)automática topológica, geométrica e de atributos.

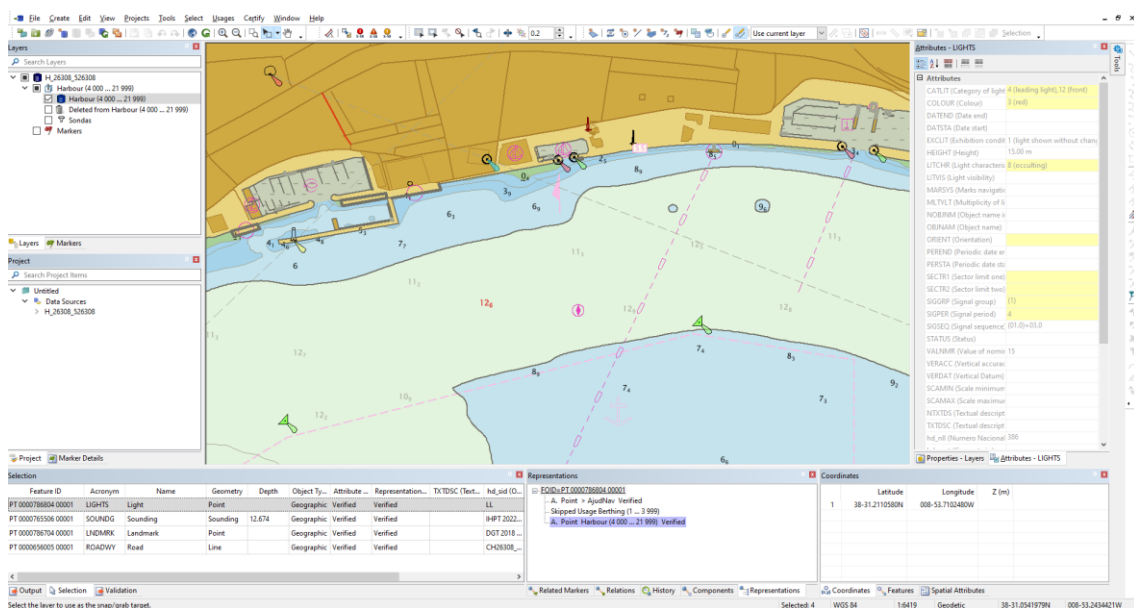


Figura 51 - Janela do CARIS HPD aberto na BD com um zoom na zona de Setúbal na escala da Portuária

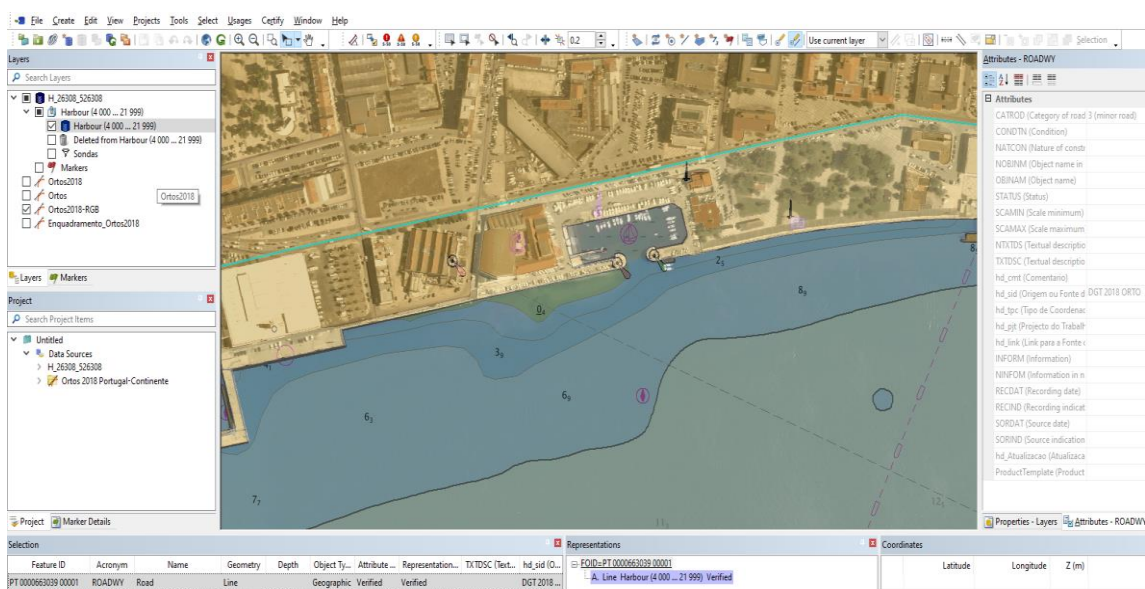


Figura 52 - Janela do CARIS HPD com BD aberto e Ortofotomapa carregado por trás via WMS

É uma das principais aplicações informáticas utilizadas atualmente pelo IH na produção de cartografia náutica. Consegue operar em simultâneo com várias camadas de informação de forma agrupada, tanto em BDG, ou em ficheiros independentes. Dispõe dum poderoso filtro de informação com elevado grau de configuração, facilitando as operações de compilação e edição.

Permite exportar qualquer objeto ou carta eletrónica nos seguintes formatos: CARIS, S-57, ASCII, DXF, GeoPackage, GML, HOB, KML, Shapefile e SQLite.

Tem um verificador integrado de controlo de qualidade, validações, corretor de topologia para garantir qualidade de compilação segundo os padrões S-57 e S-58, como se se pode visualizar nas figuras 53 e 54.

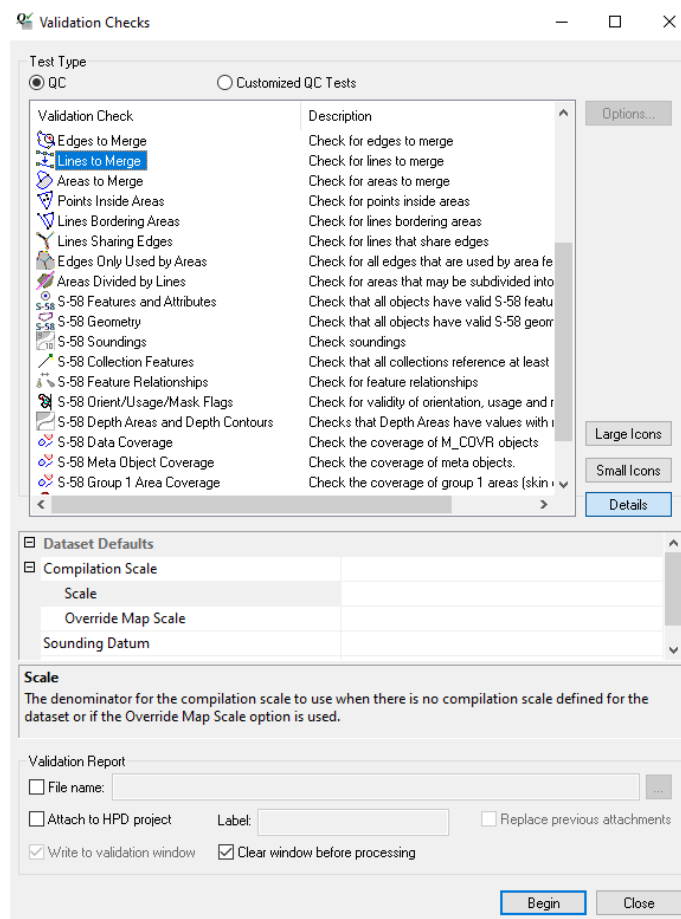


Figura 53 - Janela das Validações de acordo com S-57, S-58, entre outros costumizados

A experiência de utilização deste *software*, nestas recentes versões, é muito positiva, pois além de muito versátil em filtrar informação, carregar diversos tipos de fontes, tem ferramentas de construção, edição e validação poderosas e bem integradas com a BDG. Encontra-se totalmente adaptada às necessidades de CEN, sendo um *software* de uso quase exclusivo para este âmbito do mundo hidro-cartográfico.

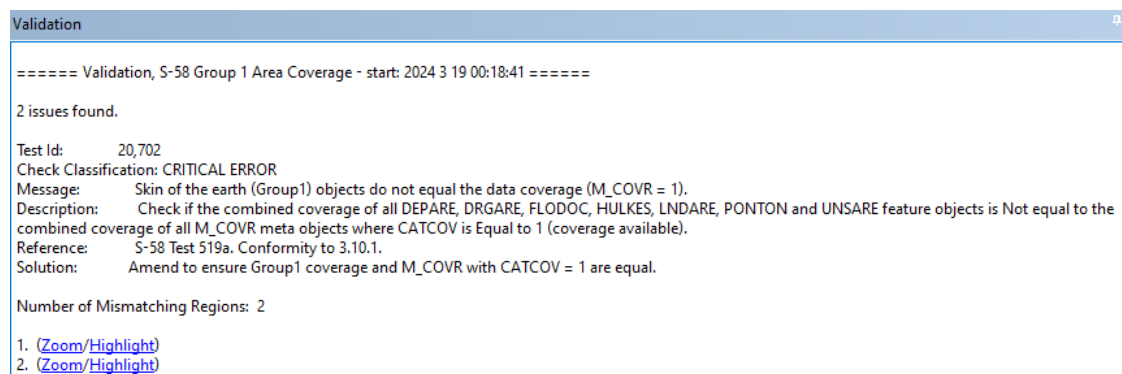


Figura 54 - Excerto dum exemplo do relatório de uma verificação e validação pela ferramenta do CARIS HPD.

Nesta versão já existe o módulo de edição em S-101, assim como a capacidade de conversão S-57 para S-101 e vice-versa (S-101 para S-57 – figura 55). Porém, o módulo S-101 não estava disponível para testes por falta de licença específica até à data do estudo. No entanto, foi fornecida alguma informação sobre o assunto.

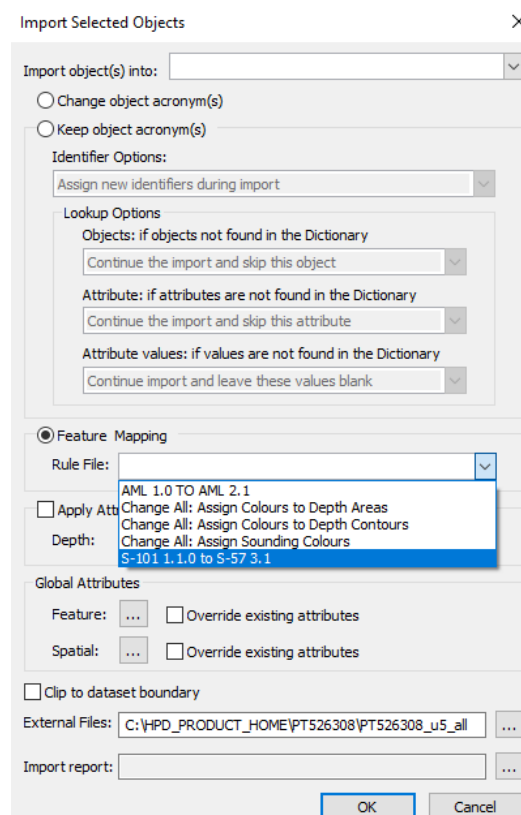


Figura 55 - Janela de importação de informação onde disponibiliza a conversão de S-101 para S-57

6.4.3. CARIS Product Editor

Esta aplicação do CARIS foi testada na versão 4.1 e funciona como um módulo do HPD para gerir e produzir os produtos CEN com suporte gráfico e de objetos com atributos, de acordo com as especificações S-57, *inland* ENC e S-101, conforme exemplo na figura 56.

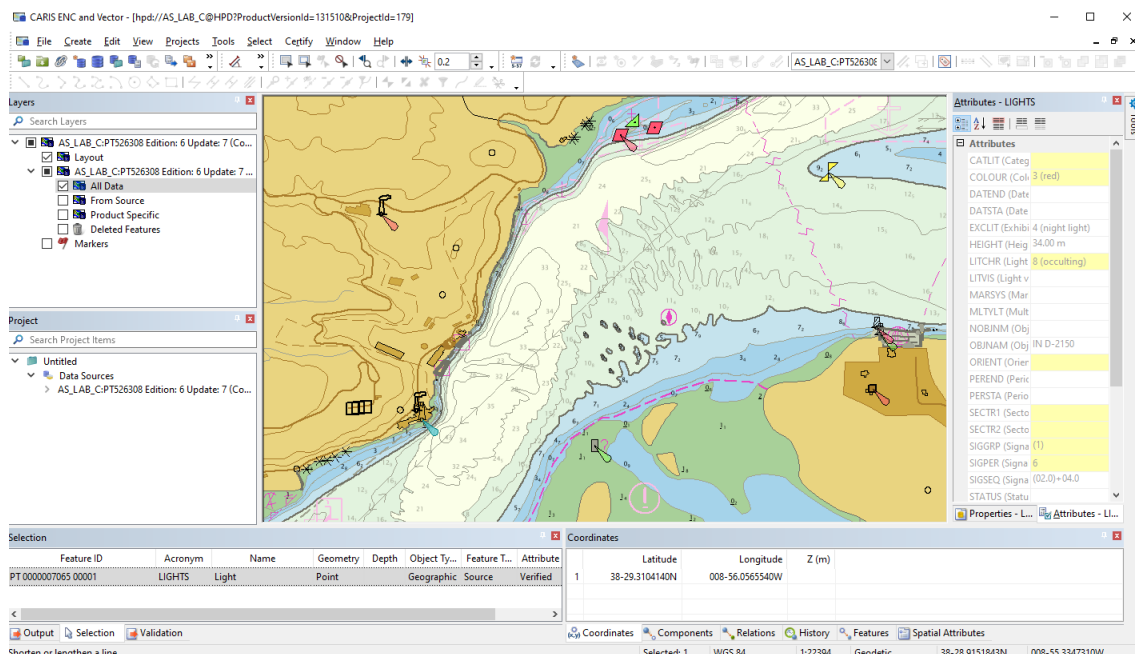


Figura 56 - Janela do CARIS Product Editor

Pensado para trabalhar em base de dados, edita as versões preparatórias para gerar os produtos finais, sendo esta fase adequada para retirar algum objeto apenas usado para construção, inserir valores de escalas mínimas de visualização (SCAMIN) ou introduzir alguma alteração de carácter temporário, o qual também é um processo usado para gerar os *updates*.

Dispõe duma ferramenta poderosa e rápida de comparação entre o existente na BDG validada e o produto em vigor, sendo um dos principais procedimentos para criar uma nova edição ou *update* (de carácter permanente). A experiência de utilização deste *software* é bastante positiva, sendo apenas necessário cumprir com os procedimentos internos desenvolvidos pelo IH, tais como certificar o estado de validação dos objetos na BDG do HPD, certificar apagar objetos já apagados e verificar os resultados das ferramentas de validação internas.

6.5. ArcGIS Pro

O ArcGIS Pro é a mais recente versão do *software* líder mundial em SIG, da empresa californiana ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) fundada em 1969, com 49 filiais, 5

mil funcionários em 73 países, com 300 mil organizações como clientes em todo mundo. [ESRI, 2023.a]

Este *software* tem disponível uma panóplia de módulos adicionais dedicados a cada tipo de atividade, o que permite uma adequação às necessidades de cada sector de atividade. No caso de informação hidrográfica, disponibiliza licença específica *ArcGIS Maritime*, garantindo o ArcGIS o suporte adicional para:

- ✓ CEN em S-57, *inland* ENC, AML e S-101;
- ✓ Processamento e gestão de batimetria;
- ✓ Base de Dados Geográfica (BDG) com diferenciação de *UsageBand*¹⁶;
- ✓ Controlo de Qualidade e validações S-58;
- ✓ Correções semi-automatizadas da topologia;
- ✓ Gerar CN em S-4 (*paper chart*) e *raster* a partir da BDG;
- ✓ Gerir produto e *updates* – “*Exchange Sets*”
- ✓ Encriptação em S-63.

Permite também trabalhar diretamente numa plataforma dinâmica acessível *online* (*webserver*) com todas as CEN de acesso público (da NOAA e *inland* ENC), possibilitando planear uma missão ou extrair informação para outros propósitos, ou imprimir diretamente uma carta georreferenciada de acordo com S-4, com uma elevada automatização. [ESRI, 2023.b]

Como exemplo, a agência “*Coast Survey*” da NOAA dos EUA (figuras 57 e 58) fornece produtos e serviços de navegação para os Estados Unidos da América (EUA), abrangendo 3,4 milhões de milhas náuticas quadradas de zonas económicas exclusivas e 95 mil milhas de costa. Em 2007, a Divisão de Cartas Marinhas (MCD) foi o primeiro departamento hidrográfico mundial a recorrer às soluções integradas de BDG por *ArcGIS Maritime* da ESRI para gerir dados hidrográficos *online* e facilitar a produção de CEN e cartas em papel. Atualmente, a plataforma *online* do *ArcGIS Maritime* disponibiliza acesso WMS e serviços *Rest*, Cartas em papel e ENC, *inland* ENC, modelos batimétricos, criação duma carta *raster* da zona e dados pretendidos, etc. [Hydro International, 2019]

¹⁶ Banda de utilização de ENC em função do tipo de navegação, consequentemente da escala e da área abrangida.

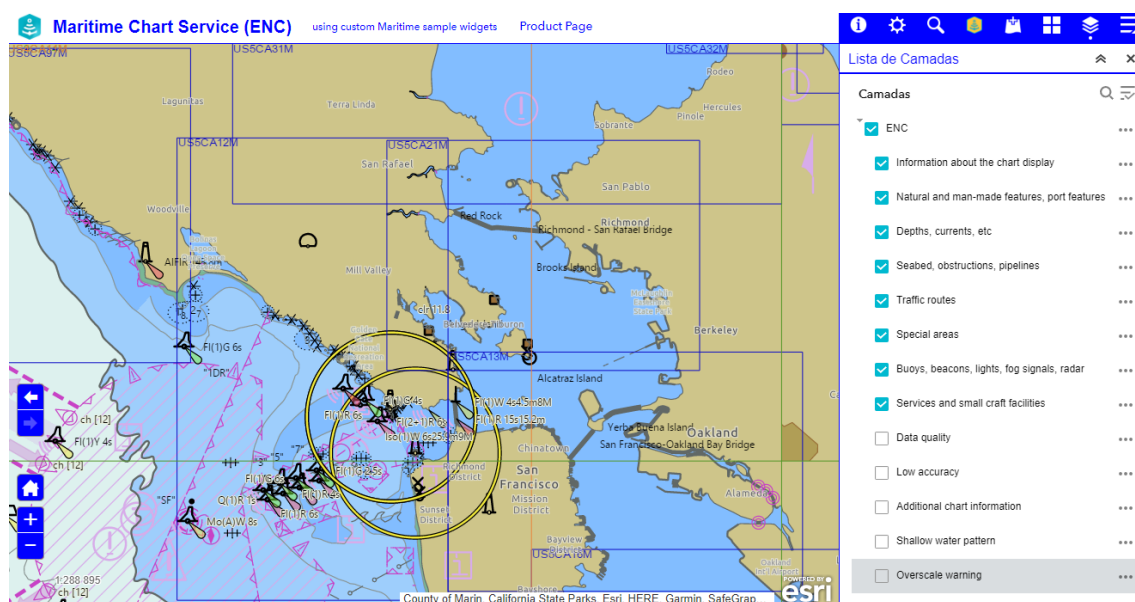


Figura 57 - Plataforma online Maritime Chart Service ENC [ESRI, 2023]

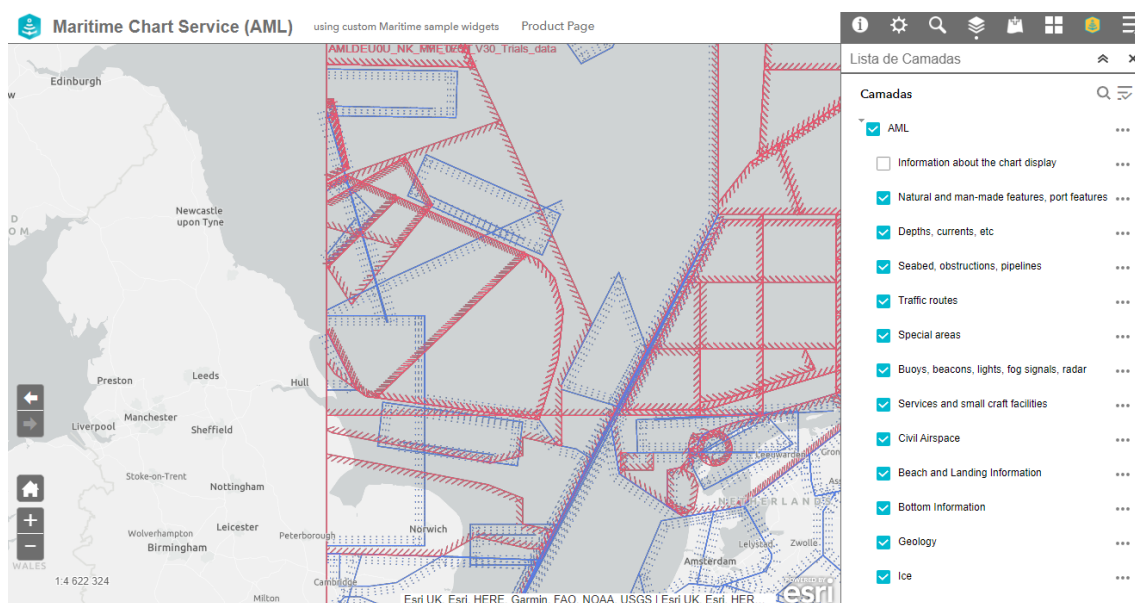


Figura 58 - Plataforma online Maritime Chart Service AML [ESRI, 2023]

Uma outra vantagem desta estrutura em BDG em servidor de internet gerido pela ESRI é de permitir a partilha rápida, fácil e eficiente de informação hidrográfica para outra entidade, ou mesmo para o público em geral, o que facilita e agiliza os processos de aquisição ou atualização, respondendo aos pedidos, por vezes, de forma automática.

Para os testes foi usada a versão 3.1.1 do ArgGIS Pro, com o módulo *Maritime* ativo e licença de estudante. Inicialmente abria as CEN PT526308 e PT76621H corretamente em termos

de visualização, mas não permitia importar para BDG, consequentemente também nenhuma edição era permitida.

Após pesquisa, solicitei apoio técnico da ESRI, o qual foi concedido. Foi necessário instalar adicionalmente dois pacotes: o primeiro contendo os *templates* das especificações (S-57, S-101, ...), o segundo com uma adicional base de dados. Sobre a necessidade do segundo módulo não constava em nenhum tutorial encontrado nem fornecido, pelo que sugiro futuramente que seja integrado na instalação inicial do ArcGIS Pro, ou que exista referência de como se proceder para que o módulo fique efetivamente ativo.

Na figura 59 é possível visualizar a CEN com aparência correta e no painel da direita é possível verificar a lista agrupada de objetos e do universo de ferramentas de manipulação e análise.

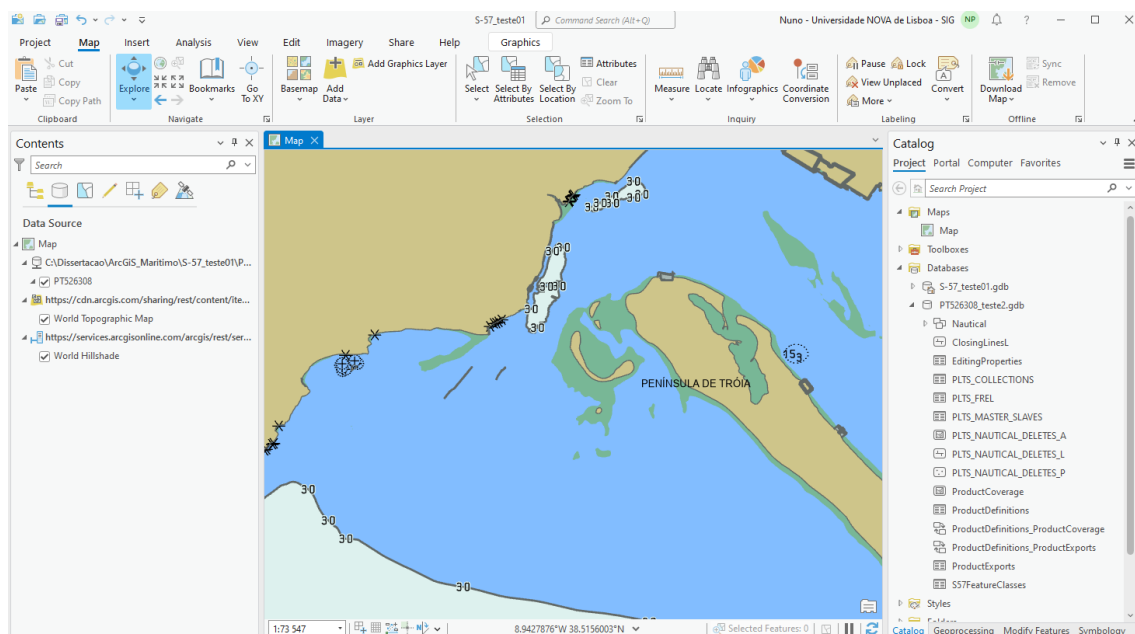


Figura 59 - Janela do ArcGIS com a CEN PT526308 aberta e importada para a Geodatabase

Para a importação da célula recorreu-se à *Toolbox*, com a função “*Import S-57 to Geodatabase*”, conforme figura 60.

A célula S-57 deveria ter sido importada para a BDG para se poder editar. Contudo, o relatório de importação referiu que não efetivou a operação. Segundo resultado da pesquisa, para importar e editar devidamente, convém instalar-se também o módulo *ArcGIS Enterprise*.

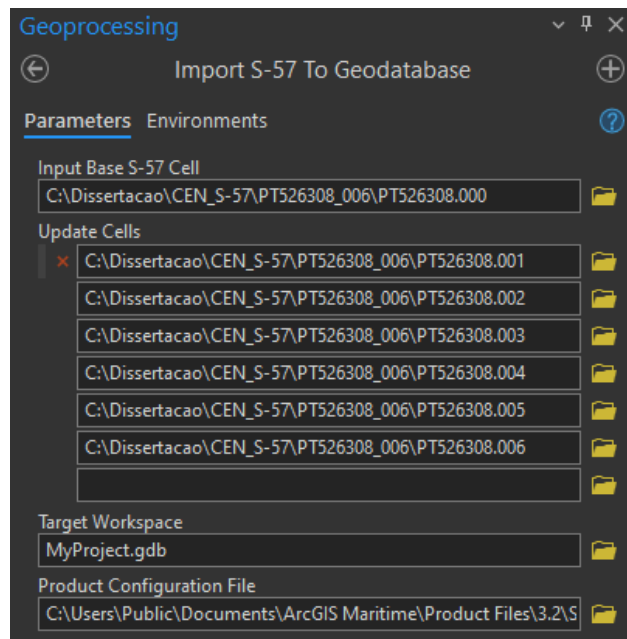


Figura 60 – Ferramenta do Toolbox do ArcGIS Pro - Import S-57 to Geodatabase

Por fim, procedeu-se ao teste da ferramenta de conversão de S-57 para S-101 “[Convert S-57 to S-101 Cell](#)”, conforme figura 61.

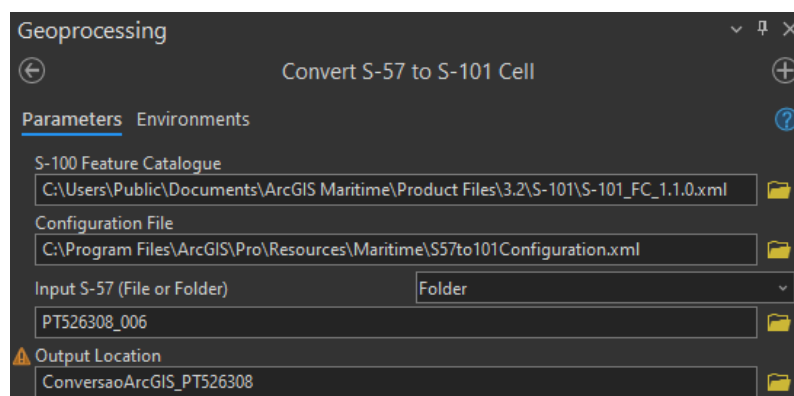


Figura 61 - Ferramenta Toolbox do ArcGIS - Convert S-57 to S-101 Cell

Os resultados foram positivos e a CEN em S-101 pôde ser aberta com aparente sucesso no visualizador KHOA S-101. O relatório da conversão poderá ser consultado no Anexo 3.

6.6. dKart

O *software dKart* dispõe de uma série de ferramentas completas para compilação, edição e validação de CEN, apresentado no pacote *dKart Office Suite*. Contudo, esta informação apenas foi acedida no decorrer de uma apresentação no contexto *webinar* fechado na plataforma do IC-ENC. Recorreu-se ainda ao contacto pelo *e-mail* indicado, porém duas tentativas sem resposta. Não se encontrou nenhum *website* representante claro do *software*, apesar da referência à reestruturação da empresa [i4-insight](#), associada da “*Lloyd’s Register*”, segundo a essa apresentação.

De acordo com a informação disponibilizada nessa apresentação *online* em direto, a solução de *software dKart* será divulgada brevemente com as novidades dos pacotes de aplicações para permitir todo processo de compilação, edição e manutenção das CEN (S-57, *inland* ENC e AML), sincronizado com as novas necessidades do S-101. Afirma ainda que manterá o modelo simples e fácil de funcionamento, com possibilidade de recurso a BDG (com possibilidade *webserver*) e *workflow*, numa oferta modular de ferramentas, no qual permite ao cliente decidir quais necessita e, assim, resultar no preço mais acessível do mercado. A elaboração de CN (em papel e em modo *raster*), assim como o processamento batimétrico, gestão de avisos à navegação, registo de alterações por utilizador, controlo de qualidade e validações S-58, acesso aos serviços *online* WMS e WFS, geração de produtos/*updates* “*Exchange Set*” e até ferramentas de encriptação S-63.

De seguida, procedeu-se à análise e testes às aplicações disponíveis, uma por licença do IH, *dKart inspector*, outra por disponibilização gratuita para conversões.

6.6.1. dKart inspector

A aplicação ***dKart inspector*** é uma das aplicações usadas obrigatoriamente no final do procedimento de CEN no IH, pois, à luz da experiência, esta aplicação tem os algoritmos mais robustos e profundos de validação e análise da coerência e consistência das CEN à luz das especificações S-57 e S-58, para que no mundo real estas células CEN sejam devidamente carregadas e visualizadas nos equipamentos ECDIS a bordo.

Para os testes foi usada a versão 6.5 (*build* 3754) instalada no IH, como podemos ver nas figuras 62, 63 e 64.

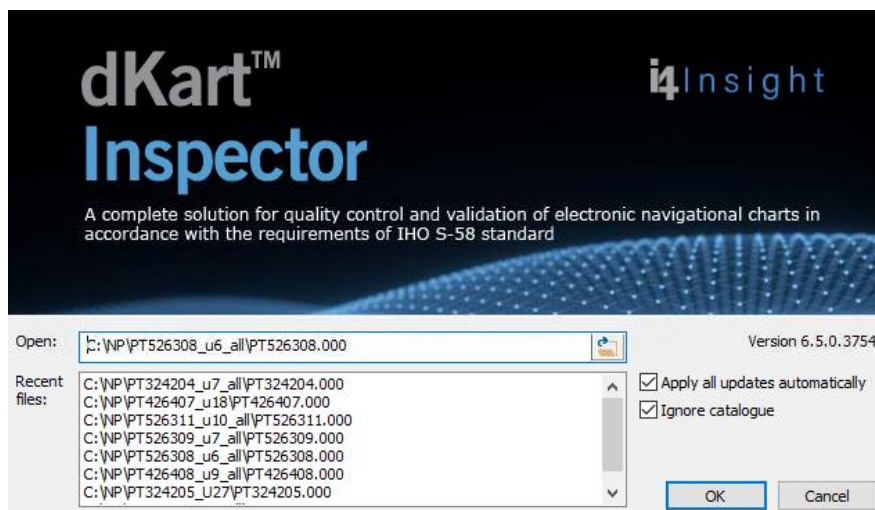


Figura 62 - Janela de arranque do dKart inspector

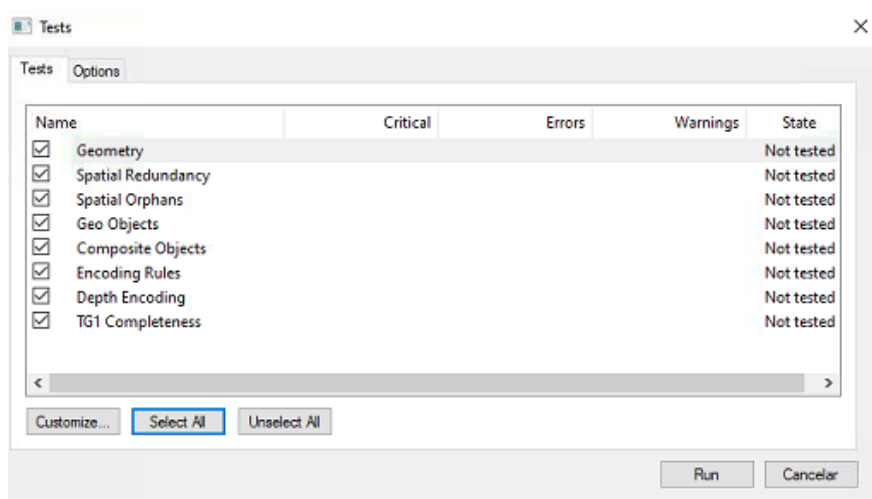


Figura 63 – Janela do dKart para escolha e configuração dos testes e validações pretendidos à CEN aberta

No *dKart inspector* é possível identificar geográfica e geometricamente a localização de cada erro ou aviso, com um código, o qual o operador pode procurar na base de dados de erros disponibilizada pelo IC-ENC para se esclarecer. A correção, se necessária, voltará à aplicação usada para editar a respetiva CEN.

No Anexo 2 consta o relatório à CEN PT526308 no *update* n.º 6, no qual será analisado. no devido tópico.

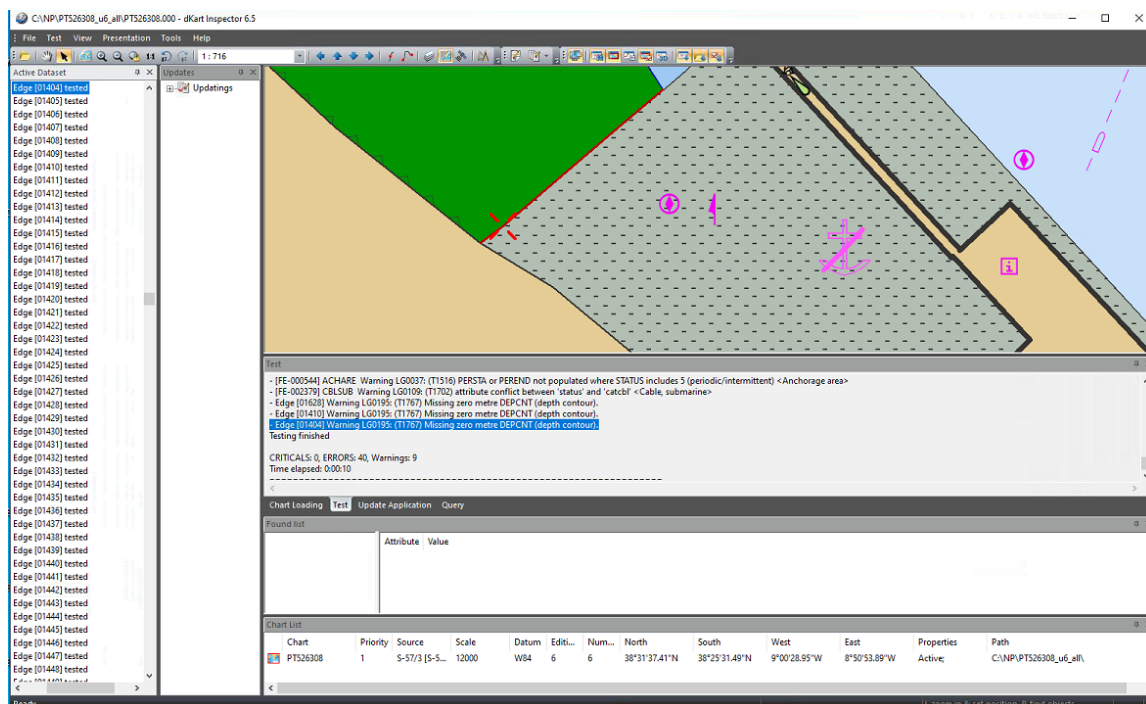


Figura 64 - Aparência gráfica da janela principal do dKart após submissão da CEN aos testes e validações

6.6.2. dKart S-101 Converter

A aplicação ainda em desenvolvimento para conversão de formatos das CEN de S-57 para S-101 e vice-versa está disponível gratuitamente pelo *website* da OHI, encontrando-se na versão 1.0.0.2163.

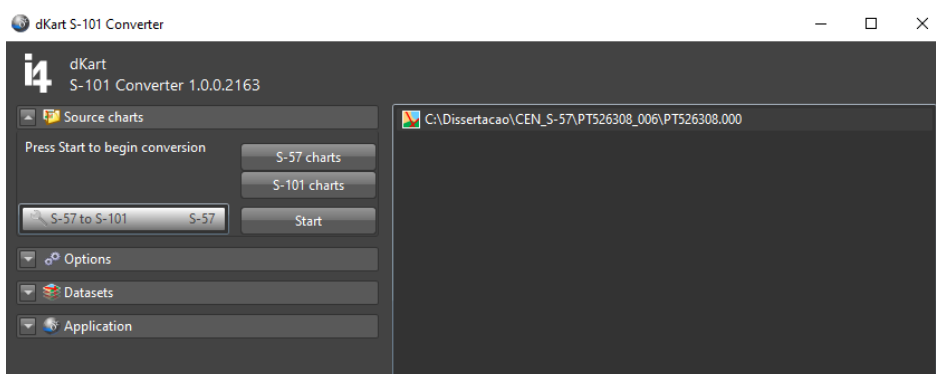


Figura 65 - Janela do dKart S-101 Converter

A aplicação tem um espectro simples e direto ao assunto (na figura 65). Após seleção de uma CEN em S-57, disponibiliza uma série de opções como se vê na figura 66.

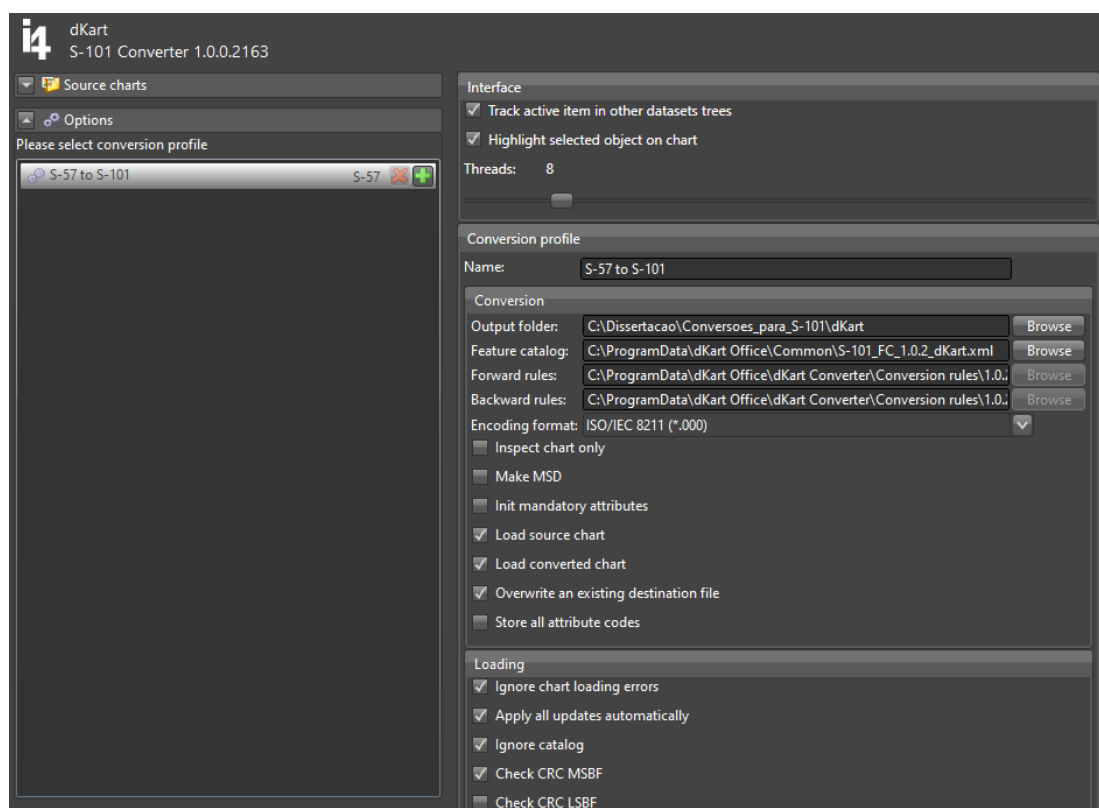


Figura 66 - dKart S-101 Converter - Opções de conversão

A conversão foi concluída com sucesso, a nova CEN foi aberta com sucesso no visualizador *KHOA Viewer* e o relatório poderá ser consultado no Anexo 4.

6.7. Outros software SIG

Da pesquisa efetuada de 26¹⁷ outros *software* SIG, além das funcionalidades gerais de SIG (edição e análise vetorial e *raster* numa distribuição espacial), apenas 4 afirmam estar capacitados para abrir e ler CEN em formato S-57 os seguintes:

- [ThinkGeo Desktop](#) (versão 4.5): foi tentado instalar para testes, com uma licença *Trial* de 30 dias. Contudo esta aplicação revelou-se de elevada complexidade para o processo inicial de instalação, no qual cumpriu-se o tutorial disponível no sítio de internet do *software*: necessitava do *Visual Basic Estudio*, depois instalação de dois pacotes *dot.NET 7.0 SDK*, seguido de dois pacotes dentro do Visual Basic (*NuGet*

¹⁷ Os restantes 22 *software* analisados que não apresentaram nenhum suporte para ficheiros CEN em S-57: Hexagon Geomedia, MapInfo Professional, gvSIG, GRASS GIS, WhiteBox GAT, Cadcorp, GE Smallworld, Manifold GIS, TatukGIS, Maptitude, ILWIS, SAGA GIS, GeoDa, Mapa Bentley 22, IDRISI, TNT GIS, MapWindow, uDig, Jump GIS, FalconView, OrbisGIS, Diva GIS.

Package Manager e C#), seguido de instalação de pacotes por códigos de terminal informático, os quais alguns não resultaram certo por razões de cariz técnica desconhecidas.

- **Surfer** (da Golden Software) (versão 27): *gridding*, mapeamento e modelação 3D com muitas opções e formas de cálculo matemático. Para se obter licença de teste teria de ter aprovação da Universidade, não bastando o e-mail institucional, não permitindo assim a verificação.
- **OpenCPN Chart Plotter Navigation** (versão 5.8.4): simulador de navegação, o qual não só carrega as CEN, como permite visualizar de acordo com a aproximação (zoom), planear rotas, efetuar medições, monitorizar navegação e imprimir. É gratuito e está disponível para Windows, Linux e Mac. Foi testado, tendo carregado as CEN PT526308 e PT76621H.
- **KHOA S-100 Viewer** (versão 1.0.22): aplicação gratuita para visualização e análise exclusiva para CEN em S-101, S-102 *Bathymetric surface*, S-111 *Surface current*, S-122 MPA, S-123 MRS, S-124 NW, S-127 MTM, desenvolvido pela Agência Hidrográfica e Oceanográfica Coreana (KHOA), conforme figura 67.

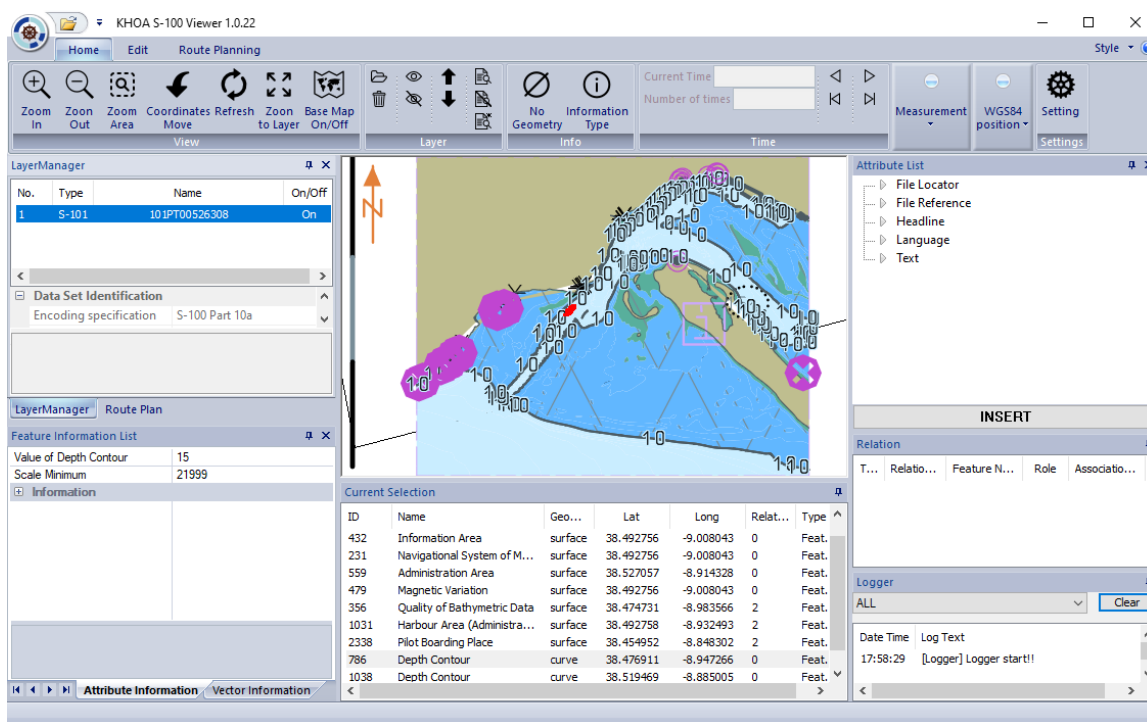


Figura 67 - CEN 101PT00526308 aberta no software de visualização KHOA S-101 Viewer

7. RESULTADOS E ANÁLISE

7.1. Conversão S-57 ↔ S-101

Os algoritmos e parâmetros de conversão encontram-se ainda em fase de testes e desenvolvimento, de acordo com a especificação S-65. De momento existem três *software* com essa funcionalidade: ArcGIS *Maritime*, CARIS HPD e dKart *Converter*.

O plano de conversão do *portfolio* do IH de CEN (com mais de 180 em vigor) é um processo complexo que requer uma sequência lógica e funcional, para que seja garantida a qualidade do processo, da BDG e dos produtos finais, conforme mostra o esquema da figura 68.

O ponto de partida, já em curso, tem sido de preparar as CEN em S-57 existentes, para que no ato de conversão, as CEN estejam atualizadas na BDG, com os últimos parâmetros S-57 em alguns dos objetos e de acordo com as regras internas definidas de configuração das células, dos objetos e respetivos atributos. Este recente procedimento detalhado foi elaborado tendo em consideração algumas abordagens necessárias para adaptação ao futuro S-101. Os testes de conversão, tanto em células CEN individuais, como na BDG, são essenciais para prever possíveis erros, necessidades de alteração das CEN em vigor e adendas aos procedimentos, de acordo com os resultados das conversões testadas.

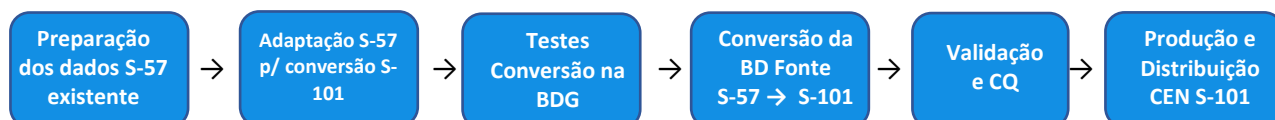


Figura 68 - Esquema de Conversão de S-57 para S-101 em BDG [IH, sem data]

A conversão à BDG para S-101 terá lugar quando toda informação na BDG estiver adaptada para o efeito. Seguir-se-á um conjunto abrangente de validações (com as ferramentas automáticas do sistema) e um Controlo de Qualidade pelos operadores. Garantida esta fase, dar-se-á início à produção em S-101, mantendo a produção em simultâneo em S-57, pelo menos até 2030.

Analisando os conversores (lembrando que os objetos com acrónimos corresponde ao S-57) e os resultados testados dos mesmos, duma forma geral, algumas das principais diferenças na conversão encontradas são:

- No objeto M_QUAL (Qualidade dos dados): O *start date* passou a estar preenchido igual ao SUREND (o que pode nem sempre ser verdade);
- Quanto à natureza da COALNE (linha de costa) na qual são várias opções retiradas, por falta de correspondência no S-101, perde-se informação importante;
- É perdido o atributo COMCHA (Canais de comunicação) do PILBOP (local de embarque de piloto);
- O objeto LIGHTS (luz) transita para atributo complexo de algumas estruturas (na qual poderá estar instalada) para *lightAllAround*, e o atributo SIGSEQ (sequência de sinal) é distribuído por vários atributos complexos, sendo a quantidade de acordo com o número de diferenças na sequência;
- O objeto RECTRC (tipo área) é inexistente em S-101, excepto se for de dois sentidos;
- O objeto TOPMAR (marca de topo) deixa de existir como objeto isolado e transita para atributo complexo das estruturas;
- Os atributos TXTDSC, INFORM e NINFOM perdem-se.

A conversão com recurso a **CARIS HPD** não foi possível testar por inexistência de licença. Contudo, a CARIS afirma atualmente converter automaticamente com sucesso até 97%.

No caso do conversor embutido no **ArcGIS Pro** com módulo adicional **Maritime** é simples e rápido. Contudo há situações a reportar:

- Assume que os nomes estão todos em *english*, não sendo verdade no caso português e de muitos outros, pois os nomes próprios não se traduzem.
- O nome da *Harbour Area* (HarbourAreaAdministrative) “Porto de Setúbal” foi convertido em “Porto de Setúbal”, ou seja, o léxico usado não apresentou a complexidade necessária para compreender a acentuação em português.
- No objeto M_QUAL (Qualidade dos dados) perde os atributos TECSOU (técnica de sondagem), CATOZOC (categoria do levantamento) e os INFORM/NINFOM (informação variável). Os novos atributos (como a variação temporal) foram preenchidos de forma automática, tais como os novos atributos de variação temporal.

O **dKart Converter** é uma aplicação independente. Apresenta uma interface fácil e com o maior número de opções para personalizar a conversão, sendo também possível configurar toda conversão editando o ficheiro “RULES”. Permite converter em ambos os sentidos S-57 to S-101 e S-101 to S-57. Alguns dos resultados negativos detetados são:

- No objeto M_QUAL - converte criando dois objetos distintos, QualityOfSurvey e o QualityOfBathymetricDat. No primeiro é mantido o atributo TECSOU (técnica de sondagem) e preenchido de forma automática para os atributos surveytype1 e survey type2.
- Perde o objeto HRBARE (área portuária administrativa), o que não era suposto.

Em síntese, o processo de conversão S-57 ↔ S-101 ainda se encontra claramente em testes, embora já se encontre no patamar de resolver os pormenores identificados. Dependendo da CEN e do software usado, os processos automáticos de conversão atingem entre 80% a 97% de sucesso. A restante edição terá de ser efetuada manualmente por um operador.

O dKart Converter demonstrou-se ser a opção mais controlável e eficiente, pois não só é gratuito, como apresenta mais opções e, ainda no final da conversão, mostra uma janela de comparação da conversão efetuada, em modo de árvore por objeto e visualizando do lado direito, conforme se pode analisar na figura 69.

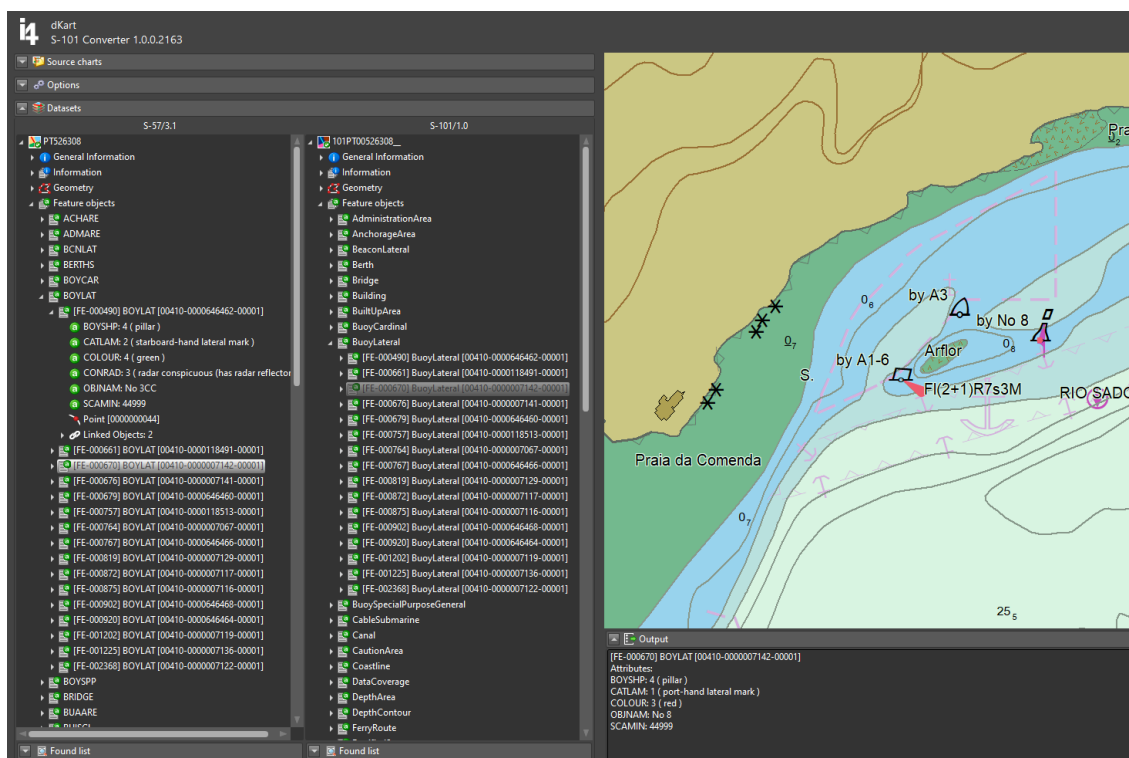


Figura 69 - dKart Converter com análise comparativa por objeto

Por outro lado, os conversores do ArGIS Pro e também do CARIS têm a capacidade de converter uma BDG inteira, o que é fundamental para esta tarefa.

7.2. Software

Os *software* desenvolvidos especificamente para âmbito de edição e produção de cartografia náutica eletrónica (CEN e CN) resumem-se a quatro concorrentes: ArcGIS (com módulo *Maritime*), CARIS, *dKart* e *SevenCs* (integrado no FME, se S-101). São todos diferentes, cada um com os seus pontos fortes e fracos e cada agência hidrográfica tem de decidir qual lhe parece mais favorável. Esta decisão depende da(s) área(s) do mundo que lhe(s) está(ão) atribuída(s) a(s) responsabilidade(s), para cada *UsageBand*¹⁸, do *portfolio* associado, do modo de funcionamento e objetivos, da experiência dos recursos humanos existentes e, não esquecendo, da disponibilidade financeira (este dado não foi avaliado por falta de informação da maioria). O resultado da análise metodológica é representado na seguinte tabela 4.

Tabela 4 - Resultado da análise metodológica sobre software SIG para CENs

Operação	QGIS	Global Mapper	SevenCs	FME + 7Cs	CARIS	ArcGIS Pro	dKart
Abrir S-57	Parcial	Confirmado	Confirmado	Sim	Confirmado	Confirmado	Confirmado
Abrir inland ENC	Parcial	Confirmado	Confirmado	Sim	Confirmado	Confirmado	Confirmado
Abrir updates	Não	Não	Parcial	Sim	Confirmado	Confirmado	Confirmado
Abrir S-101	Não	Não	Não	Sim	Confirmado	Confirmado	Confirmado
importar para base de dados	Parcial	Não	Confirmado	Sim	Confirmado	Sim	Sim
Processamento batimétrico	Parcial	Confirmado	Sim	Sim	Confirmado	Sim	Sim
Edição vetorial e atributos S-57	Não	Não	Confirmado	Sim	Confirmado	Sim	Sim
Edição vetorial e atributos S-101	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Carregamento Raster	Confirmado	Confirmado	Parcial	Sim	Confirmado	Confirmado	Sim
Carregamento Webserver	Confirmado	Confirmado	Não	Sim	Confirmado	Confirmado	Sim
Carregamento SIG vetorial	Confirmado	Confirmado	Não	Sim	Confirmado	Confirmado	Sim
Carregamento dwg, dxf, dgn	Confirmado	Confirmado	Não	Sim	Confirmado	Confirmado	Sim
Testes e validações S-58	Não	Não	Confirmado	Confirmado	Confirmado	Sim	Confirmado
Correções automáticas	Não	Não	Confirmado	Sim	Confirmado	Sim	?
Produção produto / update	Não	Não	Confirmado	Sim	Confirmado	Sim	Sim
Conversão S-57 para S-101	Não	Não	Não	Sim	Confirmado	Confirmado	Confirmado
Conversão S-101 para S-57	Não	Não	Não	?	Sim	Confirmado	Confirmado
TOTAL positivos	4	7	8	16	17	17	16

¹⁸ Banda de utilização de ENC em função do tipo de navegação, consequentemente da escala e da área abrangida.

O **QGIS** é um *software* SIG generalista, não sendo desenhado para este tipo de informação específica CEN. Também não foi encontrado nenhum *plug-in* para este efeito. Apenas foram encontradas estratégias que possibilitam um aparente carregamento mais correto, por conversão em *Shapefile*, resultando numa aparência aproximada das CEN no padrão de visualização definido pela especificação S-52. Porém, um número considerável de objetos não foi devidamente carregado, além que os atributos de cada objeto não foram devidamente transpostos. Ainda assim, por ser um *software* de desenvolvimento de código aberto pela comunidade, existe a possibilidade de no futuro, o QGIS receber um *plug-in* ou uma atualização que suporte CEN (em S-57, *inland* ENC ou S-101). Para processamento batimétrico, o QGIS poderá ser um recurso possível, pelo facto de suportar a geração de superfícies a partir de nuvens de pontos e/ou de isolinhas de profundidade.

Analisando o **ArcGIS Pro** (a nova versão do ArcGIS da ESRI), apresenta um ponto de partida muito favorável, pois é o *software* para o universo SIG com mais utilizadores no mundo, havendo imenso investimento no seu constante desenvolvimento e em novas ferramentas de cálculo e análise espacial, transformações e adaptação às necessidades dos diversos setores da economia. Neste caso da hidrografia, através do módulo *Maritime*, permite completar o círculo de necessidades para a cartografia náutica, modelos batimétricos, tanto na compilação, edição, controlo de qualidade e validações S-58, gestão através duma BDG, correções topológicas (semi-)automáticas, *Exchange Set*, encriptação em S-63, e uma plataforma online que disponibiliza aos utilizadores de qualquer parte do planeta aceder facilmente às informações que os produtores (que usam este *software*) disponibilizam, o que permite um novo modo dinâmico de interação com a sociedade e com as necessidades da economia. Como exemplo, a plataforma [Esri Hydrographic Office](#) permite aceder e criar CN ao pedido do utilizador, assim como disponibiliza um manancial de informação batimétrica, CEN, perigos e elementos de ajuda à navegação. Dependendo da área pretendida, é definido pelo produtor responsável dessa região quais dados podem ser disponibilizados gratuitamente ou sob outras condições para cada utilizador.

A oferta de opções **CARIS** da *Teledyne* são completamente destinadas a todo o setor da hidrografia, desde a aquisição de dados de sondagem, tratamento (CARIS HIPS & SIPS), processamento e geração de modelos batimétricos (*Bathy DataBase*), à geração e gestão de batimetria para integração na cartografia náutica (BASE Editor), à compilação e edição de CEN em modo de BDG (CARIS HPD), controlo de qualidade, até ao produto final CEN (CARIS *Product Editor*) e respetivas atualizações e validações, respondendo adequadamente às especificações da OHI, IEHG, IMO e IALA.

Todo este percurso de produção exprime um modelo completo de trabalho, sendo acompanhado com as ferramentas necessárias e desenvolvidas dedicadamente para este setor de atividade. Encontra-se a otimizar sistemas integrados de plataformas online e a desenvolver inteligência artificial para investir num futuro em que os processos de gestão, produção e de acesso serão mais céleres, eficientes e ágeis.

O estudo ao *software* da **SevenCs** foi dividido em duas partes. A primeira aplica-se às especificações S-57 e *inland* ENC, pois o pacote de aplicações estão concebidas para estas duas especificações, de acordo com o esquema da figura 70, no qual apresenta a sequência lógica para edição, validação e gerar produto (incluindo *updates*).

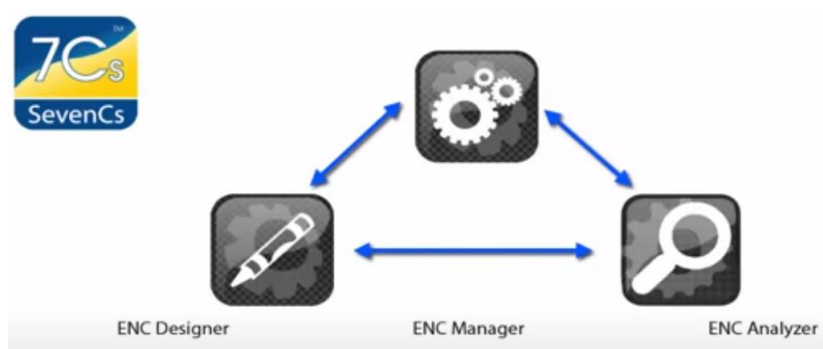


Figura 70 - Esquema de gestão de trabalho no SevenCs

O *ENC Manager* é o gestor do *portfolio* de CEN e das operações gerais, encaminhando para o *ENC Designer* a edição geométrica e de atributos (a maioria do trabalho); posteriormente gera um produto temporário para ser encaminhado para a aplicação *Analyser* para validar se as alterações apresentam erros ou avisos não aceites. Pode ser ainda adicionado o *ENC Optimizer*, facilitando a correção automática de muitas falhas de geometria ou alguns erros de compilação, de acordo com as opções e controlado por um relatório embutido, antes de efetivar as alterações sugeridas. Como exemplo, a ferramenta “*Generalize edge*” para remover o excesso de vértices de acordo com uma determinada tolerância é o mais eficiente, rápido e fiável, pelo facto de funcionar numa base geométrica, em primeira instância.

O processo ter-se-á de repetir até que as validações e o Controlo de Qualidade (automático e manual) seja considerado correto. A aplicação *Analyser* é muito rápida e fácil de trabalhar, com a disponibilidade de mostrar o objeto, o tipo de erro e o local exato do mesmo.

Este método de trabalho mostra-se bastante eficiente e fiável. Contudo é aconselhável um *backup* manual da pasta dos ficheiros onde se encontra a respetiva CEN em edição, para o caso de algum erro.

Relativamente à tarefa de compilação da informação, este pacote do *SevenCs* (para S-57 e *inland* ENC) apresenta-se limitado, pelo facto de aceitar carregar poucos formatos de ficheiro, não ter a possibilidade de carregamento de informação *online* e, mesmo em formato *raster*, tem uma limitação de tamanho bastante baixa.

Para a *SevenCs* trabalhar com S-101 optou por recorrer ao *plug-in* (Reader / Writer) no *software* base FME, cujo universo de capacidades e ferramentas SIG é bastante ampla. Por não ter sido testado, apenas pode ser avaliado pelas informações fornecidas pelos próprios fabricantes e por via de tutoriais e apresentações. Desta forma, espera-se por uma solução muito mais completa, facilitando o processo de compilação, também por suportar a edição de *workflow*, juntando todo universo SIG às especificações da cartografia náutica.

Na experiência do *software dKart*, apenas puderam ser testadas as aplicações *inspector* e *converter*. O *dkart inspector* aparenta ser o *software* mais robusto para análise e validação (incluindo S-58), pois deteta algumas situações que outros não detetam, com a possibilidade de mostrar o local preciso de cada aviso ou erro, sendo aconselhável este recurso prévio para garantir aceitação por parte do IC-ENC.

Relativamente ao *dKart Office Suite*, pela única informação acedida no decorrer duma apresentação no IC-ENC, tem um pacote completo de aplicações para desempenhar todo processo necessário para produção e gestão de CEN. Restou a dúvida sobre a existência de ferramentas de correções (semi-)automática. O *dKart* peca por falta de informação e dificuldade de comunicação com o fabricante (à data atual). Todavia, é uma solução a explorar para qualquer agência hidrográfica, especialmente de pequena e média dimensão.

Como resultado da pesquisa e análise de outros *software* gerais para SIG, relativamente à capacidade de leitura e correta interpretação de CEN em formato S-57 foi decepcionante: mais de duas dezenas de aplicações SIG não reconhecem este padrão de informação e extensão de ficheiro .000, com excepção do *Global Mapper* e do simulador *OpenCPN Chart Plotter Navigation*. Estes foram devidamente testados e mostraram suportar a correta interpretação e visualização. No *Global Mapper* ainda e possibilitou gerar superfície pela informação na CEN. Outros *software* alegam suportar leitura em S-57, nomeadamente *Surfer* e *ThinkGeo Desktop*, infelizmente não puderam ser testadas.

8. CONCLUSÃO

Encontramo-nos num momento de transição para a inovação da navegação marítima (e em águas interiores), em primeiro lugar para as questões de segurança, seguido de todo tipo de atividade nos oceanos, mares, rios, grandes lagos, canais e portos, que virá com a implementação no novo modelo de dados do universo S-100. Traz também uma grande mais valia para um sistema integrado de informação que permitirá ao navegante e a sistemas autónomos – *e-navigation* – incluir várias fontes de informação, com dados em tempo real, para proporcionar uma navegação mais completa, dinâmica e, consequentemente, mais segura. Também possibilitará a redução de custos e de tempo.

Por outro lado, é também um grande desafio e oportunidade para os produtores de *software* e equipamentos, assim como para as agências que recolhem e compilam a informação para os novos produtos que terão de começar a ser disponibilizados a partir de 2026. As plataformas dinâmicas de gestão em SIG, com recurso a BDG, tais como a ESRI, *Teledyne* e FME, permitem a tecnologia fundamental e necessária para desenvolver uma infraestrutura de dados geoespaciais marinhos e marítimos, a partir da qual novos produtos e serviços possam ser criados, possibilitando a transformação das divisões hidrográficas tradicionais em verdadeiras agências geoespaciais colaborativas.

As diferenças entre o modelo atual de CEN em S-57 e o vindouro S-101 apresenta algumas dificuldades de conversão, ainda em estudo pelas entidades competentes e com a colaboração das diversas agências hidrográficas e produtores de *software*, apesar de se pretender o arranque efetivo no início de 2026 em todo mundo. Em grande parte, o sistema S-101 baseia-se no catálogo de objetos de S-57, com alterações especialmente ao nível da nomenclatura aos objetos e seus atributos. Desaparecem também várias opções em muitos dos atributos, o qual perder-se-á alguma informação das CEN em vigor, como por exemplo a natureza das linhas de costa. As informações nos atributos de texto, em muitos casos, também se perderão, pelo que as CEN em S-57 deverão ser previamente alteradas para esta nova realidade antes da conversão em S-101.

No seio da competição entre produtores dos *software* para lidar com as novas especificações do universo S-100 destaca-se:

- a ESRI com o muito conhecido e abrangente ArcGIS Pro, adicionando o módulo *Maritime* e com as plataformas em *webservices* de acesso multi-informação, mostra ser uma solução integrada em todas as necessidades e capacitada para o específico mundo da cartografia náutica, estando no pelotão da frente do

desenvolvimento das necessidades para o S-100. Ao mesmo tempo é a única solução completa que permite desenvolver produtos de topografia e cartografia terrestre, assim como produtos de âmbito hidrográfico e também para CEN, criando novas possibilidades (tendo em consideração diferenças nos referenciais altimétricos);

- a *Teledyne*, com o pacote de aplicações CARIS desenvolvidas especificamente para o universo da hidrografia e cartografia náutica, tendo estado na vanguarda do desenvolvimento de aplicações desta área, assim como na frente da investigação e implementação do novo S-100 e, sendo um SIG, dedicado e com grandes potencialidades para implementação em vastas áreas com diversas escalas e tipos de utilização;
- a *SevenCs* com um bom e longo historial de aplicações separadas para cada tipo de tarefa para atingir o produto final, CEN, que embora com algumas limitações, apresentou uma enorme fiabilidade ao nível geométrico e topológico. Com o S-100 viu-se obrigado a acompanhar e juntou-se ao *software* FME (SIG generalista) com imensas potencialidades inerentes, o que provoca uma promissora alternativa;
- a *dKart* mostrou ser um *software* modular com grande qualidade e fiabilidade (pelas experiências do *inspector* e *converter*), afirmando-se ser o mais económico do mercado. Apresenta também um conjunto completo de soluções separadas (mas interligadas) para cada fase do processo. Porém encontra-se aparentemente atrasada no desenvolvimento da produção e edição em S-100. E neste momento não detém um *website* nem uma plataforma clara e garantida de contacto, o que não lhe é favorável.

De acordo com a experiência, ainda se mostra aconselhável recorrer a outros *software* para verificar possíveis erros e validações, por forma a garantir a qualidade necessária e, desta forma, assegurar aprovação por parte das entidades gestoras regionais de CEN (RENC), em especial ao *dKart inspector*, que se tem mostrado o mais detalhado e profundo.

A escolha do pacote de *software* para trabalhar com dados hidrográficos e/ou de cartografia náutica depende da dimensão, objetivo, do conhecimento prévio dos recursos humanos e disponibilidade financeira da entidade ou agência. Dependendo do tipo de tarefas atribuídas e das diferentes propostas dos quatro produtores de *software* dedicado, é importante

a escolha ser a mais adequada, porque depois de um estar completamente implementado, será complexo e oneroso mudar para outro.

Duma forma geral e à luz da situação de desenvolvimento atual, as soluções ArcGIS (com *Maritime*) ou CARIS são as mais adequadas para as agências com um *portfolio* considerável, com diversas áreas e *UsageBands*, encontrando-se ambas na vanguarda do desenvolvimento em SIG e no novo modelo de dados hidrográfico S-100. A solução SevenCs+FME precisaria de ser melhor avaliada e testada para se compreender se seria uma solução ao mesmo nível das anteriores. Para o caso de pequenas agências, as opções *SevenCs* ou *dKart* são também boas candidatas, possivelmente menos onerosas financeiramente.

Para a implementação de qualquer uma das opções de *software* nas agências hidrográficas e de gestão e produção de cartografia náutica, é necessário a assessoria técnica *in loco* por parte do suporte técnico do fabricante do *software*.

O tipo de informação em CEN não é ainda amplamente usado noutras áreas de SIG, possivelmente também devido à limitação do atual modelo S-57 e pelo facto de grande parte desses dados serem encriptados apenas para o efeito de navegação. Uma nova forma de ver e trabalhar esta informação, seguindo o exemplo da NOAA, poderia traduzir-se em ganhos significativos para a sociedade e economia, em especial à do mar e dos rios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMN. (2023): Autoridade Marítima Nacional. Consultada em Abril de 2023 em: <https://www.amn.pt/DF/Paginas/Navigation.aspx>
- Argos. (2023). Argos – Sistema Mundial de Observação e Proteção do Ambiente Terrestre. Consultada em Dezembro de 2023 em: <https://www.argos-system.org/>
- Arsana, I., Rizos, C. & Schofield, C. H. (2006). The application of GIS in maritime boundary delimitation: a case study on the Indonesia-East Timor maritime boundary delimitation. In A. Abdul-Rahman, S. Zlatanova & V. Coors (Eds.), *Innovations in 3D Geo Information Systems* (pp. 695-719). Berlin: Springer.
- Chen, Q., Zhang, H., Lau, Y., Liu, K., Adolf, K. Y. Ng, Chen, W., Liao, Q. & Dulebenets, M. A. (2023). A Geographic Information System (GIS)-Based Investigation of Spatiotemporal Characteristics of Pirate Attacks in the Maritime Industry. Obtido em <https://www.mdpi.com/2077-1312/11/12/2295>
- Copernicus. (2017). Tutorial on using QGIS for Marine Data: https://marine.copernicus.eu/sites/default/files/wp-content/uploads/2017/04/tutorial_on_using_qgis_for_marinedata-1.pdf
- Copernicus (2023), Website da OHI sobre estados membros, acedido em Setembro de 2023: <https://www.copernicus.eu/pt-pt/acerca-do-copernicus>
- Coutinho, Luciano G. (1992). “A Terceira Revolução Industrial e Tecnológica: As Grandes Tendências de Mudança”, publicado na revista do Instituto de Economia da UNICAMP, Campinas, Brasil.
- DGRM. (1992). Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos, acedido em dezembro de 2023 em <https://gddc.ministeriopublico.pt/sites/default/files/documentos/instrumentos/dec40-1992.pdf>
- DGT. (2023). Direção Geral do Território. Website acedido em Julho de 2023: <https://www.dgterritorio.gov.pt>
- ESRI. (2020). Artigo “Nautical Charts Go Digital with Help from GIS”. Acedido em Junho 2023: <https://www.esri.com/about/newsroom/arcnews/nautical-charts-go-digital-with-help-from-gis/>

ESRI. (2023.a). Website acessado em Junho 2023: <https://www.esri.com/en-us/about/about-esri/overview>

ESRI. (2023.b). Website ArcGIS Maritime da acessado em Junho 2023: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-maritime/overview>

ESRI. (2023.c). Dicionário GIS de Suporte da ESRI, online em <https://support.esri.com/pt-br/gis-dictionary/>

FME. (2024). Plataforma técnica do software FME. Consultado em Janeiro de 2024 em: <https://docs.safe.com/fme/html/FME-Form-Documentation/FME-Form-Admin-Guide/Home.htm>

Francois, Atilio. (2023). Displaying S57 nautical charts in QGIS 3.X. Visitado em Janeiro de 2024: <https://www.sigterritoires.fr/index.php/en/displaying-s57-nautical-charts-in-qgis-3-x/>

Geographic Information Systems. (2020). Consultado em Dezembro de 2023: <https://gis.stackexchange.com/questions/375444/how-to-properly-load-enc-charts-on-qgis-3>

Global Mapper (2024). Formatos suportados da Global Mapper. Acessado em Fevereiro de 2024: <https://www.bluemarblegeo.com/knowledgebase/global-mapper-24/Formats/S-57.htm>

Haag, Fredrik. (2006). Dissertação de mestrado na Universidade Mundial Marítima, em Malmö, Suécia, com o tema “Potential of GIS as a tool for integrating maritime environmental issues and coastal zone management”.

Halifax Shipping News. (2020). Consultada em Janeiro 2024 em <https://blog.halifaxshippingnews.ca/2020/11/how-to-produce-a-nautical-chart.html>

Hydro International. (2019). Danish Hydrographic Office Turns to GIS for Automated Maritime Charting. Obtido em <https://www.hydro-international.com/content/article/danish-hydrographic-office-turns-to-gis-for-automated-maritime-charting>

IALA. (2017). R1001 The IALA Maritime Buoyage System, Edição 1.1.

IALA. (2018). NAVGUIDE – Marine Aids to Navigation Manual, 8ª edição de 2018.

IALA. (2024). Technical Documents Catalogue, edição 7.0 de Março de 2024.

IC-ENC (2022). IC-ENC: S-100 Services. Website acessado em Setembro de 2022: <https://www.ic-enc.org/s100-services>

IC-ENC - COA. (2022). IC-ENC Co-operation Arrangement, versão 7.4, acedido em Outubro de 2023: <https://www.ic-enc.org/s/IC-ENC-COA-v74.pdf>

IEC. (2024). International Electrotechnical Commission. Acedido em Janeiro de 2024 em: <https://webstore.iec.ch/publication/32931>

IEHG. (2019): Inland Electronic Navigational Chart Product Specification, Draft, Publication S-401. <https://editions.openecdis.org/s-401>

IEHG. (2020). Inland ENC Harmonization Group (IEHG), Encoding Guide for Inland ENCs, edição 2.5 de Abril de 2020.

IH. (sem data). Instituto Hidrográfico. Documentação interna.

IH. (2008). Instituto Hidrográfico. Norma Técnica – Produção de CEN.

IH. (2015). Instituto Hidrográfico. 10Z01 Símbolos, Abreviaturas e Termos usados nas Cartas Náuticas, INT1, 3ª edição.

IH. (2020). Instituto Hidrográfico. Especificações para Levantamentos Hidrográficos S-44.

IH. (2022). Instituto Hidrográfico. Sítio da internet, <https://www.hidrografico.pt/>

IH. (2023). Instituto Hidrográfico. ZH Portugal Depth (Vertical CRS) - EPSG: 10349: https://www.hidrografico.pt/recursos/files/lei_carto/20230915_ZH_portal_hidrografico.47_PT.pdf

IH. (2024). Instituto Hidrográfico. Grupo Anual de Aviso à Navegação 2024: https://www.hidrografico.pt/recursos/files/avisos_navegantes/GAN-Anual-2024.pdf

IMO. (2019). Guidance on the definition and harmonization of the format and structure of maritime services in the context of e-navigation - RESOLUTION MSC.467(101), Annex 19.

IMO. (2023). International Maritime Organization. Website acedido em Novembro de 2023: <https://www.imo.org>

IMO. (2024). IMO sobre Convenção SOLAS. Website acedido em Janeiro de 2024: [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx)

IMT. (2020). Instituto da Mobilidade e dos Transportes. Website consultado em: <https://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/Noticias/Paginas/Emissoes-CO2-provenientes-transporte-maritimo.aspx>

Israel Navy. (sem data). Israeli Navy Transitions to Electronic Navigational Charts with Maritime Data System. Obtido em <https://www.esri.com/en-us/lg/product/stories/israeli-navy-case-study>

KHOA. (2023). Agência Coreana de Hidrografia e Oceanografia. Acedido em Junho de 2023: <http://www.khoa.go.kr/eng/kcom/cnt/selectContentsPage.do?cntId=21120000>

Lam, Steve Y. W., & Leyzack, A. E. (2007). Integrating GIS, ECDIS and Web-based Marine Information System for Maritime Navigation and Coastal Protection. China & Canadá.

Mąka, M. & Magaj, J. (2012). Data extraction from an electronic S-57 standard chart for navigational decision systems. Maritime University of Szczecin, Faculty of Navigation & Institute of Marine Technology – Polónia.

Marine insight. (2019). Website acedido em setembro de 2023: <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/what-is-e-navigation/>

Marques, C., Bué, I., Sanches, P., Moura, A., Veiga, L. & Monteiro, C. (2023). O Standard S-100 (Universal Hydrographic Data Model). Nas 11ª Jornadas de Engenharia Costeira e Portuária (em Leixões a 3 e 4 de Outubro de 2023).

Moura, A., Sanches, P., Vicente, J., Reis, A., Silva, A. (2022). Implementação do S-101 na Produção Cartográfica – Desafio e Impactos. 7ªs Jornadas de Engenharia Hidrográfica / 2ªs Jornadas Luso-Espanholas de Hidrografia.

Nada, T., Kastrisios, C., Calder, B., Ence, C., Greene, C. & Bethell, A. (2023). “Towards Automated Nautical Chart Compilation and Verification of Output Topology and Safety” - 31st International Cartographic Conference, 13–18 August 2023.

NMEA. (2015). National Marine Electronics Association – Norma 0183. Consultada em: <https://actisense.com/wp-content/uploads/2020/01/NMEA-0183-Information-sheet-issue-4-1-1.pdf>

NOAA Office of Coast Survey: <https://marinenavigation.noaa.gov/s100.html>

OHI. (2020). The International Hydrographic Review. Publication P-1, n.º 24.

OHI. (2023). Organização de Hidrografia Internacional. Website da acedido entre Maio e Dezembro de 2023: <https://iho.int/>

OHI. (2024). S-100 based Product Specifications. Consultado em Março de 2024 em: <https://iho.int/en/iho-s-101-to-s-199>

OHI - S-4 (2014). Regulations of the IHO for international (INT) Charts and Chart Specifications of the IHO, edição 4.9.0 de Março de 2021.

OHI - S-52 (2015). Specifications for Chart Content and Display Aspects of ECDIS, Publication S-52, edição 6.1.1 de Junho de 2015.

OHI - S-52-A. (2020). S-52 Annex A, Addendum to Part I - ECDIS Presentation Library, Dezembro de 2020.

OHI - S-57. (2000). Transfer Standard For Digital Hydrographic Data, S-57.

OHI - S-57-Annex-B. (2022). S-57 ENC to S-101 Conversion Guidance, Annex B, Draft Edition 0.0.2.20220321.

OHI - S-58. (2018). ENC Validations Checks Publication S-58, edition 6.1, Setembro de 2018.

OHI - S-63. (2020). IHO Data Protection Scheme, Publication S-63, Março de 2020.

OHI - S-98. (2019). S-98 (*Data product interoperability in S-100 navigation systems*), edição 1.0.0.

OHI - S-100. (2023). Universal Hydrographic Data Model of S-100 (edição 5.1.0), Outubro de 2023

OHI - S-100. (2021). Roadmap for the S-100 Implementation Decade (2020-2030), Annex 2, Version 1.0, Rev. 1.

OHI - S-100. (2024). IHO S-100 based Product Specifications: Acedido em Fevereiro de 2024 em: <https://iho.int/en/iho-s-101-to-s-199>

OHI - S-101. (2023). S-101 ENC Product Specification, edição 1.2.0, de Novembro de 2023.

Powell, J. (2011). The New Electronic Chart Product Specification S-101: An Overview. International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportations, Volume 5, Number 2.

QGIS. (2023). The Leading Open Source Desktop GIS. Consultado em Dezembro de 2023 em: <https://qgis.org/en/site/about/index.html>

- Rodrigues, Francisco. (1513). Atlas do Mundo, Portugal:
<https://medea.fc.ul.pt/view/atlas/15>
- Sanches, P., Marques, C., Moura, A., Mira, R., Nunes, A., Bué, I., Veiga, L. & Monteiro, C. (2023). S-100 - Modelo Universal de Dados Hidrográficos. X Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia, Instituto Politécnico da Guarda.
- Scantek. (sem data). Website consultado em Fevereiro de 2024 em:
<https://scantekinc.com/product/enc-software-for-noise-and-vibration-calculations/>
- SevenCs. (2023). Website dos software da SevenCs, consultado até Dezembro de 2023 em: <https://www.sevencs.com/>
- Teledyne. (2022). CARIS S-100 Workshop - An Overview of IHO S-100 & S-101 (Handouts) – Maio de 2022.
- Teledyne. (2023). Website da Teledyne CARIS, consultado em:
<https://www.teledynecaris.com/>
- ThinkGeo. (2024). ThinkGeo Desktop, formatos suportados. Acedido em Março de 2024: <https://docs.thinkgeo.com/products/desktop-maps/supported-data-formats/>
- Tutorial on using QGIS for marine data, Março de 2017, encontrado no seguinte endereço de internet: https://marine.copernicus.eu/sites/default/files/wp-content/uploads/2017/04/tutorial_on_using_qgis_for_marinedata-1.pdf
- WMO SERCOM. (2024) - Commission for Weather, Climate, Hydrological, Marine and Related Environmental Services and Applications (SERCOM), da World Meteorological Organization: <https://community.wmo.int/en/activity-areas/sercom>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa português da costa sul de África em 1513	1
Figura 2 - Fotografia aérea de um navio cargueiro em navegação marítima	2
Figura 3 – Marine Traffic	3
Figura 4 - Mapa dos Estados membros da OHI em 2023	4
Figura 5 - Resultado final da definição das fronteiras marítimas entre Indonésia e Timor-Leste (em CARIS LOTSTM)	9
Figura 6 - Diagrama de Resguardo ao fundo	14
Figura 7 - Modelo do Geoide.....	15
Figura 8 - Níveis de Maré e Planos de Referência	17
Figura 9 - Pesquisa e Seleção da informação hidrográfica na plataforma online Hidrográfico+.....	19
Figura 10 - Mapa interativo no website da NOAA.....	20
Figura 11 - Esquema do ciclo de um produto S-57 ou S-101	22
Figura 12 - Regiões IALA A e B.....	26
Figura 13 - Boias e balizas de Bombordo (a vermelho) e Estibordo (a verde) da região A da IALA	27
Figura 14 - Boias e balizas de Bombordo (a verde) e Estibordo (a vermelho) da região B da IALA	27
Figura 15 - Esquema do IALA da região A durante o dia	28
Figura 16 - Mapa representativo dos membros do IC-ENC	29
Figura 17 - Fotografia de um ECDIS em funcionamento	31
Figura 18 – Excerto "Símbolos, Abreviaturas e termos usados nas Cartas Náuticas da Série internacional INT1	35
Figura 19 - Exemplo real de uma CN portuária produzida pelo IH (segundo as especificações S-4)	36
Figura 20 - Exemplo real de edição duma CN em CARIS GIS.....	37
Figura 21 - Exemplo real da CEN PT526303 em vigor produzida pelo IH.....	38

Figura 22 - Simbologia de Estrutura em terra LNDMRK presente no Anexo A do S-52 .	41
Figura 23 - Exemplos de como a alteração do Catálogo de Recursos pode impactar o ciclo de vida do Catálogo de Interoperabilidade.....	46
Figura 24 - Esquema da interação entre as sub-especificações do S-100 para o mundo real	48
Figura 25 - Exemplo de separação de funções de interoperabilidade em níveis.....	50
Figura 26 - Cronologia de implementação do S-101 no IH.....	52
Figura 27 - Esquemática do nome do ficheiro para dataset S-101	53
Figura 28 - Janela do QGIS ao abrir uma CEN.....	59
Figura 29 - Resultado do carregamento da CEN PT526308, sem simbologia adequada S-52.....	60
Figura 30 - Atributos dum objeto ROADWY em S-57 e como é interpretado.....	61
Figura 31 - Resultado da conversão S-57 em Shape-file pelo OSGeo4W Shell do QGIS	62
Figura 32 - Tabela de aviso prévio ao abrir o ficheiro convertido no passo anterior no QGIS.....	62
Figura 33 - Resultado visual do carregamento da CEN PT526308 após processo adicionais	63
Figura 34 - CEN PT526308 carregada no Global Mapper	64
Figura 35 - inland ENC PT76621H carregada no Global Mapper.....	65
Figura 36 - Resultado do processamento dos dados de elevação e profundidade existentes na PT526308	66
Figura 37 - SeeMyENC da SevenCs aberto com a CEN PT526308	67
Figura 38 - Janela principal do SevenCs ENC Designer com uma CEN de aproximações PT436403 aberta em modo híbrido de visualização (S-52 e geometria)	68
Figura 39 – Esquerda - Janela do Gestor das componentes geométricas. Direita - Janela do Gestor de Objetos (no SevenCs ENC Designer).....	68
Figura 40 - Gestor e editor das propriedades/atributos dos objetos (no SevenCs ENC Designer)	69

Figura 41 - Exemplo da Janela do 7Cs Analyser verificando os erros e validações S-58 duma carta	70
Figura 42 - Exemplo sequencial real de janela do SevenCs ENC Manager.....	71
Figura 43 - Exemplo de janela do SevenCs ENC Manager, na secção do Exchange Set.	71
Figura 44 - SevenCs ENC Referencer	72
Figura 45 - Exemplo real de janela do SevenCs Optimizer	73
Figura 46 - Exemplo janelas do ENC Bathymetry Plotter	73
Figura 47 - Janela do software FME com o plug-in S-101 Reader	74
Figura 48 - Esquema de Workflow no S-101 Writer Plug-in para FME	76
Figura 49 - Janela de visualização da PT76621H em CARIS Easy View	77
Figura 50 - excerto da imagem da CEN em S-101 para testes no CARIS Easy View	78
Figura 51 - Janela do CARIS HPD aberto na BD com um zoom na zona de Setúbal na escala da Portuária.....	79
Figura 52 - Janela do CARIS HPD com BD aberto e Ortofotomapa carregado por trás via WMS.....	79
Figura 53 - Janela das Validações de acordo com S-57, S-58, entre outros costumizados	80
Figura 54 - Excerto dum exemplo do relatório de uma verificação e validação pela ferramenta do CARIS HPD.	81
Figura 55 - Janela de importação de informação onde disponibiliza a conversão de S-101 para S-57	81
Figura 56 - Janela do CARIS Product Editor	82
Figura 57 - Plataforma online Maritime Chart Service ENC	84
Figura 58 - Plataforma online Maritime Chart Service AML	84
Figura 59 - Janela do ArcGIS com a CEN PT526308 aberta e importada para a Geodatabase	85
Figura 60 – Ferramenta do Toolbox do ArcGIS Pro - Import S-57 to Geodatabase	86
Figura 61 - Ferramenta Toolbox do ArcGIS - Convert S-57 to S-101 Cell	86

Figura 62 - Janela de arranque do dKart inspector	88
Figura 63 – Janela do dKart para escolha e configuração dos testes e validações pretendidos à CEN aberta	88
Figura 64 - Aparência gráfica da janela principal do dKart após submissão da CEN aos testes e validações	89
Figura 65 - Janela do dKart S-101 Converter	89
Figura 66 - dKart S-101 Converter - Opções de conversão	90
Figura 67 - CEN 101PT00526308 aberta no software de visualização KHOA S-101 Viewer	91
Figura 68 - Esquema de Conversão de S-57 para S-101 em BDG [IH, sem data]	92
Figura 69 - dKart Converter com análise comparativa por objeto	94
Figura 70 - Esquema de gestão de trabalho no SevenCs	97

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Escala de compilação das CEN em função do tipo de navegação “UsageBand”	39
Tabela 2 - Lista de Especificações do S-100 da OHI.....	48
Tabela 3 - Lista de Especificações associados ao S-100 da responsabilidade doutras entidades.....	49
Tabela 4 - Resultado da análise metodológica sobre softwares SIG para CENs	95

ANEXOS

Anexo 1 – Relatório do SevenCs Analyser da CEN PT526308.

É apresentado um excerto, pelo facto de ter dezenas de milhares de linhas quase repetidas, na maioria por avisos de excesso de vértices.

7Cs Analyzer (c) 5.2.1 Build 3
PT526308 : Critical 0, Error 0, Warning 814, Information 1

Validation Parameters:

User: nuno.paixao
Validation Start: Dec 29 2023, 11:33:14 Hora padrão de GMT
Preprocessing Time: 0.09 seconds
Validation Time: 0.24 seconds
Tolerance (mm): 0.125
Tolerance (m): 0.05
Includes IC-ENC Checks: yes
Includes PRIMAR Checks: no
SCAMIN Policy: SCAMIN policy not used
Auto-detect HD ENC: no
Custom Checklist: custom checks not used

Dataset Metadata:

Dataset Name: PT526308
Dataset Edition: 6
Dataset Update No: 6
Exchange Purpose: 2 (Revision)
Intended Usage: 5
Update Application Date:
Issue Date: 20231229
Edition Number of S-57: 03.1
Product Specification: 1 (IHO.ENC)
Product Specification Edition: 2.0
Application Profile: 2 (Update)
Producing Agency: 410 (PT - Instituto Hidrografico, Portugal (IHP))
DSID Comment: STED:3.1.3;
ATTF Lexical Level: 1
NATF Lexical Level: 2
Number of Meta Records: 19
Number of Cartographic Records: 0
Number of Geo Records: 78
Number of Collection Records: 0
Number of Isolated Node Records: 0
Number of Connected Node Records: 26
Number of Edge Records: 108
Number of Face Records: 0
Horizontal Datum: 2 (WGS 84)
Vertical Datum: 3 (Mean sea level)
Sounding Datum: 24 (Local datum)
Compilation Scale of Data: 12000
Units of Depth: 1 (m)
Units of Height: 1 (m)
Units of Positional Accuracy: 1 (m)
Coordinate Units: 1 (lat/long)
Coordinate Multiplication Factor: 10000000
Sounding Multiplication Factor: 10
DSPM Comment: Setubal Harbour

Dataset Entries : No Errors

Feature and Geometry Entries : Warning 814, Information 1

CblsubStatusCatchbl : Warning 1

CblsubStatusCatchbl - Warning

PT526308/FE0000002379 CBLSUB - Cable, submarine

Message: CBLSUB with STATUS = 4 (not in use) has a value for CATCBL.

Suggested Solution: Remove CATCBL or STATUS.

References:

S-58, Ed. 7.0.0, check 1702

S-57 Use of the Object Catalogue for ENC, Ed. 4.3.0, § 11.5.1

ChainFeatures : Warning 1

ChainFeatures - Warning

PT526308/FE0000000107 SLCONS - Shoreline Construction

Message: Line features can be combined.

Suggested Solution: Combine line features.

References:

S-58, Ed. 7.0.0, check 40

Related objects:

PT526308/FE0000000438 SLCONS - Shoreline Construction

PT526308/VC0000000265

ICENC_BaseFeatureScamin : Warning 1

ICENC_BaseFeatureScamin - Warning

PT526308/FE0000002366 WRECKS - Wreck

Message: Base display feature contains a value for SCAMIN.

MissingZeroMetreContour : Warning 3

MissingZeroMetreContour - Warning

PT526308/VE0000000272

Message: A zero metre DEPCNT referencing this edge is missing.

Suggested Solution: Add a zero metre DEPCNT at this edge.

References:

S-58, Ed. 7.0.0, check 1767

S-57 Use of the Object Catalogue for ENC, Ed. 4.3.0, § 5.2

Related objects:

PT526308/FE0000000140 UNSARE - Unsurveyed area

PT526308/FE0000000142 DEPART - Depth area

PT526308/FE0000001156 SBDARE - Seabed area

MissingZeroMetreContour - Warning

PT526308/VE0000000496

Message: A zero metre DEPCNT referencing this edge is missing.

Suggested Solution: Add a zero metre DEPCNT at this edge.

References:

S-58, Ed. 7.0.0, check 1767

S-57 Use of the Object Catalogue for ENC, Ed. 4.3.0, § 5.2

Related objects:

PT526308/FE0000000195 UNSARE - Unsurveyed area

PT526308/FE0000000380 DEPART - Depth area

PT526308/FE0000000876 SBDARE - Seabed area

StatusPeriodicDateRange : Warning 5

StatusPeriodicDateRange - Warning

PT526308/FE0000000531 ACHARE - Anchorage area

Message: STATUS has a value of 5 (periodic/intermittent) and PERSTA or PEREND are not encoded.

Suggested Solution: Populate PERSTA and PEREND or remove STATUS 5 (periodic/intermittent).

References:

S-58, Ed. 7.0.0, check 1516
S-57 Use of the Object Catalogue for ENC, Ed. 4.3.0, § 2.1.5.1

VertexDensity : Warning 803

VertexDensity - Warning
PT526308/VE0000000005 (38 30.574332 N 008 51.267294 W)
Message: Vertex density exceeds allowable tolerance of 0.3 mm at compilation scale (maximum of 10 shown).

Suggested Solution: Generalise edge.

References:

S-58, Ed. 7.0.0, check 571

S-57 ENC Product Specification, Ed. 2.0, § 3.8

Related objects:

PT526308/VE0000000005 (38 30.574746 N 008 51.267924 W)

VertexDensity - Warning
PT526308/VE0000000007 (38 30.561156 N 008 51.255450 W)
Message: Vertex density exceeds allowable tolerance of 0.3 mm at compilation scale (maximum of 10 shown).

Suggested Solution: Generalise edge.

References:

S-58, Ed. 7.0.0, check 571

S-57 ENC Product Specification, Ed. 2.0, § 3.8

Related objects:

PT526308/VE0000000007 (38 30.560250 N 008 51.256182 W)

VertexDensity - Warning
PT526308/VE0000002714 (38 28.489410 N 008 56.560986 W)
Message: Vertex density exceeds allowable tolerance of 0.3 mm at compilation scale (maximum of 10 shown).

Suggested Solution: Generalise edge.

References:

S-58, Ed. 7.0.0, check 571

S-57 ENC Product Specification, Ed. 2.0, § 3.8

Related objects:

PT526308/VE0000002714 (38 28.490022 N 008 56.561556 W)

PT526308/VE0000002714 (38 28.490676 N 008 56.562150 W)

PT526308/VE0000002714 (38 28.491384 N 008 56.562762 W)

PT526308/VE0000002714 (38 28.492140 N 008 56.563398 W)

PT526308/VE0000002714 (38 28.492944 N 008 56.564058 W)

PT526308/VE0000002714 (38 28.493802 N 008 56.564736 W)

PT526308/VE0000002714 (38 28.494702 N 008 56.565432 W)

PT526308/VE0000002714 (38 28.495650 N 008 56.566152 W)

PT526308/VE0000002714 (38 28.496652 N 008 56.566896 W)

ICENC_HasTxdsc : Information 1

ICENC_HasTxdsc - Information

PT526308/FE0000000432 M_NPUB - Nautical publication information

Message: Textual description file is present. Check text file PT26308A.TXT.

Anexo 2 – Relatório do dKart inspector da CEN PT526308.

É apresentado um excerto, pelo facto de ter dezenas de milhares de linhas quase repetidas, na maioria por avisos de excesso de vértices.

```
=====
dKart Inspector 6.5
(c) dKart. All rights reserved.
=====
dKart Inspector (R) 6.5.0.3754
Data set <S-57 edition 3.1> testing report according to <ENC VALIDATION CHECKS S-58 Edition 7.0.0> and
additional dKart checks
C:\NP\PT526308_u6_all\PT526308.000

Parameters:
Tolerance (mm): 0.000001
started from PT526308.006 update
=====
Geometry testing report
==

Start testing geometry

Testing finished

Start testing S-57/3.1 vector record names

Testing finished

CRITICALS: 0, ERRORS: 0, Warnings: 0
Time elapsed: 0:00:09
=====
Spatial Redundancy testing report
==

Start searching for redundant vertices

- Edge [03797] vertex [ 2517 ] Warning GG2101: vertex lies on straight line
- Edge [03797] vertex [ 2460 ] Warning GG2101: vertex lies on straight line
- Edge [03797] vertex [ 2434 ] Warning GG2101: vertex lies on straight line
- Edge [03797] vertex [ 2341 ] Warning GG2101: vertex lies on straight line
- Edge [03797] vertex [ 993 ] Warning GG2101: vertex lies on straight line
- Edge [03797] vertex [ 965 ] Warning GG2101: vertex lies on straight line
- Edge [03789] vertex [ 47 ] Warning GG2101: vertex lies on straight line
- Edge [03789] vertex [ 42 ] Warning GG2101: vertex lies on straight line
- Edge [03789] vertex [ 25 ] Warning GG2116: (T0571) vertex density exceeds the allowable tolerance
- Edge [02812] vertex [ 21 ] Warning GG2101: vertex lies on straight line
- Edge [02812] vertex [ 11 ] Warning GG2101: vertex lies on straight line
- Edge [02812] vertex [ 10 ] Warning GG2101: vertex lies on straight line
- Edge [02812] end node Warning GG2116: (T0571) vertex density exceeds the allowable tolerance
- Edge [02812] vertex [ 64 ] Warning GG2116: (T0571) vertex density exceeds the allowable tolerance
- Edge [02812] vertex [ 1 ] Warning GG2116: (T0571) vertex density exceeds the allowable tolerance
- Edge [02811] vertex [ 7 ] Warning GG2101: vertex lies on straight line

Finish searching for redundant vertices

Start searching for coincided edges

Finish searching for coincided edges

Start searching for identical geometry
```

Finish searching for identical geometry

CRITICALS: 0, ERRORS: 0, Warnings: 4057

Time elapsed: 0:00:07

=====

Spatial Orphans testing report

==

Start searching for orphaned geometry

Testing finished

CRITICALS: 0, ERRORS: 0, Warnings: 0

Time elapsed: 0:00:03

=====

Geo Objects testing report

==

Testing: ed3 objects, attributes, binary data structure

Testing finished

CRITICALS: 0, ERRORS: 0, Warnings: 0

Time elapsed: 0:00:05

=====

Composite Objects testing report

==

Testing: ed3 composite objects, binary data structure

Testing finished

CRITICALS: 0, ERRORS: 0, Warnings: 0

Time elapsed: 0:00:01

=====

Encoding Rules testing report

==

Testing: ed3 encoding rules

Testing finished

CRITICALS: 0, ERRORS: 0, Warnings: 0

Time elapsed: 0:00:11

=====

Depth Encoding testing report

==

Testing: ed3 depths

Testing finished

CRITICALS: 0, ERRORS: 0, Warnings: 0

Time elapsed: 0:00:04

=====

TG1 Completeness testing report

==

Start testing TG1 for S57 ed.3

Finish testing TG1

Start testing meta coverage

Finish testing meta coverage

CRITICALS: 0, ERRORS: 0, Warnings: 0

Time elapsed: 0:00:12

=====

TOTAL: CRITICALS: 0, ERRORS: 0, Warnings: 4057

=====

Anexo 3 – Relatório de conversão de S-57 para S-101 pelo ArcGIS Pro

Converting cell: PT526308.000 ...

Info: applied update: C:/Dissertacao/CEN_S-57/PT526308_006/PT526308.001

Info: applied update: C:/Dissertacao/CEN_S-57/PT526308_006/PT526308.002

Info: applied update: C:/Dissertacao/CEN_S-57/PT526308_006/PT526308.003

Info: applied update: C:/Dissertacao/CEN_S-57/PT526308_006/PT526308.004

Info: applied update: C:/Dissertacao/CEN_S-57/PT526308_006/PT526308.005

Info: applied update: C:/Dissertacao/CEN_S-57/PT526308_006/PT526308.006

Info: Enumeration code 9 (rock) dropped from S-100 attribute natureOfSurface for S-100 feature UnderwaterAwashRock (PT000021724900001)

Info: Enumeration code 9 (rock) dropped from S-100 attribute natureOfSurface for S-100 feature UnderwaterAwashRock (PT000021725600001)

Info: Enumeration code 9 (rock) dropped from S-100 attribute natureOfSurface for S-100 feature UnderwaterAwashRock (PT000021724800001)

Info: Enumeration code 9 (rock) dropped from S-100 attribute natureOfSurface for S-100 feature UnderwaterAwashRock (PT000021725700001)

Info: Enumeration code 9 (rock) dropped from S-100 attribute natureOfSurface for S-100 feature UnderwaterAwashRock (PT000065562800001)

Info: Enumeration code 9 (rock) dropped from S-100 attribute natureOfSurface for S-100 feature UnderwaterAwashRock (PT000000808200001)

Info: Enumeration code 9 (rock) dropped from S-100 attribute natureOfSurface for S-100 feature UnderwaterAwashRock (PT000000805100001)

Info: Attribute INFORM for feature M_QUAL dropped from S-101 feature QualityOfBathymetricData.

Info: Attribute TECSOU for feature M_QUAL dropped from S-101 feature QualityOfBathymetricData.

Info: Attribute NINFOM for feature M_QUAL dropped from S-101 feature QualityOfBathymetricData.

Warning: Unable to convert feature CTRPNT. Configuration not found.

Info: Attribute VERCLR for feature BRIDGE dropped from S-101 feature SpanOpening.

Info: Added feature RestrictedAreaNavigational (PT000078715500001) coincident to feature RestrictedAreaRegulatory (PT000077139300001) converted from S-57 feature RESARE (PT000077139300001).

Info: Added feature RestrictedAreaNavigational (PT000078715600001) coincident to feature RestrictedAreaRegulatory (PT000077136300001) converted from S-57 feature RESARE (PT000077136300001).

Info: Feature CTRPNT dropped from S-101.

Info: Attribute VERCLR for feature BRIDGE dropped from S-101 feature Bridge.

Warning: Unable to convert S-57 relationship between SILTNK (PT000072248200001) and LIGHTS (PT000000703300001). Unable to find feature binding from S-101 feature type SiloTank (PT000072248200001) to LightAirObstruction.

Warning: Adding null value to mandatory attribute surveyDateRange for feature QualityOfBathymetricData (PT000076559400001).

Warning: Adding null value to mandatory attribute dateEnd for feature QualityOfBathymetricData (PT000076559400001).

Warning: Adding null value to mandatory attribute surveyDateRange for feature QualityOfBathymetricData (PT000076936700001).

Warning: Adding null value to mandatory attribute dateEnd for feature QualityOfBathymetricData (PT000076936700001).

Warning: Adding null value to mandatory attribute surveyDateRange for feature QualityOfBathymetricData (PT000078673900001).

Warning: Adding null value to mandatory attribute dateEnd for feature QualityOfBathymetricData (PT000078673900001).

Warning: Adding null value to mandatory attribute surveyDateRange for feature QualityOfBathymetricData (PT000078674000001).

Warning: Adding null value to mandatory attribute dateEnd for feature QualityOfBathymetricData (PT000078674000001).

Warning: Adding null value to mandatory attribute verticalClearanceClosed for feature SpanOpening (PT000066470000001).

Warning: Adding null value to mandatory attribute verticalClearanceValue for feature SpanOpening (PT000066470000001).

Warning: Adding null value to mandatory attribute verticalClearanceOpen for feature SpanOpening (PT000078676500001).

Warning: Adding null value to mandatory attribute verticalClearanceClosed for feature SpanOpening (PT000065612300001).

Warning: Adding null value to mandatory attribute verticalClearanceValue for feature SpanOpening (PT000065612300001).
Warning: Adding null value to mandatory attribute verticalClearanceOpen for feature SpanOpening (PT000065612300001).
Warning: Adding null value to mandatory attribute verticalClearanceClosed for feature SpanOpening (PT000078676800001).
Warning: Adding null value to mandatory attribute verticalClearanceValue for feature SpanOpening (PT000078676800001).
Warning: Adding null value to mandatory attribute verticalClearanceOpen for feature SpanOpening (PT000078676800001).
Warning: Adding null value to mandatory attribute verticalClearanceClosed for feature SpanOpening (PT000078677100001).
Warning: Adding null value to mandatory attribute verticalClearanceValue for feature SpanOpening (PT000078677100001).
Warning: Adding null value to mandatory attribute verticalClearanceOpen for feature SpanOpening (PT000078677100001).
Warning: Adding null value to mandatory attribute text for feature LightSectored (PT000072984500001).
Warning: Adding null value to mandatory attribute verticalClearanceClosed for feature SpanOpening (PT000065610900001).
Warning: Adding null value to mandatory attribute categoryOfLandmark for feature Landmark (PT000011860600001).
Warning: Adding null value to mandatory attribute restriction for feature RestrictedAreaNavigational (PT000083271900001).
1/1 : PT526308.000 -> 101PT00526308.000 conversion completed with 83 warnings!

Anexo 4 – Relatório de conversão de S-57 para S-101 pelo dKart

Converter

Begin dataset "PT526308" conversion (v. 1.0.0.2163) ...
Initializing source chart ...
Source chart initialized
Initializing destination chart ...
Loading feature catalog 'C:\ProgramData\dKart Office\Common\S-101_FC_1.0.2_dKart.xml' ...
Loading feature catalog 'C:\Program Files (x86)\dKart Office\dKart S-100 Converter\dKart_S-101_Service_FC_1.0.0.xml' ...
Loading feature catalog 'C:\Program Files (x86)\dKart Office\dKart S-100 Converter\dKart_MetaData_S100_5.xml' ...
Feature catalog loaded
0 errors, 0 warnings
Destination chart initialized
Loading conversion rules 'C:\ProgramData\dKart Office\dKart Converter\Conversion rules\1.0.2\S-57 to S-101.xml' ...
Conversion rules 'C:\ProgramData\dKart Office\dKart Converter\Conversion rules\1.0.2\S-57 to S-101.xml' were loaded successfully
Begin conversion rules validation ...
Total 1077 rules
Conversion rules validated successfully
0 errors, 0 warnings
Begin chart conversion ...
Warning: Feature '[FE-002366] Wreck' to information 'SpatialQuality [00120]' binding is not allowed, feature catalog: [S-101_FC_1.0.2_dKart.xml]
Warning: PhysicalAISaidToNavigation [00410-0094733000-00058] already has reference to BuoyLateral [00410-0000007122-00001], association ignored
Warning: Backward reference to SpanFixed [00410-0094733000-00055] removed from Bridge [00410-0000655916-00001]
Warning: Backward reference to SpanFixed [00410-0094733000-00056] removed from Bridge [00410-0000655917-00001]
Warning: Backward reference to SpanFixed [00410-0094733000-00057] removed from Bridge [00410-0000655973-00001]
Warning: Backward reference to SpanFixed [00410-0094732000-00051] removed from Bridge [00410-0000656142-00001]
Warning: Backward reference to SpanFixed [00410-0094732000-00052] removed from Bridge [00410-0000656144-00001]
Warning: Backward reference to SpanFixed [00410-0094732000-00050] removed from Bridge [00410-0000664700-00001]
Warning: [00410-0000729839-00001] already has reference to [00410-0000729845-00001], association ignored
Warning: [00410-0000729845-00001] already has reference to [00410-0000729839-00001], association ignored
Warning: [00410-0000729839-00001] already has reference to [00410-0000729845-00001], association ignored
Warning: [00410-0000729845-00001] already has reference to [00410-0000729839-00001], association ignored
Warning: Feature 'SiloTank [00410-0000722482-00001]' to feature 'LightAirObstruction [00410-0000007033-00001]' binding is not allowed, feature catalog: [S-101_FC_1.0.2_dKart.xml]. Link removed
Perform chart optimization ...
Remove duplicate information objects
Duplicate 'SpatialQuality [00002]' removed
Duplicate 'SpatialQuality [00003]' removed
Duplicate 'SpatialQuality [00004]' removed
Duplicate 'SpatialQuality [00005]' removed
Duplicate 'SpatialQuality [00006]' removed
Duplicate 'SpatialQuality [00033]' removed
Duplicate 'SpatialQuality [00034]' removed
Duplicate 'NauticalInformation [00037]' removed
Duplicate 'NauticalInformation [00039]' removed
Duplicate 'NauticalInformation [00040]' removed
Duplicate 'NauticalInformation [00093]' removed
Duplicate 'NauticalInformation [00097]' removed
Duplicate 'NauticalInformation [00119]' removed
Duplicate 'ContactDetails [00121]' removed
Duplicate 'NauticalInformation [00122]' removed
Duplicate 'NauticalInformation [00137]' removed

Perform cutting rules
 Error: Surface [00010] has incorrect CompositeCurve [00106] direction
 Error: Surface [00059] has incorrect CompositeCurve [00060] direction
 Error: Surface [00507] has incorrect CompositeCurve [00209] direction
 Error: Surface [00517] has incorrect CompositeCurve [00341] direction
 Cutting rules applied
 Remove orphan geometry
 Point [01721] removed
 Point [01739] removed
 Point [01771] removed
 Point [01847] removed
 Point [01857] removed
 Orphan geometry removed
 Information object 'NauticalInformation [00002]' extracted from '[FE-000583] LightSectored'
 Remove duplicate information objects
 Information reference 'SpatialQuality [00120]' moved to 'Point [00300]' from '[FE-002366] Wreck'
 Information object 'NauticalInformation [00002]' integrated to '[FE-000583] LightSectored'
 Information object 'NauticalInformation [00046]' integrated to '[FE-000335] QualityOfSurvey'
 Information object 'NauticalInformation [00065]' integrated to '[FE-000407] QualityOfSurvey'
 Information object 'NauticalInformation [00072]' integrated to '[FE-000430] QualityOfSurvey'
 Information object 'NauticalInformation [00073]' integrated to '[FE-000432] InformationArea'
 Information object 'NauticalInformation [00079]' integrated to '[FE-000499] LightAllAround'
 Information object 'NauticalInformation [00080]' integrated to '[FE-000519] ProductionStorageArea'
 Information object 'NauticalInformation [00082]' integrated to '[FE-000522] AnchorageArea'
 Information object 'NauticalInformation [00089]' integrated to '[FE-000550] AnchorageArea'
 Information object 'NauticalInformation [00090]' integrated to '[FE-000555] AnchorageArea'
 Information object 'NauticalInformation [00091]' integrated to '[FE-000617] ProductionStorageArea'
 Information object 'NauticalInformation [00095]' integrated to '[FE-000642] RestrictedAreaNavigational'
 Information object 'NauticalInformation [00099]' integrated to '[FE-000656] RadarTransponderBeacon'
 Information object 'NauticalInformation [00101]' integrated to '[FE-000704] LightAllAround'
 Information object 'NauticalInformation [00105]' integrated to '[FE-000772] FerryRoute'
 Information object 'NauticalInformation [00113]' integrated to '[FE-001047] LightAllAround'
 Information object 'NauticalInformation [00114]' integrated to '[FE-001057] HarbourAreaAdministrative'
 Information object 'NauticalInformation [00116]' integrated to '[FE-001165] CautionArea'
 Information object 'NauticalInformation [00124]' integrated to '[FE-000562] Landmark'
 Information object 'NauticalInformation [00125]' integrated to '[FE-000576] Landmark'
 Information object 'NauticalInformation [00131]' integrated to '[FE-000819] BuoyLateral'
 Information object 'NauticalInformation [00133]' integrated to '[FE-000840] Landmark'
 Information object 'NauticalInformation [00138]' integrated to '[FE-002368] BuoyLateral'
 Information object 'NauticalInformation [00139]' integrated to '[FE-002437] PhysicalAISaidToNavigation'
 Chart optimization succeeded
 Object 'ctrpnt [00410-0000007532-00001]' skipped
 Object 'ctrpnt [00410-0000007542-00001]' skipped
 Object 'ctrpnt [00410-0000007550-00001]' skipped
 Object 'ctrpnt [00410-0000007559-00001]' skipped
 Object 'ctrpnt [00410-0000218291-00001]' skipped
 2463 feature objects were successfully created
 47 errors, 13 warnings
 Surface [00010] surface
 Error: Incorrect Surface [00010] boundary direction, fixed
 Surface [00059] surface
 Error: Incorrect Surface [00059] boundary direction, fixed
 Surface [00061] surface
 Error: Incorrect Surface [00061] boundary direction, fixed
 Surface [00071] surface
 Error: Incorrect Surface [00071] boundary direction, fixed
 Surface [00312] surface
 Error: Incorrect Surface [00312] boundary direction, fixed
 Surface [00315] surface
 Error: Incorrect Surface [00315] boundary direction, fixed
 Surface [00353] surface
 Error: Incorrect Surface [00353] boundary direction, fixed
 Surface [00373] surface

Error: Incorrect Surface [00373] boundary direction, fixed
Surface [00439] surface
Error: Incorrect Surface [00439] boundary direction, fixed
Surface [00451] surface
Error: Incorrect Surface [00451] boundary direction, fixed
Surface [00507] surface
Error: Incorrect Surface [00507] boundary direction, fixed
Surface [00517] surface
Error: Incorrect Surface [00517] boundary direction, fixed
Remove orphan geometry
Orphan geometry removed
Creating dataset discovery metadata ...
Dataset discovery metadata created successfully
Dataset "PT526308" conversion finished in 14.34 seconds
Loading dataset "101PT00526308__" ...
Loading feature catalog 'C:\Program Files (x86)\dKart Office\dKart S-100 Converter\dKart_S-101_Service_FC_1.0.0.xml' ...
Loading feature catalog 'C:\Program Files (x86)\dKart Office\dKart S-100 Converter\dKart_MetaData_S100_5.xml' ...
Feature catalog loaded
0 errors, 0 warnings
Loading 101PT00526308__.000
Loading metadata C:\Dissertacao\Conversoes_para_S-101\dKart\MD_101PT00526308__.000.xml
Dataset C:\Dissertacao\Conversoes_para_S-101\dKart\101PT00526308__.000 loaded in 9.02 seconds

Anexo 5 – Tabela de Diferenças S-57 para S-101.

Objeto	S-57	Diferenças a ter em conta	Edição manual
Sondas	SOUNDG	Não tem atributos mandatórios. Atributo EXPSOU deixa de existir para o objeto SOUNDG. Atributo STATUS passa apenas a ter a opção = 18 para o objeto SOUNDG. QUASOU=5 (<i>no bottom found at value shown</i>) remodelado para "DepthNoBottomFound" --> Especifico apenas para soundas. Edição manual poderá ser necessária. TECSOU =7 (found by laser) passa a <i>Technique of vertical measurement</i>=15 (found by LIDAR). TECSOU = 14 (computer generate) passa a <i>Technique of vertical measurement</i> =17(hyperspectral imagery).	Eventualmente
Áreas de profundidade (grupo 1)	DEPARE	DEPARE (Linha) deixa finalmente de existir, logo SCAMIN deixa de existir para o objeto. QUASOU, SOUACC e VERDAT deixam de existir para o objeto DEPARE.	Não
Qualidade dos dados	M_QUAL	M_QUAL e M_ACCY não se devem sobrepor. M_ACCY continua a ser opcional. INFORM e NINFORM deixam de existir como os conhecemos. Atributo TECSOU deixa de existir para este objeto como o conhecemos.	Não
Confiabilidade do levantamento	M_SREL	Atributos mandatórios: SURATH, SUREND, SURTYP. Algumas opções do atributo QUAPOS deixam de existir: mantém-se as: 3 inadequately surveyed, 4 approximate, 6 unreliable. TECSOU =7 (found by laser) passa a <i>Technique of vertical measurement</i>=15 (found by LIDAR). TECSOU = 14 (computer generate) passa a <i>Technique of vertical measurement</i> =17 (hyperspectral imagery). Pode ser necessário uma revisão.	Eventualmente
Isobatimétricas	DEPCNT	Atributo VERDAT deixa de existir.	Não
Área não sondada	UNSARE	SCAMIN não existe para objeto UNSARE porque faz parte dos objetos "skin of the Earth". Numa área UNSARE o M_QUAL deve ser preenchido do seguinte modo: data assessment = 1 (assessed) category of temporal variation = 6 (unassessed); features detected (least depth of detected features measured and significant features detected) = False; fullseafloor coverage achieved = False; vertical uncertainty (uncertainty fixed) horizontal position uncertainty (uncertainty fixed) = [empty (null)].	Averiguação

Objeto	S-57	Diferenças a ter em conta	Edição manual
Área dragada	DRGARE	Atributo DRVAL1 continua a ser mandatário. O atributo QUASOU deixa de ter as opções (1: depth known, 2 : depth unknown, 3 : doubtful sounding , 4 : unreliable sounding , 6 : least depth known, 7 : least depth unknown, safe clearance at value shown, 8 : value reported (not surveyed) , 9 : value reported (not confirmed)). Atributo VERDAT deixa de existir. O atributo TECSOU deixa de ter as opções(4 : found by diver, 5 : found by lead line, 10 : photogrammetr, 11 : satellite imagery, 12 : found by levelling). O atributo RESTRN deixa de ter as opções (7 : entry prohibited, 9 : dredging prohibited, 10 : dredging restricted, 14 : area to be avoided, 15 : construction prohibited, 22 : removal of historic artifacts prohibited, 24 : dragging prohibited, 26 : landing prohibited).	Averiguação
Rochas	UWTROC	VALSOU e WATLEV atributos mandatários. Deixa de ter no atributo STATUS as seguintes opções: 1: permanent, 2 : occasional, 3 : recommended, 4 : not in use, 5 : periodic/intermittent, 6 : reserved, 7 : temporary, 8 : private, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 12 : illuminated, 13 : historic, 14 : public, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched. Deixa de ter no atributo WATLEV as seguintes opções 1: partly submerged at high water, 2 : always dry, 6 : subject to inundation or flooding, 7 : floating. No atributo EXPSOU deixa de ter a opção: 3: deeper than the range of depth of the surrounding depth area. Retirados os atributos VERDAT e NATQUA. Atributo NATSUR deixa de ter as opções: 1 : mud, 2 : clay, 3 : silt, 4 : sand, 5 : stone, 6 : gravel, 7 : pebbles, 8 : cobbles, 9 : rock, 11 : lava, 17 : shells, 18 : Boulder. Atributo QUASOU perde as opções: 10 : maintained depth, 11 : not regularly maintained.	Averiguação
Obstrução	OBSTRN	Se for necessário codificar um sistema de aquisição de dados oceânicos (ODAS), deve ser usado o objeto OBSTRN com o atributo {CATOBS}=14 (subsurface ocean data acquisition system (ODAS)). Perde os Atributos VERACC, VERDAT, NATCON e NATQUA. No atributo WATLEV perde a opção: 6 : subject to inundation or flooding. Atributo CATOBS remodelado para FoulGround Nota: For OBSTRN features, the attributes that can map directly from OBSTRN to FoulGround should be	

Objeto	S-57	Diferenças a ter em conta	Edição manual
		populated by the converter.--> na realidade pasa a ser um objeto distinto. Atributo CONDTN deixa de ter as opções: 3 : under reclamation, 4 : wingless. Atributo PRODUCT perde as opções: 4 : stone, 5 : coal, 6 : ore, 7 : chemicals, 9 : milk, 10 : bauxite, 11 : coke, 12 : iron ingots, 13 : salt, 14 : sand, 15 : timber, 16 : sawdust/wood chips, 17 : scrap metal, 18 : liquefied natural gas (LNG), 19 : liquefied petroleum gas (LPG), 20 : wine, 21 : cement, 22 : grain. Atributo QUASOU deixa de ter as opções: 10 : maintained depth, 11 : not regularly maintained. Atributo STATUS perde as opções: 2 : occasional, 3 : recommended, 6 : reserved, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 12 : illuminated, 14 : public, 15 :synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched.	
Navios naufragados	WRECKS	Atributos que deixam de existir: VERACC, VERDAT, VERLEN. Atributo WATLEV perde as opções: 6 : subject to inundation or flooding, 7 : floating. Atributo QUASOU perde as opções: 10 : maintained depth, 11 : not regularly maintained. Atributo STATUS perde as opções: 1 : permanent, 2 : occasional, 3 : recommended, 4 : not in use, 5 : periodic/intermittent,, 6 : reserved 8 : private, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 12 : illuminated, 14 : public, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched.	
Navios permanentemente fundeados (grupo 1)	HULKES	Atributo CONDTN perde as opções: 3 : under reclamation, 4 : wingless. Atributos HORACC e VERACC deixam de existir.	
Culturas marinhas	MARCUL	Atributo EXPSOU perde a opção 3 : deeper than the range of depth of the surrounding depth are. Atributo QUASOU perde as opções: 10 : maintained depth, 11 : not regularly maintained. Atributo STATUS perde as opções: 3 : recommended, 9 : mandatory, 11: extinguished, 12 : illuminated, 13 : historic, 15 : synchronized, 18 : existence doubtful.	
Aparelho para pesca	FSHFAC	Atributo STATUS deixa de ter as opções: 2 : occasional, 3 : recommended, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 13 : historic, 14 : public, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched. Atributo CONDNT perde as opções: 3 : under reclamation, 4 : wingless. Atributo VERACC desaparece.	Averiguação
Zona de pesca frequente	FSHGRD	Adicionado o atributo RESTRN (restrições). Atributo STATUS perde as opções: 2 : occasional, 3 : recommended, 4 : not in use, 9 : mandatory, 11 :	Averiguação

Objeto	S-57	Diferenças a ter em conta	Edição manual
		extinguished, 12 : illuminated, 13 : historic, 15 : synchronized, 18 : existence doubtful.	
Natureza do fundo	SBDARE	Atributo COLOUR desaparece. Atributo WATLEV perde as opções: 1 : partly submerged at high water, 2 : always dry, 6 : subject to inundation or flooding, 7 : floating.	Averiguação
Fundo ondulado (de areia)	SNDWAV	Atributo VERACC desaparece.	Não
Algas	WEDKLP	-	Não
Nascentes submarinas	SPRING	-	Não
Cursos de água em intertidal	TIDEWY	-	Não
Turbulência das águas	WATTUR	-	Não
Correntes (não gravitacionais)	CURRENT	-	Não
Corrente de maré	TS-FEB	Atributos PEREND e PERSTA deixam de existir.	Não
Nomes no mar	SEAARE	No caso de áreas aproximadas em S-101 ficará mais simples, pois a proposta passa por criar um meta-atributo (Attribute Name: Nature of Rough Range) para indicar que a área é aproximada.	Averiguação
Linha de costa natural	COALNE	Não tem atributos mandatórios. Perde os atributos VERACC e VERDAT. Atributo COLOUR deixa de ter as opções: 5: blue, 9: amber, 10: violet, 12: magenta. Atributo CATCOA é remodelado deixa de ter as opções: 3.sandy shore, 4. Stony shore, 5.shingly shore, 9. coral reef, 11 shelly shore. Estas características passam a estar indicadas no atributo NATSUR que em S-57 não existe para este objeto. CATCOA 3 : sandy shore --> Coastline / natureOfSurface = 4 (sand) CATCOA 4 : stony shore --> Coastline / natureOfSurface = 5 (stone) CATCOA 5 : shingly shore --> Coastline / natureOfSurface = 7 (pebbles) CATCOA 9 : coral reef --> Coastline / natureOfSurface = 14 (coral) CATCOA 11 : shelly shore --> Coastline / natureOfSurface = 17 (shells).	Averiguação

Objeto	S-57	Diferenças a ter em conta	Edição manual
Linha de topo do declive	SLOTOP	Não tem atributos mandatórios. Atributo CATSLO deixa de ter as opções 3 (dune); 4 (hill); 5 (pingo); 7 (scree). Atributo COLOUR deixa de ter as opções: 5 (blue); 9 (amber); 10 (violet) 12 (magenta). Desaparece os atributos NATCON, NATQUA, VERACC e VERDAT. Atributo NATSUR perde as opções: 1 (mud); 2 (clay); 3 (silt); 8 (cobbles); 14 (coral); 17 (shells); 18 (Boulder). Atributo CONVIS passa ter uma nova opção: 3: prominente.	Averiguação
Área de declive	SLOGRD	Não tem atributos mandatórios. Atributo CATSLO deixa de ter as opções 3 (dune); 4 (hill); 5 (pingo); 7 (scree). Atributo COLOUR deixa de ter as opções: 5 (blue); 9 (amber); 10 (violet) 12 (magenta). Desaparece os atributos NATCON e NATQUA. Atributo NATSUR perde as opções: 1 (mud); 2 (clay); 3 (silt); 8 (cobbles); 14 (coral); 17 (shells); 18 (Boulder). Atributo CONVIS passa ter uma nova opção: 3: prominente. Se existir SLOGRD até à linha de costa o atributo CATCOA não deve ser preenchido.	Averiguação
Curvas de nível/pontos cotados	LNDELV	Atributos VERACC e VERDAT são retirados.	Não
Rios	RIVERS	Atributo STATUS perde as opções: 1 : permanent, 2 : occasional, 3 : recommended, 4 : not in use, 6 : reserved 7 : temporary, 8 : private, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 12 : illuminated, 13 : historic, 14 : public, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful.,	Averiguação
Rápidos	RAPIDS	Atributo VERACC é retirado.	Não
Lagos	LAKARE	Atributos VERACC e VERDAT são retirados.	Não
Vegetação	VEGATN	Atributo CATVEG continua mandatório, mas perde as opções 1 (grass), 2 (paddy field), 8 (park), 9 (parkland), 10 (mixed crops), 12 (moss). Atributos VERACC e VERDAT são retirados.	

Objeto	S-57	Diferenças a ter em conta	Edição manual
Área de terra (grupo 1)	LNDARE	Não tem atributos mandatórios. Atributo STATUS passa a existir apenas com a opção 18 (existence doubtful). No atributo CONDTN são retiradas as opções 2 (ruined) e 4 (wingless). Ficam as opções: 1 (under construction), 3 (under reclamation) e 5 (planned construction).	
Pontos de referência /controlo	CTRPNT	Este objeto é extinto. Quando CATCTR=1 (triangulation mark), transita para um objeto LNDMRK, cuja "Category OfLandmark"=22.	Manual
Nomes/zona em terra	LNDRGN	Atributo {NATQUA} desaparece. Atributo {WATLEV} passa a ter apenas as opções 1: partly submerged at high water, e 6: subject to inundation or flooding.	Eventualmente
Área urbana	BUAARE	Atributo CONDTN deixa de ter as opções: 3 : under reclamation, 4 : wingless. Atributo VERACC e VERDAT são retirados.	Não
Edifícios	BUISGL	Atributo NATCON perde as opções: 3 : loose boulders, 4 : hard surfaced, 5 : unsurfaced. Atributo STATUS perde as opções: 1 : permanent, 2 : occasional, 3 : recommended, 5 : periodic/intermittent, 6 : reserved, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful. Atributo VERDAT perde as opções: 1 : mean low water springs, 2 : mean lower low water springs, 4 : lowest low water, 5 : mean low water, 6 : lowest low water springs, 7 : approximate mean low water springs, 8 : indian spring low water, 9 : low water springs, 10 : approximate lowest astronomical tide, 11 : nearly lowest low water, 12 : mean lower low.	Averiguação
Estradas	ROADWY	Atributo CONDTN perde as opções: 3 : under reclamation, 4 : wingless. Atributo NATCON perde as opções: 1 : masonry, 2 : concreted, 3 : loose boulders, 6 : wooden, 7 : metal, 8 : glass reinforced plastic (GRP). Atributo STATUS deixa de ter as opções: 2 : occasional, 3 : recommended, 5 : periodic/intermittent, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful. ROADWY do tipo ponto desaparece.	

Objeto	S-57	Diferenças a ter em conta	Edição manual
Ferrovia	RAILWY	Atributo VERACC desaparece. Atributo CONDTN perde as opções: 3 : under reclamation, 4 : wingless. Atributo STATUS perde as opções: 2 : occasional, 3 : recommended, 5 : periodic/intermittent, 7 : temporary, 8 : private, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful.	
Ponte	BRIDGE	Bridge do tipo ponto deixa de existir. NOTA: Sugestão se BRIDGE tipo ponto estiver incluído numa CEN, deverá ser convertido em S-101 para um Landmark. Atributo CONDTN deixa de ter as opções: 3 : under reclamation, 4 : wingless. Atributos HORACC e HORCLR remodelados para panFixed, horizontalClearanceFixed, SpanOpening, horizontalClearanceFixed. Atributos Complexos - preenchido no sub-atributo horizontalDistanceUncertainty. Remodelado porque as tolerâncias se aplicam a vãos de pontes individuais. Atributo VERCLR remodelado para SpanFixed / verticalClearanceFixed. Complex Attribute - preenchido no sub-atributo verticalClearanceValue. Remodelado porque as tolerâncias se aplicam a vãos de pontes individuais. Atributo NATCON deixa de ter as opções: 3 : loose boulders, 4 : hard surfaced, 5 : unsurfaced, 8 : glass reinforced plastic (GRP) Atributo STATUS perde as opções: 3 : recommended, 6 : reserved, 8 : private, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 13 : historic, 14 : public, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful. Atributo VERDAT é remodelado para SpanFixed/verticalDatum SpanOpening / verticalDatum. Remodelado porque as tolerâncias se aplicam a vãos de pontes individuais. NOTA: Apenas os valores 3, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 28, 29 e 30 são permitidos para "verticalDatum" nas vãos das pontes. Atributo VERDAT perde as opções: 1 : mean low water springs, 2 : mean lower low water springs, 4 : lowest low water, 5 : mean low water, 6 : lowest low water springs, 7 : approximate mean low water springs, 8 : indian spring low water, 9 : low water springs, 10 : approximate lowest astronomical tide, 11 : nearly lowest low water, 12 : mean lower low water, 13 : low water, 14 : approximate mean low water, 15 : approximate mean lower low water, 22 : equinoctial spring low water.	

Objeto	S-57	Diferenças a ter em conta	Edição manual
		Atributo VERACC remodelado para SpanFixed / verticalClearanceFixed SpanOpening / verticalClearanceClosed SpanOpening / verticalClearanceOpen. Atributos Complexos - preenchido no sub-atributo uncertaintyFixed within the sub-complex attribute verticalUncertainty. Remodelado porque as tolerâncias se aplicam a vãos de pontes individuais.	
Pilar	PYLONS	Atributo WATLEV deixa de ter a opção 7: floating. Atributo CONDTN deixa de ter as opções: 3 : under reclamation, 4 : wingless. Atributo NATCON deixa de ter as opções: 3 : loose boulders, 4 : hard surfaced, 5 : unsurfaced, 8 : glass reinforced plastic (GRP) Atributo STATUS deixa de ter as opções: 1 : permanent, 2 : occasional, 3 : recommended, 5 : periodic/intermittent, 6 : reserved, 7 : temporary, 8 : private, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 13 : historic, 14 : public, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful. Atributos VERACC e VERDAT desaparecem. Onde a ponte é codificada sobre águas navegáveis, os vãos e pilares da ponte devem ser associados ao recurso Ponte usando a associação Bridge Aggregation.	
Túnel	TUNNEL	Túnel tipo ponto deixa de existir. Atributo BURDEP deixa de existir. Atributo CONDTN perde as opções: 3 : under reclamation, 4 : wingless. Atributo STATUS perde as opções: 2 : occasional, 5 : periodic/intermittent, 7 : temporary, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 12 : illuminated, 13 : historic, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful.	
Silo / depósito	SILTANK	Atributo CONDN perde as opções 3 : under reclamation 4 : wingless. Atributo NATCON perde as opções: 3 : loose boulders, 4 : hard surfaced, 5 : unsurfaced. Atributo PRODCR deixa de ter as opções: 4 : stone 6 : ore 10 : bauxite 11 : coke 12 : iron ingots 15 : timber 17 : scrap metal. Atributo STATUS deixa de ter as opções: 1 : permanent, 2 : occasional, 3 : recommended, 5 : periodic/intermittent 6 : reserved, 7 : temporary 8 : private, 9 : mandatory, 11 : extinguished 14 : public, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful. Deixam de existir os atributos VERACC e VERDAT.	

Objeto	S-57	Diferenças a ter em conta	Edição manual
Área de produção e armazenamento	PRDARE	Atributos CONDTN, VERACC e VERDAT são retirados. Atributo STATUS perde as opções: 1 : permanent, 2 : occasional, 3 : recommended, 5 : periodic/intermittent, 6 : reserved, 7 : temporary, 8 : private, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 13 : historic, 14 : public, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful.	
Aeroporto	AIRARE	Perde o atributo CONVIS.	Não
Pista aeroporto	RUNWAY	Perde o atributo CONVIS.	Não
Cabos aéreos	CBLOHD	É retirada a opção 6 : mooring cable/chain no atributo CATCBL Atributo CONDTN deixa de ter as opções: 2 : ruined, 3 : under reclamation, 4 : wingless. Atributo STATUS perde as opções: 2 : occasional, 3 : recommended, 6 : reserved, 8 : private, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 13 : historic, 14 : public, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful. Atributo VERDAT deixa de ter as opções: 1 : mean low water springs, 2 : mean lower low water springs, 4 : lowest low water, 5 : mean low water, 6 : lowest low water springs, 7 : approximate mean low water springs, 8 : indian spring low water, 9 : low water springs, 10 : approximate lowest astronomical tide, 11 : nearly lowest low water, 12 : mean lower low water, 13 : low water, 14 : approximate mean low water, 15 : approximate mean lower low water, 22 : equinoctial spring low water.	
Cabos teleféricos	CONVYR	Atributo CONDTN perde as opções: 3 : under reclamation, 4 : wingless. Atributo PRODUCT perde as opções: 1 : oil, 2 : gas, 3 : water, 7 : chemicals, 8 : drinking water, 9 : milk 18 : liquefied natural gas (LNG), 19 : liquefied petroleum gas (LPG), 20 : wine, 21 : cement. Atributo STATUS perde as opções: 1 : permanent, 2 : occasional, 3 : recommended, 5 : periodic/intermittent, 7 : temporary, 8 : private, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 13 : historic, 14 : public, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful. Atributo VERDAT perde as opções: 1 : mean low water springs, 2 : mean lower low water springs, 4 : lowest low water, 5 : mean low water, 6 : lowest low water springs, 7 : approximate mean low water springs, 8 : indian spring low water, 9 : low water springs, 10 : approximate lowest astronomical tide, 11 : nearly lowest low water, 12 : mean lower low water, 13 : low water, 14 : approximate mean low water, 15 : approximate mean lower low water, 22 : equinoctial spring low water.	

Objeto	S-57	Diferenças a ter em conta	Edição manual
Estrutura fortificada	FORSTC	Atributo CONDTN perde as opções: 3 : under reclamation, 4 : wingless, 5 : planned construction. Atributo NATCIN perde as opções: 4 : hard surfaced, 5 : unsurfaced, 8 : glass reinforced plastic (GRP). Atributo STATUS perde as opções: 1 : permanent, 2 : occasional, 3 : recommended, 5 : periodic/intermittent, 6 : reserved, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful. Atributo VERACC e VERDAT são retirados.	
Linha de costa construída	SLCONS	Atributo CONDTN perde a opção 4 (wingless). Atributo STATUS perde as opções: 5 : periodic/intermittent, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful. Atributos VERACC e VERDAT são retirados.	
Muro	FNCLNE	Não tem atributos mandatórios. Atributo CONDTN perde a opção 4 (wingless). Atributo NATCON perde as opções: 4 : hard surfaced; 5 : unsurfaced; 8 : glass reinforced plastic (GRP). Atributo status deixa de ter as opções: 2 : occasional; 3 : recommended; 4 : not in use; 5 : periodic/intermittent; 6 : reserved; 8 : private; 9 : mandatory; 11 : extinguished, 14 : public; 15 : synchronized; 16 : watched; 17 : unwatched; 18 : existence doubtful. É retirado os atributos VERACC e VERDAT.	
Pontão flutuante (grupo 1)	PONTON	Muda para objeto do grupo 1. E devido a isso, o PONTON terá de ser preenchido por DEPARE (Áreas de profundidade), DRGARE (área dragada) ou UNSARE (área não sondada). A sua delimitação não deve ser delimitada por linha de costa (COALNE) nem linha de costa artificial/construções (SLCONS), a não ser que a aresta associada com a linha seja o mesmo limite da LNDARE. Atributo CONDTN perde as opções 3 : under reclamation, 4 : wingless. Atributos NATCON e VERDAT são retirados. Atributo STATUS perde as opções: 3 : recommended, 9 : mandatory 11 : extinguished, 13 : historic, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful.	

Objeto	S-57	Diferenças a ter em conta	Edição manual
Locais atracação	BERTHS	Atributo mandatário OBJNAM. Atributo QUASOU perde as opções: 3 : doubtful sounding, 4 : unreliable sounding, 6 : least depth known 7 : least depth unknown, safe clearance at value shown, 8 : value reported (not surveyed), 9 : value reported (not confirmed), 10 : maintained depth, 11 : not regularly maintained. Atributo STATUS 3 : recommended, 4 : not in use, 6 : reserved, 8 : private, 11 : extinguished, 13 : historic, 14 : public, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful.	
Amarrações	MORFAC	Atributo OBJNAM torna-se mandatário. Atributo QUASOU perde as opções 1 : depth known, 8 : value reported (not surveyed), 9 : value reported (not confirmed), 10 : maintained depth, 11 : not regularly maintained. Atributo STATUS perde as opções: 9 : mandatory, 11 : extinguished, 13 : historic, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched. É retirado os atributos VERACC e VERDAT.	
Ponte	PILPNT	Atributos VERACC e VERDAT são retirados. Atributo STATUS perde as opções: 2:occasional, 3:recommended, 5 : periodic/intermittent, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 13 : historic, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful. Atributo CONDNT perde as opções: 3 : under reclamation, 4 : wingless.	
Grua	CRANES	Atributo STATUS deixa perde as opções 1: permanent, 2 : occasional, 3 : recommended, 5 : periodic/intermittent, 6 : reserved, 7 : temporary, 8 : private, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 13 : historic, 14 : public, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful. Atributo VERDAT perde as opções: 1 : mean low water springs, 2 : mean lower low water springs, 4 : lowest low water, 5 : mean low water, 6 : lowest low water springs, 7 : approximate mean low water springs, 8 : indian spring low water, 9 : low water springs, 10 : approximate lowest astronomical tide, 11 : nearly lowest low water, 12 : mean lower low water, 13 : low water, 14 : approximate mean low water, 15 : approximate mean lower low water, 22 : equinoctial spring low water. Atributo CONDNT perde as opções: 3 : under reclamation, 4 : wingless.	

Objeto	S-57	Diferenças a ter em conta	Edição manual
instalação portuária	HRBFAC	Atributo STATUS perde as opções: 2 : occasional, 3 : recommended, 11 : extinguished, 15 : synchronized, 18 : existence doubtful. Atributo CONDTN perde a opção 4:wingless. Atributo NATCON é retirado. Cada canal VHF deve ser indicado no novo atributo COMCHA.	
Instalações portuárias para pequenas embarcações	SMCFAC	Atributo STATUS perde as opções: 11 : extinguished, 13 : historic, 15 : synchronized, 18 : existence doubtful.	
Docas de nível e bacias de maré	DOCARE	Muda para objeto do grupo 1. São retirados os seguintes atributos: CONDTN=4 (wingless), SCAMIN, STATUS: 2 : occasional, 3 : recommended, 5 : periodic/intermittent, 7 : temporary, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 12 : illuminated, 13 : historic, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful. O atributo complexo horizontal clearance fixed é usado para codificar o tamanho da entrada para a área de doca, quando necessário. Os atributos complexos horizontal clearance length e horizontal clearance width são usados para codificar o comprimento regulamentar e a largura da parte navegável da área do cais conforme declarado por uma autoridade competente, quando conhecido.	
Doca seca	DRYDOC	Atributo CONDTN=4 (Wwingless), HORACC, VERDAT são retirados. Atributo HORCLR remodelado para horizontalClearanceWidth. Atributo QUASOU perde as opções: 1: depth known, 10 : maintained depth, 11 : not regularly maintained. Atributo RESTRN perde as opções: 14 : area to be avoided, 15 : construction prohibited, 16 : discharging prohibited, 26 : landing prohibited. Atributo STATUS perde as opções: 2 : occasional, 3 : recommended, 5 : periodic/intermittent, 7 : temporary, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 13 : historic, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful.	

Objeto	S-57	Diferenças a ter em conta	Edição manual
Doca flutuante (grupo 1)	FLODOC	Deixa de ser objeto do grupo 1. Deixam de existir as seguintes opções para os atributos CONDTN = 3 : under reclamation, 4 : wingless. Assim como STATUS = 2 : occasional, 3 : recommended, 5 : periodic/intermittent, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 13 : historic, 14 : public, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful. Atributos HORACC, VERACC e VERDAT são retirados. Atributo HORCLR remodelado.	
Porta/portão de controlo de água	GATCON	Atributo QUASOU perde as opções: 1 : depth known, 8 : value reported (not surveyed), 9 : value reported (not confirmed, 10 : maintained depth, 11 : not regularly maintained. Atributo STATUS perde as opções: 2 : occasional, 3 : recommended, 5 : periodic/intermittent, 7 : temporary, 8 : private, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 12 : illuminated, 13 : historic, 14 : public, 15 : synchronized, 18 : existence doubtful. Atributo VERCLR remodelado para o atributo complex verticalClearanceOpen / verticalClearanceValue. Atributo HORCLR remodelado para o atributo complex horizontalClearanceOpen / horizontalClearanceValue. Atributo VERDAT perde as opções: 1 : mean low water springs, 2 : mean lower low water springs, 4 : lowest low water, 5 : mean low water, 6 : lowest low water springs 7 : approximate mean low water springs, 8 : indian spring low water, 9 : low water springs, 10 : approximate lowest astronomical tide, 11 : nearly lowest low water, 12 : mean lower low water, 13 : low water, 14 : approximate mean low water, 15 : approximate mean lower low water, 22 : equinoctial spring low water. Atributo CONDTN perde as opções: 3 : under reclamation, 4 : wingless. Atributo NATCONC perde as opções: 3 : loose boulders, 4 : hard surfaced, 5 : unsurfaced, 8 : glass reinforced plastic (GRP).	
Canal artificial	CANALS	Atributo CONDTN perde a opção 4 : wingless. Atributo STATUS perde as opções: 2 : occasional, 7 : temporary, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 12 : illuminated, 13 : historic, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful.	
Eclusa	LOKBSN	Atributo STATUS perde as opções: 2 : occasional, 3 : recommended, 5 : periodic/intermittent, 7 : temporary 9 : mandatory 11 : extinguished, 12 : illuminated, 15 : synchronized, 18 : existence doubtful.	

Objeto	S-57	Diferenças a ter em conta	Edição manual
Barragem	DAMCON	A geometria do tipo ponto deixa de existir para este objecto, restando linha e área. Atributo CONDTN perde a opção 4 : wingless. Atributo NATCON perde as opções: 4 : hard surfaced, : unsurfaced, 8 : glass reinforced plastic (GRP). Atributo STATUS perde as opções: 3 : recommended, 4 : not in use, 5 : periodic/intermittent, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 12 : illuminated, 13 : historic, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful. Atributos VERACC e VERDAT são retirados. Atributo WATLEV perde as opções: 4 : covers and uncovers, 5 : awash, 7 : floating.	
Dique	DYKCON	Atributos VERACC e VERDAT são retirados. Atributo CONDTN perde a opção 4 : wingless. Atributo NATCON perde a opção 8 : glass reinforced plastic (GRP).	
Área portuária com jurisdição	HRBARE	Atributo STATUS perde as opções 2 : occasional, 3 : recommended, 5 : periodic/intermittent, 7 : temporary, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 12 : illuminated, 13 : historic, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful.	
Jurisdição de áreas marítimas	ADMARE	-	
Linha de base retas	STSLNE	-	
Área do mar territorial	TESARE	Atributo RESTRN perde as opções: 1 : anchoring prohibited, 3 : fishing prohibited, 5 : trawling prohibited, 7 : entry prohibited, 11 : diving prohibited, 13 : no wake, 14 : area to be avoided, 15 : construction prohibited, 16 : discharging prohibited, 25 : stopping prohibited, 26 : landing prohibited.	
Zona contígua	CONZNE	Atributo STATUS é retirado.	Não
Zona económica exclusiva	EXEZNE	-	Não
Plataforma continental	COSARE	-	Não
Zona de pescas	FSHZNE	Atributo STATUS perde as opções: 2 : occasional, 3 : recommended, 4 : not in use, 8 : private, 9 : mandatory, 11 : extinguished, 12 : illuminated, 13 : historic, 14 : public, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched, 18 : existence doubtful.	

Objeto	S-57	Diferenças a ter em conta	Edição manual
Áreas condicionadas	RESARE	Atributo STATUS perde as opções: 8 : private, 11 : extinguished, 12 : illuminated, 13 : historic, 14 : public, 15 : synchronized, 16 : watched, 17 : unwatched. Opções do atributo RESTRN remodelados para RestrictedAreaNavigational: 1 : anchoring prohibited, 2 : anchoring restricted, 7 : entry prohibited, 8 : entry restricted, 13 : no wake, 14 : area to be avoided, 25 : stopping prohibited, 26 : landing prohibited, 27 : speed restricted. Opções do atributo RESTRN remodelados para RestrictedAreaRegulatory: 3 : fishing prohibited, 4 : fishing restricted, 5 : trawling prohibited, 6 : trawling restricted, 9 : dredging prohibited, 10 : dredging restricted, 11 : diving prohibited 12 : diving restricted 15 : construction prohibited, 16 : discharging prohibited, 17 : discharging restricted, 18 : industrial or mineral exploration/development prohibited, 19 : industrial or mineral exploration/development restricted, 20 : drilling prohibited, 21 : drilling restricted, 22 : removal of historical artefacts prohibited, 23 : cargo transshipment (lightening) prohibited, 24 : dragging prohibited.	

FIM