

INLAND ENC: PERSPECTIVAS PARA A CARTOGRAFIA FLUVIAL NO BRASIL

F. Mandarino^{1,2}, V.H.M. Folly¹

¹Centro de Hidrografia da Marinha, Brasil

² Universidade Federal Fluminense, Brasil

Comissão III: Cartografia

RESUMO

Tradicionalmente, a produção cartográfica oficial para os rios brasileiros tem sido elaborada usando principalmente dados hidrográficos coletados usando sensores monofeixe. Mais recentemente, a Marinha do Brasil tem conduzido levantamentos multifeixes, primeiramente no Rio Amazonas e recentemente no Rio Paraguai. Enquanto isso, novas especificações para produtos cartográficos tem sido desenvolvidas. No âmbito da carta náutica marítima, as cartas em papel têm evoluído para cartas náuticas eletrônicas (ENC), dados vetoriais que compreendem os recursos naturais importantes para a navegação. No que diz respeito às cartas náuticas de rio, seguindo a mesma tendência, outra especificação de produto foi criada: a *Inland ENC*, semelhante à ENC marítima, mas adaptada para o ambiente fluvial. Este artigo tem como objetivo comparar uma *Inland ENC* derivada de um levantamento monofeixe, usando cartografia de aproximação tradicional e outra produzida diretamente dos dados multifeixe levantados no Rio Paraguai, no qual foi escolhido como área de estudo para as primeiras *Inland ENCs* Brasileiras. É a primeira vez que esse processo foi aplicado para produzir cartas do Rio Paraguai usando dados oficiais da Marinha do Brasil. Os resultados podem ser aplicados para estabelecer uma metodologia para a produção de *Inland ENCs* oficiais brasileiras.

Palavras chave: Cartografia Náutica, Cartografia Fluvial, Inland ENC.

ABSTRACT

Traditionally official cartographic production for Brazilian rivers have been elaborated using hydrographic data mainly collected using singlebeam echosounders. More recently, Brazilian Navy has conducted multibeam surveys, firstly for Amazonas River and more recently for Paraguay River. Meanwhile, new cartographic products specifications have been developed. In the scope of the maritime nautical charts, paper charts have been evolved into electronic navigational charts (ENC), vector data comprising the environment features relevant to navigation. Regarding the river nautical charts, following same tendency, another product specification was created: the *Inland ENC*, similar to the maritime ENC, but adapted to the fluvial environment. This paper aims to compare an *Inland ENC* derived from a singlebeam survey, using traditional cartographic approach and another *Inland ENC* produced directly from multibeam survey data in the Paraguay River, which was chosen as a study area for the first Brazilian *Inland ENCs*. It is the first time such process was applied to produce Paraguay River charts using official Brazilian Navy data. The results may be applied to establish a methodology for the production of the Paraguay River official *Inland ENCs*.

Keywords: Nautical Cartography, Fluvial Cartography Inland ENC.

1- INTRODUÇÃO

A Marinha do Brasil é responsável pela produção das cartas náuticas oficiais brasileiras, atuando tanto em águas marítimas quanto em águas interiores. Em relação ao Rio Paraguai, uma importante via navegável no território nacional, a Marinha do Brasil tem uma organização militar, o Serviço de Sinalização Náutica do Oeste (SSN-6), localizado em Ladário (Estado do Mato Grosso do Sul), responsável pelos levantamentos hidrográficos e manutenção da

sinalização náutica de 1278 Km, de Cáceres (Mato Grosso) até a foz do Rio Apa (fronteira entre Brasil e Paraguai). Os dados coletados pelos navios hidrográficos do SSN-6 são processados e usados para a produção cartográfica pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), organização subordinada a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), serviço hidrográfico brasileiro (DHN, 2017).

Tradicionalmente, o CHM produz cartas em papel para o Rio Paraguai a partir de dados coletados

pelos navios do SSN-6 usando ecobatímetro monofeixe. Geralmente, o levantamento hidrográfico é planejado baseado na escala gráfica da carta em papel e visa identificar bancos de areia e obstruções para navegação (Frigó e Bleninger, 2015).

Após a evolução tecnológica, não apenas no âmbito das técnicas e equipamentos para levantamentos hidrográficos, mas no que diz respeito ao equipamento de bordo para navegação, as Cartas Náuticas Eletrônicas (ENC) são produtos modernos a serem utilizados em sistemas como o ECDIS (Sistema Informação e Exibição de Cartas Eletrônicas). Embora as cartas em papel ainda estejam em uso, as especificações das ENC são estabelecidas pela Organização Hidrográfica Internacional (OHI) e são usadas no ECDIS a bordo dos navios marítimos em apoio à segurança da navegação. No que diz respeito aos rios e vias navegáveis, os padrões da OHI necessitam ser adaptados para serem adequados às características fluviais típicas, às quais o modelo de dados ENC não era adequado.

As cartas náuticas eletrônicas fluviais são denominadas *Inland ENC* (IENC). A definição oficial de uma *Inland ENC* é (IEHG, 2017):

o banco de dados, padronizado quanto ao conteúdo, estrutura e formato, para uso com sistemas de exibição e / ou sistemas de informação eletrônica no interior do navio operado a bordo de navios que transitam em vias navegáveis interiores. Uma IENC é emitida por ou sob a autoridade de uma agência governamental competente e está em conformidade com os padrões [inicialmente] desenvolvidos pela Organização Hidrográfica Internacional (OHI) e [refinados pelo] Inland ENC Harmonization Group (IEHG). Uma IENC contém todas as informações da carta necessárias para a navegação segura nas vias navegáveis interiores e podem conter informações suplementares além da contida na carta em papel (por exemplo, direções de navegação, horários de operação legíveis por máquina, etc.) que podem ser considerados necessários para uma navegação segura e para o planejamento de viagem.

O *Inland ENC Harmonization Group* (IEHG) é uma organização não governamental, estabelecida em 2003, reconhecida pela OHI como fórum especialista responsável pelo estabelecimento das normas harmonizadas para a *Inland ENC*. A DHN aderiu ao IEHG em 2007 e desde então tem acompanhado as discussões sobre as especificações do produto *Inland ENC* (Mandarino, 2015). Em 2016, o SSN-6 realizou seus primeiros levantamentos hidrográficos no Rio Paraguai usando ecobatímetro multifeixe (SSN-6, 2017). Este documento traça uma breve comparação entre uma *Inland ENC* gerada a partir do fluxo de trabalho de produção tradicional, adotado no CHM

para as cartas em papel do Rio Paraguai a partir de dados de ecobatímetro monofeixe e uma *Inland ENC* derivada dos dados de ecobatímetro multifeixe usando um novo fluxo de trabalho mais automatizado que poderá ser adotado pelo CHM para a produção futura de *Inland ENC* nos rios e hidrovias nacionais.

A região deste estudo corresponde à carta em papel do Rio Paraguai 3442 (Título: Do Posto Agrícola a Cáceres e escala 1:10.000), nas proximidades da cidade de Cáceres, uma das áreas de teste onde o SSN-6 realizou seus primeiros levantamentos multifeixe em 2016.

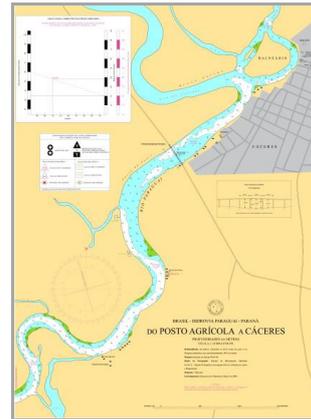


Fig. 1. Carta em Papel 3442 – Do Posto Agrícola a Cáceres

O levantamento monofeixe foi realizado anteriormente para determinar as áreas a serem levantadas de forma segura com o equipamento ecobatímetro multifeixe. A Figura 1 mostra um extrato da edição atual da carta em papel 3442, que será atualizada com os novos dados do levantamento.

2- Levantamento Hidrográfico

O levantamento hidrográfico foi conduzido pelo Aviso Hidroceanoográfico Fluvial Caravelas, navio sob subordinação do SSN-6, de 14 de janeiro a 2 de fevereiro de 2016. Foram levantados oito quilômetros do Rio Paraguai nas proximidades da cidade de Cáceres (km 2173,8 a km 2181,6) no estado do Mato Grosso. As Figuras 2 e 3 mostram os navios utilizados para o levantamento usando técnicas de levantamento monofeixe e multifeixe.

No levantamento conduzido pela Lancha Hotel, usando técnica de levantamento monofeixe, o equipamento e o método abaixo foram empregados:

- Método de Posicionamento: GIPSY tempo real (RTG) com RTG C-NAV 3050, instalado na lancha hidrográfica;
- Ecobatímetro *Kongsberg Simrad EA400SP*, operando em 200kHz;
- Medida de velocidade do som: *AML Oceanographic Smart X* (diariamente em diferentes locais dentro da área a ser levantada);
- *Software* de aquisição: *Hypack 2013*;
- *Software* de processamento: *Caris Hips & Sips 7.1.2*.



Fig. 2. Lancha Hotel

A duração do levantamento foi de 1,5 dia e aproximadamente o mesmo foi necessário para processar os dados.

No levantamento conduzido pela Lancha Índia, usando técnicas de ecobatímetro multifeixe, o equipamento e método abaixo foram empregados:

- Método de posicionamento: *Kongsberg SeaPath 320*, duas antenas *Novatel*, unidade de referência de Movimento *MRU 5*, Unidade de Processamento – *PU*, *Human Machine Interface – HMI*, recebendo correções diferenciais via satélite através do *RTG C-NAV 3050*, instalado na lancha hidrográfica;
- Ecobatímetro *Kongsberg EM2040 Compact Dual Head*, operando em *320kHz* – abertura angular *150graus*;
- Medida de velocidade do som: *AML Oceanographic Smart X* (diariamente em diferentes locais na área a ser levantada);
- Linhas de sondagem: longitudinalmente ao eixo do rio, espaçamento variável, dependendo da profundidade local, para garantir uma sobreposição de *100%* nas linhas adjacentes (*200%* de cobertura inferior);
- *Software* de processamento: *Caris Hips & Sips 8.1*.

Este levantamento levou 4 dias e o tempo de processamento foi cerca de 16 dias.

A OHI não estabelece padrões de qualidade em levantamentos de rio. No entanto, o levantamento multifeixe atingiu a Ordem Especial e o levantamento monofeixe foi classificado na ordem 1B, conforme estabelecido na publicação S-44 (normas da OHI para levantamentos hidrográficos) (IHO, 2017).

Os dados de nível do rio nas réguas linimétricas, instaladas em Cáceres e em Bela Vista do Norte, foram utilizados para ajustar as sondagens.



Fig. 3. Lancha Índia

3- PROCESSO CARTOGRÁFICO

Dois arquivos foram gerados individualmente a partir de levantamentos hidrográficos monofeixe e multifeixe, de modo a subsidiar o fluxo de trabalho da produção cartográfica tradicional e o novo, respectivamente.

A. Abordagem Tradicional

A primeira abordagem foi produzir uma *Inland ENC* a partir dos dados monofeixe, adotando o fluxo de trabalho usual já implementado no CHM para as cartas em papel do Rio Paraguai. As características apresentadas na *Inland ENC* são as mesmas da carta 3442. Usando as ferramentas de *software CARIS Base Manager*, as sondagens foram automaticamente pré-selecionadas com espaçamento de 7 metros na mesma linha e mantendo o espaçamento entre linhas de 40 metros, estabelecido para o levantamento em questão para atualizar a carta 3442 em escala 1:10.000. O cartógrafo então desenhou as isobatimétricas de 1 e 3 metros do arquivo de sondagens pré-selecionadas e criou todas as áreas de profundidade da carta. A seleção final das sondagens da carta em papel também foi feita pelo cartógrafo. Ambos os processos precisam ser feitos de forma interativa para tornar os dados da carta consistentes e abrangentes. É necessária uma experiência do cartógrafo para atingir o objetivo de indicar ao navegante onde existem áreas restritas a navegação e onde o navio pode passar com segurança. Foram necessárias 30 horas para o cartógrafo compilar os dados batimétricos e criar o arquivo final tanto para a carta em papel como para a *Inland ENC*. A Figura 4 mostra o produto gerado adotando o processo tradicional, a partir do levantamento monofeixe.

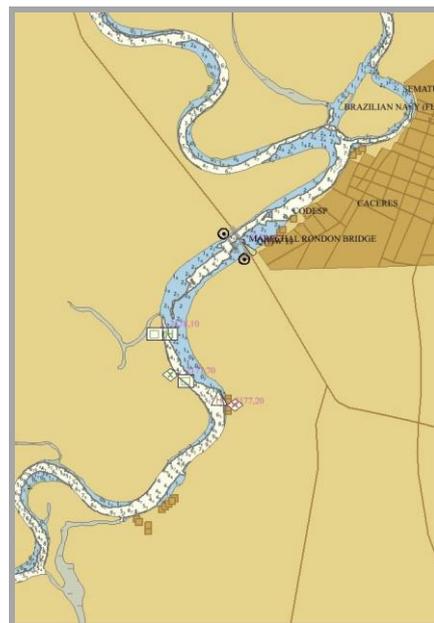


Fig. 4. Inland ENC criada a partir de dados monofeixe (processo tradicional)

B. Nova Abordagem

Outra abordagem foi aplicada para gerar uma *Inland ENC* a partir de dados batimétricos de alta densidade. A maior parte da tarefa foi feita automaticamente. Usando as ferramentas de *software CARIS Base Manager*, as sondagens foram automaticamente pré-selecionadas com espaçamento de 14 metros. Então, uma superfície e seu derivado *TIN* (*Triangular Irregular Network*) foram gerados. Do *TIN*, o *software* permitiu que o cartógrafo criasse automaticamente as isobatimétricas e as áreas de profundidade da carta. Um fator de suavização 5 foi aplicado no processo. Demorou cerca de 40 minutos para todo o processo, incluindo uma verificação dos resultados contra a superfície batimétrica. Neste produto, não houve sondagens selecionadas porque o levantamento abrange todo o fundo e as isobatimétricas geradas são muito precisas e garantem que todos os alto-fundos sejam retratados pelo *software*. Embora, se for considerado necessário, algumas sondagens podem ser adicionadas ao produto. A seleção de sondagem pode ser executada automaticamente pelo cartógrafo no produto. Como não há problemas de escala porque é um produto digital, esse processo é mais rápido que o da carta em papel. A Figura 5 mostra a *Inland ENC* que foi gerada a partir dos dados de ecobatímetro multifeixe.

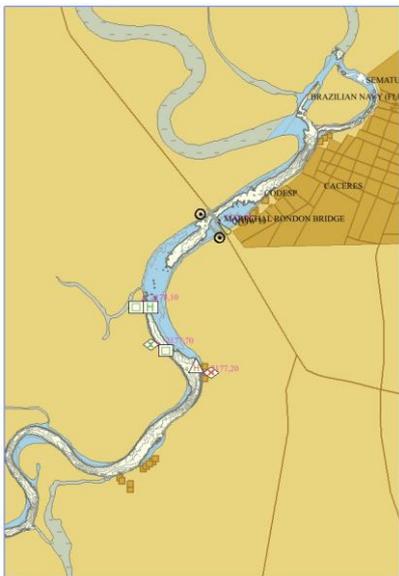


Fig. 5. *Inland ENC* criada a partir de dados multifeixe (processo automático)

4- DISCUSSÃO

Para estruturar uma comparação entre esses processos, de forma a subsidiar uma metodologia a ser adotada na produção de *Inland ENC* para os rios brasileiros, considerou-se útil separar a discussão em três tópicos diferentes: as diferenças quanto às características do levantamento; as diferenças quanto

ao processo de construção cartográfica; e os produtos finais gerados.

No primeiro critério, as características do levantamento, existem considerações anteriores, que são dignas de nota. O tempo de levantamento dependerá das características da área e da extensão, e, portanto, a comparação realizada para este documento, que compreende uma área muito particular do Rio Paraguai, não pode definir uma regra geral que compara os levantamentos de ecobatímetro monofeixe e multifeixe. No entanto, é razoável esperar uma maior quantidade de dados a serem coletados em levantamentos multifeixe, que necessitem de equipamentos mais caros e um maior trabalho para coletar, processar e validar os dados adquiridos, corroborados pela diferença de tempos de levantamentos apresentados no estudo de caso.

Por outro lado, observa-se que um conjunto de dados mais completo poderia permitir uma melhor aproximação da realidade, uma vez que haveria menos pontos a serem estimados pelo modelo matemático do *software*. Essa característica é ainda mais importante quando lidamos com áreas críticas de navegação no rio, onde tais aproximações podem comprometer os navios, ou reduzir substancialmente a largura dos canais de navegação para garantir a segurança (Miguens, 1996).

Quanto aos processos cartográficos, observou-se que a abordagem tradicional é mais demorada devido às tarefas cognitivas do cartógrafo para selecionar e generalizar os dados batimétricos com base na escala da carta em papel (Menezes, 2013). Tradicionalmente, o objetivo da carta em papel é dar uma ideia de onde está a isobatimétrica de 2m neste trecho do Rio Paraguai.

O processo automático que foi proposto para os dados multifeixe é menos demorado, mas requer também uma experiência do cartógrafo em verificar o produto resultante contra os dados de origem. Vale ressaltar que o processo automático também pode ser aplicado aos dados do monofeixe. Mas isto poderia dar uma interpretação enganosa dos recursos da *Inland ENC* ao usuário, pois as isobatimétricas, mesmo adensadas, teriam sido geradas em interpolações dos modelos matemáticos.

Além disso, o conceito *Inland ENC* deve fazer parte do sistema de navegação eletrônica a bordo dos navios em vias navegáveis. Deve dar informações precisas sobre o fundo e deve estar disponível para o navegante em tempo hábil, principalmente em áreas dinâmicas. Esses aspectos, entre outros, devem ser considerados para especificar as características *Inland ENC* do Rio Paraguai e de outros rios brasileiros, assim como estabelecer os requisitos para o levantamento hidrográfico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DHN, Centro de Hidrografia da Marinha, <https://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-cartas-nauticas/cartas.html>. Acesso em 15/07/2017.

Frigo, A.L. e T.B. Bleninger, 2015. A review of the Navigability Modeling for Inland Waterways, 36th IAHR World Congress, The Hague, Netherlands.

IEHG, 2013. Inland ENC Harmonization Group, <http://ienc.openecdis.org/>. Acesso em 15/07/2017.

IHO, International Hydrographic Organization, <http://www.iho.int>. Acesso em 15/07/2017.

Mandarino, F., 2015. Cartas Eletrônicas de Rio (Inland ENC) – Perpectivas para o Brasil, Anais Hidrográficos, LXXI, pp. 97-107.

Menezes, P. M. e M. C. Fernandes, 2013. Roteiro de Cartografia, Rio de Janeiro, Brasil: Oficina de Textos.

Miguens, A.P., 1996. Navegação. Ciência e a Arte, Vol I – Navegação Costeira, Estimada e em Águas Restritas, Rio de Janeiro, Brasil: DHN.

SSN-6, 2017. Relatório Técnico - Serviço de Sinalização Náutica do Oeste, 15p.