

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA MARINHA - LAGEMAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DINÂMICA DOS OCEANOS
E DA TERRA

FLÁVIA MANDARINO

**Dinâmica sedimentar e morfológica fluvial: proposta de
especificação de tema nas Inland ENC do Rio Paraguai**

Niterói
2018

FLÁVIA MANDARINO

**Dinâmica sedimentar e morfológica fluvial: proposta de
especificação de tema nas Inland ENC do Rio Paraguai**

Tese apresentada ao programa de
Pós-Graduação em Dinâmica dos
Oceanos e da Terra da
Universidade Federal Fluminense,
como requisito parcial para
obtenção do grau de Doutor em
Ciências, área de concentração:
Geologia e Geofísica Marinha.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Ayres Neto

Co-orientadora: Prof. Dra. Claudia Pereira Krueger (UFPR)

Niterói

2018

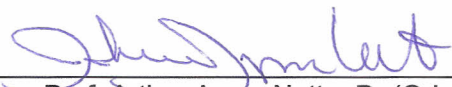
FLÁVIA MANDARINO

Dinâmica sedimentar e morfológica fluvial: proposta de especificação de tema nas Inland ENC do Rio Paraguai

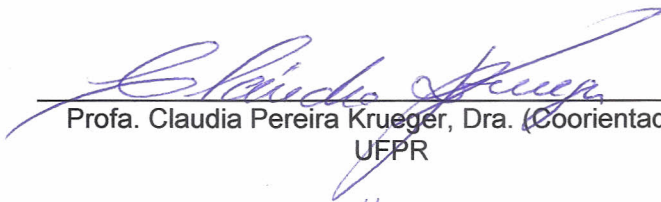
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e Terra, da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor
Área de Concentração: Geologia e Geofísica

Aprovada em 12 de janeiro de 2018

BANCA EXAMINADORA



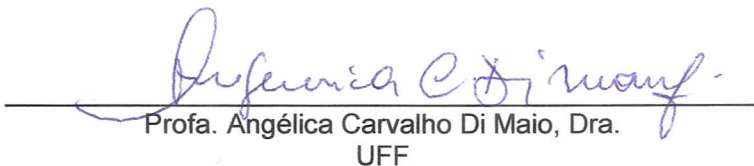
Prof. Arthur Ayres Netto, Dr (Orientador)
Deptº de Geologia/LAGEMAR-UFF



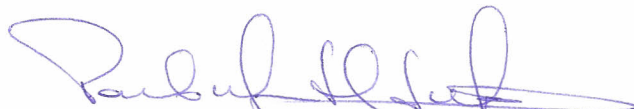
Profa. Claudia Pereira Krueger, Dra. (Coorientadora)
UFPR



Prof. Gilberto Tavares de Macedo Dias, Dr.
Deptº de Geologia/LAGEMAR-UFF



Profa. Angélica Carvalho Di Maio, Dra.
UFF



Prof. Paulo Márcio Leal de Menezes, Dr.
UFRJ

Ficha catalográfica automática - SDC/BIG

M271d Mandarinino, Flávia
 Dinâmica sedimentar e morfológica fluvial: proposta de
 especificação de tema nas Inland ENC do Rio Paraguai /
 Flávia Mandarinino; Arthur Ayres Neto, orientador; Claudia
 Pereira Krueger, coorientadora. Niterói, 2018.
 106 f.

 Tese (Doutorado)-Universidade Federal Fluminense, Niterói,
 2018.

 1. Rio Paraguai. 2. Carta Náutica. 3. Navegação Interior.
 4. Inland ENC. 5. Produção intelectual. I. Título II. Ayres
 Neto, Arthur, orientador. III. Pereira Krueger, Claudia,
 coorientadora. IV. Universidade Federal Fluminense. Instituto
 de Geociências.

CDD -

Dedico essa obra ao meu esposo, Leonardo,
e às minhas filhas, Giovanna e Giulia.

Agradecimentos

A Deus, por ter me dado capacidade de aprender e vontade de vencer novos desafios.

Ao meu esposo, Leonardo, e às minhas filhas, Giovanna e Giulia, pela compreensão e incentivo, que tornaram possível esta realização.

Ao Professor Arthur Ayres Neto, pela confiança em mim depositada, desde o início do curso, e pela orientação e apoio no desenvolvimento do trabalho.

À Professora Claudia Pereira Krueger, pela inestimável ajuda e orientação na elaboração deste texto e na apresentação para a Defesa.

Aos Professores, Paulo Márcio Leal de Menezes, Angélica Carvalho Di Maio e Gilberto Tavares de Macedo Dias, pela honra com a qual me distinguem em fazer parte da Banca Examinadora.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra pelos conhecimentos transmitidos.

Ao meu pai, em memória, à minha mãe e ao meu irmão, que sempre me encorajaram a prosseguir e conquistar novos desafios.

Aos meus Diretores no Centro de Hidrografia da Marinha, CMG Rodrigo de Souza Obino e CMG Carlos Augusto Chaves Leal Silva, cujo apoio e incentivo, tornaram possível e me motivaram a alcançar este objetivo.

Ao Vitor Bravo Pimentel pelas informações referentes aos dados utilizados neste trabalho.

A Vanessa Hilleshein de Moraes Folly, ao Juarez José de Oliveira e ao Denis Ignácio dos Santos, da Divisão de Cartografia do Centro de Hidrografia da Marinha, pela grande ajuda no desenvolvimento dos trabalhos.

Aos amigos que acreditaram em mim e me fizeram acreditar que seria possível esta conquista.

Aos servidores do Programa de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra, pelo profissionalismo, dedicação e atenção a mim dispensados.

A todos aqueles que, embora aqui não citados, também contribuíram para a consecução deste trabalho.

Resumo

Este trabalho cria especificações de cartas eletrônicas de rios (Inland ENC), para o Rio Paraguai, baseadas nas normas e especificações desenvolvidas pelo Inland ENC Harmonization Group (IEHG), fórum internacional reconhecido como especialista no desenvolvimento de padrões harmonizados para Inland ENC. Para esta finalidade, verifica a aplicabilidade do desenvolvimento de Inland ENC, baseada em revisão bibliográfica da morfologia e dinâmica sedimentar do trecho brasileiro da Hidrovia do Rio Paraguai, e das cartas náuticas em papel e imagens de satélite da área. Os primeiros protótipos criados foram testados efetivamente por empurradores de empresas de navegação no Rio Paraguai. Com base nas sugestões apresentadas durante os testes, e com o intuito de agilizar a publicação das atualizações cartográficas, principalmente nos trechos críticos à navegação, foram desenvolvidas adaptações, de modo a atender às particularidades do Rio. O estudo propõe a produção de três tipos de Inland ENC para a área de estudo e é inédito, uma vez que, até o momento, não se tem ciência de especificações técnicas para a produção de Inland ENC oficiais do Rio Paraguai.

Palavras-chave: Inland ENC, Rio Paraguai, Cartas Náuticas Eletrônicas, navegação fluvial.

Abstract

This work aims to create technical specifications of Inland ENC for Paraguay River, based on the standards developed by the Inland ENC Harmonization Group (IEHG), international forum recognized as the expert working group to establish harmonized standards for inland waters electronic navigational charts. In order to achieve this goal, a review of the morphology and sedimentary dynamics of the river is done with the analysis of nautical charts and imagery of the area, so as to verify the feasibility of the Inland ENCs. Prototypes of Inland ENC are created and tested by towboats operated by navigation companies on Paraguay river. Based on the suggestions from the tests, some adjustments were made to the Inland ENCs so that the cartographic updates would be readily available, particularly for the restricted navigational stretches. This study suggests the production of three types of Inland ENC for the area and it is original, because there hasn't been developed any technical specifications for official Inland ENCs on Paraguay river so far.

Keywords: Inland ENC, Paraguay river, electronic navigational charts, inland Waters navigation.

Sumário

Agradecimentos	vi
Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de Figuras	xi
Lista de Abreviaturas	xiv
1 Introdução	1
1.1 Contextualização	1
1.2 Definição do Problema	12
1.3 Objetivos	14
1.4 Estruturação da Tese	15
2 Área de Estudo	16
2.1 Localização da Área	16
2.2 A Morfologia do Alto Paraguai e sua Dinâmica Sedimentar	19
2.3 A Navegação no Rio Paraguai	36
3 Materiais e Métodos	44
3.1 Dados Utilizados	44
3.2 Processamento dos Dados	45
3.3 Metodologia	45
4 Processos Cartográficos	48
4.1 Processo Convencional	48
4.2 Produção de Inland ENC – Processo Convencional	52
4.3 Inland ENC – Comparação entre Processo Automatizado e Processo Convencional	55
4.4 Discussão.....	61
5 Resultados	64
5.1 Avaliação dos Primeiros Protótipos de Inland ENC do Rio Paraguai	64
5.2 Proposta de Especificação Técnica de Inland ENC para o Rio Paraguai.....	67

5.2.1	Inland ENC de Base	67
5.2.2	Inland ENC de Overlay	70
5.2.3	Inland ENC Batimétrica	73
6	Conclusões Gerais e Recomendações	76
7	Bibliografia.....	79
	Apêndice I.....	84
	Apêndice II.....	90

Lista de figuras

Figura 1: Rede de hidrovias europeias (Fonte: IEHG, 2017).....	8
Figura 2: Rios norte-americanos mapeados por Inland ENC e distritos do USACE (Fonte: IEHG, 2017).	9
Figura 3: Em verde os rios da China cobertos por cartas eletrônicas (Rio Yangtsé, Rio das Pérolas, Grand Canal e Rio Heilongjiang) (Fonte: IEHG, 2017).	11
Figura 4: Principais bacias hidrográficas brasileiras (Fonte: MT).	12
Figura 5: Hidrovia do Paraguai-Paraná (Fonte: ANTAQ).	16
Figura 6: Trechos do Rio Paraguai segundo a classificação de Almeida (1945). (Fonte: ITTI/UFPR modificado).	17
Figura 7: Hidrovia do Rio Paraguai - tramo Norte (azul) e tramo Sul (laranja) (Fonte: CHM).	18
Figura 8: Planícies fluviais do Rio Paraguai, segundo Assine et al. (2015): A) Paraguai- Cáceres; B) Paraguai-Canzi; C) Paraguai-Amolar; e D) Paraguai-Corumbá (trecho) (Fontes: CHM e imagens sensor MSI satélite Sentinel-2 de julho de 2017).	20
Figura 9: Planícies fluviais do Rio Paraguai, segundo Assine et al. (2015): D) Paraguai- Corumbá (trecho); e E) Paraguai-Nabileque (Fontes: CHM e imagens sensor MSI satélite Sentinel-2 de julho de 2017).	21
Figura 10: Alterações em dois trechos do Rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã – Tramo Norte, nos anos de 1979, 1987 e 2008. (Fonte: De Souza et al., 2012).	23
Figura 11: Bifurcação do Rio Paraguai originando o Rio Bracinho (Fontes: Imagem Sensor MSI – Satélite Sentinel 2 (junho de 2017) e CHM).	24
Figura 12: Crevassas acima da bifurcação Rio Paraguai-Rio Bracinho drenam água do Rio Paraguai para formar o Rio Canzi. Cartas 3423 e 3424 (Fonte: DHN e Imagem Sensor MSI – Satélite Sentinel 2 (junho de 2017)).	25
Figura 13: Megaleques fluviais que compõem o trato deposicional do Pantanal: 1 – Paraguai; 2 – Cuiabá; 3 – São Lourenço; 4 – Taquari; 5 – Taboco; 6 – Aquidauana e 7 – Nabileque. Destaque na área de estudo do Megaleque do Paraguai. (Fonte: SILVA, 2010).	26
Figura 14: Compartimentação Geomorfológica entre Cáceres e Bela Vista do Norte: A) planície de meandros com canal meandrade, B) planície de meandros com canal retilíneo, C) lobo deposicional atual e D) planície fluvio-lacustre. (Fonte: SILVA, 2010).	27
Figura 15: Rio Paraguai entre Rio Jauru e Baía das Éguas. A) Tramo Norte (Cáceres- Ládario); e B) Sensor Sentinel-2 (06/07/2017).	28
Figura 16: Rio Paraguai entre Barranco Vermelho e Baía das Éguas. A) Sensor	

Sentinel-2 (06/07/2017) em destaque; e B) Cartas 3431 e 3432 (Fonte: DHN).	29
Figura 17: deflexão para SE do Rio Paraguai e característica meandrante: A) Cartas 3426 a 3429 e Tramo Norte (Fonte: DHN); e B) Sensor Sentinel-2 (06/07/2017).	30
Figura 18: Trecho do Rio Paraguai (tramo Sul) nas proximidades de Corumbá – MS representado nas cartas náuticas da DHN a partir de dados de levantamentos de 1970, 1978, 2007 e 2014 (Fonte: CHM).	32
Figura 19: Esquema do balizamento de Ações a Empreender do Rio Paraguai (Fonte: Roteiro Hidrovia Paraguai-Paraná).	37
Figura 20: Placas de ações a empreender na navegação: A) margem esquerda km 1361,7 do Rio; e B) margem direita km 1358,8 do Rio (Fonte: autora).	38
Figura 21: Balseiro no Rio Paraguai (Fonte: DNIT).	40
Figura 22: imagem aérea da Lagoa Gaíva (Fonte: SSN-6).	40
Figura 23: Croqui do prático do empurrador Herkules XVI (Corumbá, MS) (Fonte: autora).	42
Figura 24: Sistema de navegação do empurrador Herkules XVI (Fonte: autora).	43
Figura 25: Carta 3342 na escala de 1:25.000 – tramo Sul do Rio Paraguai (nota de precaução, ábaco para correções das sondagens e legenda do balizamento ressaltados em vermelho).	49
Figura 26: Etapas do Processo Convencional de produção de uma carta em papel, adotado pelo CHM para a produção das cartas do Rio Paraguai.	50
Figura 27: Etapas do Processo de produção de Inland ENC baseado no processo convencional de produção das cartas em papel do Rio Paraguai, adotado pelo CHM.	53
Figura 28: Inland ENC do Rio Danúbio (Fonte: DONAU RIS, 2017).	54
Figura 29: Carta em Papel 3442 – Do Posto Agrícola a Cáceres.	56
Figura 30: Inland ENC criada a partir de dados coletados com ecobatímetro monofeixe (baseada no processo convencional).	59
Figura 31: Etapas do processo automatizado de produção de Inland ENC com isóbatas adensadas a partir de dados de levantamento hidrográfico multifeixe do Rio Paraguai.	60
Figura 32: Inland ENC com isóbatas adensadas, criada a partir de dados coletados com ecobatímetro multifeixe (processo automático).	61
Figura 33: Trecho da carta 3432 em papel e respectivo trecho no protótipo de Inland ENC.	64
Figura 34- feição BUAARE (Buit-up area - área construída), representando a cidade de Cáceres (MT) e a Ilha Balneário (com a toponímia em exibição em virtude de ter sido incluída na feição LANDRGN (Land region – região em terra). Inland ENC BR7P3442.	69
Figura 35: meta-objeto M_QUAL indicando que a área foi levantada até o ano de 2007,	

e fazendo referência a um levantamento de classificação D, cujos critérios de precisão constam na Publicação S-44 da IHO (IHO, 2017). Inland ENC BR7P3442.....	70
Figura 36- A) Inland ENC de base BR7P3442; B) Inland ENC de overlay BRAMA002; e C) Inland ENC de overlay sobre a Inland ENC de base. Trecho da carta náutica 3442 (De Posto Agrícola a Cáceres).	71
Figura 37- feição Notice mark (notmrk) e atributos preenchidos para uma placa de margem que indica ao navegante que está subindo o rio, que deve cruzar para a margem de bombordo.	72
Figura 38: Alterações batimétricas nas proximidades de Barranco Vermelho (MT): A) Carta Náutica 3432 (Do Passo do Beijudo ao Barranco Vermelho) produzidas a partir de dados de levantamento hidrográfico de 2011; B) C) e D) Levantamentos hidrográficos de 2013, 2015	74
Figura 39: A) Inland ENC de base BR7P3442 e B) Inland ENC batimétrica BRBP3442 sobre a Inland ENC de base. Trecho da carta náutica 3442 (De Posto Agrícola a Cáceres) próximo a Posto Agrícola.	75

Lista de Abreviaturas

AHIPAR – Administração Hidroviária do Paraguai
AIS – Automatic Identification System
ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários
CCNR - Central Commission for Navigation on the Rhine
CFPN – Capitania Fluvial do Pantanal
CHM – Centro de Hidrografia da Marinha
DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DPC – Diretoria de Portos e Costas
ECDIS – Electronic Chart Display and Information System
ENC – Electronic Navigational Chart
Inland ENC – Inland Electronic Navigational Chart
IEHG – Inland ENC Harmonization Group
IHO – International Hydrographic Organization
IMO – International Maritime Organization
MT – Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil
PIANC - International Navigation Association
PNIH - Plano Nacional de Integração Hidroviária
RIS - River Information Service
SOLAS – Safety of Life at Sea
SSN-6 – Serviço de Sinalização Náutica do Oeste
TIN - Triangular Irregular Network
UNECE - Economic Commission for Europe of the United Nations
USACE – United States Army Corps of Engineers
USCG – United States Coast Guard
WTI - China Waterborne Transportation Institute

1 Introdução

1.1 Contextualização

A Carta Náutica é um documento cartográfico especialmente projetado para atender aos requisitos da navegação marítima ou fluvial, no qual estão representadas as profundidades e a natureza do fundo, as elevações e características da costa, os perigos e os auxílios à navegação e outras informações de interesse para a navegação, como instalações portuárias, áreas restritas, rotas recomendadas, etc (IHO, 1994). A cartografia náutica possibilita ao navegante conhecer características físicas do ambiente no qual se desloca. O perfeito conhecimento da profundidade, correntes e perigos ao longo da rota são fundamentais para uma navegação segura.

Para produzir uma carta náutica, são necessários levantamentos hidrográficos para a coleta dos dados batimétricos, do fundo marítimo ou fluvial. Uma vez que a morfologia do fundo, em algumas áreas é extremamente dinâmica, os levantamentos hidrográficos são constantemente executados para que os documentos sejam atualizados, modo a contribuir para a segurança da navegação.

Nas últimas décadas, a evolução da tecnologia da informação e o desenvolvimento de diversos sistemas de posicionamento globais por satélites, como o NAVSTAR-GPS (*NAVigation System with Time And Ranging - Global Positioning System*) e o GLONASS (*GLObal NAVigation Satellite System- GLObal'naya NAVigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*), permitiram o desenvolvimento de uma enorme gama de aplicações, que se utilizam da posição da embarcação em tempo real, possibilitando a introdução de novos conceitos, como a navegação eletrônica.

Ainda, o desenvolvimento tecnológico na área de Cartografia Náutica possibilitou aos usuários utilizar produtos cartográficos de forma interativa, estabelecendo uma nova forma de relação com o espaço representado, na qual o usuário pode selecionar e explorar as informações de acordo com seu interesse (GODOY et al., 2010).

Em consequência, a cartografia náutica evoluiu de maneira que surgissem cartas eletrônicas, utilizadas a bordo em sistemas de navegação integrada, que permitem que o navegante acompanhe em tempo real sua

posição no display do sistema, com a imagem do radar de navegação sobreposta, aumentando a consciência situacional.

A Organização Hidrográfica Internacional (*International Hydrographic Organization* - IHO) é o organismo técnico e consultivo intergovernamental, estabelecido em 1921, com o propósito de promover segurança da navegação e proteção do meio ambiente marítimo. Dentre seus objetivos encontram-se a coordenação das atividades dos serviços hidrográficos nacionais, a padronização das cartas e publicações náuticas, a adoção de métodos eficientes para os levantamentos hidrográficos e o desenvolvimento científico na área de hidrografia (IHO, 2017).

O desenvolvimento e a manutenção das normas na área de hidrografia e cartografia náutica ficam a cargo do Comitê de Normas e Serviços Hidrográficos (*Hydrographic Services and Standards Committee* – HSSC) da IHO. O provimento de serviços de cartografia náutica é uma das obrigações dos Estados costeiros signatários da Convenção para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (*Safety of Life at Sea* – SOLAS), estabelecida pela Organização Marítima Internacional (*International Maritime Organization* - IMO). A Convenção SOLAS solicita aos governos contratantes que empreguem esforços para manter ao máximo a padronização das cartas e publicações náuticas de acordo com as normas da IHO (BESSERO et al., 2013).

A *International Maritime Organization* (IMO) desenvolveu o conceito de *e-navigation*, entendido como coleta, integração intercâmbio, apresentação e análise da informação marinha, a bordo, e em terra, por meios eletrônicos para melhorar a navegação berço a berço, bem como os serviços relacionados à segurança e à proteção no mar e ambiente marinho (IMO, 2017).

As normas da Cartografia Náutica, estabelecidas internacionalmente pela IHO, a partir de trabalhos no âmbito do HSSC, tentam acompanhar a evolução tecnológica. Como resultado do desenvolvimento tecnológico, a navegação marítima utiliza atualmente, as *Electronic Navigational Charts* (ENC), Cartas Náuticas Eletrônicas, cujas especificações técnicas são elaboradas e mantidas pela *International Hydrographic Organization* (IHO).

As Cartas Náuticas Eletrônicas (ENC) são, na visão de Graff (2009), um dos elementos essenciais para a implementação do conceito do *e-navigation*.

A Carta Náutica Eletrônica (ENC) consiste em um arquivo digital que

contém as informações cartográficas necessárias a uma navegação segura, desde a fase do planejamento da rota, até o acompanhamento da navegação nos sistemas eletrônicos a bordo. São utilizadas em sistemas para a navegação que apresentam junto às mesmas, dados dos sensores integrados como, por exemplo, radar, agulha giroscópica, equipamentos de posicionamentos planimétricos da embarcação e dados do AIS (*Automatic Identification System*)¹. Podem ainda ser exibidos outros dados sobre o ambiente, tais como correntes e ventos para a área da posição da embarcação (WEINTRIT, 2010). Segundo Maratos e Weinrit (2007), a ENC é uma base de dados, padronizada quanto ao conteúdo, à estrutura e ao formato, publicada sob a autorização ou pelo serviço hidrográfico oficial do país.

Ou seja, o sistema de navegação eletrônica incrementa o uso de informações do ambiente da navegação, suplantando as informações representadas nas cartas em papel e permitindo ao navegante analisar a situação em tempo real.

Para utilização das ENC, a bordo dos navios e embarcações, são empregados sistemas específicos para a navegação denominados *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS) (IMO, 2014), que são ferramentas automatizadas de auxílio à decisão que exibem continuamente a posição da embarcação sobre as informações da carta (IHO, 2016).

A Organização Marítima Internacional (*International Maritime Organization* – IMO) recomenda que seus estados-membros encorajem seus serviços hidrográficos a produzirem ENC e suas atualizações, de forma que haja cobertura mundial de ENC adequada para a navegação com os ECDIS (IHO, 2013).

Os ECDIS devem atender a requisitos da IMO, referentes à desempenho, e da IHO referentes à exibição das ENCs. Para a navegação marítima, as normas de *performance* da IMO e a Regra 19 do Capítulo V da Convenção SOLAS permitem que a navegação com ENCs em ECDIS substitua o uso das cartas náuticas em papel (CCA-IMO, 2014), desde que atendidos requisitos

¹ *Automatic Identification System (AIS)* – sistema originalmente desenvolvido pela IMO para evitar colisões e auxiliar autoridades portuárias no controle do tráfego. Atualmente é amplamente utilizado, permitindo o acompanhamento de navios por outros navios e por estações costeiras, a partir de transmissões por canal de rádio VHF, e oferecendo possibilidades de transmissão de outros dados de auxílio à navegação.

específicos (WEINTRIT, 2010).

As especificações para as ENC's são definidas na Publicação S-57 (*IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data*), documento inicialmente aprovado em 1992 como uma norma de intercâmbio de dados entre os diversos serviços hidrográficos nacionais, e para distribuição dos dados a serem utilizados nos ECDIS.

No que concerne à navegação fluvial, a IHO define Águas Interiores Navegáveis (*navigable inland waters*) como massas d'água no continente, tais como rios, lagos, lagoas e canais que permitem a passagem de uma embarcação ou para as quais atividades como hidrografia ou cartografia náutica, em função do tipo de embarcação e do volume do tráfego, possam ser necessárias para a navegação (IHO, 1994).

A *International Navigation Association* (PIANC) define *River Information Service* (RIS) como um conceito de serviços de informação harmonizados para apoiar o gerenciamento de transporte e tráfego em águas interiores, integrando, quando viável, outros modais de transporte, tendo portando forte relação com o conceito de *e-navigation* da IMO (PIANC, 2011a).

De modo análogo ao ECDIS para o *e-navigation*, o Inland ECDIS é uma tecnologia chave para o RIS, conjuntamente aos Avisos aos Navegantes, Inland AIS e *Electronic Reporting* (PIANC, 2011b).

A navegação interior, em hidrovias e águas interiores tem regulamentação regional ou nacional. Na Europa, por exemplo, a navegação interior é regulamentada pelo *European Code for Inland Waterways* (CEVNI) das Nações Unidas (DUMOLLIN, DE JONGH, 2007).

A navegação fluvial apresenta particularidades regionais em função das características naturais do ambiente ou em função de intervenções humanas para permitir e manter a navegação. As especificidades da sinalização dos auxílios à navegação e das infraestruturas associadas às hidrovias em cada região são exemplos de fatores que dificultam a criação de padrões internacionais.

Porém, a criação de especificações técnicas harmonizadas, que sejam adequadas às especificidades regionais das diversas hidrovias é extremamente importante, para que os sistemas de navegação possam ser empregados em qualquer região. Além disso, a harmonização das normas e especificações

técnicas motiva a pesquisa e o desenvolvimento de produtos específicos para que as informações relevantes do ambiente possam ser representadas convenientemente e efetivamente contribuam para a segurança da navegação interior.

A navegação fluvial difere da navegação marítima em virtude de que a constante variação do nível do rio afeta sobremaneira as condições de trafegabilidade nos trechos críticos. Ainda, a morfologia do leito dos rios é alterada sazonalmente e em função de regime de chuvas na região.

As cartas náuticas de rios em papel são similares às cartas marítimas, mantendo a simbologia nas feições comuns a ambos os ambientes. Para utilizá-las, o navegante deve também buscar outras fontes de dados, como o nível do rio no momento da navegação, para aplicar um fator de correção às profundidades representadas na carta, o Roteiro, publicação textual com informações suplementares àquelas da carta, e os avisos aos navegantes e avisos-rádio náuticos, que disseminam as recentes alterações na área.

Uma vez que, tanto as regras de navegação, quanto às feições naturais e artificiais presentes em rios e hidrovias são específicas, e diferenciam-se daquelas das áreas marítimas, o uso das ENC's não atende plenamente às características da navegação interior (DUMOLLIN, DE JONGH, 2007).

A Europa foi precursora no desenvolvimento de cartografia eletrônica para os rios. Na Alemanha, em 1998, o projeto ARGO e, posteriormente, em 2001 o projeto europeu INDRIS (*Inland Navigation Demonstrator for River Information Services*), apresentaram sistemas de navegação em rios com a exibição do sinal do radar sobre cartas digitais (WEINTRIT, 2010), com o propósito de aumentar a segurança e a eficiência da navegação.

As diversas pesquisas e projetos de desenvolvimento na Europa culminaram com a adoção, em 2001, pela Comissão Central para a Navegação no Rio Reno (*Central Commission for the Navigation on the Rhine - CCNR*) de uma norma para Inland ECDIS, baseada nas normas da IHO para os ECDIS. Posteriormente, as normas do Inland ECDIS foram aplicadas ao Rio Danúbio e adotadas por diversas comissões europeias que regulamentam a navegação em águas interiores (WEINTRIT, 2010).

Nos Estados Unidos, em 2002, formou-se o *North American Inland ENC Ad Hoc Working Group*, (IEHG, 2017) para estudar a viabilidade de utilização

de cartas eletrônicas em rios, motivado por um acidente no qual uma ponte atingida por uma embarcação, ocasionou o descarrilhamento de um trem da AMTRAK (MANN, LADUE, 2011). O *United States Army Corps of Engineers* (USACE) é a organização responsável pela manutenção das hidrovias naquele país e produz as cartas náuticas dos rios norte-americanos.

Em 2003 foi formado o *Inland ENC Harmonization Group* (IEHG), com representantes de organizações norte-americanas e da Europa, produtoras de cartografia para rios, com o propósito de desenvolver normas internacionais para as cartas eletrônicas de rios, denominadas Inland ENC. O IEHG é uma Organização Internacional Não-Governamental reconhecida pela *International Hydrographic Organization* (IHO) que tem representatividade nos fóruns que desenvolvem as especificações das ENC, com o propósito de que as futuras normas e padrões garantam uma harmonização entre as ENCs e Inland ENCs (IEHG, 2017).

A definição oficial de uma Inland ENC é: “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 transitem 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 *International Hydrographic Organization* (IHO) 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 da viagem” (IEHG, 2017).

A estrutura de dados das Inland ENC baseia-se no modelo estabelecido pela IHO para as ENC marítimas. Entretanto, são feitas adaptações para permitir a representação declusas, barragens, sinalização de hidrovias e outras feições tipicamente fluviais. Uma Inland ENC contém todas as informações cartográficas necessárias para uma navegação segura em águas interiores e pode conter informações suplementares àquelas das cartas em papel, que sejam úteis ao planejamento da viagem e à navegação (IEHG,

2014), como por exemplo, informações sobre horário de eclusas, imagem ou esquema de uma ponte, e atributos descritivos das feições representadas. Essas informações adicionais normalmente são encontradas em publicações textuais auxiliares às cartas em papel, como Lista de Faróis e Roteiros.

As especificações para Inland ENC devem atender aos requisitos de segurança e eficiência da navegação em águas interiores em todo o mundo. Diferentemente da navegação marítima, as hidrovias e rios não são padronizadas quanto aos aspectos de sinalização náutica e infraestrutura. Soma-se ainda, as peculiaridades de cada região geográfica, tanto em características naturais do leito do rio, quanto às modificações introduzidas pelo homem no aproveitamento e desenvolvimento da navegação.

Em virtude disto, as especificações técnicas das Inland ENCs são desenvolvidas de modo flexível e cada país ou região deve aplicar as especificações de acordo com as particularidades de seus rios ou hidrovias (IEHG, 2017).

Uma cobertura geográfica adequada por Inland ENC, de fácil acesso e com atualizações regulares, é essencial para contribuir com a segurança e a eficiência da navegação interior, assim como para promover a aceitação do usuário ao novo produto (PIANC, 2011c).

A utilização das Inland ENC para a navegação fluvial torna-se ainda mais atraente, quando comparadas às cartas em papel, em virtude da alta dinamicidade dos rios, que exigem uma cartografia ágil, para que o usuário receba as informações sobre alterações (naturais ou resultado da interferência humana) que interferem na segurança da navegação, o mais rápido possível.

No que concerne às informações cartográficas, dentre as vantagens das Inland ENC, encontra-se a possibilidade de representação dos dados batimétricos de forma mais adensada, por não haver restrições de espaço impostas pela escala, como ocorre na carta em papel. Isto vem ao encontro da necessidade de representação de um volume cada vez maior de dados coletados em levantamentos hidrográficos.

O adensamento das informações batimétricas propicia maior segurança à navegação. Além disto, os Inland ECDIS permitem aplicação automática dos fatores de correção do nível do rio às informações batimétricas da Inland ENC, desde que disponíveis. Esta funcionalidade facilita sobremaneira o

planejamento da viagem.

As normas desenvolvidas pelo IEHG para as Inland ENC são internalizadas pelas diversas Comissões dos rios europeus, a *Central Commission for Navigation on the Rhine* (CCNR), a *Economic Commission for Europe of the United Nations* (UNECE) e a *Danube Commission*. Em paralelo a União Europeia estabelece os prazos para a adoção das normas de Inland ENC, aprovadas por essas outras comissões para as classes de hidrovias europeias (IEHG, 2017).

Existem regulamentações para que os estados-membros produzam suas Inland ENC em versões padronizadas. No total, 16 países europeus produzem Inland ENC (IEHG, 2017). A Europa central é onde se localizam as principais hidrovias, conforme mostra a Figura 1. A Europa possui mais de 10.000 km de hidrovias cobertas por Inland ENC e mais de 11.000 embarcações equipadas com Inland ECDIS certificados pelas normas europeias (IEHG, 2017).



Figura 1: Rede de hidrovias europeias (Fonte: IEHG, 2017).

Na Europa, foi desenvolvido um padrão para a disseminação do nível do rio em trechos críticos para que o Inland ECDIS exiba o nível do rio em tempo real. O *River Information Service* (RIS) europeu dissemina as atualizações por avisos aos navegantes, que são traduzidos automaticamente nas línguas europeias e aplicados no Inland ECDIS. As informações dos Inland AIS de

identificação, dimensões, posição e velocidade de outras embarcações são exibidas nos Inland ECDIS. As informações dos AIS podem ser conectadas com outras informações, como tipo de carga e pessoal a bordo, disponibilizadas pelo *Electronic Report*. As informações do RIS são também utilizadas para o planejamento de utilização de atracadouros, eclusagem, e para controle de utilização de berços de atracação (IEHG, 2017).

Os Estados Unidos possuem atualmente 107 Inland ENC cujas atualizações são distribuídas mensalmente, correspondendo a 11.684 km do Rio Mississippi e de seus principais afluentes navegáveis. Os distritos do USACE produzem as Inland ENC dos trechos de rios de sua área de competência, conforme ilustrado na Figura 2 (IEHG, 2017).

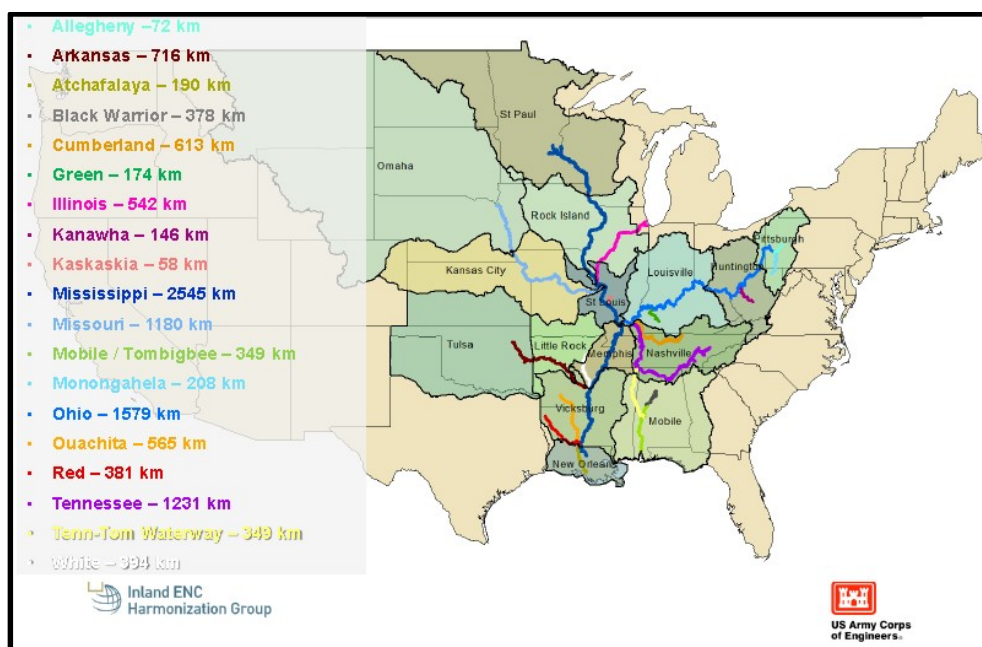


Figura 2: Rios norte-americanos mapeados por Inland ENC e distritos do USACE (Fonte: IEHG, 2017).

As Inland ENC norte-americanas são disponibilizadas gratuitamente na página da Internet do USACE. São disponibilizados formulários online que os usuários podem preencher com as discrepâncias observadas nas Inland ENC em relação à situação real. Existe ainda serviço RSS para que os usuários sejam notificados das atualizações que devem baixar para as Inland ENC (USACE, 2017).

No momento, não existe regulamentação obrigando o uso das Inland ENC

nas hidrovias norte-americanas. Entretanto, a *US Coast Guard* (USCG) emitiu uma circular em 2016 atestando que as Inland ENC quando utilizadas em determinados sistemas de navegação podem ser consideradas substitutas das cartas em papel. De fato, quase a totalidade dos empurradores (cerca de 99%) utilizam sistemas eletrônicos de navegação com Inland ENC (IEHG, 2017).

O *Committee on the Marine Transportation System* (CMTS) dos Estados Unidos, elaborou o *US e-Navigation Strategic Action Plan*, publicado em 2012, para estabelecer normas e ações para a implementação do conceito de *e-navigation* da IMO naquele país. Na estratégia são descritas responsabilidades e capacidades das agências governamentais envolvidas. Para o USACE, dentre outras responsabilidades, está a produção de Inland ENC e o desenvolvimento de um *River Information Service* (RIS) para as águas interiores (IEHG, 2017).

A experiência de países da Europa e dos Estados Unidos da América demonstra que a adoção de sistemas eletrônicos de navegação que utilizam Inland ENC é um dos pilares para a implantação de um RIS de modo a contribuir para um sistema de transporte hidroviário eficiente e seguro (MANDARINO, 2015). Nessas regiões, as Inland ENC são distribuídas gratuitamente pela Internet, conforme recomendações do PIANC (PIANC, 2011c).

De um modo geral, pode-se observar que os precursores na utilização de Inland ENC, desenvolveram projetos de pesquisa e desenvolvimento para verificar a viabilidade da implantação da navegação eletrônica em seus rios e hidrovias. Existem comissões formadas por diversas organizações envolvidas em aspectos relacionados à navegação interior, onde especialistas discutem as ações necessárias para aumentar a eficiência do modal hidroviário.

A China aderiu ao IEHG em 2011, por meio do *China Waterborne Transportation Institute* (WTI), organização de pesquisa e desenvolvimento responsável pelo desenvolvimento de normas relativas ao transporte fluvial. Entretanto, o WTI já havia desenvolvido especificação própria para as cartas eletrônicas dos rios chineses e para os sistemas eletrônicos de navegação. No momento, o WTI está trabalhando para alinhar as normas nacionais com as do IEHG. Cerca de 91.000 km de seus rios já possuem cartas eletrônicas, em um total de 127.100 km de vias navegáveis. Os principais rios que já possuem

cobertura por cartas eletrônicas é o Rio Amarelo (Yangtsé), o Rio das Pérolas, o Grand Canal e o Rio Heilongjiang, conforme mostra a Figura 3 (IEHG, 2017).

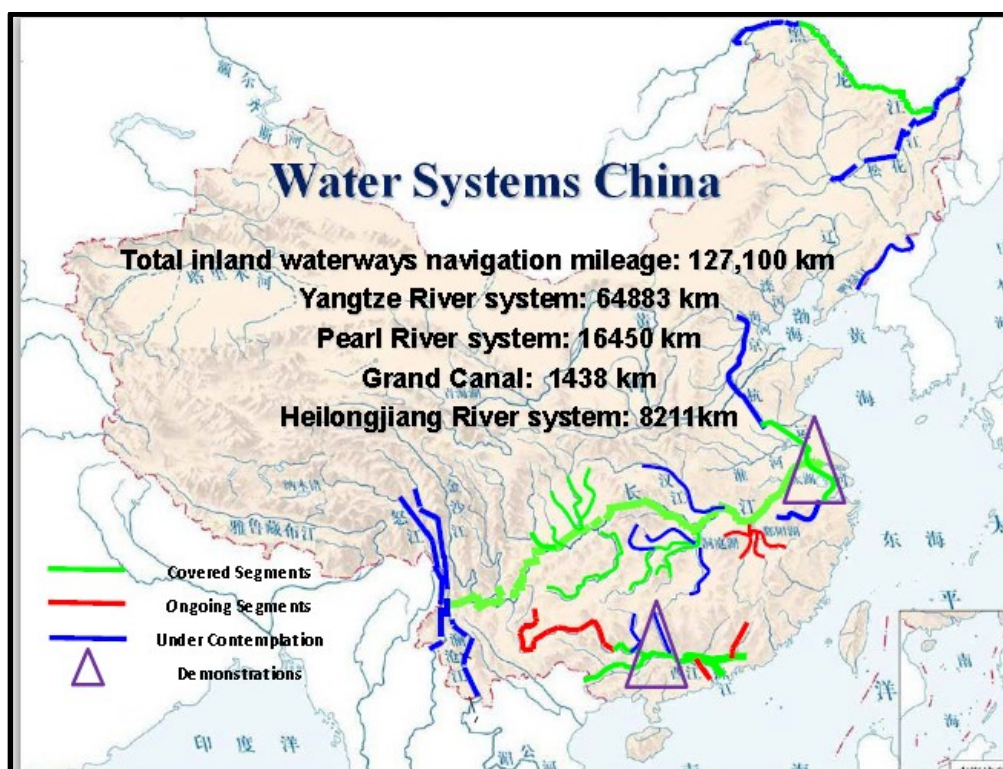


Figura 3: Em verde os rios da China cobertos por cartas eletrônicas (Rio Yangtsé, Rio das Pérolas, Grand Canal e Rio Heilongjiang) (Fonte: IEHG, 2017).

O Brasil aderiu ao IEHG em 2007, antes da China, como o primeiro país da América do Sul a participar deste grupo de trabalho. A adesão foi estabelecida através da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), organização militar da Marinha do Brasil, responsável, como Serviço Hidrográfico Brasileiro, pela cartografia da área marítima, dos rios e demais águas interiores nacionais. Não obstante os esforços que a DHN vem empreendendo no acompanhamento das discussões do IEHG e para a capacitação na produção de Inland ENC, observa-se que existe a necessidade de pesquisa e desenvolvimento em diversas áreas para que o País chegue ao estágio de implantação e operação de um *River Information System* (RIS) (MANDARINO, 2015).

regimes dos rios nacionais, a Inland ENC tem o potencial para ser adotada como produto cartográfico para a navegação fluvial nacional, uma vez que as especificações técnicas ditadas pelo IEHG são flexíveis para se adaptarem às peculiaridades de cada região.

No contexto brasileiro, desde sua adesão ao IEHG em 2007, a DHN vem se preparando para a produção de Inland ENC. Algumas propostas de alterações às especificações técnicas das Inland ENC foram formalmente apresentadas e defendidas junto ao IEHG para que as normas fossem revisadas e incorporassem particularidades dos rios brasileiros (MANDARINO, 2015).

Entretanto, até o presente momento não se tem ciência sobre a criação de especificações de Inland ENC para rios brasileiros, de forma a se estabelecer como aplicar as normas do IEHG em cada hidrovia nacional. Diante desse fato, a elaboração destas especificações, visando uma ágil disseminação das atualizações cartográficas que reflitam alterações morfológicas e dinâmica sedimentar, identificadas principalmente em trechos críticos à navegação, é de fundamental importância para o nosso País.

O Plano Nacional de Integração Hidroviária (PNIH), lançado em 2013 pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), apresenta para seis bacias hidrográficas, a potencialidade de utilização do modal hidroviário, terminais e vias, para o transporte de cargas nos horizontes temporais de 2015 a 2030 (ANTAQ, 2013). Dentre as hidrovias citadas como prioritárias no PNIH, a Hidrovia do Rio Paraguai reveste-se de grande importância, pelo seu potencial de volume de carga e pelo aspecto estratégico, pois é de vital importância para o escoamento de minérios e grãos até os portos marítimos da Argentina e do Uruguai (MT, 2013).

A Hidrovia do Rio Paraguai faz parte da Hidrovia do Paraguai-Paraná, um dos mais extensos e importantes eixos continentais de integração política, social e econômica da América do Sul que atende cinco países: Brasil, Bolívia, Paraguai, Argentina e Uruguai (AHIPAR, 2017).

O Rio Paraguai é a via de transporte de um dos mais importantes depósitos de ferro do mundo. Para Bolívia e Paraguai é a via de escoamento de seu comércio interno e com outros países da América do Sul e do mundo.

Neste estudo, foi escolhido o trecho brasileiro do Rio Paraguai, via que

apresenta um importante valor econômico e estratégico para o País e cuja navegação sofre interferência do regime do rio, que altera as profundidades ao longo dos períodos de cheia e vazante.

Tais alterações constantes no canal de navegação do Rio Paraguai exigem levantamentos hidrográficos frequentes para que haja uma contínua, rápida e eficiente atualização cartográfica de modo a contribuir com a segurança da navegação na região.

A criação de metodologia e especificação técnica para a produção das Inland ENC oficiais do Rio Paraguai é inédita e poderá ser utilizada pela Marinha do Brasil para disseminar as alterações no canal de navegação com maior agilidade do que hoje ocorre com a produção das cartas em papel e raster desta Hidrovia.

1.3 Objetivos

O presente trabalho objetiva, de maneira geral, desenvolver uma proposta de especificação técnica de um produto cartográfico digital, baseado nas normas desenvolvidas pelo IEHG para as Inland ENC, para representar as alterações morfológicas e da dinâmica sedimentar do canal de navegação do Rio Paraguai, visando contribuir para a navegação e outras aplicações, como estudos hidrológicos, obras de engenharia e estudos ambientais.

Para alcançar o objetivo geral são estabelecidos os seguintes objetivos específicos que, por sua vez, definiram as etapas para o desenvolvimento da pesquisa:

- identificar áreas de alteração geomorfológica do canal de navegação do Rio Paraguai, através de pesquisa bibliográfica e documental e análise de dados batimétricos, de imagens de sensores orbitais e das cartas náuticas;
- desenvolver especificação de produto cartográfico baseada nas normas do IEHG para Inland ENC, visando permitir compatibilidade e interoperabilidade dos dados com sistemas de navegação utilizados na Hidrovia;
- elaborar produtos cartográficos preliminares a partir dos dados coletados no Rio Paraguai, segundo as especificações criadas; e
- realizar testes de forma a verificar se as necessidades dos usuários foram atendidas com o produto desenvolvido.

1.4 Estruturação da Tese

Na Introdução foram apresentadas a contextualização e a definição do problema, bem como, as justificativas de estudar e abordar a problemática indicada. Por fim, os objetivos, geral e específicos, são explanados e devem ser atingidos mediante critérios metodológicos diversificados.

A apresentação da área de estudos, tal como a morfologia do Alto-Paraguai e sua dinâmica sedimentar constam do Capítulo 2. Nele ainda apresentam-se características sobre a navegação no Rio Paraguai.

No Capítulo 3 são indicados os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

O Capítulo 4 descreve o processo cartográfico utilizado atualmente para a elaboração das cartas em papel do Rio Paraguai, assim como outras abordagens que foram adotadas para os produtos de que tratam este trabalho.

No Capítulo 5 são apresentados os resultados quanto aos testes de protótipos de Inland ENC (Avaliação dos primeiros protótipos de Inland ENC do Rio Paraguai) e a descrição das especificações técnicas dos produtos gerados (Proposta de Especificação Técnica de Inland ENC para o Rio Paraguai).

As conclusões alcançadas com o desenvolvimento desta pesquisa, bem como recomendações futuras são indicadas no Capítulo 6.

2 Área de Estudo

2.1 Localização da Área

O Rio Paraguai possui cerca de 2.600 km de corrente natural, desde sua nascente até a desembocadura no Rio Paraná. O trecho navegável se desenvolve desde a cidade de Cáceres (MT) até a confluência com o Rio Paraná, um pouco acima da cidade de Corrientes (Argentina) (Figura 5).



Figura 5: Hidrovia do Paraguai-Paraná (Fonte: ANTAQ).

O trecho brasileiro do Rio Paraguai possui 1.635 km, desde sua nascente até a confluência com o Rio Apa, e corre no sentido N-S, nas regiões de fronteira com a Bolívia e o Paraguai (Silva, 2010).

Em função de suas características morfológicas distintas, o Rio Paraguai se divide em quatro trechos característicos a partir de sua nascente (Almeida, 1945), conforme ilustrado na Figura 6.

1) Paraguai Superior – da sua nascente no município de Diamantino (MT) na Serra de Araporé, até a cidade de Cáceres (MT), com extensão de 370 km.

2) Alto Paraguai – entre a cidade de Cáceres e a confluência com o Rio Apa, com extensão de 1.272 km.

3) Paraguai Médio – da confluência com o Rio Apa até Itá Pirú, com extensão de 592 km.

4) Paraguai Inferior – desde Itá Pirú até a confluência com o Rio Paraná, com extensão de 370 km.

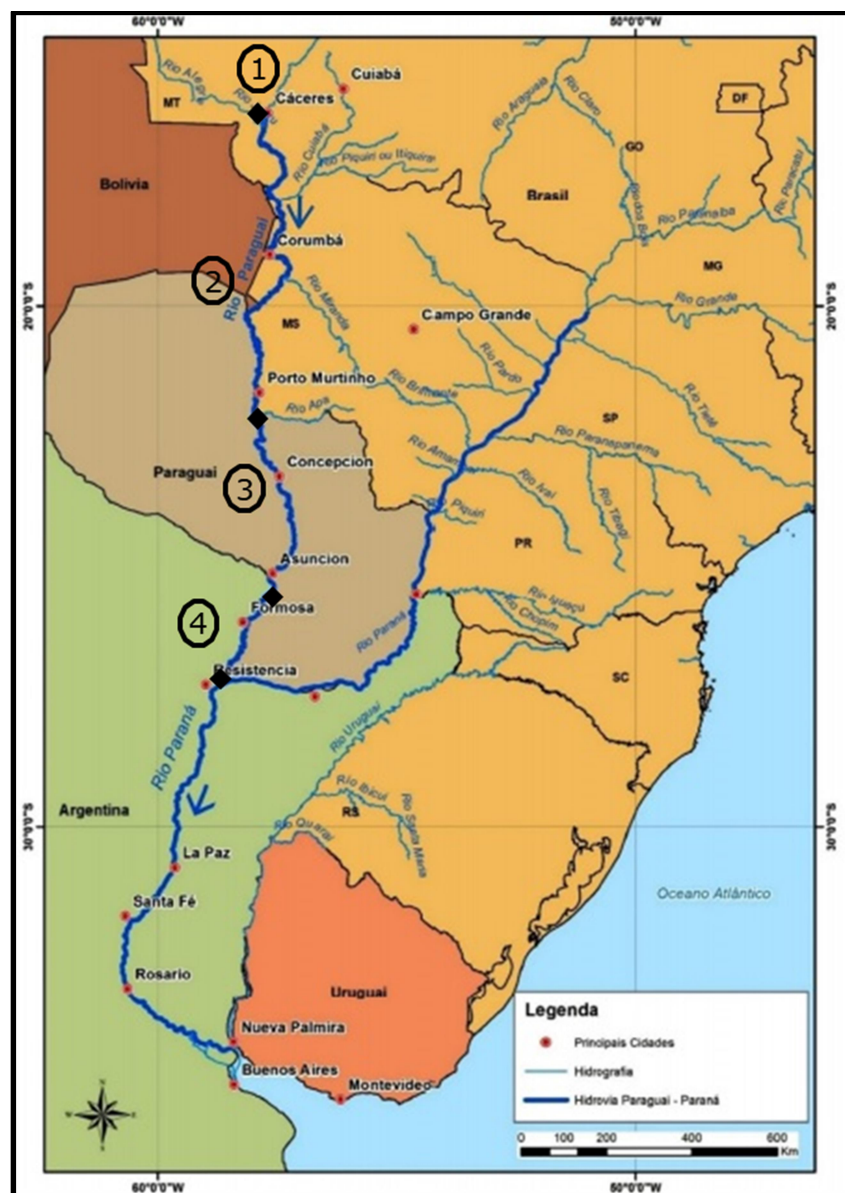


Figura 6: Trechos do Rio Paraguai segundo a classificação de Almeida (1945).
(Fonte: ITTI/UFPR modificado).

2.2 A Morfologia do Alto Paraguai e sua Dinâmica Sedimentar

A Bacia do Prata é a quinta maior bacia hidrográfica do mundo, com mais de 3 milhões de km², e a segunda na América do Sul, depois da Bacia Amazônica (BREA, ZUCOL, 2011).

A Bacia do Prata é dividida em quatro sub-bacias: Paraná, Paraguai, Uruguai e do Rio da Prata (BREA, ZUCOL, 2011). A bacia hidrográfica do Paraguai é a segunda maior sub-bacia do Bacia do Prata e possui uma área total de cerca de 1.095.000 km², localizada em área dos territórios do Brasil, Bolívia, Paraguai e Argentina (KUERTEN, ASSINE, 2011).

Segundo Brea e Zucol (2011), a Bacia do Paraguai é coberta com depósitos sedimentares Quaternários a recentes e sua parte nordeste é marcada pela presença de basaltos cretáceos.

A bacia do Alto Paraguai apresenta padrão de drenagem centrípeta e se estende por uma área de aproximadamente 600.000 km². A nascente do Rio Paraguai encontra-se no município de Diamantino (MT) na Serra de Araporé (SILVA, 2010). Os afluentes nascem em áreas dos planaltos vizinhos à depressão do Alto Paraguai, onde se encontra a planície aluvial do Pantanal, inundada na época de cheia dos rios (SILVA, 2010).

Segundo Assine et al. (2015), a Bacia do Pantanal apresenta depósitos de 500m de espessura que indicam as flutuações climáticas do Quaternário. Porém, o início da bacia nessa era é questionável por falta de dados geocronológicos. Considera-se a hipótese de ter se formado durante os tectonismos no sul do Brasil entre o Eoceno e o Mioceno (ASSINE ET AL., 2015).

O Pantanal é uma das maiores áreas inundadas do mundo e suas paisagens apresentam uma notória biodiversidade (ASSINE ET AL., 2015).

Embora o Pantanal seja uma bacia hidrográfica exorréica², cerca de 90% dos sedimentos são depositados nas áreas inundadas da Bacia, causando a criação de vários bancos ao longo do Rio Paraguai. As áreas inundadas se mantêm devido à água que vem dos platôs, ao baixo escoamento, à infiltração e à retenção pela planície aluvial arenosa (ASSINE ET AL., 2015)..

Segundo Assine e Soares (2004), o Pantanal é uma grande área úmida

² Região na qual ocorre drenagem externa, isto é, suas águas chegam ao oceano direta ou indiretamente (SUGUIO, 1998).

com sedimentação aluvial, que compreende vários sistemas deposicionais caracterizados como leques³. Os afluentes principais (Taquari, São Lourenço e Cuiabá) formam sistemas de megaleques.

O Rio Paraguai apresenta uma geomorfologia complexa, apresentando diversas características em seu curso. Assine et al. (2015) elaboram uma classificação inédita dos sistemas aluviais de toda a Bacia do Pantanal, caracterizando os sistemas de leques e as diferentes planícies por onde o Rio Paraguai corre. As Figuras 8 e 9 ilustram a compartimentação proposta por estes autores.

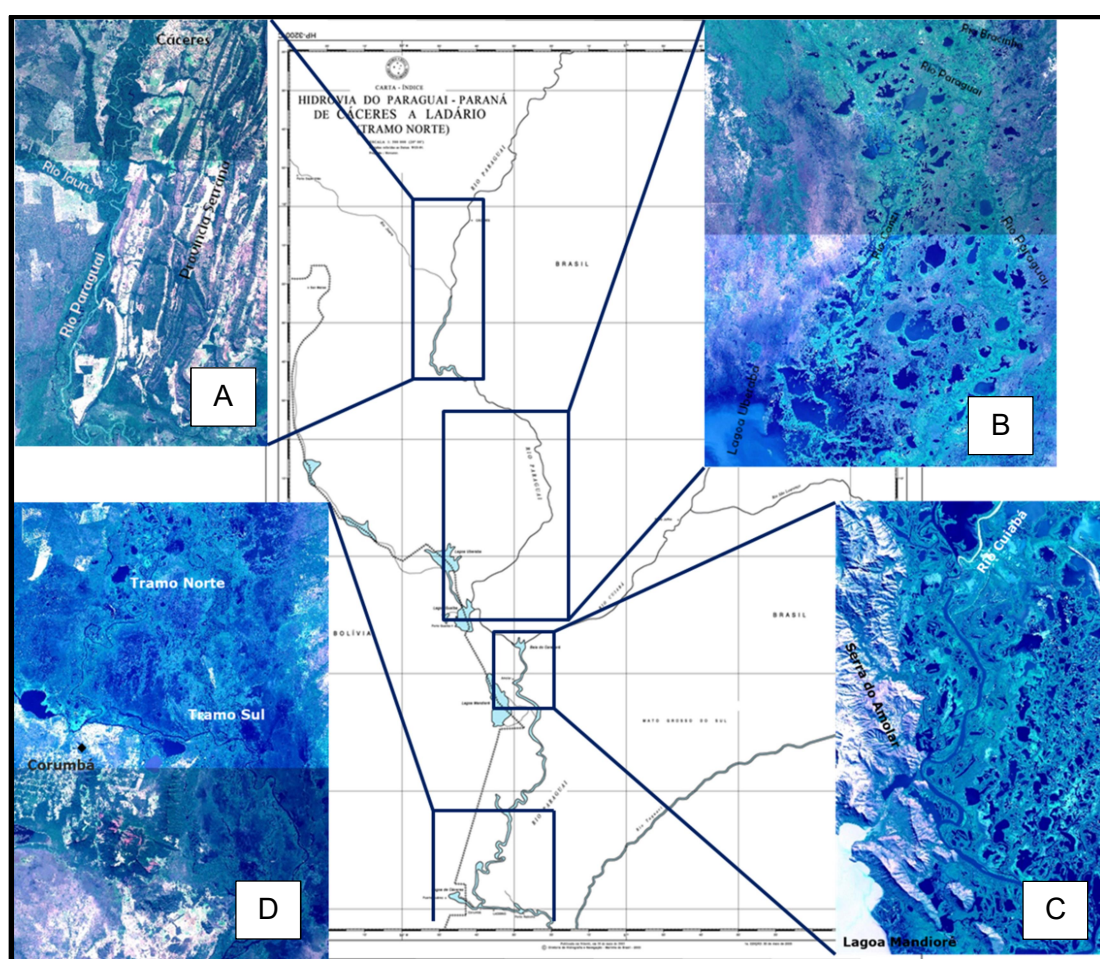


Figura 8: Planícies fluviais do Rio Paraguai, segundo Assine et al. (2015): A) Paraguai-Cáceres; B) Paraguai-Canzi; C) Paraguai-Amolar; e D) Paraguai-Corumbá (trecho) (Fontes: CHM e imagens sensor MSI satélite Sentinel-2 de julho de 2017).

³ Depósito sedimentar em forma de leque, normalmente em áreas de baixa declividade (SUGUIO, 1998).

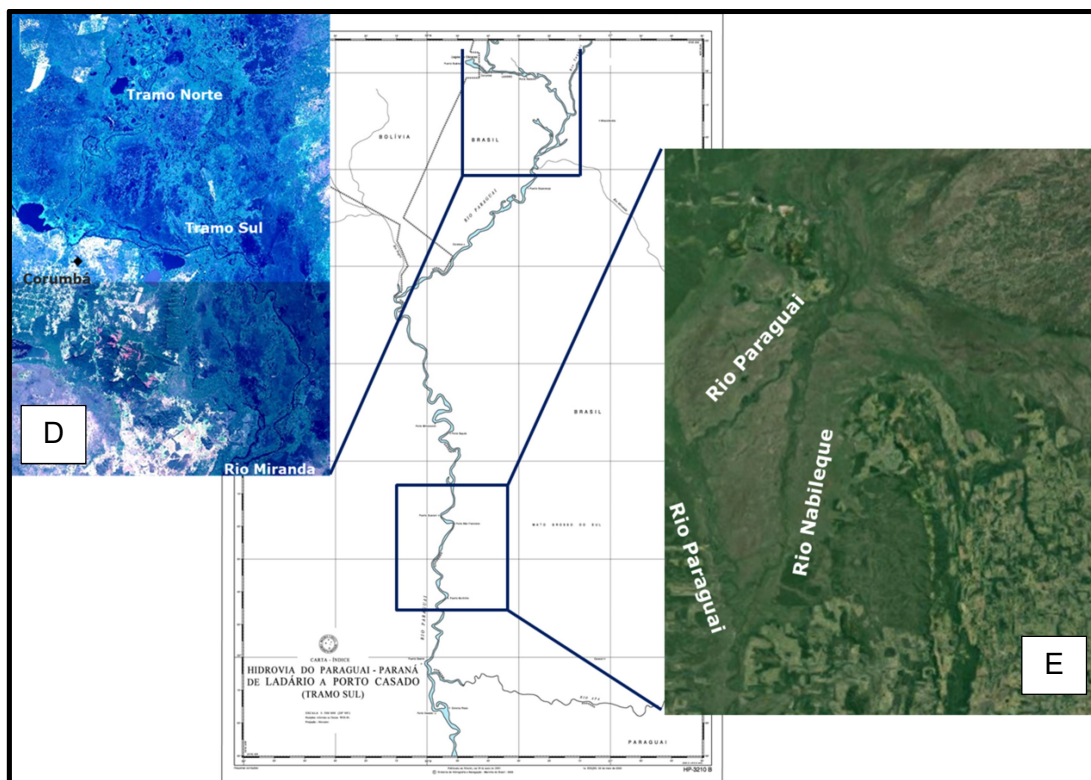


Figura 9: Planícies fluviais do Rio Paraguai, segundo Assine et al. (2015): D) Paraguai-Corumbá (trecho); e E) Paraguai-Nabileque (Fontes: CHM e imagens sensor MSI satélite Sentinel-2 de julho de 2017).

Conforme observados nas Figuras 8 e 9, são identificados cinco compartimentos contrastantes, com a caracterização da geomorfologia, dos regimes hidrológicos e da dinâmica sedimentar: - Planície fluvial Paraguai-Cáceres; - Planície fluvial Paraguai-Canzi; - Planície fluvial Paraguai-Amolar; - Planície fluvial Paraguai-Corumbá; e - Planície fluvial Paraguai-Nabileque.

De norte para o sul o primeiro trecho caracterizado por Assine et al. (2015) é a planície Paraguai-Cáceres. Neste trecho, o gradiente é alto em relação aos demais trechos do rio (6,3cm/km). O rio corre em um vale cavado em rochas pré-cambrianas e apresenta uma planície aluvial de agradação⁴.

Caracteriza-se por uma faixa de meandros⁵ de agradação de 4 a 5 km de largura, limitada pelo leque fluvial do Jauru a oeste e pelas montanhas de rochas metamórficas pré-cambrianas da Província Serrana a leste (Figura 8-A). A maioria das águas tributárias do Rio Paraguai nesta área vem de sua

⁴ Processo de construção de uma superfície por fenômenos deposicionais (SUGUIO, 1998).

⁵ Porção da planície de inundação situada entre duas linhas tangentes às curvas externas de todos os meandros de um rio (SUGUIO, 1998).

margem direita (ASSINE, SILVA, 2009).

O Rio Paraguai é tipicamente meandrante⁶ com índice de sinuosidade de 2,2, e apresentando alguns pequenos canais anamostosados⁷. São observados meandros abandonados e ilhas ao longo deste trecho. O Rio Paraguai apresenta uma geomorfologia complexa, apresentando diversas características em seu curso, que reflete o controle tectônico a oeste da Bacia do Pantanal e as interações com a porção distal⁸ dos megaleques dos outros rios.

De Souza et al. (2012) elaboraram estudo entre a cidade de Cáceres e a Ilha Taiamã, no tramo Norte, a partir de croquis referentes aos anos de 1979, 1987 e 2008, cujos dados foram coletados entre agosto e setembro, período de estiagem do rio. Estes autores afirmam que diversas atividades antrópicas provocam a erosão das margens e o assoreamento do leito fluvial. Ainda, que as variações no nível do rio entre os períodos de cheia e estiagem alteram a configuração do canal de navegação e contribuem também para a erosão das margens, favorecendo o alargamento e a migração dos canais fluviais, conforme ilustrado na Figura 10. Observa-se o alargamento dos canais secundários do rio, que culminou com a mudança de local do canal principal de navegação ao longo dos anos.

⁶ Padrão de canal fluvial característico de rios maduros de baixo gradiente, com ampla planície de inundação, onde o rio corre com trajetória sinuosa (SUGUIO, 1998).

⁷ Padrão de canal fluvial caracterizado por vários canais curvilíneos menores, de baixa velocidade (SUGUIO, 1998).

⁸ Porção mais afastada da fonte de suprimento de sedimentos do leque aluvial, onde predominam sedimentos de granulação mais fina e laminados (SUGUIO, 1998).

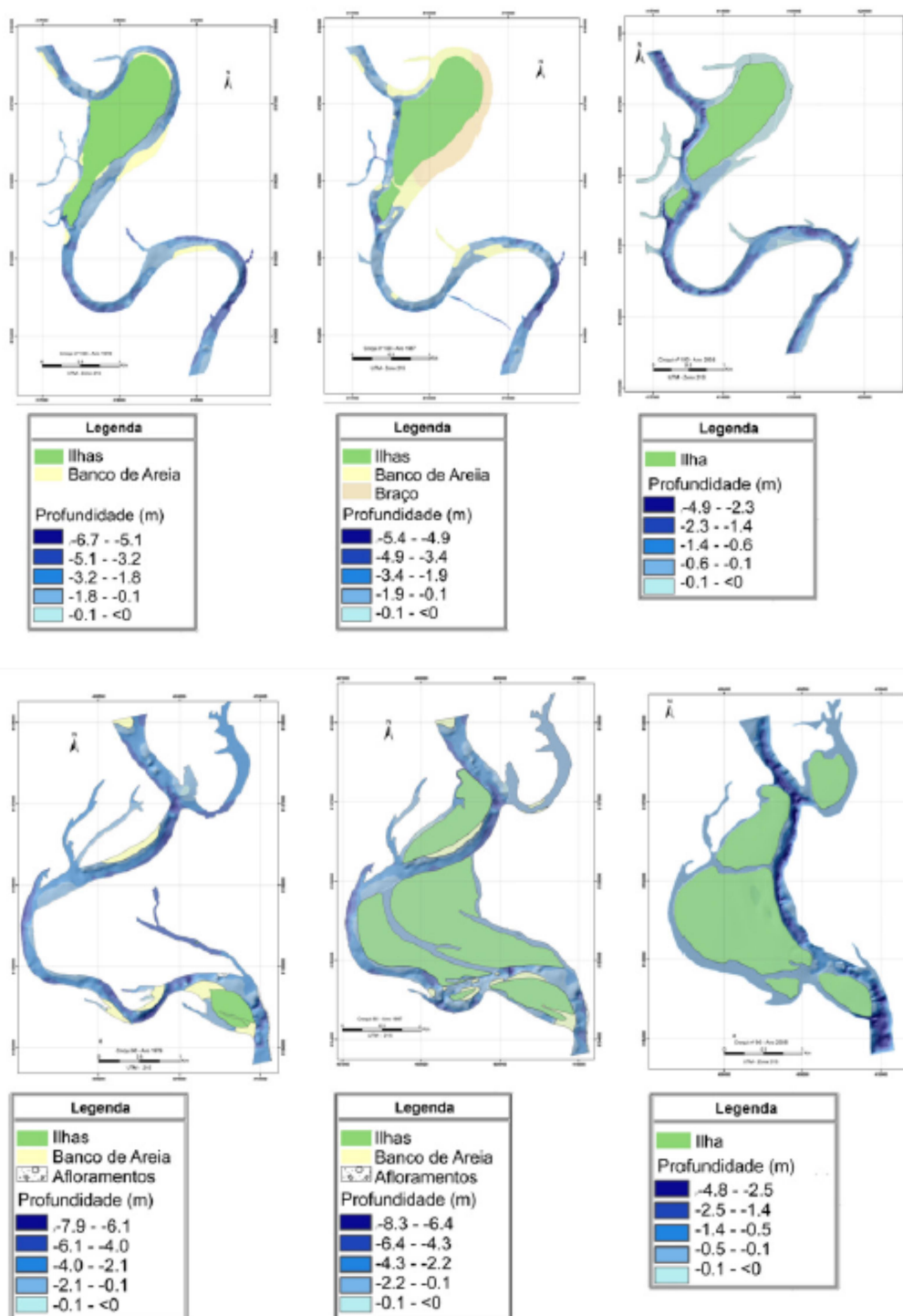


Figura 10: Alterações em dois trechos do Rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiaimã – Tramo Norte, nos anos de 1979, 1987 e 2008. (Fonte: De Souza et al., 2012).

O gradiente passa para 5,9 cm/km quando o rio chega à Bacia do

Pantanal. Uma bifurcação do canal, onde surge o Rio Bracinho, forma o lobo⁹ do megaleque do Paraguai atual (Figura 11). A Reserva Taiamã, uma ilha de 30 km de comprimento, é resultado desta bifurcação com o Rio Bracinho ao norte e o Rio Paraguai ao sul, que mais adiante se juntam.

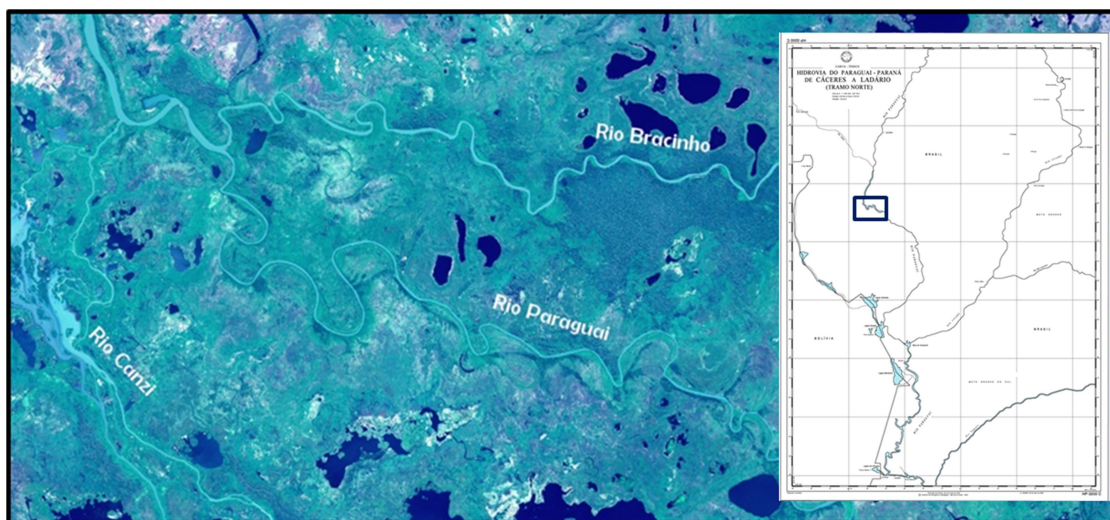


Figura 11: Bifurcação do Rio Paraguai originando o Rio Bracinho (Fontes: Imagem Sensor MSI – Satélite Sentinel 2 (junho de 2017) e CHM).

O segundo compartimento, Paraguai-Canzi possui gradiente de 2,6 cm/km, inúmeros meandros abandonados e lobos de crevassa¹⁰. Neste trecho ocorrem grandes inundações que formam várias lagoas, merecendo destaque a Lagoa Uberaba e a Lagoa Gaíva.

Segundo Silva (2010), pequenas crevassas acima da bifurcação do Rio Paraguai em Rio Bracinho estão direcionando o fluxo para uma planície de inundação¹¹ a oeste, gerando vários canais que se juntam formando o Rio Canzi (Figura 12).

⁹ Massa em forma de língua de detritos (SUGUIO, 1998).

¹⁰ Fluxo divergente de água que extravasa através de uma ruptura no dique marginal de um rio, que pode ocorrer durante uma enchente (SUGUIO, 1998).

¹¹ Parte do vale adjacente ao canal fluvial, composta de sedimentos depositados durante as enchentes, quando as águas transbordam do canal principal (SUGUIO, 1998).

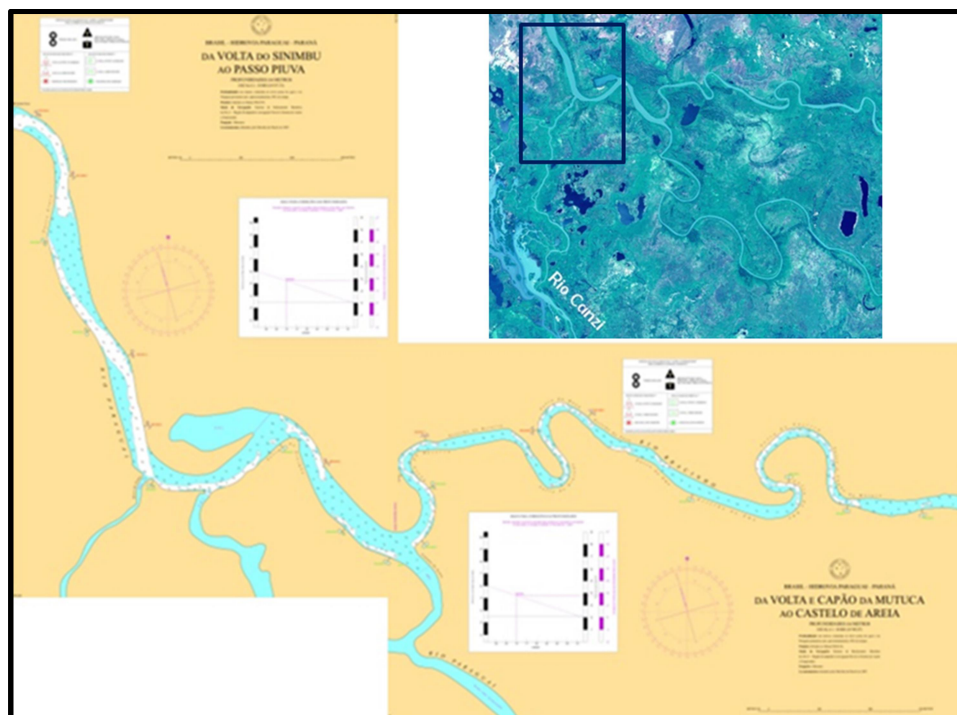


Figura 12: Crevassas acima da bifurcação Rio Paraguai-Rio Bracinho drenam água do Rio Paraguai para formar o Rio Canzi. Cartas 3423 e 3424 (Fonte: DHN e Imagem Sensor MSI – Satélite Sentinel 2 (junho de 2017)).

Segundo Assine et al. (2015), esta área é uma planície fluvio-lacustre que recebe água e sedimentos dos rios Paraguai e Canzi, além do megaleque do Cuiabá, do entorno da bacia e de outros canais periféricos.

Esses dois trechos do Rio Paraguai, propostos por Assine et al. (2015), foram estudados em detalhe anteriormente por Silva, 2010. Este autor, com base em imagens de sensores remotos, modelos digitais de elevação e dados coletados em campo, apresenta uma análise da geomorfologia do trecho norte do Alto Paraguai, especificamente entre Cáceres (MT) e Bela Vista do Norte (MT). Descreve diferentes padrões de drenagem, destacando o padrão tributário¹² ao norte e a alteração para um padrão distributário¹³ ao sul da área, que dá origem ao megaleque do Paraguai, mostrado na Figura 13.

¹² Curso fluvial que flui para desembocar em um rio de dimensões maiores (SUGUIO, 1998).

¹³ Ramificação divergente de um rio junto à foz, criando um braço, em contraposição ao padrão tributário (SUGUIO, 1998).

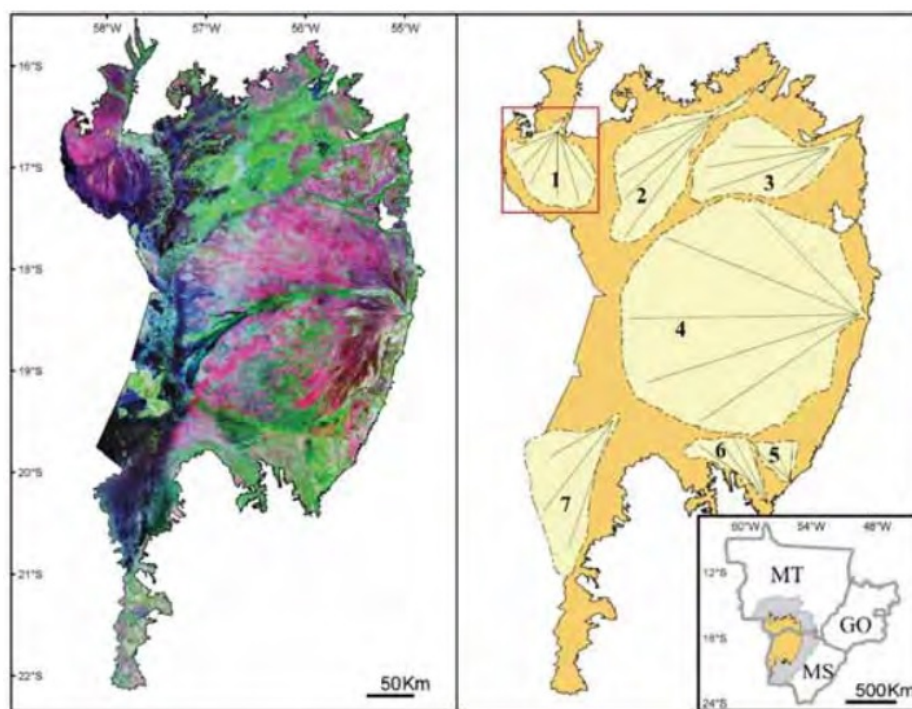


Figura 13: Megaleques fluviais que compõem o trato deposicional do Pantanal: 1 – Paraguai; 2 – Cuiabá; 3 – São Lourenço; 4 – Taquari; 5 – Taboco; 6 – Aquidauana e 7 – Nabileque. Destaque na área de estudo do Megaleque do Paraguai. (Fonte: SILVA, 2010).

Silva (2010) propõe um zoneamento geomorfológico em quatro compartimentos entre Cáceres e Bela Vista do Norte: 1) planície de meandros com canal meandrante, 2) planície de meandros com canal retilíneo, 3) lobo deposicional atual e 4) planície fluvio-lacustre, conforme se observa na Figura 14.

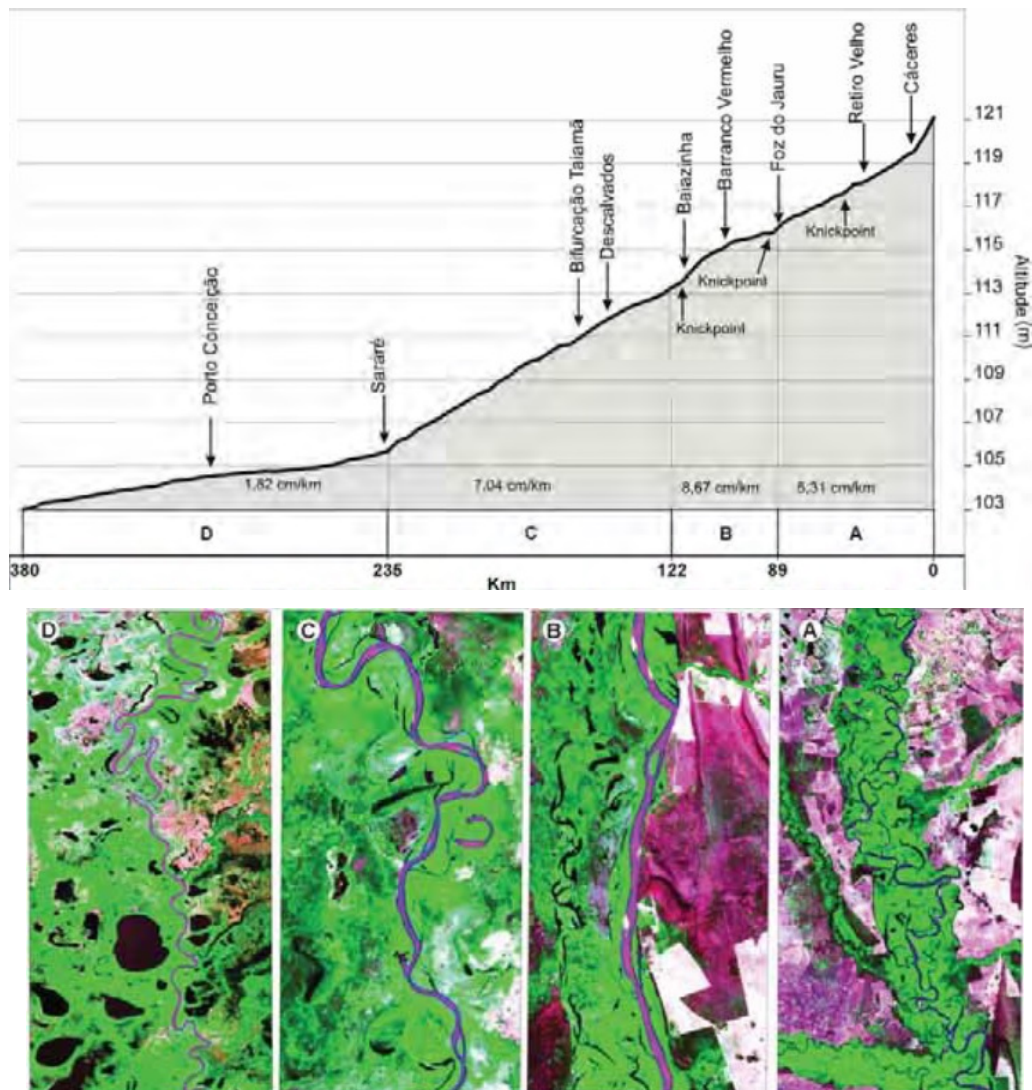


Figura 14: Compartimentação Geomorfológica entre Cáceres e Bela Vista do Norte: A) planície de meandros com canal meandrante, B) planície de meandros com canal retilíneo, C) lobo deposicional atual e D) planície fluvio-lacustre. (Fonte: SILVA, 2010).

No estudo de Silva (2010), merece destaque o detalhamento do trecho entre a foz do Rio Jauru e a Baía das Éguas, com 35 km de extensão e largura de 5 km (Figura 15). O canal chega a 200 m de largura, porém bancos de areia tornam o talvegue sinuoso. Neste trecho do rio, o autor destaca a parte entre o Barranco Vermelho e o Hotel Baiazinha (Figuras 14B e 16), onde a erosão fluvial é alta em virtude do leito do rio ainda não estar equilibrado. Esta parte do Rio Paraguai é perigosa à navegação devido às corredeiras e bancos de areia em rápido movimento, além de constante erosão no leito do rio e nas margens.

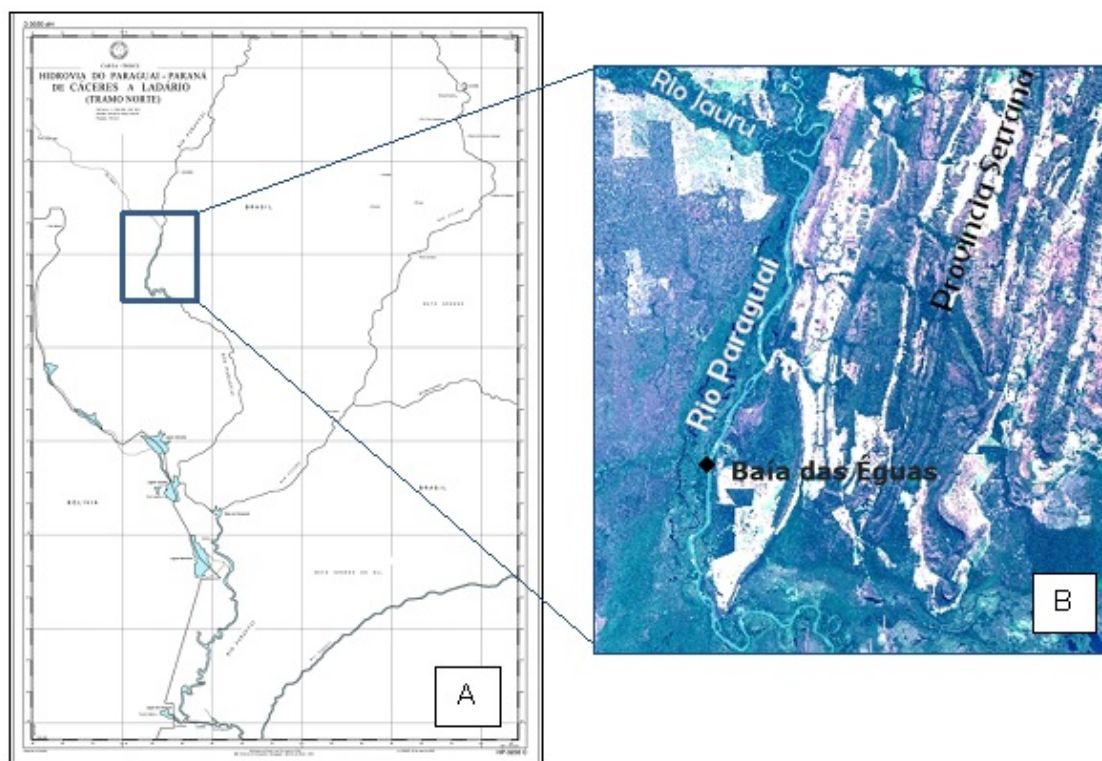


Figura 15: Rio Paraguai entre Rio Jauru e Baía das Éguas. A) Tramo Norte (Cáceres-Ládario); e B) Sensor Sentinel-2 (06/07/2017).

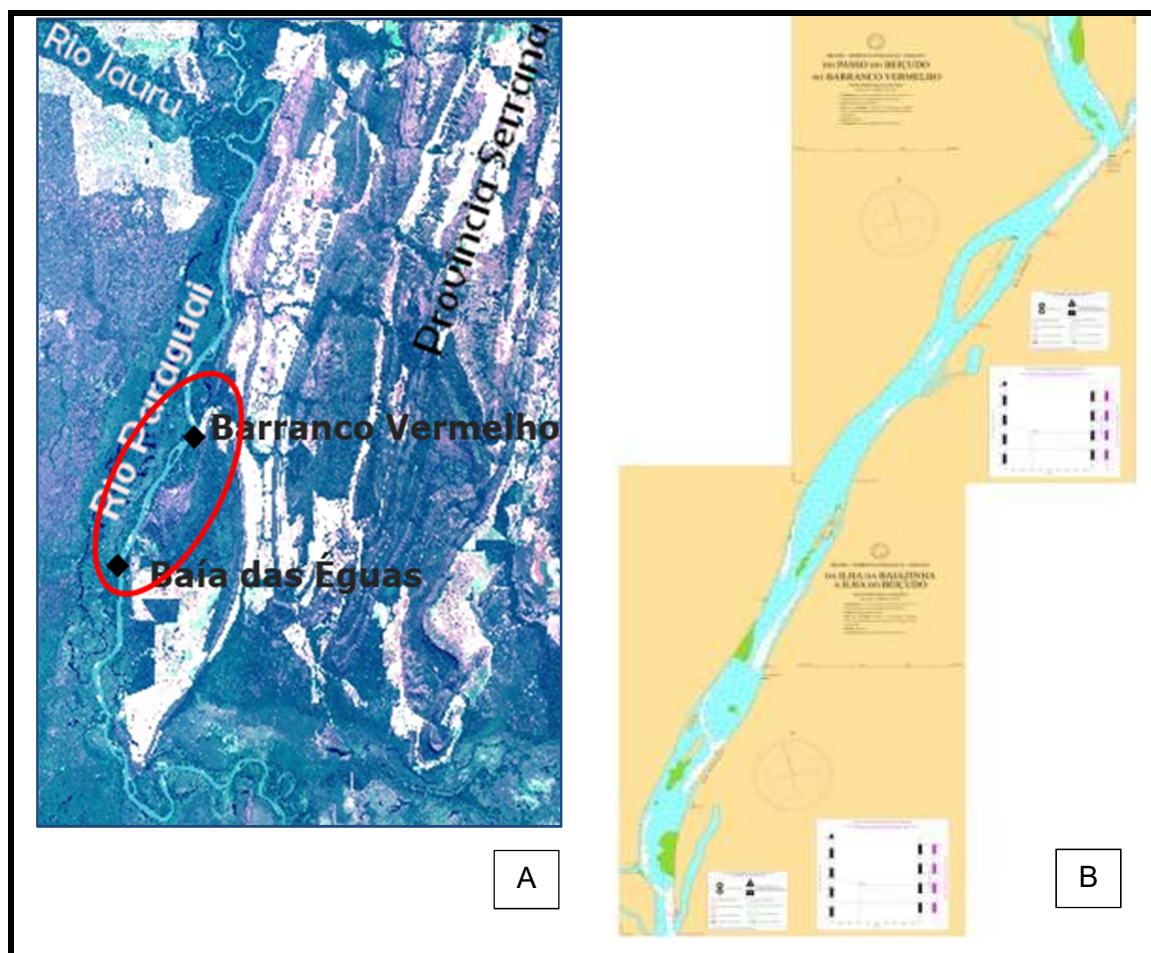


Figura 16: Rio Paraguai entre Barranco Vermelho e Baía das Éguas. A) Sensor Sentinel-2 (06/07/2017) em destaque; e B) Cartas 3431 e 3432 (Fonte: DHN).

Abaixo do Hotel Baiazinha, o autor Silva (2010) chama a atenção para a deflexão que o Rio Paraguai faz para SE, resultante da avulsão¹⁴ e abandono do lobo pré-moderno, que deslocaram o rio para uma área baixa entre os megaleques do Paraguai e do Cuiabá. Esta deflexão marca o início do trecho do lobo deposicional atual do megaleque do Paraguai na região de inundação do Pantanal, onde não existem terraços marginais¹⁵. Neste trecho o rio volta a ter característica meandrante, com característica distributária, conforme ilustrado na Figura 17.

¹⁴ Repentino corte ou separação de uma parte do rio por uma enchente ocasionando uma abrupta mudança no curso (SUGUIO, 1998).

¹⁵ Relevo mais ou menos plano e levemente inclinado, existente nas margens de um canal fluvial como resultado de retomada do processo erosivo aprofundando o leito do rio (SUGUIO, 1998).



Figura 17: deflexão para SE do Rio Paraguai e característica meandrante: A) Cartas 3426 a 3429 e Tramo Norte (Fonte: DHN); e B) Sensor Sentinel-2 (06/07/2017).

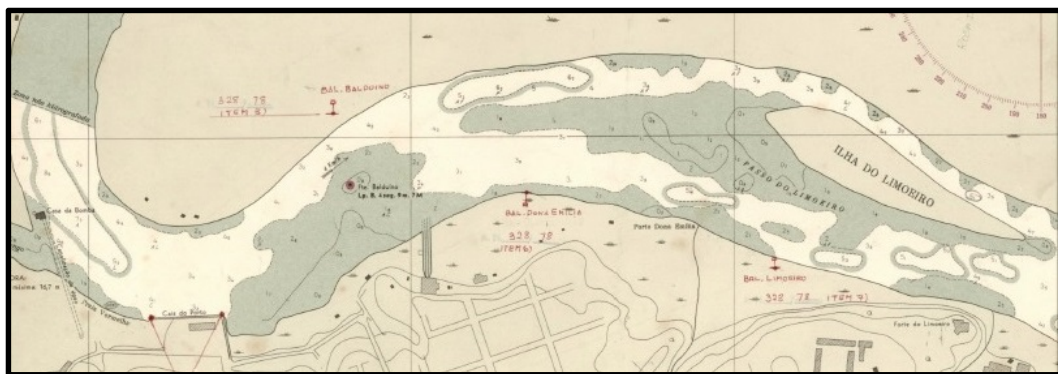
Silva (2010) afirma ainda que o lobo atual do Rio Paraguai é uma área de grande sedimentação em virtude da deposição de sedimentos dispersados pelo transbordamento do rio nas cheias, o que resulta numa geomorfologia complexa. O trecho estudado, entre Cáceres e Bela Vista do Norte, apresenta crevassas, avulsões, agradação do canal, desvios no rio e inundações, constatados pelos paleocanais na área superior do lobo deposicional moderno.

O próximo trecho caracterizado por Assine et al. (2015), é o compartimento Paraguai-Amolar que se caracteriza por uma planície de inundação estreita (6 km) e longa (53 km), confinada pelas montanhas da Serra do Amolar e pelos megaleques dos rios Cuiabá e Taquari. Nesta área o fluxo do Rio Paraguai é retido por um gargalo. A agradação das faixas de meandros cria represamento que faz surgir as lagoas Mandioré e Vermelha.

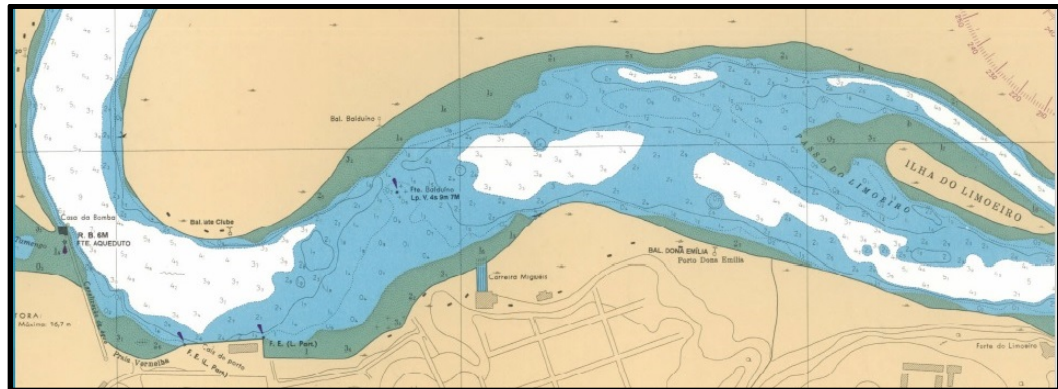
O quarto compartimento é o Paraguai-Corumbá, que corresponde a uma grande planície de 27 km de largura, de baixo gradiente (aproximadamente 2,0

cm/km), com padrão anamostosado formado pelos rios Paraguai e Paraguai-Mirim. Esta planície apresenta diversos paleocanais anamostosados do antigo Rio Paraguai, que são inundados durante as cheias. Na confluência com o Rio Miranda, esta planície é interrompida, criando-se outro gargalo ao fluxo do Rio.

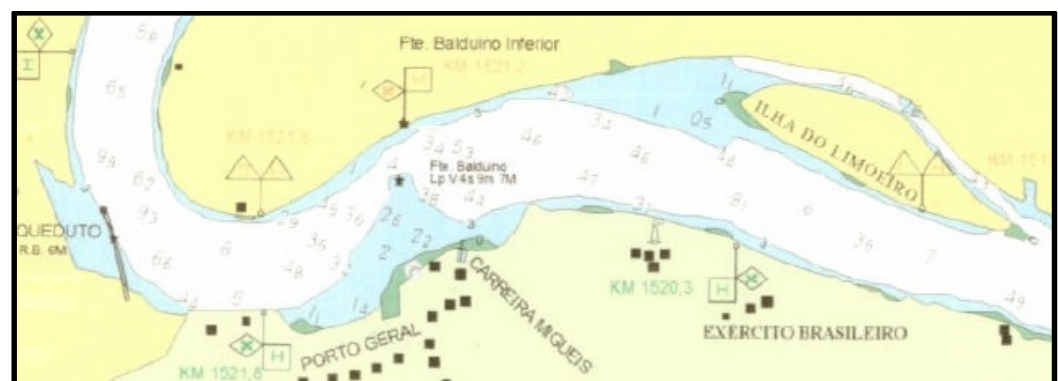
Nas proximidades de Corumbá, as cartas náuticas indicam alguns trechos que vem sofrendo variação no canal de navegação. A Figura 18 ilustra a evolução deste trecho do rio, no período de 1970 a 2014, evidenciando as grandes alterações das feições observáveis nestas cartas.



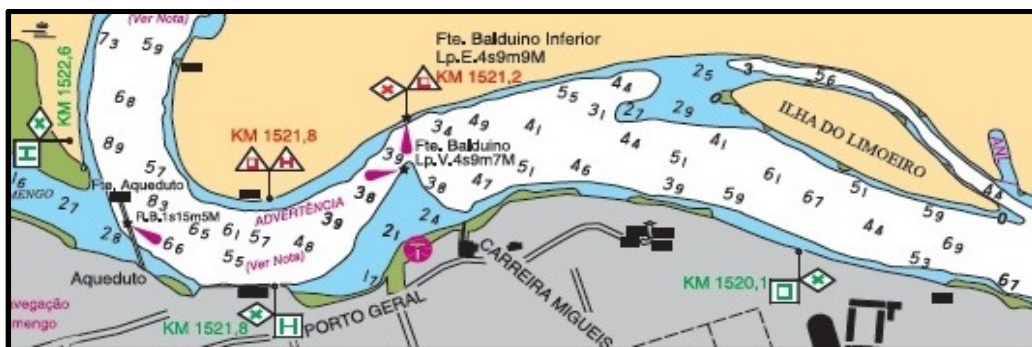
Carta 3230 – 1ª Edição – Levantamento de 1970



Carta 3230 – 2ª Edição – Levantamento de 1978



Carta 3365 – 1ª Edição – Levantamento de 2007



Carta 3365 – 2ª Edição – Levantamento de 2014

Figura 18: Trecho do Rio Paraguai (tramo Sul) nas proximidades de Corumbá – MS representado nas cartas náuticas da DHN a partir de dados de levantamentos de 1970, 1978, 2007 e 2014 (Fonte: CHM).

No exemplo da Figura 18, observam-se alterações significativas no perfil de profundidade, e também mudanças significativas nas margens, além das variações dos limites e aspecto da Ilha do Limoeiro.

Entretanto, além dessas modificações, são observadas alterações significativas entre os períodos de vazante e cheia a cada ano. Bambace (2016) descreve a ocorrência de transporte de sedimentos causando a migração de feições sedimentares do leito do rio Paraguai próximo à cidade de Corumbá - MS, na ordem de 0,55 m/dia, identificado por meio de levantamentos hidrográficos com ecobatímetro multifeixe.

O último trecho caracterizado em Assine et al. (2015) refere-se à parte sul da bacia do Pantanal, onde o Rio Paraguai cruza o megaleque do Nabileque em uma estreita faixa de meandros incisos nos depósitos do Pleistoceno (KUERTEN, ASSINE, 2011).

São identificados lobos abandonados em uma rede complexa de paleocanais distributários na sua superfície, embora a maior parte da superfície do megaleque do Nabileque é sujeita a degradação¹⁶.

Segundo Christofolleti (1981), a remoção, o transporte e a deposição dos sedimentos na rede de drenagem interferem no equilíbrio do sistema fluvial.

O Alto Paraguai, de modo geral, apresenta baixas declividades e fundo arenoso, o que oferece em princípio, boas condições para a navegação.

¹⁶ Rebaixamento da superfície de um terreno por processos erosivos e transporte por água corrente, em contraposição à agração (SUGUIO, 1998).

Entretanto, a alta sinuosidade, as curvas fechadas, e a dinâmica sedimentar que causa grande variação interanual do fundo, dificultam a navegação em alguns trechos, principalmente na área norte (GIUSTI, MIRANDA, RATTON, 2016)

Na área do megaleque do Paraguai, o rio apresenta características sazonais no que concerne à descarga fluvial, que varia entre 200 m³/s na estiagem (junho a setembro) a 2.000 m³/s na cheia (janeiro a abril) (ASSINE, SILVA, 2009).

Em Cáceres, a vazão média histórica, entre 1966 e 2002, é de 537 m³/s e, em Descalvados, 593 m³/s, no período de 1968 a 2003 (SILVA, 2010). O fluxo do rio é bem rápido entre Cáceres e Descalvados, levando dias para fluir. Por outro lado, quando o rio chega ao lobo deposicional, o fluxo leva quase um mês para percorrer a mesma distância.

No trecho estudado por Silva (2010), a cheia do rio Paraguai promove inundações que causam erosão fluvial e o transporte de sedimentos. Em contrapartida, no período de estiagem, os sedimentos são depositados no canal e na planície.

As variações na vazão e os processos de erosão afetam a profundidade e a velocidade do rio, tornando-se parâmetros que interferem na navegabilidade dos rios (LANGBEIN, 1962).

Silva et al. (2007) fazem um estudo sobre as margens do Rio Paraguai e propõe uma classificação em margens estáveis, com baixa erosão e com alta erosão. As margens estáveis apresentam solos argilosos, resistentes à ação da água. As margens com baixa erosão apresentaram um recuo de 1,5m no período da pesquisa. Nas margens com alta erosão, o solo com maior quantidade de areia em sua base colabora para desmoronamentos e deslizamentos de barrancos íngremes em contato com a água, principalmente em locais de alta velocidade do fluxo de água. No período de estudo de Silva et al. (2007), este tipo de margem apresentou recuo de 3m, relativamente baixo. Porém foi observado no estudo comprometimento na base destes barrancos.

A característica meandrante do Rio Paraguai em alguns de seus trechos colabora para o processo de erosão nas margens côncavas e deposição nas margens convexas.

A planície aluvial da Bacia do Pantanal é heterogênea em virtude da

variedade de rochas origem dos sedimentos e do complexo regime de inundação (ASSINE et al., 2015). A maior parte das áreas de deposição corresponde aos leques aluviais modernos, com destaque para o megaleque do Taquari.

Os rios na área de captação drenam rochas siliciclásticas¹⁷ Mesozóicas e Paleozóicas da Bacia do Paraná. Esses rios, perfeitamente encaixados¹⁸ no embasamento apresentam maiores gradientes em contraste com os rios das áreas mais baixas, contribuindo para um grande aporte de sedimentos e a formação de leques fluviais nas áreas de deposição da bacia.

Segundo Assine et al. (2015), faixas de meandros nas partes mais altas dos leques fluviais são relacionadas a eventos de incisão no passado que precederam as alterações na dinâmica deposicional, resultando na transição de canais entrelaçados¹⁹ no Pleistocenos (identificados nas partes inativas dos megaleques) para os canais meandrantess e anamostosados dos lobos atuais.

Assine et al. (2015) ainda descrevem que as planícies do Pantanal determinam o nível de base na região. As partes abandonadas nos lobos atuais que não são inundadas recebem águas pluviais por escoamento superficial, formando uma rede de córregos tributários e retrabalhando sedimentos previamente depositados. Tais sedimentos são assentados nas planícies interleques e transportados pelos afluentes para o Rio Paraguai.

Os rios aluviais se comportam em função de variáveis autogênicas, relacionadas ao ambiente deposicional, e alogênicas, relacionadas a mecanismos externos, desenvolvendo múltiplos estilos a partir das combinações desses fatores. As combinações entre os fatores autogênicos e alogênicos geram diferenças na planície fluvial do Rio Paraguai, evidenciadas por trechos meandrantess e de megaleque (ASSINE et al., 2015).

As variáveis autogênicas do Pantanal, como dinâmica do fluxo e tipos de sedimentos, interferem na transferência de sedimentos das áreas acima do nível de base para os espaços de acomodação, gerando balanço nas taxas de erosão e sedimentação. A combinação de fatores como vazão, escoamento superficial, infiltração, retenção da água e dinâmica do canal geram os

¹⁷ Rocha composta principalmente por quartzo e/ou silicatos (SUGUIO, 1998).

¹⁸ Rio que corre em um vale profundo e estreito (SUGUIO, 1998).

¹⁹ Padrão de canal fluvial caracterizado por canais que se bifurcam e se reencontram (SUGUIO, 1998).

diferentes estilos fluviais nos rios da Bacia do Pantanal.

As variáveis alogênicas, como flutuações climáticas e a dinâmica tectônica, influenciam a dinâmica deposicional na planície aluvial do Pantanal, e resultam na avulsão do rio, o que gera o surgimento de canais distributários e eventual desvio do canal principal.

Segundo Assine et al. (2015), a variação da subsidência²⁰ entre os diferentes blocos da bacia, as alterações no perfil do rio e no nível de base e a reativação de falhas no entorno são algumas das variáveis alogênicas importantes para entender a dinâmica deposicional e do fluxo das planícies aluviais do Pantanal.

No que concerne à dinâmica sedimentar do Pantanal, longos ciclos como a alteração no padrão dos canais e os ciclos de deposição e erosão, podem ser resultantes de fatores alôgenicos, notadamente variações climáticas do Quaternário tardio. Os ciclos curtos como a avulsão em leques fluviais distais e a migração dos meandros são mais intimamente relacionados aos fatores autogênicos (ASSINE et al., 2015).

²⁰ Efeito de afundamento de parte da crosta terrestre por movimentos tectônicos ou por efeito da compactação de sedimentos (SUGUIO, 1998).

2.3 A Navegação no Rio Paraguai

O Rio Paraguai é objeto de diversos acordos para o incremento da navegação e das atividades comerciais entre os países da região da Bacia do Prata. Ainda no Brasil Imperial, em 1858 foi ratificado o Acordo Brasil – Argentina que estabeleceu os primeiros desenvolvimentos da navegação fluvial nos rios Uruguai, Paraná e Paraguai (BRASIL, ARGENTINA, 1856)

Em 1988, em Campo Grande (MS) ocorreu o primeiro encontro entre os cinco países da Bacia do Prata para o desenvolvimento da Hidrovia Paraguai-Paraná, com o objetivo de identificar e propor alternativas para a consolidação da hidrovia. A partir deste encontro, dentre outras ações, houve a criação da Comissão Intergovernamental da Hidrovia Paraguai-Paraná que coordenou diversas reuniões e elaborou o Acordo de Transporte Fluvial (Acordo de Santa Cruz de la Sierra), firmado na Argentina em 1992 (BRASIL et al., 1992), pelos presidentes dos países envolvidos e depositado na Associação Latino-americana de Integração (ALADI), entrando em vigor dia 13 de março de 1995

O Acordo de Transporte Fluvial da Hidrovia foi internalizado pelo Brasil por intermédio do Decreto no 2.716/98 e prevê a eliminação de todos os entraves e restrições administrativas, regulamentares e de procedimento para desenvolver o comércio e uma atividade fluvial eficiente, além de reafirmar o princípio da livre navegação nos rios (ANTAQ, 2017).

Segundo de Souza et al. (2012), a hidrovia incrementou a navegação ao longo dos rios Paraguai e Paraná, desde a cidade de Cáceres, estado do Mato Grosso, até o porto de Nueva Palmira, no Uruguai. Isso contribuiu para a redução dos custos de transporte da produção agrícola, mineral e industrial da região.

O Rio Paraguai, por ser um rio de corrente livre, naturalmente navegável, além de intervenções como dragagens, regularização do leito e remoção de plantas aquáticas, necessita de outros serviços importantes para incrementar a segurança da navegação, como balizamento, cartografia e divulgação constante do nível do rio (MIGUENS, 1994).

No que diz respeito às dragagens, compete à Administração Hidroviária do Paraguai (AHIPAR) acompanhar e executar as atividades de manutenção nos rios da Bacia do Rio Paraguai (MT, 2017).

O programa da Hidrovia Paraguai–Paraná prevê melhoria das condições do balizamento, desenvolvimento de uma cartografia moderna e a unificação dos regulamentos de navegação, para garantir a salvaguarda da vida humana e a preservação do equilíbrio ecológico (DHN, 1998).

O Acordo da hidrovia promoveu ainda a aprovação de diversos regulamentos e protocolos, entre eles o Regulamento Único de Balizamento, que estabelece os tipos de sinalização náutica específica para o Rio Paraguai (DPC, 2017).

De acordo com o Regulamento Único de Balizamento do Acordo da Hidrovia, o tipo de balizamento adotado é adaptado à navegação fluvial, utilizando o sistema de ações a empreender. No Alto Paraguai, trecho de jurisdição brasileira, paraguaia e boliviana, é empregado o sistema de ações a empreender, específico da Hidrovia, sinais flutuantes e sinalização de vãos de pontes (DHN, 1998).

A implantação do balizamento é feita por meio de balizas nas margens do Rio Paraguai que indicam as ações que os navegantes que sobem e descem o rio devem tomar (Figuras 19 e 20).



Figura 19: Esquema do balizamento de Ações a Empreender do Rio Paraguai (Fonte: Roteiro Hidrovia Paraguai-Paraná).



Figura 20: Placas de ações a empreender na navegação: A) margem esquerda km 1361,7 do Rio; e B) margem direita km 1358,8 do Rio (Fonte: autora).

O navegante tem à sua disposição cartas náuticas publicadas pela DHN, produzidas a partir de dados coletados nos levantamentos hidrográficos que são realizados durante várias épocas do ano pelo Serviço de Sinalização Náutica do Oeste (SSN-6), organização da Marinha do Brasil responsável por realizar levantamentos hidrográficos e manter a sinalização náutica entre Cáceres e a foz do Rio Apa.

A sinalização de ações a empreender é representada nas cartas náuticas da DHN. As constantes alterações, decorrentes da manutenção dos sinais, executada pelo SSN-6, são divulgadas por meio de Avisos aos Navegantes da Hidrovia.

O Roteiro da Hidrovia Paraguai-Paraná, publicação complementar à carta náutica, estabelece regras práticas para a navegação fluvial, a serem aplicadas na hidrovia (DHN, 2017). Dentre estas regras, a recomendação de onde as embarcações devem se posicionar, subindo e descendo o rio, de acordo com correnteza, profundidades e raios das curvas. Faz alerta ainda sobre áreas onde existe a possibilidade de bancos, remansos e fundo sujo.

O Roteiro da Hidrovia Paraguai-Paraná descreve ainda que o canal de navegação do Rio Paraguai, constituído em função das condições morfológicas e sedimentológicas, segue as seguintes regras hidrodinâmicas:

- em longos trechos retos do rio, são formados bancos de areia e ocorre a deposição de sedimentos causando alterações frequentes do talvegue e diminuição das profundidades;
- em trechos meandrantos, o canal se aproxima da parte externa das curvas e a parte interna recebe os sedimentos;

- na época das cheias, canais naturais cortam as curvas. Com o aprofundamento dos novos canais por processos erosivos, o antigo canal se fecha e o rio muda o curso; e

- as grandes cheias causam o transbordamento do rio descaracterizando as margens, o que deixa o navegante sem referências.

Em relação ao tramo Norte, com extensão de 680 km, o Roteiro descreve que o Rio Paraguai possui condições razoáveis de navegação até Descalvados (MT), 532 km acima de Corumbá (MS). Acima de Descalvados, até a cidade de Cáceres (MT), o Roteiro informa que a navegação é precária na época da estiagem e restrita para embarcações com calado maior de 3 pés (0,9m).

O Roteiro alerta que o leito do rio é muito instável, em função do deslocamento de sedimentos no período de vazante do rio, dificultando as passagens críticas (estreitas e de baixa profundidade), e que o fundo é predominantemente de areia com algumas passagens com rochas. Existem locais de grande correnteza que levam as embarcações a abalroar as margens.

Além da profundidade variável, a navegação no tramo Norte é restrita em função da existência de curvas fechadas, que dificultam a passagem dos comboios de comprimento maior que 30m (DHN, 1998).

A vegetação macrófita, que cresce na época da estiagem se desprende do solo durante a elevação das águas e flutua, sendo levada para o rio e acumulando-se nos meandros, durante o período de cheia do rio, entre fevereiro e junho. Essa vegetação flutuante, denominada balseiro, constituída por gramíneas e camalotes, pode formar “ilhas” com até 1,50m de profundidade e até 100m² de área (DNIT, 2017). Os balseiros oferecem riscos às embarcações e, às vezes, bloqueiam o rio quando se estendem de margem a margem, fenômeno chamado de “entupimento”, que ocorre principalmente no tramo Norte (Figura 21).



Figura 21: Balseiro no Rio Paraguai (Fonte: DNIT).

Mais ao sul do tramo Norte, durante as cheias, com exceção de algumas margens altas adjacentes às colinas existentes em algumas áreas, as águas invadem as margens e se espalham amplamente sobre a planície, confundindo o rio com o Pantanal (planície de inundação) e, em algumas ocasiões, causando dúvida sobre a localização do canal de navegação. A Lagoa Gaíva (km 1.794), como mostra a Figura 22, exemplifica esta situação.

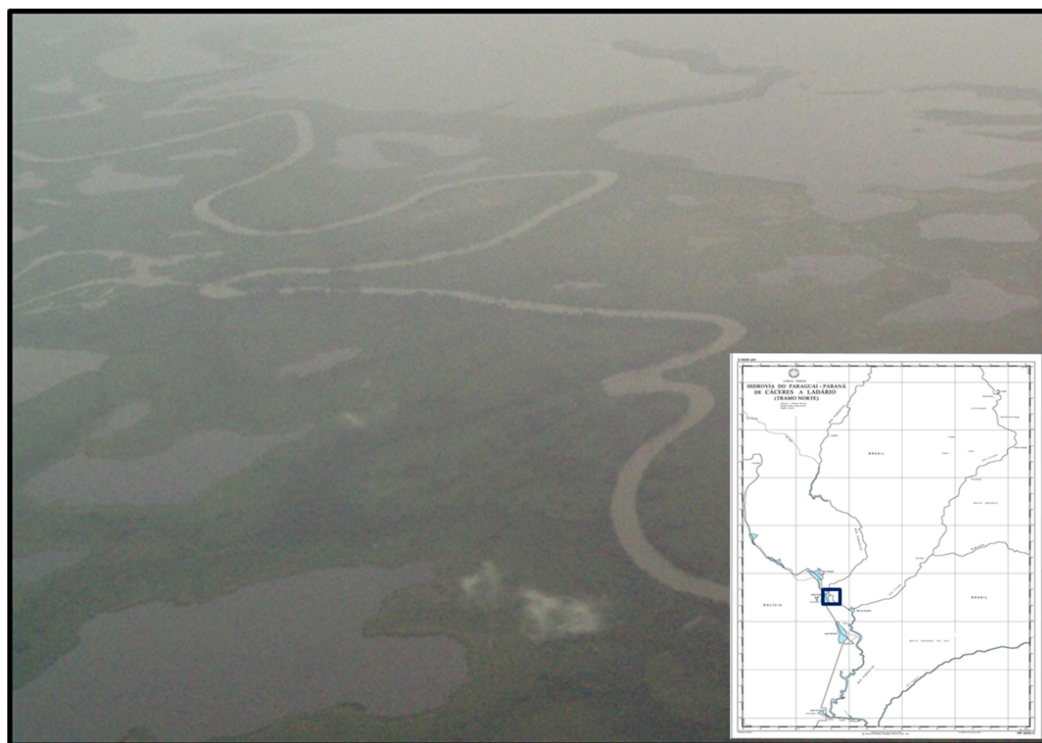


Figura 22: Imagem aérea da Lagoa Gaíva (Fonte: SSN-6).

Até 2006 havia transporte de rebocadores para o escoamento de soja a partir do Porto de Cáceres. Atualmente, a navegação no tramo Norte é predominante de embarcações de turismo, caracterizada por barcos-hotéis e lanchas rebocadas que levam passageiros para atividades de pesca (UFPR, 2017).

No que concerne ao tramo Sul, em virtude das melhores condições de navegação, ocorre o tráfego dos comboios de transporte de cargas, na sua maioria de minério de ferro e de manganês. Neste tramo a navegação de maior porte tem como limite o porto de Corumbá, a largura máxima do rio é de 1000m e a menor de 150m (DHN, 1998). O leito é arenoso, com presença de pedras em muito poucas passagens. Em alguns trechos, os bancos de areia dificultam a passagem no período de estiagem. As pontes dificultam a passagem dos comboios, pois exigem que sejam desmembrados para sua transposição.

Os terminais de Porto Murtinho (MS) e outros terminais em Corumbá (MS) atendem ao transporte de produtos para consumo local das populações vizinhas. Este trecho do Rio Paraguai corre próximo às fronteiras do Brasil com a Bolívia e o Paraguai.

Em 2010, cerca de 70% das embarcações que navegavam pelo Rio Paraguai eram comboios com barcaças, em sua maioria de bandeira paraguaia, para escoamento de granéis sólidos, com destaque para o minério de ferro dos terminais junto à cidade de Corumbá (MS) (LÓPEZ LABORDE, SANCHEZ MARTRES, 2015).

A navegação no Rio Paraguai é basicamente visual, baseada na experiência do prático a bordo, que possui conhecimento do rio e usualmente utiliza croquis e documentos elaborados por ele próprio, conforme mostra a Figura 23. A presença do prático é mandatória para embarcações com mais de 200 toneladas de arqueação bruta (TAB), conforme o Protocolo sobre Segurança da Navegação ao Acordo de Transporte Fluvial da Hidrovia (BRASIL et al., 1992).

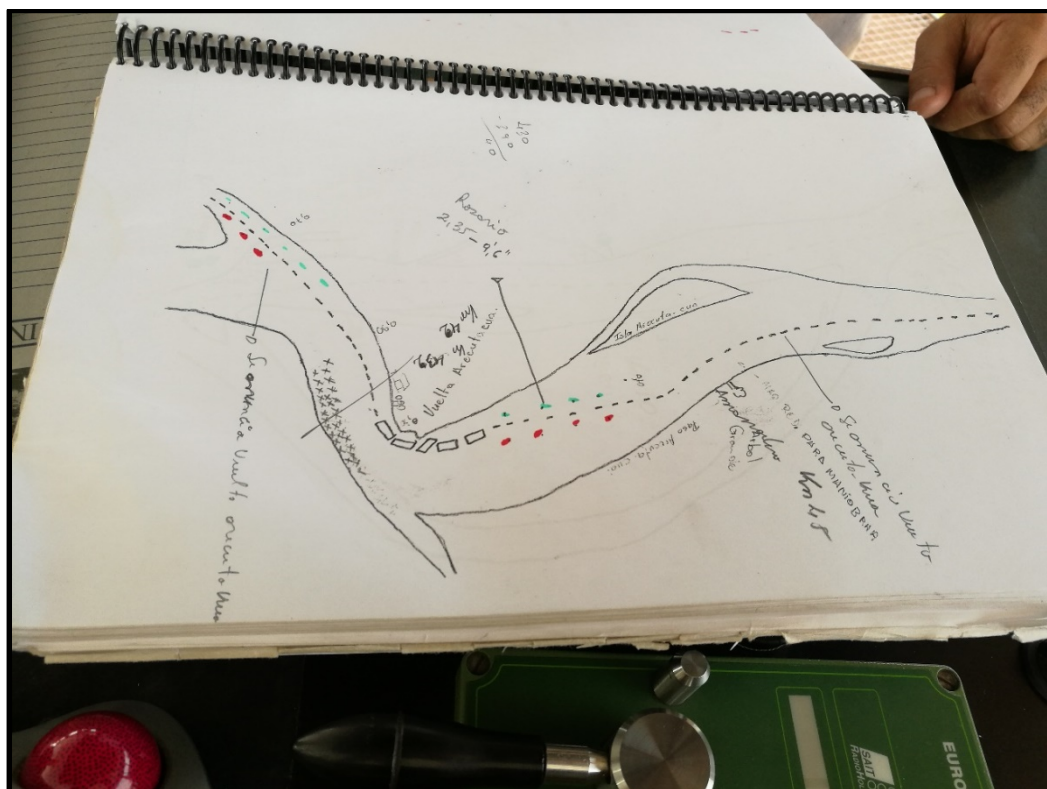


Figura 23: Croqui do prático do empurrador Herkules XVI (Corumbá, MS)
(Fonte: autora).

A tripulação das embarcações conhece as áreas críticas do rio, os tipos de fundo e as curvas, além de saber utilizar as condições de vento e corrente para decidir como proceder com a manobra dos comboios. Esse conhecimento é adquirido com a experiência do prático na navegação na área.

Os empurradores são equipados com radar e ecobatímetro para auxiliar a navegação no rio. Para a passagem nos passos críticos, o empurrador envia uma lancha com ecobatímetro para verificar a morfologia do fundo e lançar boias para delimitar a área onde o empurrador com as barcaças deve passar. Por vezes o comboio deve ser desmembrado para que passe em segurança. Após a passagem as boias são recolhidas para serem utilizadas em outros trechos críticos adiante. As rotas navegadas são gravadas e servem de base para travessias futuras, desde que as condições do nível e assoreamento do rio permaneçam.

Os maiores empurradores que navegam o Rio Paraguai possuem equipamentos eletrônicos a bordo, inclusive sistemas de navegação que exibem a posição planimétrica da embarcação sobre cartas náuticas. Porém, as cartas são produtos não oficiais, normalmente fornecidas pelo fabricante do

sistema, sem atualizações e com pouco detalhamento em relação às profundidades e isóbatas, conforme mostrado na Figura 24.



Figura 24: Sistema de navegação do empurrador Herkules XVI (Fonte: autora).

O desmembramento dos comboios, o levantamento batimétrico expedito e a sinalização com boias para a travessia de passos críticos aumentam substancialmente o tempo da navegação e são realizados apenas durante o dia.

Pelo regulamento da Hidrovia os maiores comboios de empurradores devem ter comprimento e largura máximos de 290 m e 50 m, respectivamente (DPC, 2017). Entretanto, essas dimensões podem ser alteradas pelas Autoridades Marítimas locais em função do nível do rio ou de outras restrições. No Brasil, por exemplo, está autorizada, experimentalmente, a largura de 65 m, no trecho entre Porto Esperança (MS) e a foz do Rio Apa, desde que o comboio atenda a determinados requisitos e que certas condições do nível do rio ocorram (CFPN, 2017).

3 Materiais e Métodos

O Serviço de Sinalização Náutica do Oeste (SSN-6), organização da Marinha do Brasil subordinada tecnicamente a DHN, tem a missão de contribuir para a segurança da navegação na área de jurisdição do Comando do 6º Distrito Naval por meio da realização sistemática de levantamentos hidrográficos e da manutenção da sinalização náutica de 1.272 km do Rio Paraguai, de Cáceres (Mato Grosso) até a foz do Rio Apa (fronteira entre Brasil e Paraguai) (SSN-6, 2017).

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 técnica executora, subordinada a DHN (DHN, 2017).

Os dados hidrográficos coletados pelo SSN-6 e os processos adotados pelo CHM, serviram de base inicial para o desenvolvimento da metodologia e para a criação dos produtos resultantes deste trabalho.

Neste capítulo são apresentados os diferentes dados empregados nesta pesquisa e elencados os programas de software utilizados para o processamento dos dados batimétricos, para a produção das Inland ENC e para os testes a bordo dos primeiros protótipos criados.

Por fim, é descrita a metodologia utilizada para gerar os produtos resultantes da pesquisa.

3.1 Dados Utilizados

Diferentes dados foram empregados nesta pesquisa visando à geração dos produtos cartográficos do Rio Paraguai. Citam-se:

(i) Cartas náuticas raster (3333 a 3442) do trecho brasileiro do Rio Paraguai, disponibilizadas na página da Internet da DHN (https://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-cartas-raster/raster_disponiveis.html);

(ii) Dados do Banco de Dados de Produção Cartográfica do CHM, para a geração das Inland ENC de base;

(iii) Dados divulgados mensalmente pelo SSN-6 referentes ao balizamento do Alto Paraguai, para a criação das Inland ENC de overlay;

(iv) Dados provenientes de levantamentos hidrográficos realizados pelo

SSN-6, validados e armazenados do Banco de Dados Batimétricos do CHM, para a geração de Inland ENC batimétricas; e

(v) Imagens do sensor MSI do satélite Sentinel 2, entre junho e novembro de 2017, resolução 10m, disponibilizados pela *European Space Agency* (ESA) para a análise de trechos críticos do Rio.

3.2 Processamento dos Dados

Para processamento dos dados batimétricos foi utilizado o programa Caris HIPS/SIPS²¹. Tais dados, e respectivos metadados, foram carregados no Banco de Dados Batimétricos do CHM.

Foi utilizado o CARIS BASEManager²² para a seleção e traçado das feições batimétricas.

Para a codificação dos dados no modelo do IEHG e geração das Inland ENC, foi empregado o CARIS HPD²³, sistema do Banco de Dados de Produção Cartográfica, utilizado no CHM.

Para a manipulação das imagens de satélite e elaboração de mosaicos foi utilizado o software Global Mapper²⁴.

Os testes a bordo de empurradores utilizaram os sistemas Rose Point ECS²⁵ e CEACT²⁶, específicos para a navegação fluvial com cartas eletrônicas e compatíveis com as especificações técnicas das Inland ENC, estabelecidas pelo IEHG.

3.3 Metodologia

Para a consecução dos objetivos geral e específicos deste trabalho, foram adotados os seguintes procedimentos, que culminaram com a criação de produtos de acordo com as especificações técnicas propostas:

- 1) Identificação das áreas sujeitas a alterações morfológicas e de grande

²¹ Pacote de software da empresa Teledyne Caris destinado ao processamento de dados hidrográficos

²² Módulo da solução da empresa Teledyne Caris para analisar e manipular grandes volumes de dados hidrográficos, armazenados em Banco de Dados batimétricos.

²³ Solução da empresa Teledyne Caris baseada em banco de dados que visa armazenar feições para a geração de diferentes produtos cartográficos a partir de um único repositório de dados.

²⁴ Aplicação GIS da empresa Blue Marble Geographics.

²⁵ Sistema de navegação integrada da empresa Rose Point Navigation Systems.

²⁶ Sistema de navegação integrada, da empresa CEACT Inc.

dinâmica sedimentar. Para isso foram utilizadas informações coletadas em pesquisa bibliográfica, descritas no item 2.2, e identificadas nas cartas náuticas, nos dados de levantamentos hidrográficos dos últimos anos e em imagens de satélite;

2) Para a produção dos primeiros protótipos de Inland ENC, foram utilizados os dados do Banco de Dados de Produção Cartográfica do CHM, que contém as feições referentes às cartas náuticas em vigor do Rio Paraguai. Os protótipos de Inland ENC foram produzidos a partir da base de dados que gera as cartas em papel do Rio Paraguai, com o mesmo conteúdo que estas, conforme o processo descrito no item 4.2;

3) Os testes foram realizados por empresas de navegação no Rio Paraguai, que instalaram os primeiros protótipos das Inland ENC nos sistemas que existem a bordo de seus empurradores. Os primeiros testes não levaram em conta se as informações das Inland ENC estavam atualizadas, mas sim se a estruturação dos dados estava adequada às necessidades dos usuários. A empresa LatinComp centralizou as críticas apresentadas e enviou relatório único ao SSN-6, com o *feedback* dos usuários;

4) Com base no Relatório dos testes, descrito no item 5.1, foram identificados três tipos de Inland ENC para atender às solicitações apresentadas, principalmente para agilizar a disseminação dos dados, uma das principais preocupações dos usuários. Foram então propostas: a Inland ENC de base, a Inland ENC de overlay e a Inland ENC batimétrica;

5) As Inland ENC de base foram produzidas com alguns ajustes aos Protótipos, em função das críticas do Relatório dos testes, utilizando as ferramentas do Banco de Dados de Produção Cartográfica do CHM, conforme descrito em 5.2.1. A única informação da carta em papel, que constava no Banco de Dados de Produção Cartográfica, e que foi retirada da Inland ENC de base, diz respeito à sinalização náutica das margens, pois essas feições são constantemente alteradas devido à manutenção dos sinais, realizada ao longo de todo o ano pelo SSN-6;

6) Para a sinalização náutica, foram criadas duas Inland ENC de overlay, uma para o tramo Norte e outra para o tramo Sul, conforme explanado no item 5.2.2. Essas Inland ENC de overlay foram produzidas por meio de um *script* que lê a planilha divulgada mensalmente pelo SSN-6 com os dados da

sinalização náutica das margens e automaticamente codifica as feições no modelo de dados do IEHG, e as importa para o Banco de Dados de Produção Cartográfica do CHM;

7) Onde se dispunha de dados de levantamentos hidrográficos com ecobatímetros multifeixe, foi criada uma Inland ENC batimétrica com isóbatas a cada metro, utilizando o CARIS BASEManager, conforme exemplificado no item 5.2.3. A Inland ENC batimétrica criada é da área junto ao Posto Agrícola, nas proximidades da cidade de Cáceres. O processo de produção encontra-se descrito no item 4.3. Este processo deverá ser adotado para as áreas críticas identificadas, onde houver disponibilidade de dados mais adensados. No presente estudo, não foi possível produzir as Inland ENC batimétricas das áreas críticas devido à indisponibilidade dos dados.

4 Processos Cartográficos

4.1 Processo convencional

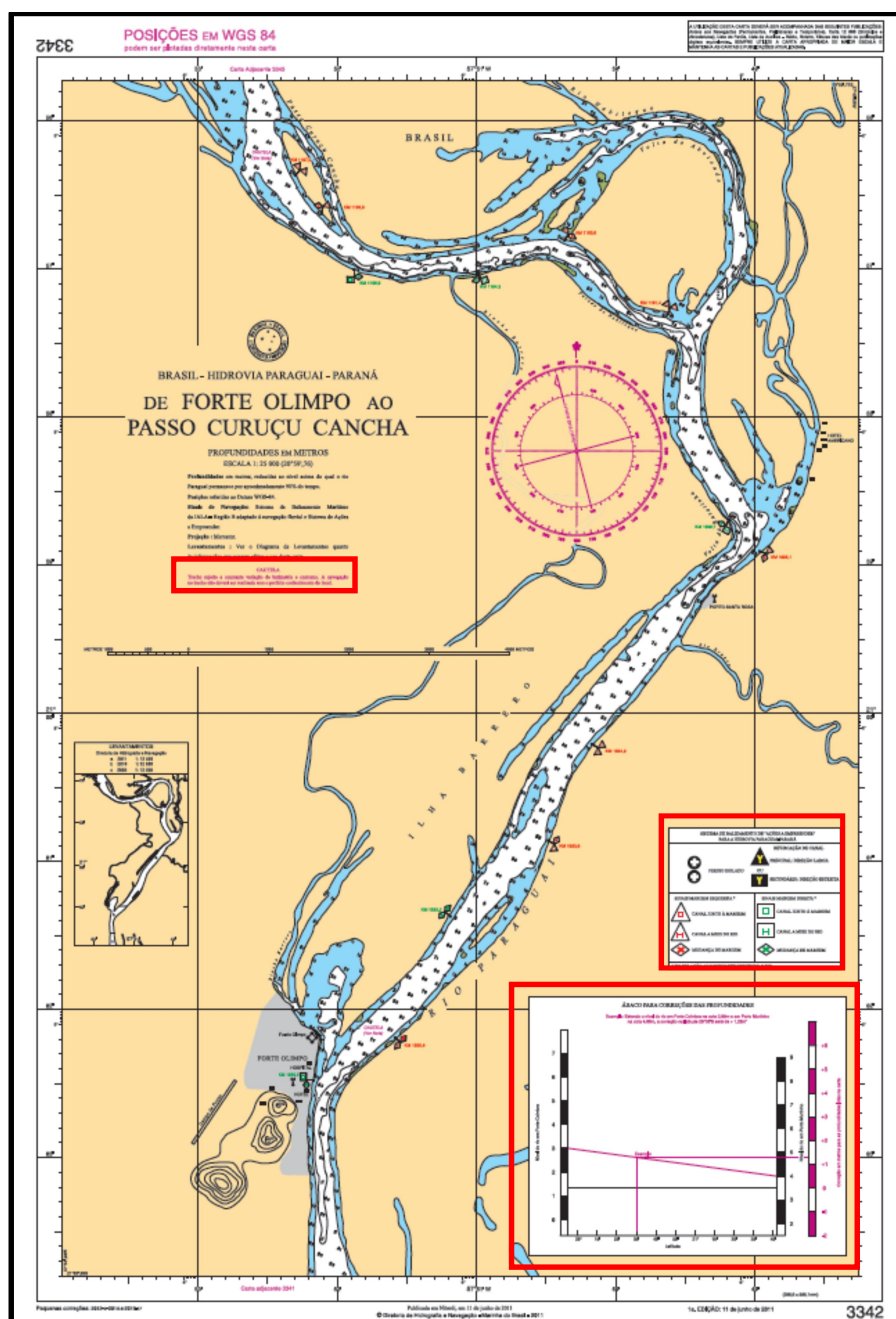
O principal propósito das cartas náuticas é prover informações para que o navegante planeje e execute uma navegação segura. Uma carta náutica deve ser clara, com a densidade de informações adequadas à sua escala, de forma que atinja efetivamente seu propósito de indicar ao navegante as áreas seguras para a navegação e as áreas restritas, onde não deverá demandar.

Para o Rio Paraguai, as cartas produzidas pela DHN seguem as especificações da IHO para as cartas marítimas, porém com adaptações para representar as feições específicas do Rio Paraguai.

A Figura 5 apresenta um exemplo de carta do Rio Paraguai na escala 1:25.000. Nota-se a seleção de sondagens (profundidades) e o traçado das isóbatas de forma a mostrar ao navegante onde deverá passar com sua embarcação. A isóbata de 3 metros limita a área em azul, realçada em função das características de calado das embarcações. Ou seja, a carta busca destacar para o navegante as áreas onde deve exercer cautela ao navegar. Existe ainda uma nota de cautela (ressaltada em vermelho na Figura 25), junto ao bloco do título da carta, com informações que remetem a um trecho do rio onde ocorre constante variação das profundidades.

No canto inferior direito tem-se um ábaco (ressaltado em vermelho na Figura 25), para aplicação das correções às profundidades. A partir do nível d'água medido diariamente em réguas linimétricas ao longo do rio, o navegante, por interpolação, utilizando o ábaco, calcula o nível esperado no trecho navegado.

Por fim, tem-se ainda uma legenda que explica o balizamento fluvial das margens (ressaltado em vermelho na Figura 25), que é específico do Rio Paraguai e, para o qual não existe simbologia estabelecida pela IHO. O balizamento indica ao navegante onde navegar, junto à determinada margem ou no meio do canal.



O processo para a produção de cartas náuticas guarda semelhanças com a cartografia terrestre no que diz respeito aos dados topográficos, normalmente obtidos por meio de imagens fotogramétricas e de sensores remotos. Entretanto, no que concerne aos dados batimétricos, para se produzir uma carta náutica é necessário um levantamento hidrográfico, visando coletar dados abaixo da superfície d'água, o que inclui também observações maregráficas ou

de fluviometria. Dados sobre o tipo de fundo também são coletados, pois são relevantes ao fundeio das embarcações.

Portanto, a partir dos dados topográficos obtidos em imagens ou por reambulação, e dos dados batimétricos obtidos em levantamentos hidrográficos, a carta náutica poderá ser produzida.

Esta primeira fase corresponde ao Preparo dos Dados que irão compor a carta náutica, conforme mostra a Figura 26.

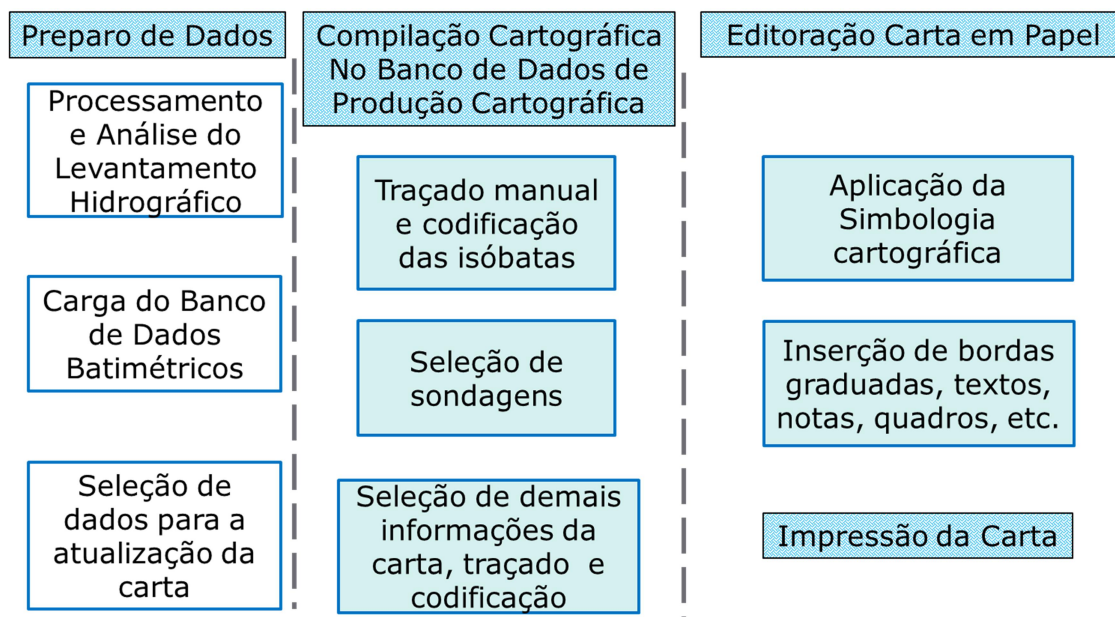


Figura 26: Etapas do Processo Convencional de produção de uma carta em papel, adotado pelo CHM para a produção das cartas do Rio Paraguai.

A próxima etapa corresponde à compilação dos dados que serão inseridos no Banco de Dados de Produção Cartográfica.

A expertise do cartógrafo na seleção das informações relevantes à segurança da navegação é essencial à clareza da carta. A carta em papel, em função da questão imposta pela escala, exige processos cognitivos do cartógrafo para a seleção e representação dos dados. A carta náutica deve mostrar ao navegante onde é possível a passagem da embarcação e onde não se deve passar em virtude de perigos à navegação. Quanto aos aspectos topográficos, deve ser priorizada a representação daqueles de real interesse ao navegante, normalmente junto à costa ou margem do rio, ou facilidades portuárias e outras instalações de interesse. No caso de rios sem muitas áreas

urbanas adjacentes, como o Rio Paraguai, qualquer detalhe de fácil identificação durante a navegação é importante que seja representado.

No que concerne aos dados de batimetria, a seleção de sondagens é feita em conjunto ao traçado das linhas isóbatas. No processo convencional de produção das cartas em papel, o cartógrafo aplica um processo de simplificação das isóbatas em função da escala da carta em papel.

Segundo Menezes e Fernandes (2013), as informações geográficas necessitam de transformações cognitivas para que possam ser representadas cartograficamente de forma a serem reconhecidas no mundo real. A generalização cartográfica e a simbolização são as transformações mais importantes que tratam, respectivamente, do tratamento das informações geográficas relevantes ao propósito do mapa, e de como as mesmas serão representadas por símbolos.

A simplificação das isóbatas é uma das formas de generalização cartográfica, citadas em Menezes e Fernandes (2013). Para esta operação, o cartógrafo suaviza as linhas de forma a melhorar o aspecto e identificação das feições na carta náutica.

Na cartografia náutica, além das questões referentes ao conteúdo da carta, a simbologia deve atender às normas internacionais da IHO, de forma que um navegante que se desloca ao redor do mundo tenha documentos cartográficos de aspecto semelhante. Não existem normas internacionais para cartas em papel de rios e águas interiores. Alguns países, como o Brasil, adotam a simbologia da IHO nas cartas de rios, para as feições em comum com o ambiente marítimo. As demais feições, não previstas pela IHO, são representadas de acordo com especificações técnicas particulares do rio ou Hidrovia.

Esta terceira fase, da aplicação da simbologia, refere-se à fase de Editoração da Carta em Papel. Nesta etapa, o cartógrafo aplica as normas de simbologia, insere topônimos, bordas graduadas, escalas gráficas, informações marginais, títulos, legendas e outros elementos gráficos ou textuais para complementar a simbologia das feições geográficas.

Cabe ressaltar que a toponímia, e outras informações textuais complementares são inseridas nos atributos das feições no Banco de Dados de Produção Cartográfica durante a fase de Compilação Cartográfica.

4.2 Produção de Inland ENC - Processo Convencional

O Banco de Dados de Produção Cartográfica do CHM possui os dados compilados para a produção das cartas em papel do Rio Paraguai.

Para permitir a produção de Inland ENC, o modelo de dados do IEHG para Inland ENC, em sua versão 2.4, foi aplicado ao Banco de Dados de Produção.

O modelo de dados das Inland ENC pode ser estendido para representar feições específicas de determinada região. Os países participantes do IEHG podem submeter propostas de novas feições ou atributos para representar feições típicas de uma região ou fenômenos de interesse à navegação.

Nesta versão das especificações das Inland ENC, a sinalização náutica complementar do Rio Paraguai já havia sido incluída, a partir de propostas submetidas ao IEHG pela autora, conforme consta no Apêndice I.

Em princípio, todas as informações das cartas em papel do Rio Paraguai poderiam ser inseridas na base de dados. Entretanto, durante este trabalho, observou-se que não constava no Catálogo de Feições do IEHG feição e/ou atributo adequados para a codificação do aqueduto presente nas margens da cidade em Corumbá (MS), e sob o qual existe tráfego de embarcações. A autora então propôs, segundo os procedimentos constantes nos Termos de Referência do IEHG (IEHG, 2011), uma solicitação de alteração nas especificações (Apêndice II), com a descrição de como a feição aqueduto seria codificada e as devidas alterações que seriam necessárias no Catálogo de Feições e no Guia de Codificação. Esta solicitação foi submetida durante a 14^a Reunião do IEHG, em outubro de 2017, para que fosse discutida pelo grupo de trabalho. Segundo os critérios previstos nos Termos de Referência do IEHG, o atributo aqueduto foi criado no Catálogo de Feições e uma nova página foi inserida no Guia de Codificação, publicados na próxima versão das especificações das Inland ENC em janeiro de 2018.

Embora o processo de produção adotado tenha sido baseado no processo convencional de produção das cartas em papel, a terceira etapa não foi executada, conforme mostra a Figura 27. Ou seja, uma vez que o modelo de dados das Inland ENC, estabelecido pelo IEHG, já havia sido aplicado ao Banco de Dados de Produção Cartográfica do CHM, foram necessários os

processos de seleção, compilação e codificação dos dados batimétricos, topográficos e complementares a serem inseridos no produto.

As Inland ENC puderam ser geradas a partir do Banco de Dados de produção cartográfica, sem a necessidade de que o processo de simbologia, utilizado na elaboração da carta em papel, precisasse ser feito. Tampouco houve necessidade para inserção de títulos, quadros, legendas e informações marginais, como aquelas das cartas em papel.

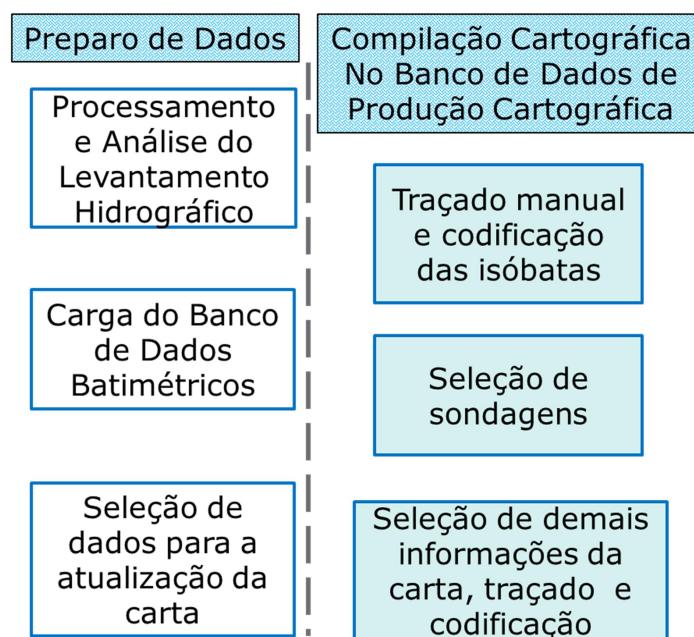


Figura 27: Etapas do Processo de produção de Inland ENC baseado no processo convencional de produção das cartas em papel do Rio Paraguai, adotado pelo CHM.

O desenho de símbolos pictóricos não é necessário para a produção de Inland ENC, pois a qualificação das feições é inserida nos atributos do modelo de dados.

A partir das informações constantes nos atributos, o Inland ECDIS exibe em tela as feições com a simbologia pertinente, adaptada das ENC e, por vezes, semelhante à da carta em papel.

Os primeiros protótipos de Inland ENC foram produzidos seguindo esta abordagem, com o mesmo conteúdo das respectivas cartas em papel do Rio Paraguai, uma vez que foi adotado o processo convencional de produção do CHM.

Entretanto, uma Inland ENC pode apresentar as linhas isóbatas bem mais adensadas do que a carta em papel, desde que os dados do levantamento permitam a definição das mesmas. Por conta disso, não existe a necessidade imperiosa de serem representadas sondagens. As isóbatas adensadas podem permitir que o Inland ECDIS a partir de dados de leitura em tempo real das réguas fluviométricas, aplique a correção de profundidade e ilumine as áreas de navegação restrita em função do calado da embarcação e do nível do rio no momento. A Figura 28 exemplifica esta situação a partir de duas Inland ENCs do Rio Danúbio com a aplicação, pelo Inland ECDIS da correção do nível do rio no momento. Na Figura 28A o rio encontra-se em um nível mais baixo do que na Figura 28B.

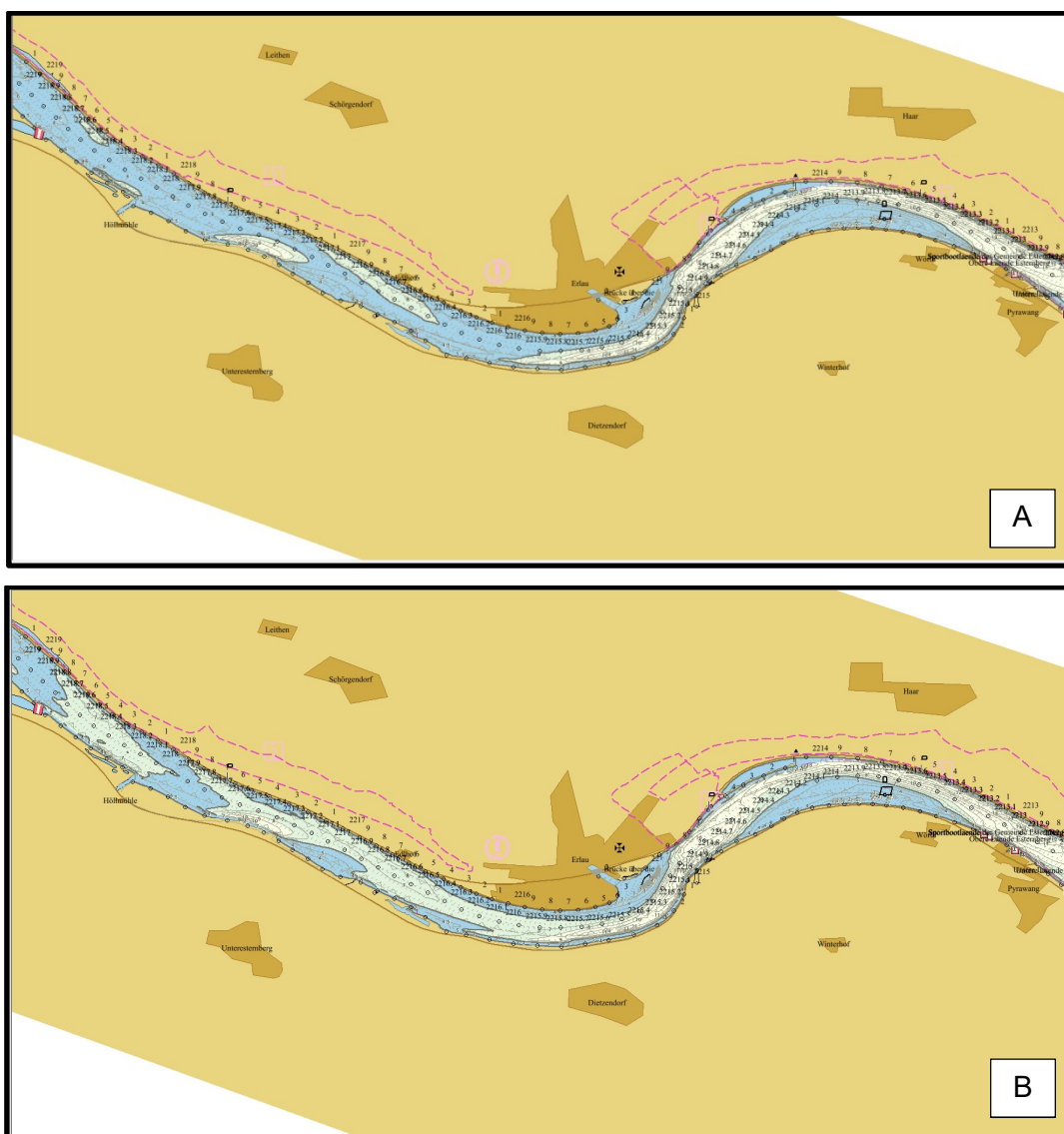


Figura 28: Inland ENC do Rio Danúbio (Fonte: DONAU RIS, 2017).

Para que não haja prejuízo à identificação das informações da carta pelo navegante, os Inland ECDIS seguem regras para a exibição seletiva dos dados, de forma que a tela não fique sobrecarregada. O navegante facilmente busca, quando necessário, as informações complementares inseridas nos atributos das feições, conforme suas necessidades.

4.3 Inland ENC – Comparação entre Processo Automatizado e Processo Convencional

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 (FRIGO, BLENINGER, 2015).

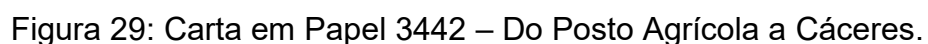
Mais recentemente, a partir de 2016, o SSN-6 passou a empregar ecobatímetros multifeixe em levantamentos hidrográficos no Rio Paraguai (SSN-6, 2017).

Embora a sondagem com técnicas multifeixe exija mais tempo na coleta e processamento dos dados, permite que se tenha um maior grau de confiabilidade dos dados batimétricos. Estes dados batimétricos permitem que o processo de compilação na produção de Inland ENC seja feito de forma automática. O intervalo entre as linhas isóbatas deve ser planejado em função das características fluviométricas do rio e das embarcações que o navegam. As linhas isóbatas podem ser mais adensadas do que aquelas das cartas em papel, conforme ilustrado nas Figuras 28A e B.

De forma a estabelecer um novo processo de produção, realizou-se um teste comparativo na produção de duas Inland ENC a partir de dados coletados com ecobatímetros monofeixe e multifeixe de uma mesma área. É importante ressaltar que as etapas de análise e processamento dos dados haviam sido executadas pela Divisão de Levantamentos do CHM.

A Inland ENC produzida a partir dos dados multifeixe adotou um novo fluxo de trabalho, mais automatizado, que poderá ser adotado pelo CHM para a produção futura de Inland ENC, principalmente em trechos mais críticos do Rio

A região deste estudo corresponde à carta em papel do Rio Paraguai 3442, de título: Do Posto Agrícola a Cáceres e escala de 1:10.000 (Figura 29), nas proximidades da cidade de Cáceres, uma das áreas de teste onde o SSN-6 realizou os primeiros levantamentos com ecobatímetro multifeixe em 2016.



56

o processamento das informações coletadas com ecobatímetro multifeixe.

O levantamento hidrográfico foi conduzido pelo Aviso Hidroceanográfico Fluvial Caravelas, embarcação sob subordinação do SSN-6, de 14 de janeiro a 2 de fevereiro de 2016. Foram levantados 8 km do Rio Paraguai nas proximidades da cidade de Cáceres (km 2173,8 a km 2181,6). Foram utilizadas duas lanchas (Hotel e Índia) para a execução dos levantamentos usando ecobatímetros monofeixe e multifeixe, respectivamente.

No levantamento hidrográfico conduzido pela Lancha Hotel, foram instalados e empregados os equipamentos: RTG C-NAV 3050, Ecobatímetro Kongsberg Simrad EA400SP, operando em 200kHz e AML Oceanographic Smart X. O primeiro equipamento utilizado no posicionamento planimétrico da embarcação em tempo real; o segundo na determinação das profundidades e o terceiro na determinação da velocidade do som diariamente em diferentes locais dentro da área a ser sondada.

O planejamento do levantamento e a aquisição dos dados foram efetuados por meio do Software hidrográfico Hypack 2013 e o processamento dos dados coletados durante a sondagem foi efetuado por meio do Software hidrográfico Caris Hips & Sips 7.1.2.

A duração do levantamento hidrográfico foi de 1,5 dia e no processamento dos dados foi dispendido aproximadamente o mesmo tempo.

No levantamento hidrográfico conduzido pela Lancha Índia foi empregado o ecobatímetro Kongsberg EM2040 Compact Dual Head, operando em 320kHz – abertura angular de 150° visando a determinação das profundidades; o posicionamento planimétrico da embarcação, em tempo real, foi efetuado com o RTG C-NAV 3050; o sensor inercial MRU 5 possibilitando a correção dos movimentos da embarcação (balanço, arfagem e guinada, segundo De Souza (2011)) e o sensor de direção SeaPath 320, composto por duas antenas Novatel. A determinação da velocidade do som foi efetuada diariamente em diferentes locais na área a ser sondada com o auxílio do sensor AML Oceanographic Smart X.

As linhas de sondagem foram planejadas e efetuadas longitudinalmente ao eixo do rio, espaçamento variável, dependendo da profundidade local, para garantir uma sobreposição de 100% nas linhas adjacentes (200% de cobertura inferior). A duração desta sondagem foi de 4 dias.

Os dados coletados foram processados no programa hidrográfico Caris Hips & Sips 8.1 durante cerca de 16 dias.

Em ambos os levantamentos, com ecobatímetro monofeixe e multifeixe, os dados de nível do rio nas réguas linimétricas em Cáceres e em Bela Vista do Norte foram utilizados para ajustar as sondagens.

A IHO 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 (*IHO Standards for Hydrographic Surveys*) (IHO, 2017).

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

A primeira abordagem foi produzir uma Inland ENC a partir dos dados obtidos por meio do levantamento hidrográfico monofeixe, adotando o fluxo de trabalho usualmente implementado no CHM, para as cartas em papel do Rio Paraguai, conforme o processo descrito no item 4.2.

Foram necessárias 30 horas para compilar os dados batimétricos e criar o arquivo final da Inland ENC. A Figura 30 mostra o produto gerado adotando o processo tradicional, a partir do levantamento monofeixe.

após diversos testes de variação do mesmo.

Foram necessários cerca de 40 minutos para todo o processo de Compilação Cartográfica, incluindo a validação dos resultados contra a superfície batimétrica, para verificar se todas as feições da morfologia do fundo foram propriamente representadas pelas isóbatas resultantes. A Figura 31 apresenta as etapas do processo.

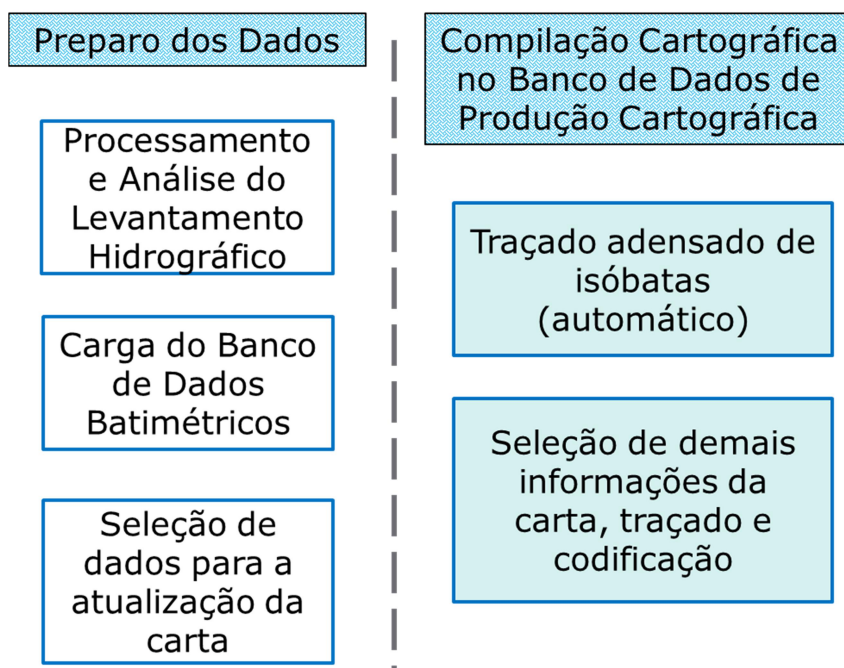


Figura 31: Etapas do processo automatizado de produção de Inland ENC com isóbatas adensadas a partir de dados de levantamento hidrográfico multifeixe do Rio Paraguai.

Neste produto, não houve sondagens selecionadas porque o levantamento abrange todo o fundo e as isóbatas geradas são muito precisas, o que garante que todos os alto-fundos sejam retratados pelo software.

Como não há problemas de escala porque é um produto digital, esse processo é mais rápido que o da carta em papel. A Figura 32 mostra a Inland ENC que foi gerada a partir dos dados processados coletados pelo ecobatímetro multifeixe.

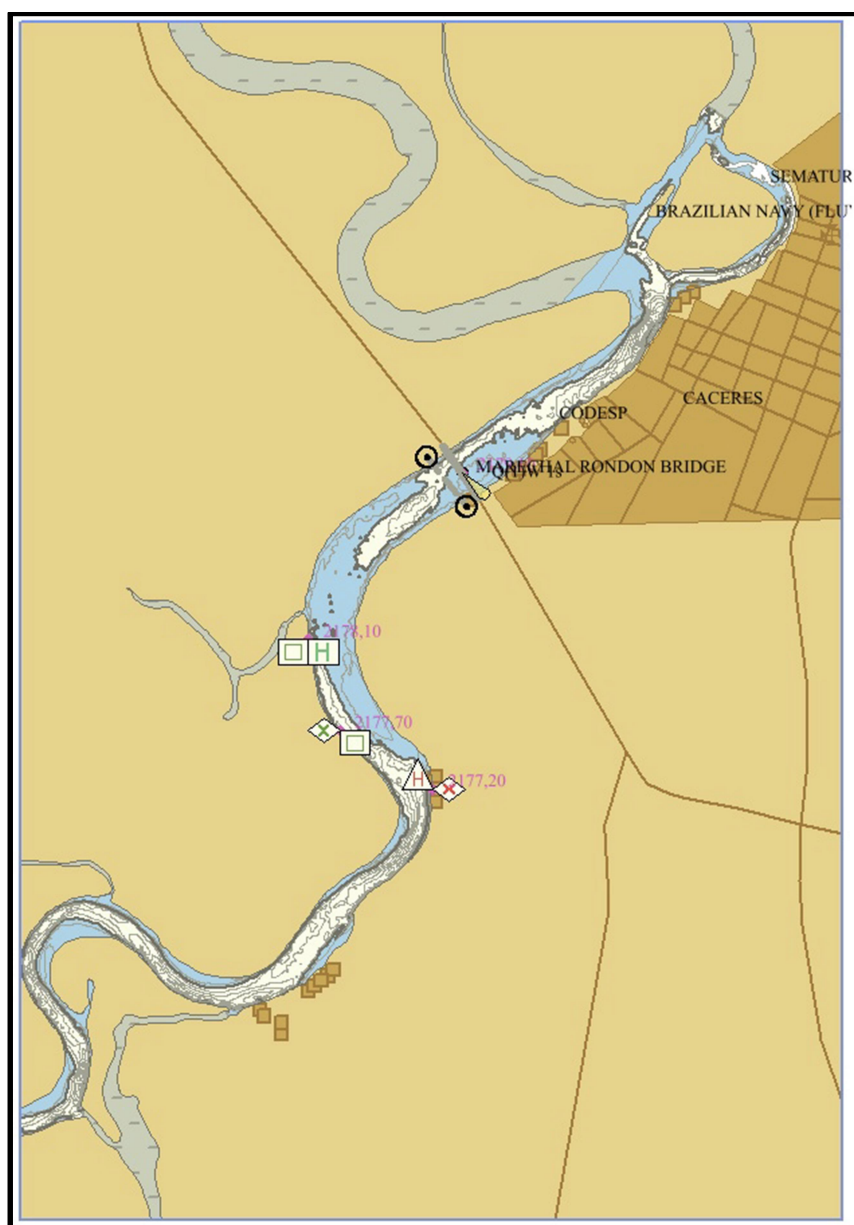


Figura 32: Inland ENC com isóbatas adensadas, criada a partir de dados coletados com ecobatímetro multifeixe (processo automático).

4.4 Discussão

O item 4.1 apresentou o processo convencional de produção de cartas em papel, adotado pelo CHM, e sobre o qual foi baseada a metodologia para a produção dos primeiros protótipos de Inland ENC do Rio Paraguai, descrita no item 4.2.

Traçando-se um comparativo entre os processos descritos nos itens 4.1 e 4.2, percebe-se que a produção de Inland ENC, mesmo seguindo o processo convencional, é mais célere do que a da carta em papel.

O item 4.3 traça um comparativo entre a metodologia utilizada no item 4.2 (Inland ENC pelo processo convencional) e uma nova abordagem, automatizada, para a produção de Inland ENC a partir de dados de levantamentos multifeixe.

Para estruturar uma comparação entre os dois processos apresentados no item 4.3, 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 critérios diferentes: (i) as diferenças quanto às características do levantamento; (ii) as diferenças quanto ao processo de construção cartográfica; e (iii) os produtos finais gerados.

No primeiro critério, as características do levantamento, existem considerações 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 seguir uma regra geral que compara os levantamentos de ecobatímetros monofeixe e multifeixe. No entanto, é razoável esperar uma maior quantidade de dados a serem coletados em levantamentos hidrográficos multifeixe, que necessitam de equipamentos mais custosos e requerem 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 maior adensamento de dados 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 se lida 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, critério (ii), observou-se que a abordagem convencional é mais demorada devido às tarefas cognitivas do executor para selecionar e generalizar os dados batimétricos com base na escala da carta em papel (MENEZES, FERNANDES, 2013).

O processo automático que foi proposto para os dados multifeixe é menos demorado, mas requer também uma experiência do executor 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 das feições da Inland ENC ao usuário, pois as isóbatas, mesmo adensadas, teriam sido geradas por meio das interpolações aplicadas pelos modelos matemáticos.

Quanto aos produtos gerados pelos dois processos, estes podem ser utilizados complementarmente. Para as áreas onde se dispõe de dados coletados por meio de levantamentos hidrográficos com ecobatímetros multifeixe, principalmente em trechos críticos à navegação, é importante que seja gerada uma Inland ENC a partir do processo automático, para que as informações sejam disseminadas rapidamente. Essas Inland ENC poderiam conter apenas informações batimétricas, de forma a agilizar sua produção. Por outro lado, poderiam ser geradas Inland ENC para todo o rio pelo processo convencional, seguindo o processo de produção das cartas em papel, que serviriam de base cartográfica para a navegação.

É importante ressaltar que os Inland ECDIS a bordo das embarcações devem ser compatíveis com as especificações técnicas das Inland ENC estabelecidas pelo IEHG. Por sua vez, as Inland ENC devem fornecer informações atualizadas sobre o fundo e devem estar disponíveis para o navegante em tempo hábil, principalmente em áreas dinâmicas. Esses aspectos, entre outros, foram considerados para criar as especificações das Inland ENC do Rio Paraguai, descritas no Capítulo 5.

5 Resultados

5.1 Avaliação dos Primeiros Protótipos de Inland ENC do Rio Paraguai

Os primeiros protótipos de Inland ENC foram produzidos de acordo com o processo convencional, apresentada no item 4.1, utilizando o mesmo conteúdo das respectivas cartas em papel. A Figura 33 mostra um extrato da carta em papel 3432 (Do Passo do Beijúdo ao Barranco Vermelho) e o respectivo trecho do protótipo da Inland ENC.



Figura 33: Trecho da carta 3432 em papel e respectivo trecho no protótipo de Inland ENC.

Após a produção dos primeiros protótipos de Inland ENC, fez-se necessário efetuar testes a bordo de embarcações que navegam na área para verificar a qualidade e adequabilidade dos produtos cartográficos gerados.

Os testes dos primeiros protótipos de Inland ENC do Rio Paraguai foram coordenados pelo Serviço de Sinalização Náutica do Oeste – SSN-6.

A empresa LatinComp intermediou os testes entre o SSN-6 e as empresas que operam empurradores no Rio Paraguai. Tais empresas de navegação utilizam em suas embarcações os sistemas Rosepoint e CEACTION, fornecidos pela empresa LatinComp.

O SSN-6 fez apresentações técnicas a alguns usuários da Hidrovia Paraguai-Paraná e, com o apoio da empresa LatinComp, representante oficial

de dois Inland ECDIS comerciais, foram instalados os protótipos de Inland ENC em doze empurradores de cinco companhias de navegação operando na Hidrovia.

Ressalta-se que os empurradores que participaram do teste já possuíam o sistema de navegação, porém, sem uma base cartográfica de Inland ENC apropriada, conforme apresentado na Figura 24 do item 2.3.

O propósito deste primeiro teste foi recolher o *feedback* dos usuários em relação ao produto, não se levando em consideração a atualização dos dados. A empresa LatinComp entrou em contato com o capitão e o prático de cada embarcação que participou do teste, e solicitou a avaliação após duas viagens entre Assunção e Corumbá.

As seguintes considerações foram inicialmente colocadas:

- 1) Uma vez que os empurradores possuem sistemas compatíveis (Inland ECDIS), existe a possibilidade de utilizar as Inland ENC a serem produzidas pela Marinha do Brasil; e
- 2) O mais importante, no ponto de vista dos usuários, diz respeito à atualização dos dados (levantamentos batimétricos, posição das balizas e linha de costa).

No que concerne às características dos protótipos das Inland ENC produzidos, foram ressaltados os seguintes aspectos positivos e negativos, encaminhados por Relatório da empresa LatinComp ao SSN-6 e apresentados no Quadro 1.

Aspectos Positivos	Aspectos Negativos
Linha de costa mais precisa da que consta na carta do sistema de navegação.	Alguns passos críticos com batimetria desatualizada.
De modo geral, a batimetria é mais atualizada do que a da carta já instalada no sistema de navegação.	Textos no idioma Inglês
Batimetria de margem a margem.	As ilhas não apresentam os nomes.
	As balizas não têm rótulo na carta.
	Faltam as linhas de transmissão de energia que passam sobre o rio.

Quadro 1: pontos positivos e negativos citados no relatório de teste dos protótipos de Inland ENC do Rio Paraguai.

De forma geral, as empresas que participaram dos testes ficaram satisfeitas com os protótipos das Inland ENC e as consideraram melhores que as cartas raster hoje disponibilizadas gratuitamente pela DHN na Internet para o Rio Paraguai.

A empresa Latincomp apresentou ainda as seguintes sugestões:

- Utilizar o atributo Source Date (SORDAT) nas feições batimétricas para fornecer a data do levantamento de cada trecho;
- Utilizar a feição Land Region com os nomes das ilhas, ao invés de inserí-los na feição Land Area, para que os nomes das ilhas apareçam no sistema de navegação e que possa ser aplicado o atributo de escala mínima de exibição (SCAMIN) de forma a não congestionar o display do sistema; e
- Inserir feições Land Region para exibir os nomes das balizas (quilometragem e tipo de baliza).

Dentre os pontos negativos apontados, a questão do conteúdo das Inland ENC, como a desatualização dos dados batimétricos e a falta de informações sobre linhas de transmissão, será tratada à parte deste estudo, pois diz respeito aos levantamentos hidrográficos e não ao processo de produção ou à especificação do produto em si, que abrange este tipo de informação.

No que concerne ao idioma, cabe ressaltar que, de acordo com as especificações das Inland ENC, os textos são inseridos em dois idiomas (inglês e português). Este ponto pode ser resolvido no sistema de navegação para que sejam exibidos em tela os nomes inseridos no idioma local (Português no trecho brasileiro da Hidrovia).

Com base nas sugestões, alguns ajustes, descritos no item 4.4, foram efetuados nas especificações, visando que as Inland ENC atendam de maneira eficiente à comunidade da navegação fluvial no Rio Paraguai.

Mediante a experiência adquirida com a elaboração e avaliação dos primeiros protótipos de Inland ENC, pode se pensar numa especificação técnica que atenda às necessidades dos usuários na Hidrovia do Rio Paraguai, às normas internacionais e às diretrizes da DHN. Esta especificação será abordada na próxima seção.

Cabe ressaltar que os testes continuam e existe a perspectiva de serem instalados os protótipos das Inland ENC em outros empurradores em 2018.

5.2 Proposta de Especificação Técnica de Inland ENC para o Rio Paraguai

Visando alcançar o objetivo geral proposto no presente trabalho foi desenvolvida uma proposta de especificação técnica de produtos cartográficos digitais, baseados nas normas desenvolvidas pelo IEHG para as Inland ENC, para representar as alterações morfológicas e da dinâmica sedimentar do canal de navegação do Rio Paraguai, visando contribuir para a navegação e outros estudos aplicados.

Conforme exposto anteriormente, devem ser gerados diferentes produtos para compor as Inland ENC da área de estudo, de forma a abordar os requisitos apresentados nos testes e, principalmente, permitir uma rápida disseminação das atualizações cartográficas, resultantes do processamento dos dados coletados pelo SSN-6 nos levantamentos hidrográficos no Rio Paraguai.

Com base nos testes efetuados e no relatório das empresas de navegação, descritos no item 5.1, as informações a serem representadas nas Inland ENC do Rio Paraguai foram divididas entre três tipos de produtos, todos aderentes às especificações do IEHG:

- Inland ENC de base;
- Inland ENC de overlay; e
- Inland ENC batimétricas.

O primeiro produto, Inland ENC de base, foi produzido para todo o Alto Paraguai e seguiu o processo convencional de produção, descrito no item 4.1.

As Inland ENC de overlay foram produzidas, para todo o Alto Paraguai, para representar os dados de balizamento, nos tramos Sul e Norte.

Para os trechos críticos do Rio Paraguai, mediante a disponibilidade de dados coletados em levantamentos hidrográficos com ecobatímetros multifeixe, serão produzidas Inland ENC batimétricas de acordo com as especificações propostas.

5.2.1 Inland ENC de Base

Pressupõe-se inicialmente que as cartas em papel ainda continuarão a ser produzidas por algum tempo. Sugere-se, portanto, que a Inland ENC de base seja inicialmente produzida com base na carta náutica em papel mais

atual que exista para a região em estudo.

O conteúdo das Inland ENC de base será equivalente aos dados atualmente inseridos nas cartas em papel, à exceção do balizamento, que será inserido em outro produto. O processo de produção deve compreender:

- O traçado e codificação das isóbatas de 0, 3, 5 e 10 m. Esta operação poderá ser feita manualmente ou em processo semiautomatizado, em função da densidade dos dados batimétricos coletados no levantamento hidrográfico (dados monofeixe e multifeixe). A batimetria da Inland ENC de base cobrirá de margem a margem;

- A seleção de sondagens de acordo com a densidade adequada à escala da respectiva carta em papel;

- A inserção do meta-objeto M_QUAL (Quality of data – qualidade dos dados) referentes aos dados batimétricos de origem (Figura 35);

- A codificação dos obstáculos no fundo, como rochas, cascos soçobrados, cabos submarinos;

- A codificação de feições que indicam a natureza do fundo, como areia e rochoso, a partir de amostras de fundo coletados nos levantamentos hidrográficos e análises de dados batimétricos de ecobatímetros multifeixe ou de outros sonares que permitam esta análise, como side scan sonar interferométrico;

- A inserção das marcações de quilometragem da Hidrovia; e

- A compilação e codificação dos dados topográficos nas margens e sobre o Rio Paraguai, tais como, terminais fluviais, áreas urbanas, vilarejos, pontes, cabos aéreos, e outros de interesse à navegação.

Em função do relatório dos testes, descritos no item 5.1, foi adotado, para a Inland ENC de base, o procedimento da criação de feições do tipo Land Region (LNDRGN – região em terra), para a inserção dos nomes de locais em terra, como ilhas, localidades, fazendas, etc.

Cabe ressaltar que esses nomes já constam no atributo OBJNAM (nome do objeto) dessas feições, área de terra para as ilhas (LNDARE), área urbana para as localidades (BUAARE) e edificações (BUIISGL). Entretanto, uma vez que os sistemas não apresentam esses nomes em tela, sendo necessário o usuário questionar com mouse, foram inseridas as feições LNDRGN, conforme

solicitado no relatório da empresa LatinComp sobre os testes.

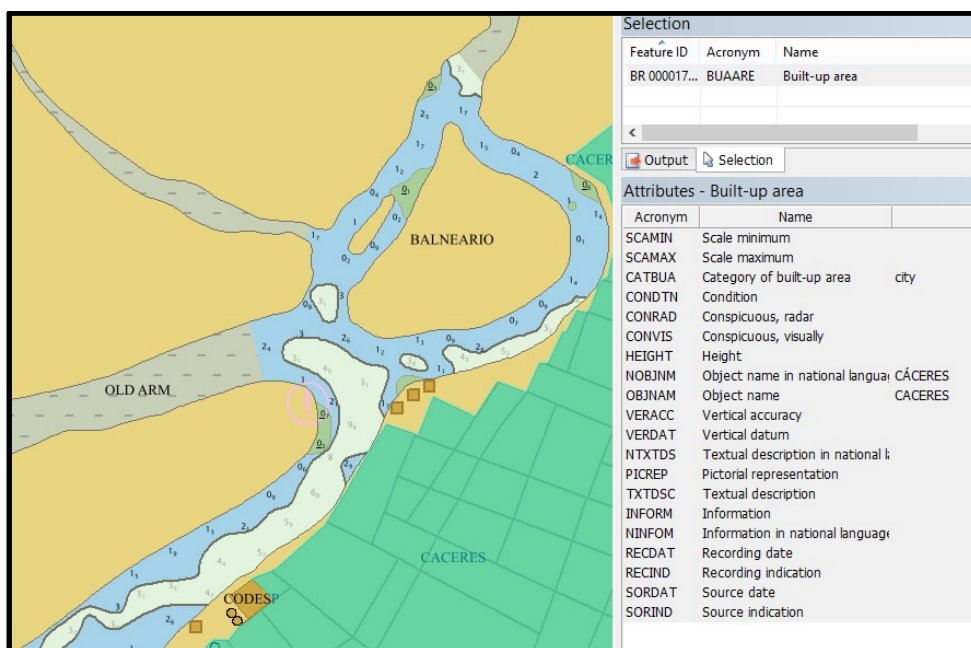


Figura 34- feição BUAARE (Built-up area - área construída), representando a cidade de Cáceres (MT) e a Ilha Balneário (com a toponímia em exibição em virtude de ter sido incluída na feição LANDRGN (Land region – região em terra). Inland ENC BR7P3442.

A solicitação referente às datas dos levantamentos hidrográficos será atendida por meio da criação do meta-objeto M_QUAL, específico para esta finalidade e constante do modelo de dados do IEHG para as Inland ENC, conforme mostra a Figura 35.

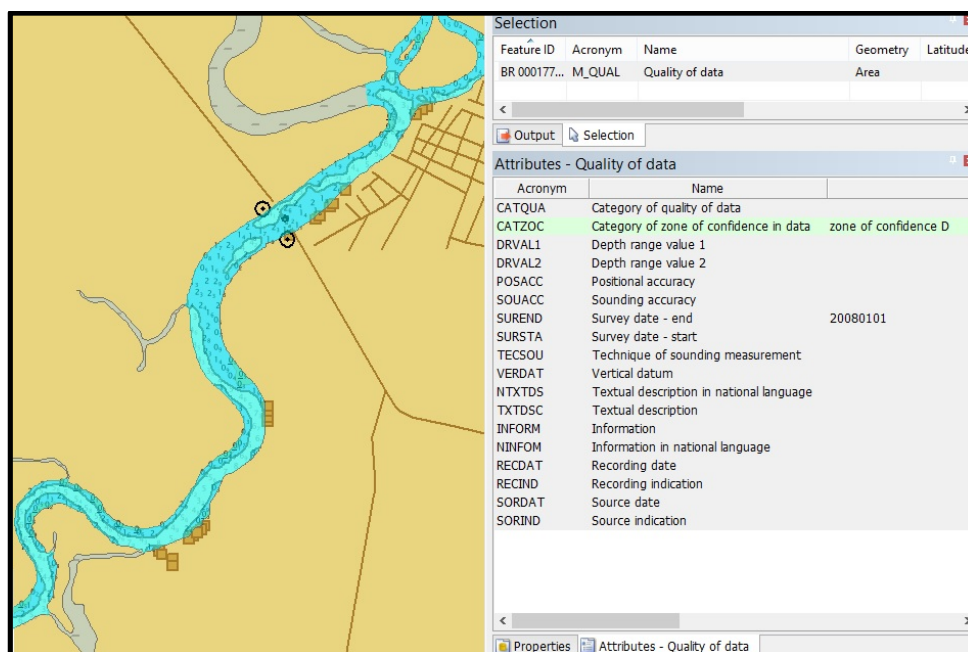


Figura 35: meta-objeto M_QUAL indicando que a área foi levantada até o ano de 2007, e fazendo referência a um levantamento de classificação D, cujos critérios de precisão constam na Publicação S-44 da IHO (IHO, 2017). Inland ENC BR7P3442.

A codificação de todas as feições da Inland ENC de base deve adotar o Catálogo de Feições (*Feature Catalogue*) e o Guia de Codificação (*Encoding Guide*) das especificações das Inland ENC estabelecidas pelo IEHG.

Eventualmente, poderão ser identificadas necessidades de alterações nas especificações do IEHG, o que exigirá novas propostas a serem submetidas e defendidas nas reuniões anuais do IEHG, tal como ocorreu para as feições do balizamento e do aqueduto, exemplificados nos Apêndices I e II.

Para a área de estudo, o Alto Paraguai, com extensão de 1.272 km, propõe-se que as Inland ENC de base sejam criadas a cada 50 km aproximadamente, resultando em 23 arquivos. Para este trecho existem 110 cartas em papel equivalentes.

5.2.2 Inland ENC de Overlay

A Inland ENC de overlay faz parte das especificações do IEHG. Não existe regra rígida em como deve ser utilizado, mas o Guia de Codificação estabelece que este tipo de produto não pode conter feições redundantes da Inland ENC de base. A Inland ENC de overlay é visualizada sobre a Inland

ENC de base nos sistemas de navegação.

Para o Alto Paraguai, a Inland ENC de overlay foi utilizada, inicialmente, para representar as feições de balizamento. A Figura 36 mostra a Inland ENC de base e a Inland ENC de overlay.

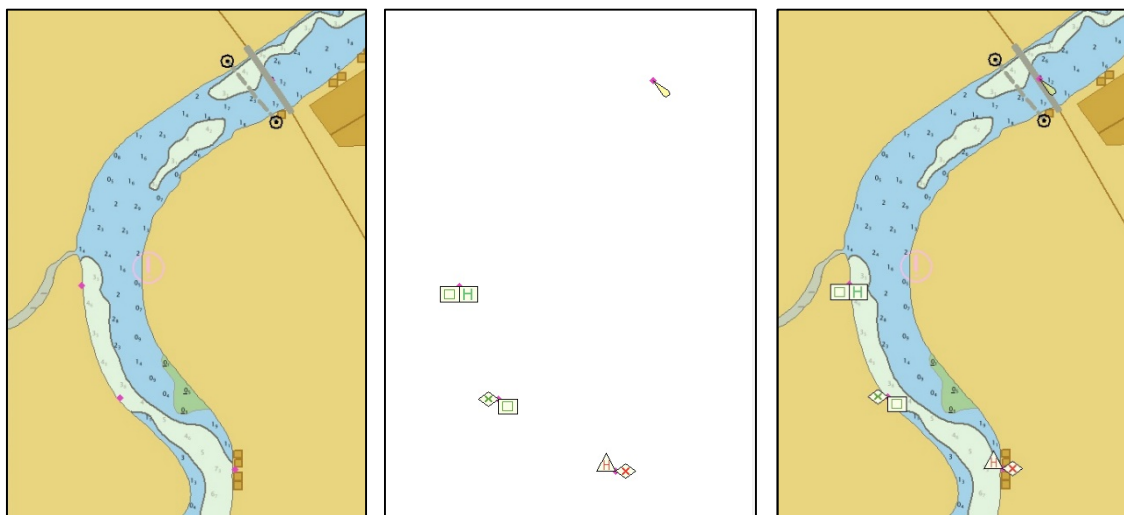


Figura 36- A) Inland ENC de base BR7P3442; B) Inland ENC de overlay BRAMA002; e C) Inland ENC de overlay sobre a Inland ENC de base. Trecho da carta náutica 3442 (De Posto Agrícola a Cáceres).

Para a codificação das feições do balizamento do Alto Paraguai, foi necessário propor ao IEHG alterações às especificações técnicas, de forma que a feição notmrk (Notice Mark - marcas de sinalização) e seus atributos contemplassem as feições previstas no Regulamento Único de Balizamento da Hidrovia IEHG (2009).

Além da alteração no modelo de dados, foram criados os arquivos com os símbolos, de domínio público, que podem ser aplicados aos sistemas de navegação.

A Figura 37 mostra os atributos da feição Notice Mark (notmrk) e seus principais atributos preenchidos, a saber:

- a) Category of notice mark (catnmk): “(BR) cross river to port” – o navegante deve cruzar o rio para bombordo;
- b) Direction of impact (dirimp): “upstream” – instrução para quem está subindo o rio;
- c) Function of notice mark (fnctnm): “regulation mark” – é um sinal de regulamentação;

- d) Marks navigational – System of (marsys): “Paraguay-Parana waterway system – Brazilian complementary aids” – Sistema de Balizamento complementar da Hidrovia Paraguai-Paraná;
- e) Bank of the waterway (bnkwtw): “left” – margem esquerda do rio.

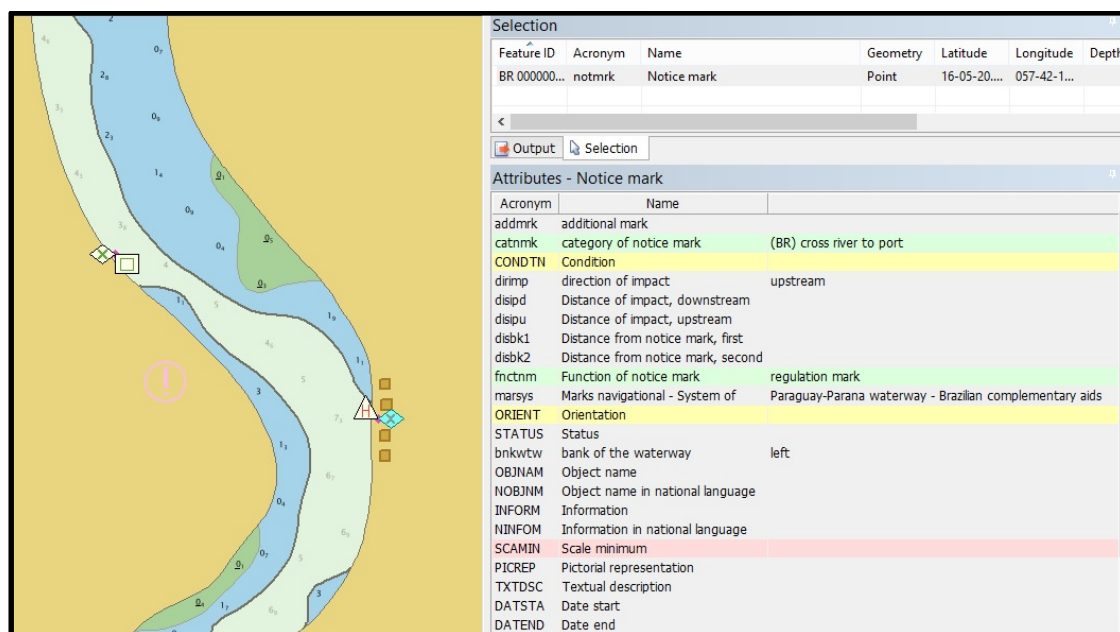


Figura 37- feição Notice mark (notmrk) e atributos preenchidos para uma placa de margem que indica ao navegante que está subindo o rio, que deve cruzar para a margem de bombordo.

De acordo com a solicitação constante no relatório dos testes, que pede que sejam visualizados os nomes (rótulos) das balizas, será adotado o atributo OBJNAM (Nome do objeto) para a inserção dos nomes e da quilometragem do Rio Paraguai, localização da baliza.

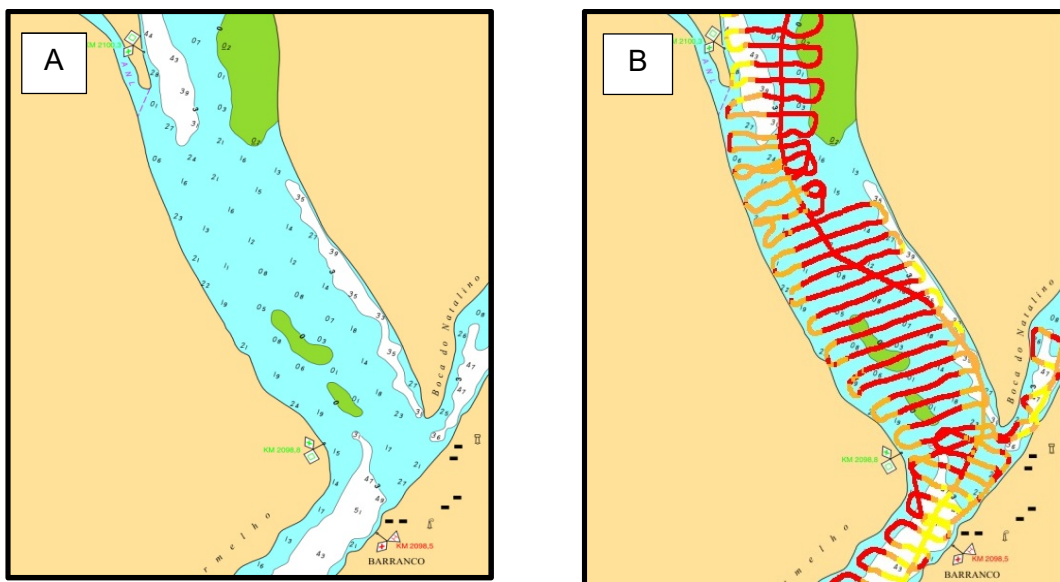
Foram criadas duas Inland ENC de overlay: uma para o tramo Sul e outra para o tramo Norte. A criação desses arquivos é feita a partir um *script* que lê a planilha disponibilizada mensalmente pelo SSN-6 com a relação dos sinais da Hidrovia atualizados, e importa as informações no modelo de dados das Inland ENC.

A automatização desse processo permite que as Inland ENC de overlay sejam geradas e disponibilizadas rapidamente, após as comissões de manutenção do balizamento, realizadas pelo SSN-6.

5.2.3 Inland ENC Batimétrica

Conforme exposto no item 2.2, a morfologia e a dinâmica sedimentar do Alto Paraguai propiciam características diferentes ao longo do rio. Alguns trechos, principalmente no tramo Norte, apresentam dinâmica sedimentar com deslocamento de bancos de areia. A Figura 38 mostra o trecho próximo a Barranco Vermelho (MT) com a comparação da Carta Náutica 3432 (Do Passo do Beijudo ao Barranco Vermelho), construída com dados de levantamento hidrográfico de 2011, com levantamentos de 2013, 2015 e 2017, ressaltando a alteração no canal de navegação. Os trechos em vermelho representam as profundidades de 0 até 3m, em laranja de 3 a 5m, em amarelo de 5 a 10m e, em verde escuro são representadas as áreas que descobrem na época da estiagem.

Com base na Figura 38, pode-se observar alterações significativas no canal de navegação e a movimentação dos bancos de areia. Este exemplo apresenta uma área que necessita de constantes levantamentos e atualização cartográfica.



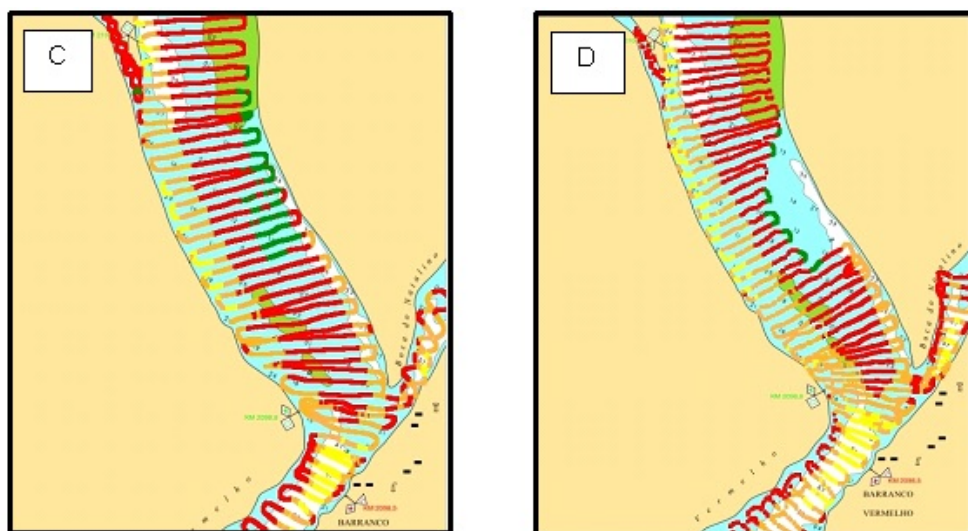


Figura 38: Alterações batimétricas nas proximidades de Barranco Vermelho (MT): A) Carta Náutica 3432 (Do Passo do Beijudo ao Barranco Vermelho) produzidas a partir de dados de levantamento hidrográfico de 2011; B) C) e D) Levantamentos hidrográficos de 2013, 2015

Para as áreas críticas, que sofrem constantes alterações, o SSN-6 realiza levantamentos hidrográficos anuais ou bianuais. Entretanto, as etapas de análise do levantamento e produção cartográfica são realizadas pelo CHM, após o recebimento dos dados processados pelo SSN-6.

Este fluxo de trabalho apoia-se no processo convencional de produção das cartas náuticas.

As Inland ENC batimétricas poderão ser produzidas para essas áreas críticas, que demandam novos levantamentos e atualização cartográfica premente. As Inland ENC batimétricas fazem parte das especificações do IEHG, porém são adotadas por apenas alguns países da Europa, como Alemanha e Áustria nos trechos críticos à navegação.

Entretanto, para que uma Inland ENC batimétrica seja produzida é ideal que o levantamento hidrográfico possibilite gerar um adensamento de isóbatas maior do que o da Inland ENC de base.

Neste estudo não foi possível utilizar dados de levantamentos multifeixe para áreas identificadas como críticas.

Em 2016, o SSN-6 realizou seus primeiros levantamentos hidrográficos no Rio Paraguai usando ecobatímetro multifeixe (SSN-6, 2017). Tais dados,

coletados na área abrangida pela carta 3442 (De Posto Agrícola a Cáceres), foram utilizados para gerar uma Inland ENC batimétrica para fins de exemplificação, como mostra a Figura 39.

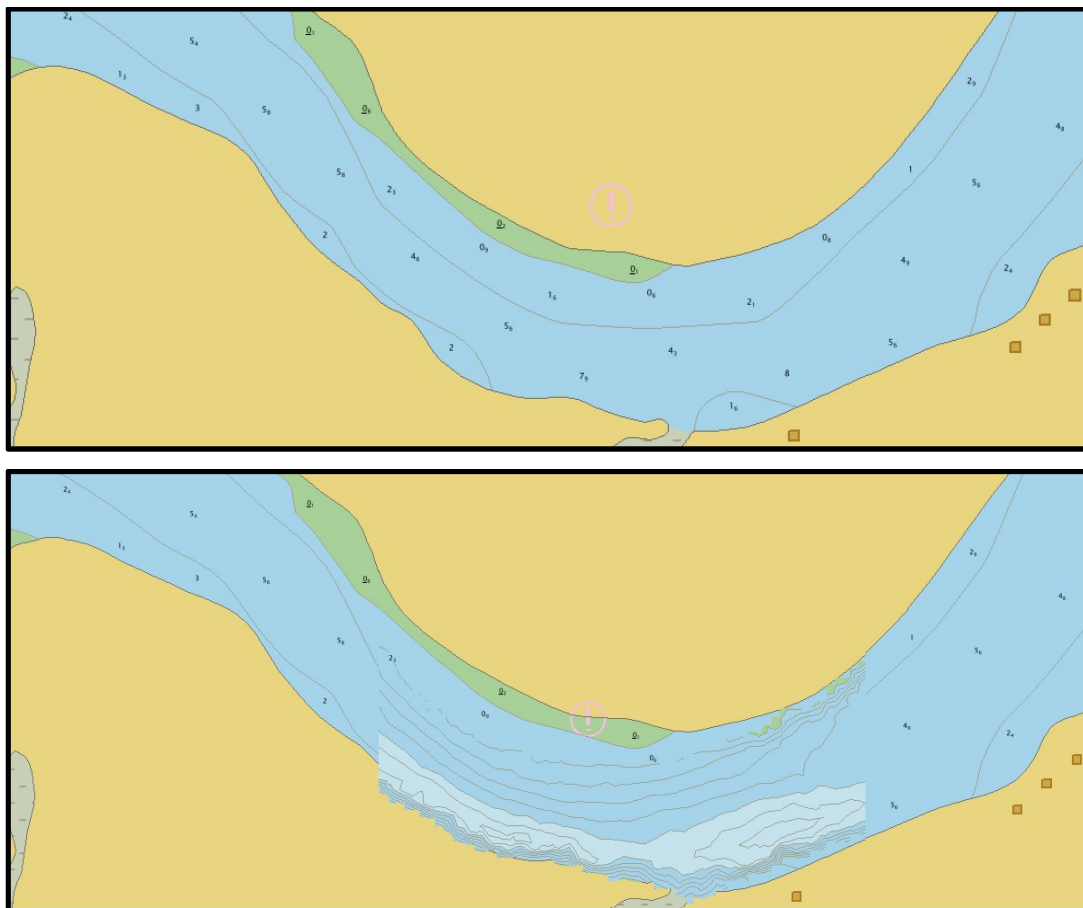


Figura 39: A) Inland ENC de base BR7P3442 e B) Inland ENC batimétrica BRBP3442 sobre a Inland ENC de base. Trecho da carta náutica 3442 (De Posto Agrícola a Cáceres) próximo a Posto Agrícola.

6 Conclusões Gerais e Recomendações

O presente trabalho, voltado para o Alto Paraguai, apresentou conceitos básicos sobre Inland ENC e desenvolveu especificações técnicas de modo a propô-las como produto cartográfico adequado para a navegação no Rio Paraguai.

As Inland ENC, em comparação com as cartas em papel, tem seu processo de produção mais ágil, em virtude de não serem necessárias algumas etapas de generalização e simbolização das feições, como ocorre nas cartas em papel, atualmente adotadas como produto cartográfico oficial para o Rio Paraguai. Adicionalmente, a dinâmica do Rio Paraguai justifica a necessidade da geração de produtos cartográficos em apoio à segurança da navegação de forma célere.

As especificações técnicas desenvolvidas pelo IEHG são genéricas e flexíveis. Porém, devem ser adaptadas às necessidades específicas de cada rio ou região. Os protótipos de Inland ENC gerados neste trabalho basearam-se nos padrões do IEHG, incluindo as adaptações necessárias às características estudadas do Alto Paraguai. Além disso, foram submetidas formalmente ao IEHG, feições específicas do Rio Paraguai, de interesse à navegação, que foram aceitas para serem incorporadas às normas internacionais.

Os protótipos de Inland ENC foram testados a bordo de embarcações que navegam na área, e o relatório das empresas de navegação serviu de base para aperfeiçoamento destas especificações.

O trabalho também efetuou a comparação entre o processo de produção convencional de Inland ENC baseado na carta em papel e o processo automatizado, em uma área de teste no Rio Paraguai, para a qual havia a disponibilidade de dados de levantamentos multifeixe e monofeixe, coletados na mesma época. Um dos produtos gerados, uma Inland ENC construída a partir da respectiva carta em papel, seguiu o processo convencional e utilizou dados de levantamentos com técnicas de sondagem monofeixe. O outro produto consistiu numa Inland ENC gerada a partir de dados de levantamento com ecobatímetro multifeixe, da mesma área, porém adotou um novo processo de produção, automatizado, independente da carta em papel.

Como resultado, o trabalho propôs a adoção de três tipos de produtos de Inland ENC (de base, overlay e batimétrica), baseados nas normas desenvolvidas pelo IEHG, para representar as alterações morfológicas e da dinâmica sedimentar do canal de navegação do Rio Paraguai, visando contribuir para a navegação e outros estudos aplicados.

Para as Inland ENC de base é proposto adotar o processo convencional de produção cartográfica, de forma que sejam elaboradas em paralelo às respectivas cartas em papel oficiais do Rio Paraguai. O relatório dos testes com os protótipos desenvolvidos neste trabalho forneceu subsídios para a produção das Inland ENC de base.

As Inland ENC de overlay contêm as feições do balizamento fluvial do Rio Paraguai, e foram especificamente criadas para disseminar rapidamente as constantes alterações, em contraponto às informações textuais hoje divulgadas na Internet pelo SSN-6, ou por Avisos aos Navegantes mensais da Hidrovia, que são corrigidas manualmente pelo navegante nas cartas em papel. As especificações das Inland ENC já incorporam as feições do sistema de balizamento adotado na Hidrovia do Rio Paraguai, após propostas de alterações às especificações técnicas, defendidas em reuniões do IEHG.

Foram geradas Inland ENC batimétricas de teste a partir de dados coletados em levantamentos hidrográficos realizados pelo SSN-6, com a utilização de ecobatímetros multifeixe.

Em virtude de não ter sido possível gerar Inland ENC batimétricas para os trechos críticos identificados, como futuros trabalhos, sugere-se produzi-las a partir de dados de levantamentos hidrográficos com ecobatímetros multifeixe, à medida que estejam disponíveis e validados. Também é desejável a realização de testes destes produtos a bordo dos empurradores, para que os usuários se familiarizem com os mesmos e possam fornecer avaliações para eventuais aprimoramentos.

Sugere-se que os resultados desta pesquisa sejam oportunamente apresentados na reunião anual do IEHG como status de desenvolvimento das Inland ENC no Brasil.

A implantação da navegação eletrônica no Rio Paraguai, e em outros rios do Brasil, é um assunto complexo, que envolve outras esferas, além do serviço

hidrográfico. Porém as Inland ENC são elemento base para a navegação com Inland ECDIS, um dos pilares do RIS, que representa a evolução tecnológica na navegação em hidrovias em todo o mundo.

As Inland ENC podem ser adotadas, independente de toda a infraestrutura necessária à completa implantação de um *River Information Service* (RIS). Entretanto, é necessária a qualificação dos navegantes para que compreendam e utilizem corretamente os Inland ECDIS e esses novos produtos cartográficos. Deverão ainda, serem estabelecidos requisitos para os sistemas de navegação. A Inland ENC deve funcionar da mesma forma em todos os sistemas homologados, garantindo o correto funcionamento das ferramentas para a navegação e a correta leitura e exibição dos dados cartográficos.

A criação de metodologia e especificação técnica para a produção das Inland ENC oficiais do Rio Paraguai é inédita e poderá ser utilizada pela Marinha do Brasil para disseminar as constantes alterações no canal de navegação com maior agilidade do que hoje ocorre com a produção das cartas em papel e raster da Hidrovia.

Este trabalho fornece subsídios para futuros desenvolvimentos de metodologia para a produção de Inland ENC de outros rios no País, notadamente na região Amazônica e em hidrovias relevantes, como a do Tietê-Paraná.

Além disto, o modelo de dados das Inland ENC é aberto, o que favorece sua utilização para finalidades distintas da navegação, que tenham necessidade de obter dados cartográficos específicos do Rio Paraguai para outras atividades, como, por exemplo, estudos hidrológicos e ambientais.

Por fim, a partir do desenvolvimento das Inland ENC para o Rio Paraguai, vislumbra-se que uma gama de futuros estudos, relacionados à infraestrutura de um RIS, tais como implantação de rede AIS, criação de modelos hidrológicos robustos, transmissão de leitura das réguas linimétricas, definição de requisitos dos sistemas de navegação, tanto para o Rio Paraguai, quanto para outras hidrovias nacionais.

7 Bibliografia

- ADMINISTRAÇÃO HIDROVIÁRIA DO PARAGUAI. Disponível em: <www.ahipar.gov.br>. 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Plano Nacional de Integração Hidroviária - PNIH**. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/PNIH.asp>>. 2013.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **ANTAQ participa de seminário sobre hidrovias do Mercosul na Câmara dos Deputados**. Disponível em: <<http://portal.antaq.gov.br/index.php/2017/07/13/antaq-participa-de-seminario-sobre-hidrovias-do-mercosul-na-camara-dos-deputados/>>. 2017.
- ALMEIDA, F. F. M. Geologia do Sudoeste Matogrossense. **Boletim DNPM**, v. 116, p. 147, 1945.
- ASSINE, M. L.; MERINO, E. R.; PUPIM, F. DO N.; MACEDO, H. DE A.; SANTOS, M. G. M. DOS. The Quaternary alluvial systems tract of the Pantanal Basin, Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 45, n. 3, p. 475–489, 2015.
- ASSINE, M. L.; SILVA, A. Contrasting fluvial styles of the Paraguay River in the northwestern border of the Pantanal wetland, Brazil. **Geomorphology**, v. 113, p. 189–199, 2009. Elsevier B.V.
- ASSINE, M. L.; SOARES, P. C. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. **Quaternary International**, v. 114, n. 1, p. 23–34, 2004.
- BAMBACE, F. L. M. J. Transporte de sedimentos por descarga sólida de fundo pelo deslocamento de ondulações de areia no leito do Rio Paraguai. **Anais Hidrográficos**, v. LXXII, p. 160–169, 2016.
- BESSERO, G.; BRODEUR, J.; COETZEE, S.; et al. **The UN-GGIM inventory of issues and geographic information standardization**. 2013.
- BRASIL; ARGENTINA. **Convenção sobre Navegação Fluvial Brasil Confederação Argentina**. 1856.
- BRASIL; ARGENTINA; PARAGUAI; BOLIVIA; URUGUAI. **Acordo de transporte fluvial pela hidrovia Paraguai - Paraná**. 1992.
- BREA, M.; ZUCOL, A. F. The Paraná-Paraguay Basin: Geology and Paleoenvironments. Historical biogeography of Neotropical freshwater fishes. p.69–87, 2011. University Press online.
- CCA-IMO. Convenção da Salvaguarda da Vida Humana no Mar. Disponível em: <https://www.ccaimo.mar.mil.br/sites/default/files/SOLAS_indice-2014_2.pdf>. .

CAPITANIA FLUVIAL DO PANTANAL. **Portaria 32/CFPN/2017**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/cfpn/sites/www.marinha.mil.br/cfpn/files/Port24_2011_CFPN_Combois_288_64.pdf>. 2017.

CHRISTOFOLLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. Blucher, 1981.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Controle de vegetação flutuante vai garantir navegabilidade no Rio Paraguai**. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/noticias/control-de-vegetacao-flutuante-vai-garantir-navegabilidade-no-rio-paraguai>>. 2017.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. **Roteiro da Hidrovia Paraguai-Paraná**. Disponível em:

<<https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br/chm/files/u1974/rot-par-par.pdf/rot-par-par.pdf>>. 1998

DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS. **Legislação da Hidrovia Paraguai-Paraná**. Disponível em: <<http://www.dpc.mar.mil.br/ssta/legislacao-da-hidrovia-paraguai-parana>>. 2017.

DONAU RIVER INFORMATION SERVICE. Inland ENC. Disponível em: <<http://www.doris.bmvit.gv.at/en/maps-charts/inland-encs/>>. 2017.

DUMOLLIN, J.; DE JONGH, C. Inland Electronic Navigation Chart production at the Flemish Hydrography (Flanders - Belgium). Hydro12 - Taking care of the sea. Anais. p.1–6, 2007. Rotterdam.

FIALHO, J. R. R. Navegação Interior Na Europa - a Experiência Belga. Disponível em:<<http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/palestras/navegacaointeriorfialhojoserenate.pdf>>. 2008.

FRIGO, A.L.; BLENINGER T.B. A review of the Navigability Modeling for Inland Waterways, **36th IAHR World Congress**, The Hague, Netherlands. 2015.

GIUSTI, D. A.; MIRANDA, L.; RATTON, E. Diagnóstico geológico ambiental da bacia hidrográfica do rio paraguai. XIII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas. Anais... , 2016. Poços de Caldas.

GODOY, V. F.; CLARA, A.; MOURA, M.; et al. A cartografia digital e navegação virtual na promoção do usuário como agente central na produção da representação do espaço. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 62, n. 4, 2010.

GRAFF, J. e-Maritime: An Enabling Framework for Knowledge Transfer and Innovative Information Services Development Across the Waterborne Transport Sector. **International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea**

Transportation, v. 3, n. 2, p. 213–217, 2009.

INLAND ENC HARMONIZATION GROUP. **IEHG Terms of Reference**. 2011.

INLAND ENC HARMONIZATION GROUP. **IENC Encoding Guide** Ed. 2.3.6. 2014.

INLAND ENC HARMONIZATION GROUP. Inland ENC Harmonization Group. Disponível em: <<http://ienc.openecdis.org/>>. 2017.

INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION. **S-32 Hydrographic Dictionary**, 1994. IHO.

INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION. **S-100 Universal Hydrographic Data Model**. Disponível em: <http://www.iho.int/iho_pubs/standard/S-100/S-100_Info.htm>. 2013.

INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION. **Introduction to Electronic Chart Systems and ECDIS**. Disponível em:

<http://www.iho.int/srv1/index.php?option=com_content&view=article&id=332&Itemid=408>. 2016.

INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION. **About the IHO**. Disponível em: <http://www.iho.int/srv1/index.php?option=com_content&view=article&id=298&Itemid=297>, 2017.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **SOLAS Consolidated Edition 2014**. 2014.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **E-navigation**. Disponível em: <<http://www.imo.org/en/OurWork/safety/navigation/pages/enavigation.aspx>>. 2017.

KUERTEN, S.; ASSINE, M. L. O rio Paraguai no megaleque do Nabileque , sudoeste do Pantanal. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 41, n. 4, p. 642–653, 2011.

LANGBEIN, W. B. *Hydraulics of River Channels as Related to Navigability*. Washington, D.C., 1962.

LÓPEZ LABORDE, J.; SANCHEZ MARTRES, W. The Paraguayan Stretch of the Paraguay – Paraná Waterway: An Update. **Smart Rivers 2015**. Anais, 2015. Buenos Aires.

MANDARINO, F. Cartas Eletrônicas de Rio (Inland ENC) - Perspectivas para o Brasil. **Anais Hidrográficos**, v. LXXI, p. 97–107, 2015.

MANN, R.; LADUE, D. USACE Inland Electronic Navigational Chart Program. , 2011.

MARATOS, A; WEINTRIT, A. Electronic Navigational Charts (ENCs); an Essential Element of Safety at Sea and Efficient Maritime Operations. 7th International Navigational Symposium on Marine Navigation and Safety of Sea

Transportation(TRANS-NAV 2007). Anais. p.733–739, 2007.

MENEZES, P. M. L.; FERNANDES, M. C. **Roteiro de Cartografia**. 2013.

MIGUENS, A. P. Navegação Fluvial. **Navegação a Ciência e a Arte - Volume III - Navegação Eletrônica e em Condições Especiais**. p.1489–1540, 1994.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Diretrizes da Política Nacional de Transporte Hidroviário**. 2010.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Plano Hidroviário Estratégico: Relatório do Plano**. 2013.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **BIT ADM AHIPAR**. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/conteudo/65-bit/bit-administra%C3%A7%C3%B5es-hidrogr%C3%A1ficas/3573-bit-ahipar.html>>. 2017.

PIANC. Report no. 125 - 2011 Part III. Bruxelles, 2011a.

PIANC. Report no. 125-2011 Part II. Bruxelles, 2011b.

PIANC. Report no. 125-2011 Part I. 2011c.

SILVA, A. Geomorfologia do Megaleque do Rio Paraguai, Quaternário do Pantanal Mato-Grossense, Centro-Oeste Do Brasil, 2010. UNESP.

SILVA, A.; ASSINE, M. L.; ZANI, H.; FILHO, E. E. D. S.; ARAÚJO, B. C. Compartimentação Geomorfológica Do Rio Paraguai Na Borda Norte Do Pantanal Mato-Grossense , Região De Cáceres - Mt. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 1, p. 73–81, 2007.

DE SOUZA, A.V. Análise dos Parâmetros que Compõem a Equação da Incerteza Vertical Propagada da Profundidade Reduzida. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, UFPR, Curitiba, Paraná. 2011.

DE SOUZA, C. A.; PIERANGELI, M. A.; DE SOUSA, J. B. Análise Espaço-Temporal do Corredor Fluvial do Rio Paraguai no Trecho entre Cáceres e a Ilha Taiaimã/MT. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 64, n. 5, p. 551–564, 2012.

SERVIÇO DE SINALIZAÇÃO NÁUTICA DO OESTE. Projeto de Reestruturação da Divisão de Hidrografia do SSN-6. Ladário, MS, 2017.

SUGUIO, K. Dicionário de Geologia Sedimentar e Áreas Afins. 1998.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Hidrovia do Rio Paraguai - EVTEA - Informativo. Disponível em: <<https://hidroviarioparaguai.wordpress.com/a-hidrovia/localizacao/>>. 2017.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS. **IENC Program Overview**. Disponível em:

<<http://www.agc.army.mil/Missions/Echarts/>>.2017.

WEINTRIT, A. Six in One or One in Six Variants . Electronic Navigational Charts for Open Sea , Coastal , Off- Shore , Harbour , Sea-River and Inland Navigation. **International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation**, v. 4, n. 2, p. 165–177, 2010.

Apêndice I – Propostas de alteração das normas do IEHG relativas ao balizamento

1	Encoding Guide Request for ☒ an amendment (e.g. new picture, new coding instruction or new real world entity, which is encoded by already existing object classes, attributes and attribute values, but requires no alteration of existing elements) ☐ a change (e.g. replacing a picture, illustration or an already existing text) ☒ the proposed change affects the Feature Catalogue		
2	Sections A and B This is a request ☐ referring to lit. ☐ for a new lit. <i>(Continue with 4)</i>	Sections C to U This is a request ☒ referring to page(s) O.3.1 (e.g.: C.1.5) of the Encoding Guide <i>(Continue with 3)</i> ☐ for a new page in section (e.g.: E.1) of the Encoding Guide <i>(Add the proposal on page 2 and continue with 6 on this page)</i>	Section V to Z and Annexes AA and AB This is a request referring to section <i>(Continue with 4)</i>
3	☒ Definition ☒ Picture: ☒ real world ☒ paper chart ☒ IENC ☐ Coding instruction lit. ☐ Object coding of object class ☐ Illustration		
4	Proposed text: ===== ON ENCODING GUIDE: Definition: Waterway signs in accordance with the European Code for Inland Waterways of UN/ECE (http://www.unece.org/trans/doc/finaldocs/sc3/TRANS-SC3-115r2e.pdf). Used also by Brazil in accordance with "Normas da Autoridade Marítima para Auxílios à Navegação (NORMAM-17) - Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). For notice marks on bridges see O.3.2. Encoding Instructions: A) For detailed list of all available input ID's for category of notice mark (catnmk) see annexes "AA - CEVNI notice-marks", "AC – Brazilian Notice Marks – two sides system", "AD – Brazilian Notice Marks – side independent system" and "AE – Paraguay-Parana waterway - Brazilian Notice Marks". In Annex AA, all order numbers are referenced to the European Code for Inland Waterways – CEVNI, revision 2, edited by the Economic Commission for Europe of the United Nations. B) Although the IDs list is primarily based on CEVNI and Brazilian regulations, the codes can be used for other notice marks with the same meaning, too (e.g., on the river Po in Italy)		

	<u>For CEVNI:</u> C) The function of the notice mark (fnctnm) has to be encoded for display purposes as follow: 1 (prohibition mark, CEVNI signs A), 2 (regulation mark, CEVNI signs B), 3 (restriction mark, CEVNI signs C), 4 (recommendation mark, CEVNI signs D), 5 (information mark, CEVNI signs E) <i>From item D to P (Only for CEVNI) - keep same text</i> <i>From item Q to T (Only for Brazilian waterways)</i> <u>For Brazilian waterways:</u> Q) The function of the notice mark (fnctnm) has to be encoded. R) The attribute margin must be encoded for display purposes. S) The attribute orientation (ORIENT) must be used to rotate the symbol according the orientation of the board for all Brazilian notice marks. T) The direction of impact attribute (dirimp) must be used to define if the notice mark is addressed to vessels heading upstream or downstream. <u>Object Encoding:</u> Object Class = notmrk(P) (M) catnmk = see Annexes AA, AC, AD and AE (M) fnctnm = [1 (prohibition mark), 2 (regulation mark), 3 (restriction mark), 4 (recommendation mark), 5 (information mark)] (O) margin = [1 (left), 2 (right)] (O) ORIENT = [degree (°)] (C) marsys = [1 (IALA A), 2 (IALA B), 9 (no system), 10 (other system), 11 (CEVNI), 12 (Russian inland waterway regulations), 13 (Brazilian national inland waterway regulations - two sides), 14 (Brazilian national inland waterway regulations - side independent), 15 (Paraguay-Parana waterway - Brazilian complementary aids) (M) SCAMIN = [EU: 22000; US: 60000; BR: 50000] ===== ON FEATURE CATALOGUE: Create IENC 'margin' attribute with enumeration values 1 (left) and 2 (right) and make it optional for 'notmrk' object.
5	Proposed picture/illustration: Attach the file to the form, please. Name of file: see attached pages
6	Explanation, why this amendment/change is needed:

	To allow Brazilian specific marks to be encoded.
7	Proposed applicability: <i>mark all applicable boxes</i> ☐ US ☐ Europe (without Russia) ☐ Russia ☒ South America <i>(description of an other area of applicability)</i>
8	Name of sender: Lt. Cdr. Flavia Mandarin Name of authority or company: Diretoria de Hidrografia e Navegacao (Brazil) e-mail address: flavia@chm.mar.mil.br Date (YYYYMMDD): 20090701

O - Buoys, Beacons and Daymarks, Notice Marks

O.3 Notice Marks

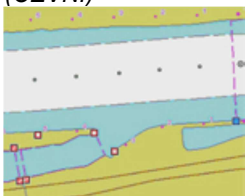
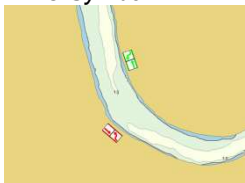
O.3.1 Notice Marks (O)

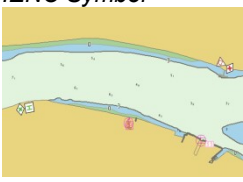
Waterway signs in accordance with the European Code for Inland Waterways of UN/ECE

(<http://www.unece.org/trans/doc/finaldocs/sc3/TRANS-SC3-115r2e.pdf>)

Used also by Brazil in accordance with "Normas da Autoridade Marítima para Auxílios à Navegação (NORMAM-17) - Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

For notice marks on bridges see O.3.2.

Graphics	Encoding Instructions	Object Encoding
<i>IENC Symbolization (CEVNI)</i>  <i>Brazil – two sides system</i> <i>Real World</i>   <i>Chart Symbol</i>  <i>IENC Symbol</i> 	A) For detailed list of all available input ID's for category of notice mark (catnmk) see annexes "AA - CEVNI notice-marks", "AC – Brazilian Notice Marks – two sides system", "AD – Brazilian Notice Marks – side independent system" and "AE – Paraguay-Parana waterway - Brazilian Notice Marks". In Annex AA, all order numbers are referenced to the European Code for Inland Waterways – CEVNI, revision 2, edited by the Economic Commission for Europe of the United Nations. B) Although the list is based on CEVNI and Brazilian regulations, the codes can be used for other notice marks with the same meaning, too (e.g., on the river Po in Italy) For CEVNI: C) The function of the notice mark (fnctnm) has to be encoded for display purposes as follow: 1 (prohibition mark, CEVNI signs A), 2 (regulation mark, CEVNI signs B), 3 (restriction mark, CEVNI signs C), 4 (recommendation mark, CEVNI signs D), 5 (information mark, CEVNI signs E) D) If the notice mark is positioned rectangular to the bank, it can be seen only by vessels heading upstream (dirimp = 1) or by vessels heading downstream (dirimp = 2). If the notice mark is positioned parallel to the bank, it can be seen by vessels heading upstream as well as vessels heading downstream. In this case, the direction of impact is defined by triangular additional marks. E) The distance of impact (downstream or upstream, 'disipd' or	Object Encoding Object Class = notmrk(P) (M) catnmk = see Annexes AA, AC, AD and AE (M) fnctnm = [1 (prohibition mark), 2 (regulation mark), 3 (restriction mark), 4 (recommendation mark), 5 (information mark)] (O) bnkwtw = [1 (left), 2 (right)] (O) ORIENT = [degree (°)] (O) dirimp = [1 (upstream), 2 (downstream), 3 (to the left bank), 4 (to the right bank)] (O) disipd = (distance of impact, downstream: unit defined in the M_UNIT meta object class, e.g. metre (m), resolution: 1 m) (O) disipu = (distance of impact, upstream: unit defined in the M_UNIT meta object class, e.g. metre (m), resolution: 1 m) (O) disbk1 = Minimum distance of the impact from the notice mark rectangular to the bank: unit defined in the M_UNIT meta object class, e.g. metre (m), resolution: 1 m (O) disbk2 = Maximum distance of the impact from the notice mark rectangular to the bank: unit defined in the M_UNIT meta object class, e.g. metre (m), resolution: 1 m (O) addmrk = [1 (top board), 2 (bottom board), 3 (right triangle), 4 (left triangle), 5 (bottom triangle)] (C) marsys = [1 (IALA A), 2 (IALA B), 9 (no system), 10 (other system), 11 (CEVNI), 12 (Russian inland waterway regulations), 13 (Brazilian national inland waterway regulations - two sides), 14 (Brazilian national inland waterway regulations - side independent), 15 (Paraguay-Parana waterway - Brazilian complementary aids)] (O) STATUS = [8 (private), 12 (illuminated)] (O) INFORM = (text of additional marks in english) (O) NINFOM = (Refer to Section B, General Guidance) (M) SCAMIN = [EU: 22000; US: 60000; BR:

<u>Brazil – one side system</u> <i>Real World</i>  <u>Paraguay-Parana(Brazilian)</u> <i>Real World</i>   <i>Chart Symbol</i>  <i>IENC Symbol</i> 	'disipu') can be defined by the distance between two notice marks, by a number, which is shown on the top board or by a number, which is shown on an triangular additional mark. F) The minimum distance of impact from the notice mark rectangular to the bank (disbk1) can be defined by: 1. the number on a sign C.5 (distance of the waterway from the bank), 2. the first number on a sign E.5.2 (berthing permitted between two distances). G) The maximum distance of impact from the notice mark rectangular to the bank (disbk2) can be defined by: 3. the number on a sign A.5.1 (berthing prohibited within the breadth indicated), 4. the number on a sign E.5.1 (berthing permitted within the distance indicated), 5. the second number on a sign E.5.2 (berthing permitted between two distances). H) Rectangular boards on top of the main sign ('addmrk' = 1) are showing the distance at which the regulation applies or the special feature indicated by the notice mark is to be found. Rectangular boards at the bottom of the main sign ('addmrk' = 2) are showing explanations or additional information. Triangular pointers at the side of the main sign ('addmrk' = 3 or 4) are showing the direction of the section to which the notice mark applies. Triangular pointers at the bottom ('addmrk' = 5) are showing the distance from the shore, within which the regulation applies. The attribute 'addmrk' is only defining the position and shape of the additional mark. The content is given by other attributes ('disipd', 'disipu', 'disbk1', 'disbk2', INFORM, NINFOM) I) If the system of navigational marks of a special sign is different from the system mentioned in 'm_nsys', or there is no 'm_nsys' object class in the cell, the attribute 'marsys' must be used. J) If a notice mark is illuminated, this should be indicated by the attribute STATUS = 12). <u>For Brazilian waterways:</u>	50000] (C) SORDAT = [YYYYMMDD] (C) SORIND = (Refer to Section B, General Guidance)
---	---	---

	Q) The function of the notice mark (fnctnm) has to be encoded. R) The attribute bnkwtw must be encoded for display purposes. S) The attribute orientation (ORIENT) must be used to rotate the symbol according the orientation of the board for all Brazilian notice marks. T) The direction of impact attribute (dirimp) must be used to define if the notice mark is addressed to vessels heading upstream or downstream.	
--	---	--

Apêndice II – Proposta de alteração das normas do IEHG relativa ao aqueduto

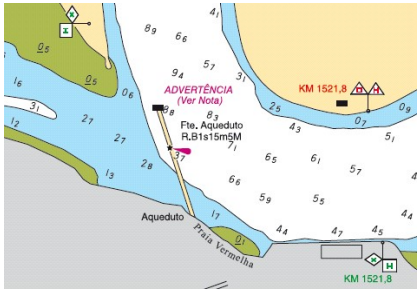
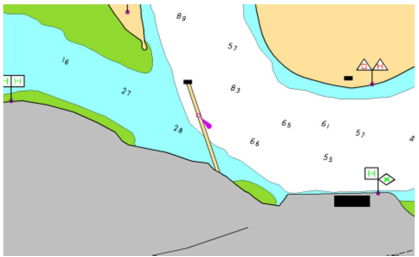
0	Title: Acqueduct CR number: Version: 0 <i>The next available CR number can be found in the currently valid Change Request List under the following website:</i> http://eq.ris.eu/common_issues/node/757		
1	Encoding Guide Edition 2.4.0 Request for: ☐ an addition e.g. new picture, new coding instruction or new real world entity, which is encoded by already existing object classes, attributes and attribute values, but requires no alteration of existing elements ☐ a change e.g. replacing a picture, illustration or an already existing text ☒ an addition/change that affects the Feature Catalogue edition 2.4 corr 2		
2	Sections A and B This is a request ☐ referring to lit. ☐ for a new lit. <i>(Continue with 4 on this page)</i>	Sections C to U This is a request ☐ referring to page(s) (e.g.: C.1.5) of the Encoding Guide <i>(Continue with 3 on this page)</i> ☒ for a new page in section G.1 (e.g.: E.1) of the Encoding Guide <i>(Continue with 6 on this page and add the proposal on page 2 after removing form protection)</i>	Section V to Z and Annexes AA to AF This is a request ☐ referring to section <i>(Continue with 4 on this page)</i> ☐ for a new Annex <i>(Continue with 6 on this page and add the proposal on page 2 after removing form protection)</i>
3	☒ Definition ☒ Picture: ☒ real world ☒ paper chart ☒ IENC ☐ Coding instruction lit. ☒ Object coding of object class bridge ☐ Illustration		
4	Proposed addition/change: Add S-57 enumeration 11 (acqueduct) for CATBRG on the Feature Catalogue Add Section G.1.13 for Acqueduct on the Encoding Guide		
5	Proposed picture/illustration: Attach the file to the form, please. Name of file:		
6	Explanation, why this amendment/change is needed: At the moment an acqueduct is only addressed on the Product Specifications if it is an exceptional navigational structure. It is necessary to encode regular acqueducts.		
7	Proposed amendments to the Feature Catalogue: 2.4 corr 2		
8	Proposed amendments to the Inland ENC domain in the S-100 registry:		
9	Proposed amendments to the Recommended Validation Checks for IENCs: ...		
10	Proposed applicability: <i>mark all applicable boxes</i> ☒ US ☒ Europe (without Russia) ☒ Russia ☒ South America ☒ Asia <i>(description of another area of applicability, e.g. a country)</i>		
11	Name of sender: Flávia Mandarinó Name of authority or company: DHN e-mail address: flavia@marinha.mil.br Date (YYYYMMDD): 20171014	Deadline for comments (6 weeks) To be filled in by a member of the Core Group: ☐ Proposal adopted/ ☐ Proposal rejected Will become part of edition 2.5 of the EG.	

G - Ports, Waterways

G.1 Bridges, Tunnels, Overhead Obstructions

G.1.13 Non-navigable Acqueduct (O)

A bridge supporting an artificially elevated channel, for the conveyance of water. (adapted from The New Shorter Oxford English Dictionary, 1993)

Graphics	Encoding Instructions	Object Encoding
<i>Real World</i>  <i>Chart Symbol</i>  <i>IENC Symbolization</i> 	A) Pylons shall be encoded as PYLONS (refer to G.1.10 – Pylons, Piers and Bridge, Cable, Pipeline Support). B) Create separate bridge objects for spans over navigable channel when attributes of navigable spans are different (e.g. vertical clearance, horizontal clearance). C) Place LIGHTS, if applicable, on navigable span and piers bounding the navigable span. D) VERCLR, HORCLR, VERCCL and/or VERCOP, 'wtwdis' and 'hunits' must be encoded for aqueducts over navigable water. E) VERCLR should not be encoded for aqueducts over non-navigable water. F) All objects of a bridge which belong to one bridge must be combined to one aggregation area (C_AGGR) (e.g. pylons, lights, notice marks). G) For bridges that consist of only one feature the object name of the bridge is assigned to the bridge object. For bridges with a C_AGGR object the object name has to be assigned to the respective C_AGGR object the object name has to be assigned to the respective C_AGGR object and not to the bridge object. H) Use 'verdat' only if vertical datum differs from DSPM VDAT subfield and from Meta object 'm_vdat' attribute.	Object Encoding Object Class = bridge (A) (M) CATBRG = [11 (acqueduct)] (C) HORCLR = [xx.x] (metres), e.g., 34.2 (C) VERCLR = [xx.xx] (metres), e.g., 13.27 (C) VERCCL = [xx.x] (metres), e.g., 13.2 (C) VERCOP = [xx.x] (metres), e.g., 23.4 (C) verdat = [12 (Mean lower low water), 31 (Local low water reference level), 32 (Local high water reference level), 33 (Local mean water reference level), 34 (Equivalent height of water (German GIW)), 35 (Highest Shipping Height of Water (German HSW)), 36 (Reference low water level according to Danube Commission), 37 (Highest shipping height of water according to Danube Commission), 38 (Dutch river low water reference level (OLR)), 39 (Russian project water level), 40 (Russian normal backwater level), 41 (Ohio River Datum), 42 (Approximate LAT), 43 (Dutch High Water Reference Level (MHW)), 44 (Tweede Algemene Waterpassing)] (C) unlocd = [ISRS code] (C) wtwdis = [xxxx.xxx] (units defined in hunits), e.g., 2451.732 (C) hunits = [3 (kilometres), 4 (hectometres), 5 (statute

	I) For Notice marks on bridges see O.3.2. J) If there is no vertical clearance indicator at a bridge, but there is a gauge which can be used to calculate the vertical clearance of the bridge depending on the water level, it should be encoded in accordance with I.3.4.	miles), 6 (nautical miles)] (C) PICREP = (Refer to Section B, General Guidance) (O) CONDTN = [1 (under construction), 2 (ruined), 3 (under reclamation), 5 (planned construction)] (M) SCAMIN = [90000] (C) SORDAT = [YYYYMMDD] (C) SORIND = (Refer to Section B, General Guidance) <u>Object Encoding</u> Object Class = C_AGGR() (M) OBJNAM = [name of the aqueduct] (O) NOBJNM = (Refer to Section B, General Guidance) (C) unlocd = [ISRS code] (C) SORDAT = [YYYYMMDD] (C) SORIND = (Refer to Section B, General Guidance)
--	---	---