Cartografia Náutica em São Tomé

Paula SANCHES[1]; Leonel MANTEIGAS[1]; António SILVA[1]; Antonieta JOSÉ[1]

[1] Instituto Hidrográfico – Rua das Trinas, 49, 1249-093 Lisboa

(paula.sanches@hidrografico.pt; pereira.manteigas@hidrografico.pt; antonio.manuel@hidrografico.pt; antonieta.jose@hidrografico.pt)

Palavras-chave: Cartografia náutica, Segurança da navegação.

Resumo: O Instituto Hidrográfico (IH) publicou em maio de 2015 a primeira Carta Náutica (CN) da Republica Democrática de São Tomé e Príncipe que cumpre os atuais requisitos da Organização Hidrográfica Internacional (OHI). Esta publicação decorreu no âmbito do Programa-quadro de cooperação Técnico-Militar entre os dois países, tendo presente as orientações da OHI no sentido de, os países com capacidade hidrográfica apoiarem aqueles que a não têm, com a produção de CN com informação batimétrica atual.

À data, a CN em vigor nesta zona, a CN 393 à escala 1:20 000, com edição de 1972, além de esgotada e com informação pouco atual, não cumpria as especificações hoje recomendados internacionalmente.

A publicação da 1ª edição da CN 66420, possibilitou a produção das correspondentes Cartas Eletrónicas de Navegação desta área. Este contributo do IH servirá para colmatar necessidades de atualização cartográfica na zona do porto de São Tomé, contribuindo assim para apoiar a segurança da navegação, o desenvolvimento das atividades marítimas e, consequentemente, a economia deste país.

Na sua construção foi utilizada a informação mais recente disponível, realçando-se a utilização dos dados do levantamento topo-hidrográfico realizado em 2014 pelo IH, a informação adquirida pela US Navy Fleet Team Survey em 2007 e a informação topográfica disponibilizada pelo Instituto Geográfico do Exército.

Pretende-se dar a conhecer o trabalho desenvolvido na integração da informação disponível e o processo de construção da CN 66420.

1. Introdução

Em Portugal, cabe ao Instituto Hidrográfico (IH) a produção, publicação e atualização das Cartas Náuticas (CN) e das Cartas Eletrónicas de Navegação (CEN) bem como do respetivo Fólio Cartográfico Nacional (Continente, Açores e Madeira).

O IH produz todas as suas CN de acordo com as especificações e normas internacionais publicadas pela OHI, cumprindo a legislação nacional e as normas internas da instituição validadas no âmbito do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ).

A OHI[1], através do seu Comité Coordenador, "Inter-Regional Coordination Committee" (IRCC), promove e coordena atividades que possam trazer benefícios a nível regional, tendo por objetivo genérico: "estabelecer, coordenar e desenvolver a cooperação, relativas às atividades hidrográficas, entre estados, numa base regional, e entre regiões …". À sua estrutura pertencem as Comissões Hidrográficas Regionais (RHCs) que coordenam as atividades hidrográficas a nível regional. Portugal é membro da RHC CHAtO-Comissão Hidrográfica do Atlântico Oriental (EAtHC - East Atlantic Hydrographic Commission), da qual São Tomé e Principe é membro observador.

Tendo presente as orientações da OHI no sentido de que, os países com capacidade hidrográfica apoiarem aqueles que não a têm, foi possível, no âmbito do Programa-quadro de cooperação Técnico-Militar entre os dois países, efetuar uma campanha na Baía de Ana Chaves, porto de São Tomé, para recolha de dados topo-batimétricos, incluindo a instalação de marégrafos e a determinação das coordenadas de vértices geodésicos, marcos e de ajudas à navegação identificadas como relevantes e ainda de obstruções consideradas perigosas para a navegação. Nas observações foram utilizados o sistema de posicionamento por satélite e o sondador acústico de feixe simples.

Esta campanha de recolha de dados permitiu a produção e publicação de uma CN da zona do porto de São Tomé com informação topo-batimétrica atual e que cumpre as normas e especificações hoje recomendadas internacionalmente, assim como das respetivas CEN a publicar em durante o ano de 2015.

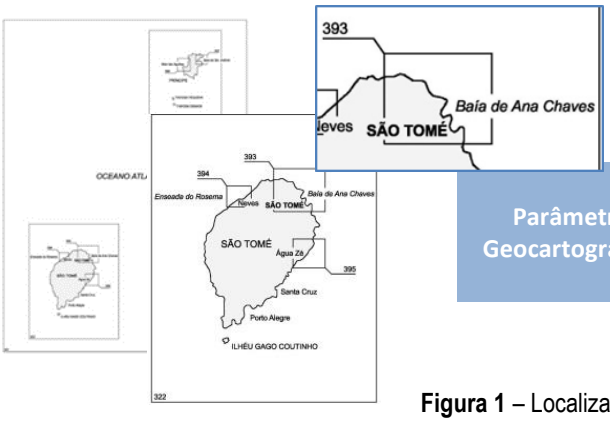
2. Enquadramento

A República Democrática de São Tomé e Príncipe, é um estado insular situado junto ao equador, na região do Golfo da Guiné, constituído por duas ilhas (Ilha de São Tomé e Ilha do Príncipe) rodeadas de vários ilhéus de pequena dimensão.

À data da publicação da nova CN, o fólio da cartografia hidrográfica em vigor naquela região era constituído por 8 cartas, cujas características são as que se apresentam na Figura 1, sendo a 393 a que representava a área do porto de São Tomé.

A informação hidrográfica representada na CN 393 é uma compilação dos dados recolhidos na Missão Hidrográfica de Angola e São Tomé (MHAST) no período de 1951 a 1964 e a informação topográfica extraída da cartografia publicada em 1958.

A necessidade de atualização cartográfica para promover a segurança da navegação assim como o desenvolvimento das atividades marítimas, entre outras, motivou a construção de uma nova carta náutica desta área que foi publicada em maio de 2015, com as características que se apresentam na Figura 2.



CN	Escala	Publicação
393	20 000 (00° 23')	2ª Ed 1972 (1ª Ed 1959)
Parâmetros Geocartográficos	Projeção cartográfica de Mercator	
	Datum Fortaleza	
	Elipsóide Internacional	

Figura 1 – Localização e características da carta 393

[1] OHI - Organização intergovernamental técnico-consultiva, da qual Portugal é estado membro fundador, Entre outras atividades, coordena o estabelecimento de normas para execução e utilização dos dados dos levantamentos hidrográficos e para a uniformização das cartas e publicações náuticas.

CN		Escala (latitude	Publicação
66420	Plano *geral*	25 000 (00° 23')	1ª Ed 2015
	Plano A	10 000 (00° 23')	

Parâmetros Geocartográficos	
	Projeção cartográfica de Mercator
	Datum WGS84

CEN		Escala	Publicação
PT568520	Célula Portuária	1:8 000	Prevista para 2015
PT466420	Célula Aproximação	1:22 000	
Produto vectorial em S-57 sem Projeção cartográfica			
Datum WGS84			

Figura 2 – Localização e características das cartas

3. Análise da informação

Por forma a construir a nova carta em WGS84, conforme recomendação da OHI, foi necessário avaliar a metodologia adequada para utilizar a cartografia existente, integrando-a com os dados adquiridos na campanha efetuada pelo IH em dezembro de 2014.

Do trabalho desenvolvido que se pretende dar a conhecer, por ser vasto, restringir-nos-emos neste artigo à descrição genérica do processo de construção da CN 66420, designadamente à transformação dos referenciais geodésicos e à generalização e integração da informação considerada.

3.1 Carta náutica e electrónica de navegação

Genericamente, o processo de construção da CN 66420, com o objetivo de produzir a sua versão em "papel" que designaremos CN e a sua versão "electrónica" que designaremos por CEN, compreende as seguintes fases:

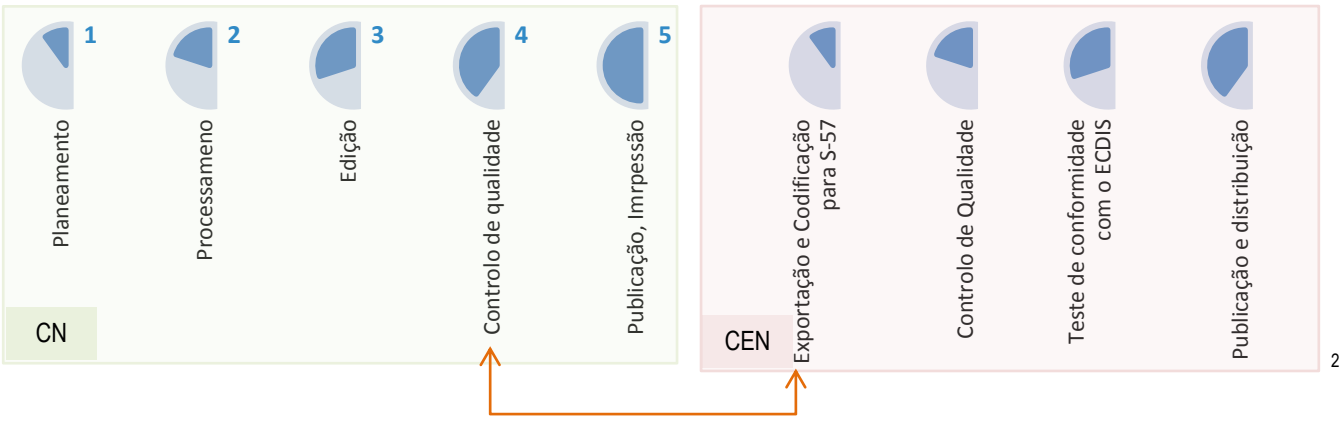


Figura 3 – Fases do processo de construção

[2] Controlo de qualidade é efetuado com recurso a *software* especifico que testa a geometria, topologia e a classificação dos objetos que constituem cada célula e com um ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) certificado que testa o bom funcionamento do produto no ambiente de utilização final. Todos estes testes estão em conformidade com o disposto na publicação "Recommended ENC Validation Checks". As células são distribuídas através de revendedores autorizados (Value Added Resellers) do Centro Coordenador Da Carta Electrónica (International Centre for Electronic Navigational Charts - IC-ENC), ao qual o IH pertence. Após validação, mediante autorização do IH, a célula pode ser comercializada.

Neste processo foi identificada a informação existente e as necessidades, tanto ao nível da recolha de novos dados como das metodologias a utilizar na integração da informação, considerando que existem vários tipos de dados recolhidos em épocas diferenciadas, em diferentes sistemas geocartográficos, que iriam ser utilizados nas fases 2 a 4.

Foi ainda consultada a documentação relativa à MHAST 1951-1954 e aos "Processos de Compilação", Instituto Hidrográfico (1972) referentes à construção das CN em vigor.

Da análise efetuada à informação existente escolheu-se a coleção de dados representados na Figura 4.

Considerou-se que tanto a informação fornecida pelo Instituto Geográfico do Exército (IGeoE) assim como a relativa à campanha de 2006 pelo, à data, Instituto Geográfico Português (IGP) e disponibilizada pelos Serviços Cadastrais e Geográficos de São Tomé e Príncipe, poderiam ser integradas na CN sem necessidade de transformação entre referenciais geodésicos.

No entanto, tanto a CN 393 que se encontrava em suporte papel como as listas de coordenadas existentes nos processos estão referidas ao *datum* Fortaleza, não tendo sido identificado "oficialmente" um vetor de transformação para os referenciais agora em uso. Para efetuar a análise e transformação da informação existente foi utilizado o *software* para produção cartográfica utilizado no IH e pequenas aplicações pessoais para os cálculos identificados como necessários a este estudo.

Figura 4 – Coleção de dados considerados na construção da CN 66420

A 1ª edição da CN 66420 foi projetada por forma a ser considerada uma CN da Série "Aproximação com planos de portos". É então constituída por dois planos, um adequado à navegação em áreas restritas (plano A "Baía de Ana Chaves") e outro para aproximação aos portos de São Tomé e de Fernão Dias (plano geral), cujas características se apresentam na Figura 2.

As CEN em produção no IH, também conhecidas por células[3], são um produto eletrónico de alto rigor técnico, equivalente à CN. Assim, a CN 66420 dará origem a duas células, uma portuária com o plano da Baía de Ana Chaves e outra com as aproximações aos portos de São Tomé e Fernão Dias.

[3] De acordo com as normas S-57, as células são produtos digitais vetoriais produzidas em WGS 84, sendo o sistema de coordenadas expresso em latitude e longitude. Contêm uma camada de informação com objetos obrigatórios (*skin of the earth*), a língua oficial é o Inglês e nenhum ficheiro pode conter mais do que 5 Mb de dados.

Para além da decisão sobre a área geográfica a representar e dos parâmetros geocartográficos foi necessário atribuir uma numeração de acordo com as regras internacionais.

3.2 Apoio geodésico

O estabelecimento da rede geodésica remonta ao período de 1915-1918, quando da Missão Geodésica de São Tomé chefiada pelo Almirante Gago Coutinho. Durante este período, foram implantados marcos e efetuadas observações, tendo este sido considerado o primeiro trabalho de geodesia "completo" aquela data. Foi durante este trabalho que se comprovou a passagem da linha do equador pelo Ilhéu das Rolas.

Posteriormente a MHAST, com base nas observações mencionadas anteriormente, estabeleceu um sistema local de coordenadas retangulares com origem no marco Fortaleza e orientado a sul, relativamente ao qual estão referidos todos os cálculos e recolha de dados dessa época no que à hidrografia diz respeito.

Uma vez identificada a necessidade de utilizar parte da informação representada na CN 393, foi necessário analisar e determinar a metodologia mais adequada para integrar essa informação na nova carta. Nesse sentido, durante a campanha efetuada pela Brigada Hidrográfica do IH em dezembro de 2014, foi feita a observação de vértices geodésicos, de pontos de apoio e de ajudas à navegação. Na impossibilidade de serem todos observados, selecionaram-se criteriosamente alguns deles distribuídos pela ilha em maior número na área a cartografar.

Foram então utilizados os seguintes conjuntos de coordenadas geodésicas:

i – reportados nos "processos de compilação" das cartas náuticas, por Instituto hidrográfico (1972) - Datum Fortaleza;

ii – cedidos pelos "Serviços Cadastrais e Geográficos" – ITRF2005 (Missão Geodésica do IGP em 2006);

iii - resultantes das observações do IH em 2014 – ITRF2008, relatados por Instituto Hidrográfico (2014).

Na campanha de 2014 foram observados 10 vértices geodésicos, 19 ajudas à navegação e 7 pontos de apoio.

Atendendo a que o sistema de projeção da CN 393 é conhecido e tendo-se verificado que a diferença entre referenciais é localmente compatível com a aplicação de uma translação (Figura 5), optou-se por utilizar as ferramentas disponíveis no *software* de produção cartográfica. Efectuou-se um ajustamento, considerando os pontos representados na cartografia existente e que foram observados na campanha de 2014 aplicando-se uma transformação polinomial. Este procedimento apresentou resultados considerados adequados à representação cartográfica pretendida.

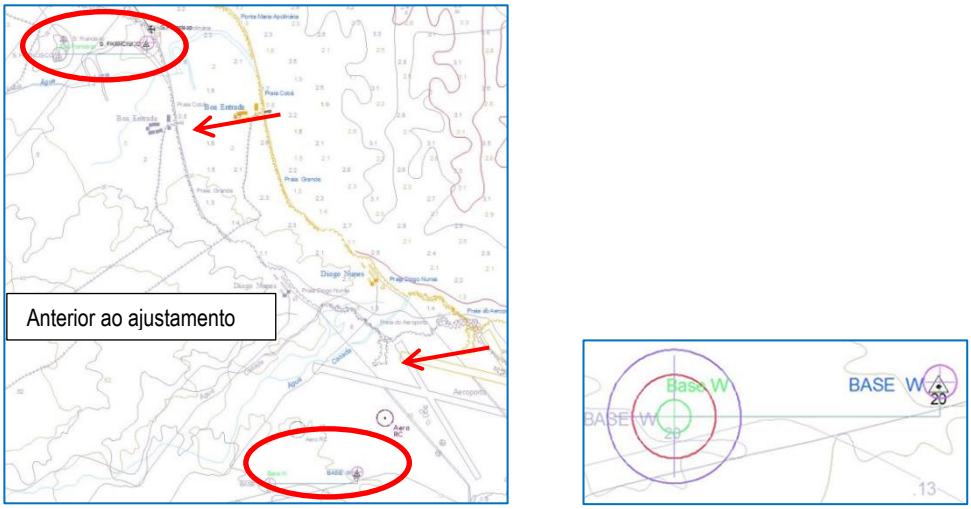


Figura 5 – Diferença existente entre referenciais. Exemplo

Foi efectuada um primeira transformação entre sistemas de projecção, aplicada a toda a ilha, onde a maior diferença obtida foi de 0.364'' em latitude e de 0.115'' em longitude, sendo na representação cartográfica na melhor escala (1:10 000) da ordem de grandeza dos 0.3mm em x e de 1mm em y. Figura 6. Na tentativa de melhorar este resultado foi feita uma segunda transformação aplicada à área a cartografar, onde a maior diferença obtida foi de 0.012'' em latitude e de 0.007'' em longitude.

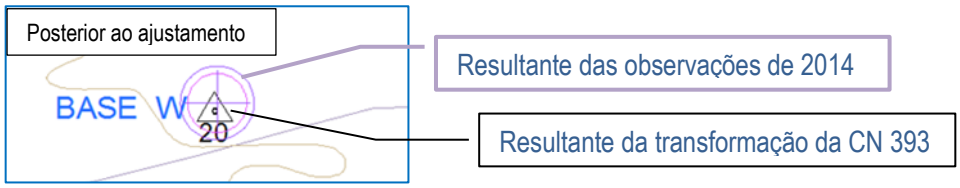
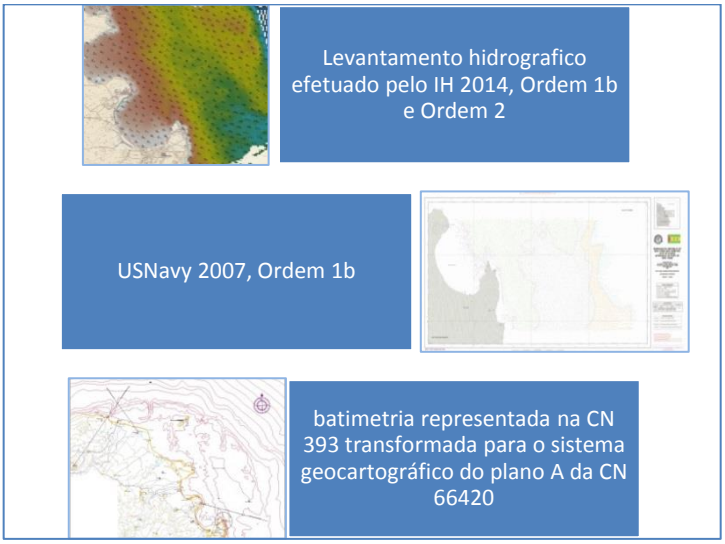


Figura 6 – Exemplo da diferença resultante

3.3 Batimetria

Para a representação batimétrica considerou-se o seguinte conjunto de dados:



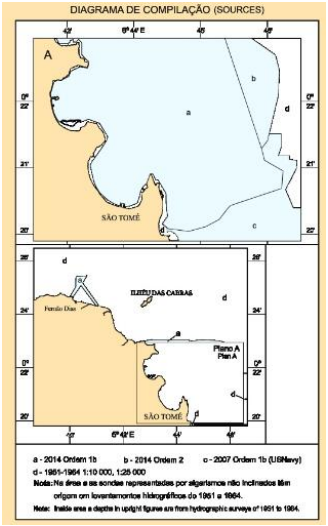


Figura 7 – Fontes da informação batimétrica

Utilizou-se a seguinte metodologia para processamento dos dados recolhidos no levantamento hidrográfico (LH) de 2014:

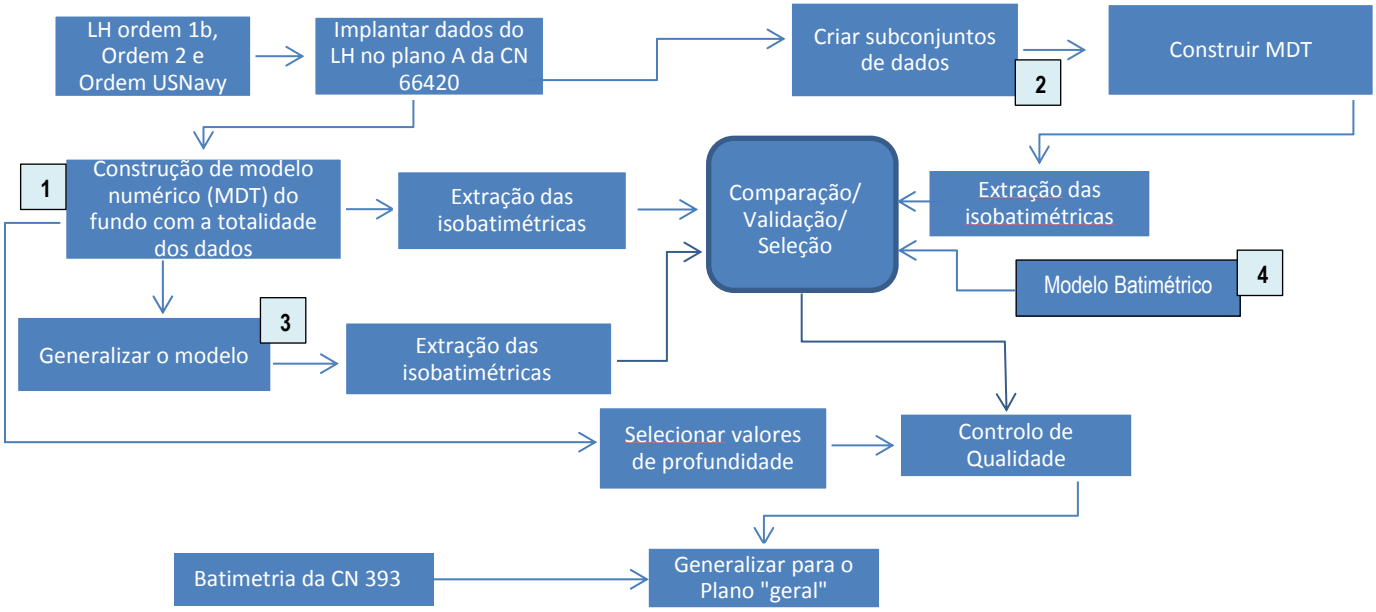


Figura 8 – Fluxograma de processamento da batimetria para representação cartográfica.

Depois da área levantada ter sido delimitada, foi construído um modelo numérico de terreno (modelo TIN) com a totalidade dos dados a partir do qual foram construídas as isobatimétricas a representar no plano A. Estas isolinhas apresentam um aspecto gráfico complexo que para o objetivo em questão, constitui uma ajuda pouco clara, como exemplificado na imagem à esquerda, na Figura 9.

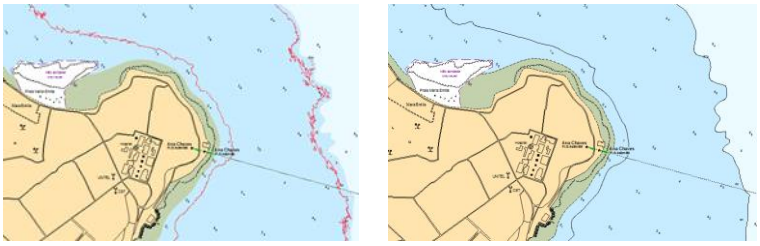


Figura 9 - Isobatimétricas

Na prática, pretende-se fornecer a representação correspondente a uma superfície de profundidade mínima, pelo que o processo de generalização foi feito a partir dos dados e dos modelos, conforme situação 1 a 4 da Figura 8. Foram criados dois subconjuntos de dados, para intervalos de 4 e 6 milímetros na representação gráfica, impondo o critério de que a sonda mínima prevalece-se. A partir destes, novamente construídos modelos numéricos de terreno e geradas as isobatimétricas correspondentes que foram analisadas por confrontação com a totalidade dos dados. O modelo construído com a totalidade dos dados foi generalizado com recurso a ferramentas do *software* de produção cartográfica, a partir do qual foi construído um novo conjunto de isobatimétricas. Os vários conjuntos foram comparados com o gerado a partir do modelo total, de modo a permitir a escolha daquele cujo comportamento gráfico é mais adequado para representar numa carta náutica.

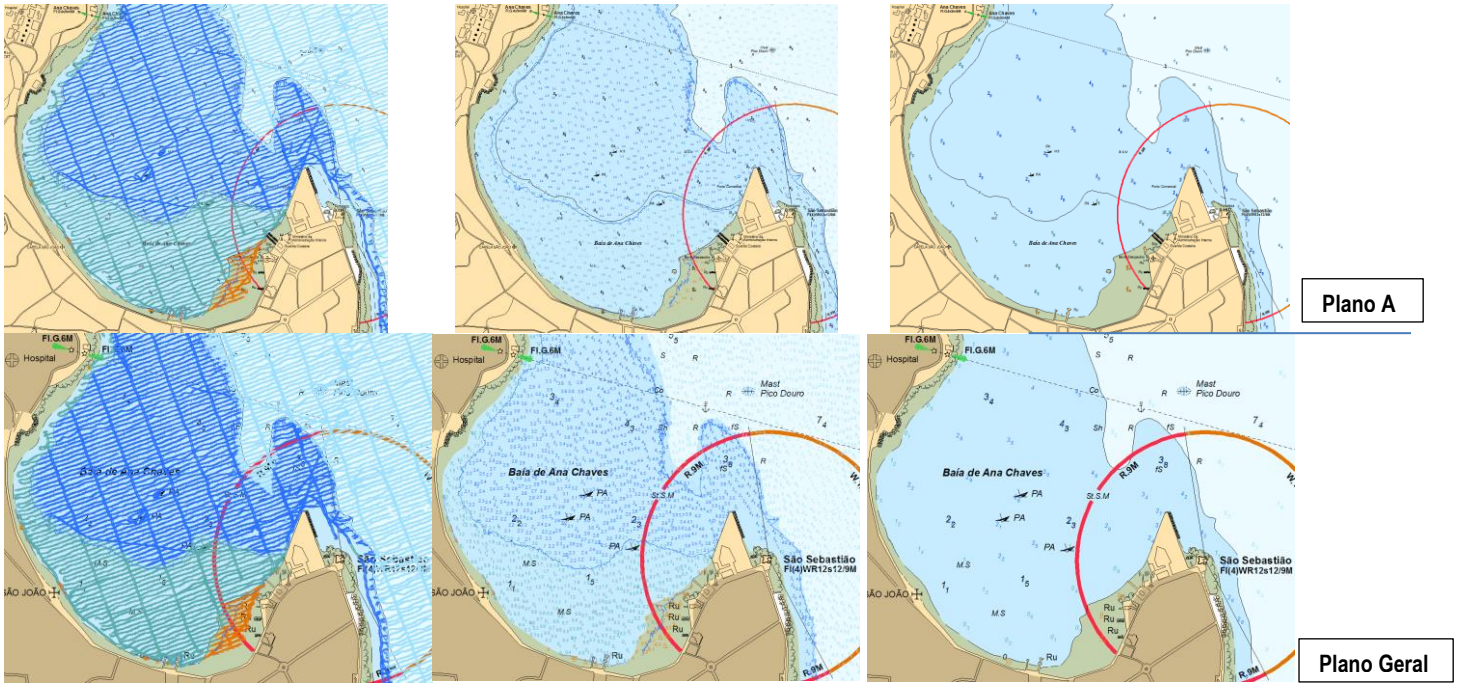


Figura 10 – Generalização da batimetria

3.4 Obstruções

Foi efectuada a localização dos diversos navios naufragados, que por si só constituem grave perigo para a navegação das quais se mostram, na Figura 11, alguns exemplos representados na CN em função do tipo de *wreck* (navio afundado).

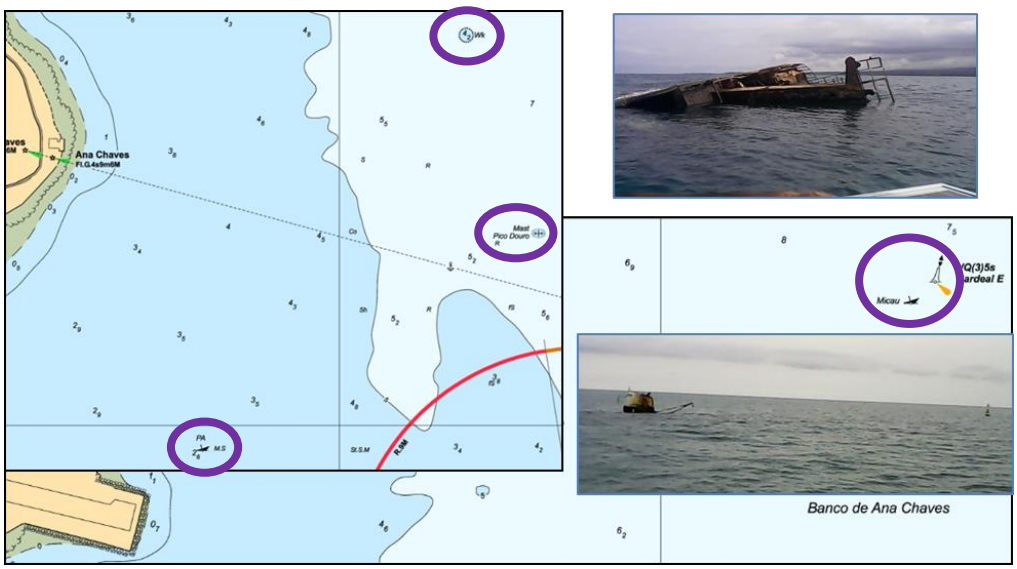


Figura 11 – *Wrecks (*Navios afundados).

4. Conclusões

Toda a informação disponível foi transformada para as características geocartográficas do plano A da carta 66420. Foram implantados os vértices geodésicos e as ajudas à navegação coordenados em 2014 e o levantamento topográfico. Os LH foram processados para representação cartográfica, de acordo com os fins de uma navegação marítima segura.

O estudo efetuado não valida um vetor de transformação entre referenciais. A metodologia implementada mostrou-se adequada e permitiu validar procedimentos a utilizar na construção de outras cartas nesta região.

A informação cartográfica sofreu um processo de generalização e de alteração gráfica dos objectos representados.

Foi possível, transformar, utilizar e integrar a cartografia existente juntamente com os dados adquiridos em 2007 e 2014, na elaboração de uma carta actualizada, num sistema de coordenadas compatível com os atuais sistemas de navegação.

É esperado que num futuro próximo sejam disponibilizadas as CEN referentes às CN publicadas em suporte papel.

Referências Bibliográficas

OHI (2000) “IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data” Edition 3.1, International Hydrographic Bureau, Monaco.

OHI (2003) “Recommended ENC Validation Checks”, Edition 2.0, International Hydrographic Bureau, Monaco.

OHI (2014) S4 – Regulations of the IHO for International (INT) charts and chart specifications of the IHO. Edição 4.5.0.

Instituto Hidrográfico (1972). “Processo de compilação e de construção das cartas 393 e 322”. Instituto Hidrográfico. Portugal.

Instituto Hidrográfico (2014). “Relatório Técnico Final – REL FT HI 19/14”. Portugal.