

Nota Técnica

São Paulo, 21/10/2024

Autores:

Eng. Naval Andre Ricardo M. Pinheiro

Eng. Civil Ernani Muraro

Crise hídrica no rio Paraguai: impacto ambiental e econômico, necessidade de medidas urgentes para garantir a segurança da navegação e o monitoramento ambiental.

1 O contexto e reflexão inicial

No corrente ano de 2024, foram desenvolvidos estudos de concessão para hidrovias brasileiras (os autores participaram de grupo dedicado ao tema). Em paralelo, enquanto o rio Paraguai vive uma seca histórica, três notícias relevantes nos chamaram atenção (em itens e subitens, inclusive notas principais, por praticidade):

[1] Carta aberta de cientistas especializados no Bioma Pantanal ao Exmo. Sr. Presidente da República Luís Inácio Lula da Silva, à Exma. Sra. Ministra do Meio Ambiente, Marina Silva, e ao Exmo. Sr. Presidente do IBAMA, Rodrigo Agostinho, ao Exmo. Sr. Ministro dos Transportes, Renan Filho, ao Exmo. Sr. Ministro de Portos e Aeroportos, Sérgio Costa Filho, e aos Exmos. Srs. Governadores de MT, Mauro Mendes, e de MS, Eduardo Riedel. (domínio público), data de **27/08/24**.

- a. Carta assinada por especialistas em climatologia, hidrologia, geomorfologia e ecologia da região.
- b. O termo dragagem (e correlatos, como dragagens e dragar) aparece 16 (dezesesseis) vezes em duas páginas da carta, o que demonstra uma das preocupações do documento, como a citação “Assim, consideramos extremamente temerário que haja operações de dragagem, mesmo que somente de manutenção, num ano de escassez hídrica excepcional, sem se ter possibilidade de previsão de como será o comportamento da próxima cheia no ano hidrológico de 2024-25”.
- c. Citação ao rio Mississipi: “Estudos realizados no rio Mississipi, nos Estados Unidos, demonstram os graves impactos ambientais resultantes das

dragagens em rios de planície de inundação. A dragagem contínua resultou na redução significativa da conectividade entre o rio e suas planícies, alterando padrões naturais de sedimentação e exigindo intervenções contínuas. Esses impactos levaram à degradação de habitats críticos e afetaram negativamente a biodiversidade. As lições aprendidas no Mississippi reforçam as preocupações sobre os efeitos potenciais das dragagens no rio Paraguai e no Pantanal, especialmente quanto à redução das inundações sazonais e à necessidade de dragagens contínuas devido à natureza arenosa dos sedimentos.”

[2] BNDES e investimento em empurradores e barcas para o rio Paraguai, data de **08/09/24**.

[https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/detalhe/noticia/Com-R\\$-37-bilhoes-do-Fundo-da-Marinha-Mercante-LHG-Logistica-investe-em-transporte-hidroviario-de-minerio/#:~:text=%E2%80%9CO%20Fundo%20da%20Marinha%20Mercante,concess%C3%A3o%20de%20prioridade%20do%20CDFMM](https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/detalhe/noticia/Com-R$-37-bilhoes-do-Fundo-da-Marinha-Mercante-LHG-Logistica-investe-em-transporte-hidroviario-de-minerio/#:~:text=%E2%80%9CO%20Fundo%20da%20Marinha%20Mercante,concess%C3%A3o%20de%20prioridade%20do%20CDFMM).

- a. “Em setembro de 2024, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) anunciou um financiamento de R\$ 3,7 bilhões à LHG Logística Ltda para a construção de 400 balsas e 15 empurradores”. O valor corresponde a cerca de 14% do orçamento anual do estado do Mato Grosso do Sul (LOA 2025, R\$ 26,4 bilhões).
- b. “O objetivo é o transporte hidroviário de minérios de ferro e manganês pelos rios Paraguai e Paraná.”
- c. “O investimento é estratégico para a descarbonização da matriz logística brasileira. Modal hidroviário representa redução de 95% das emissões em relação ao rodoviário e de 70% em relação ao ferroviário.”

[3] Jornal Valor Econômico, matéria de Tecnologia, IA e IoT com HBSA (Hidroviás do Brasil), data de **17/10/24**:

<https://valor.globo.com/publicacoes/especiais/telecomunicacoes/noticia/2024/10/17/tecnologia-reduz-custos-de-operacoes-de-logistica-em-20.ghtml> ou página F5 da versão impressa.

- a. Aumento da segurança: Câmeras com IA monitoram veículos e áreas de trabalho, reduzindo riscos de roubo e acidentes.
- b. Otimização de rotas: Sistemas digitais com informações em tempo real otimizam as rotas de transporte, considerando condições climáticas e de tráfego.
- c. Melhoria da segurança na navegação: A Hidroviás do Brasil utiliza IA para prever níveis de rios e treinar capitães, reduzindo riscos de encalhe.

Isso nos levou às seguintes reflexões: o que faz empresas investirem recursos em pessoas (mão-de-obra, treinamentos, especializações, segurança do trabalho etc.), no desenvolvimento e uso de equipamentos e tecnologias? Ora, certamente, a viabilidade e o equilíbrio técnico-ambiental, a legalidade e, principalmente, o retorno econômico-financeiro são fundamentais. Quais as motivações e interesses (reais) daqueles que são contra? E a principal: como desmitificar assuntos sensíveis, que demandam aprofundamento contínuo, respeitando divergências?

Para trazer respostas às reflexões, fez-se necessário pesquisar e aprofundar os temas, qualificando e quantificando com membros da Academia e profissionais estudiosos da região:

- a) Paolo Alfredini (Livre-Docente em Obras Marítimas e Fluviais e Professor Titular e de Obras Marítimas e Fluviais da USP);
- b) Eduardo Ratton (Dr. Geotecnia e Professor Titular de Portos e Hidrovias da UFPR);
- c) Philipe Ratton (Dr. Eng. de Recursos Hídricos e Ambiental); e
- d) Hidrovias do Brasil (HBSA) que, com profissionais de engenharia e inovação (João Pedro Sanchez, Raphael Ricomini Piccelli e Mariana Yoshioka, ver matéria do item [3]) e estudos realizados junto à IMDC (<https://imdc.be/en/imdc>), qualificou reais impactos de dragagem e da navegação no rio Paraguai.

2 Desmistificar é (sempre) preciso

Em tempos de debates incisivos, informações ou correlações sem evidências, ou mesmo das chamadas *fakenews*, é de suma importância confiar na ciência. Ela se fundamenta em informações verificáveis, revisões meticulosas e metodologias claras. Ao dar valor à ciência, incentivamos uma sociedade mais esclarecida, fazemos escolhas fundamentadas e lutamos contra a desinformação que pode comprometer a saúde pública e o avanço social. A ciência é nosso principal recurso na procura por verdades concretas e soluções duráveis para os obstáculos que enfrentamos.

A ciência e a desmitificação são como duas faces da mesma moeda. Ambas têm o propósito de esclarecer, operando de maneiras distintas.

Essa Nota Técnica pretende trabalhar pela desmistificação, buscando corrigir percepções errôneas, fornecer evidências, contexto histórico e cultural, promover o pensamento crítico e, principalmente, refutar mitos a respeito da navegação em rios brasileiros, em específico, no rio Paraguai - sem a utilização de argumentos ou teses que se pautem por destruir, demolir ou demonizar ideias e ideais, esses de elaboração mais fácil e menos dispendiosa do que

aqueles que se pautam por criar, construir ou congregar, que são o foco da Nota Técnica. Ou seja, criticar é mais fácil do que procurar fazer ou resolver.

Corpos d'água são navegáveis desde sempre, quiçá anterior à invenção da roda. Mas, de forma prática, a primeira e principal desmitificação é: por que e como manter a navegação em rios?

A concatenação linear e circular (dado que o último remete ao primeiro e retoma o ciclo) dos itens a seguir tem o propósito de provocar um raciocínio e chegar ao entendimento e à demonstração das reais causas que respondem à questão.

1. A evolução da economia de uma região demanda modos de transporte.
2. A hidrovia (via de transporte de cargas ou pessoas), sua navegação e suas atividades necessárias (como dragagem) não retiram nem drenam água dos rios e bacias hidrográficas.
3. A dragagem está para uma hidrovia assim como pistas e pavimento estão para uma rodovia ou aeroporto: sem eles, não há transporte, tráfego, logística ou mesmo passagem.
4. A falta de água, em rios e bacias hidrográficas, é dada pelo período de seca (ou estiagem).
5. A ciência indica a potencialização de secas pelas chamadas mudanças climáticas.
6. O combate às mudanças climáticas demanda compromissos com a descarbonização.
7. O transporte hidroviário é a matriz mais descarbonizada e mais barata; comparativamente a outros modos de transporte não destrói flora, nem fauna; portanto, é o transporte mais amigo do meio-ambiente.

Desmistificando a dragagem: um rio não é uma pia com ralo. A dragagem é um procedimento que envolve a retirada de sedimentos do leito de rios, lagos e canais. No entanto, ela não "drena" um rio com o intuito de esvaziá-lo. A concepção de que a dragagem remove toda a água de um corpo de água é um erro frequente. De fato, a dragagem modifica a profundidade e a forma do leito, porém não reduz de forma significativa a quantidade de água existente. O objetivo principal da dragagem é preservar a navegabilidade, gerir inundações, restaurar áreas danificadas e remover sedimentos poluídos. É crucial enfatizar que a dragagem deve ser feita de maneira planejada e supervisionada, em atenção ao equilíbrio ambiental.

Em síntese, a dragagem não "esvazia" um rio, mas sim retira sedimentos do leito para várias finalidades, incluindo a preservação de vias de navegação e a recuperação do meio ambiente.

3 O rio é vivo

A posição dos rios, ao longo de seus cursos, é dinâmica, está em constante transformação, esculpindo o terreno e moldando a paisagem ao seu redor. Uma das características mais marcantes dessa dinâmica são os meandros (curvas sinuosas que os rios formam em suas planícies aluviais).



Figura 1: Exemplo de planície do rio e seus meandros. Fonte: [Rivers with a mind of their own : Revista Pesquisa Fapesp](#)

Com o tempo, os meandros (ou curvas) do rio migram, alteram sua posição: a margem externa é erodida, enquanto a margem interna acumula mais sedimentos, deslocando a curva mais para fora e modificando o percurso do rio. Muitas vezes, uma curva do rio torna-se muito acentuada, criando um caminho (mais direto), deixando um “meandro abandonado” ou “oxbow” (em inglês) que pode se transformar em um lago em forma de U.

A variação sazonal e eventos climáticos, como cheias durante a estação chuvosa e períodos de seca, bem como ações antropogênicas (como tipologias de ocupação territorial próximas do rio ou destruição de matas ciliares), podem acelerar ou desacelerar esses processos dos meandros. A vegetação nas margens também desempenha um papel crucial, pois podem estabilizar as margens, retardando a erosão em algumas áreas, enquanto áreas sem vegetação são mais suscetíveis à erosão rápida.

4 O rio Paraguai

A Hidrovia Paraguai-Paraná, com seus 3.442 km de extensão tem no trecho brasileiro (1.270 km) é dividido em tramo norte (de Cáceres/MT a Corumbá/MS – 680 km) e tramo sul (de Corumbá/MS à foz do rio Apa em Porto Murtinho/MS – 590 km).

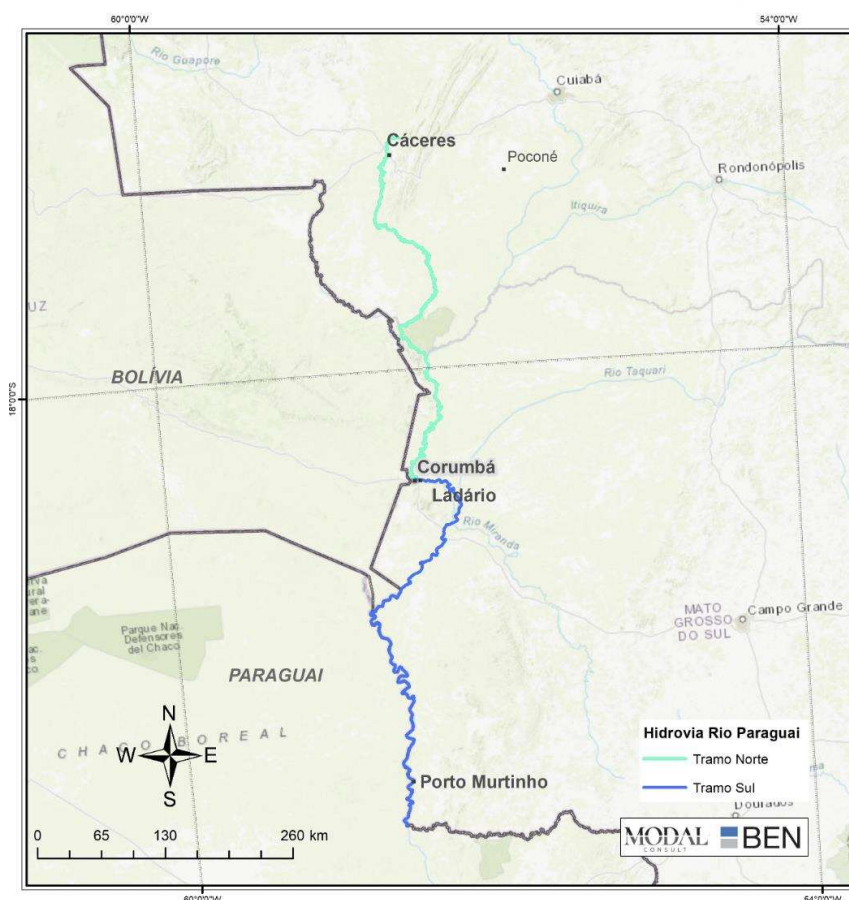


Figura 2: Trecho brasileiro do rio Paraguai (tramo norte e tramo sul). Elaboração própria.

Em termos econômicos a utilização de cada trecho tem aspectos distintos. No tramo norte, a navegação atual é restrita à pesca, ao turismo e transporte de passageiros, atividades econômicas importantes e de subsistência para centenas de moradores. No tramo sul, além dessas atividades, também são movimentadas cargas: foram movimentados 6,29 milhões de toneladas de carga no ano de 2023 (de acordo com o Anuário Estatístico Aquaviário da ANTAQ), sendo 96,3% correspondente a minério de ferro, com destinação a portos da Argentina e Uruguai, onde a carga é posteriormente transferida para navios de longo curso com destinação à China e Europa.

Quanto à morfologia no tramo norte, o rio Paraguai possui baixas declividades, menores larguras (da ordem 100 m) e curvas mais acentuadas. Já no tramo sul, o rio é mais caudaloso, com maiores profundidades e larguras (de 250 m a mais de 1 km), permitindo o tráfego de embarcações de maior porte. Em ambos os trechos, **o fundo do rio é constituído predominantemente por material arenoso**, o qual está em frequente movimento. Nos locais onde a velocidade da água diminui, há uma tendência de deposição de sedimentos, formando-se então bancos de areia que reduzem a profundidade disponível para a navegação.

Durante os períodos de cheias, com o aumento das vazões e velocidades do rio, esses sedimentos são transportados para jusante, promovendo a alteração da morfologia do leito.

Dessa forma, é comum e natural que ocorra a alternância entre locais com menores profundidades (denominados passos críticos) de ano para ano, embora a localização da maioria deles seja conhecida, em função das características hidráulicas de cada trecho e do histórico de monitoramento.

Um sistema fluvial natural, como o Rio Paraguai, exibe duas características importantes:

- Hidrologia não regularizada e
- Morfologia não confinada.

Em outras palavras, tanto a hidrologia quanto a morfologia do sistema são "naturais", e o rio pode responder livremente às condições de contorno ambientais fornecidas pela bacia hidrográfica. Esses também são os sistemas que não foram submetidos a intervenções significativas de engenharia. Essa condição não regularizada e não confinada mantém os processos evolutivos dinâmicos e naturais do rio dentro do corredor fluvial.

Para se ter uma ideia, muitos rios europeus e norte-americanos navegáveis têm hidrologia relativamente desregulada, mas são significativamente confinados, impedindo o comportamento morfológico natural (Reno, Danúbio, Mississippi inferior, Volga, Maas, etc.). As obras de regularização e manutenção fluviais geralmente consistem em estruturas hidráulicas permanentes e são suplementadas com atividades de dragagem de manutenção. O objetivo das obras de regularização fluviais é o de fornecer uma dimensão e alinhamento de canal desejados (entre outras metas), o que também resulta em requisitos de dragagem reduzidos. Esta tem sido a abordagem histórica convencional para melhorar a navegabilidade desses sistemas de rios abertos.

5 A seca

A sazonalidade das chuvas na bacia do Rio Paraguai, com um período de seca bem definido, pode ser expressa pelos gráficos a seguir.

De abril a junho, há uma redução gradual nas chuvas, marcando a transição entre o período chuvoso e a seca. A partir de julho e até setembro, observa-se uma queda acentuada nas precipitações, caracterizando o período de seca mais intenso. A baixa pluviosidade durante esses meses resulta em uma diminuição do fluxo d'água no rio e pode levar ao assoreamento de alguns trechos.

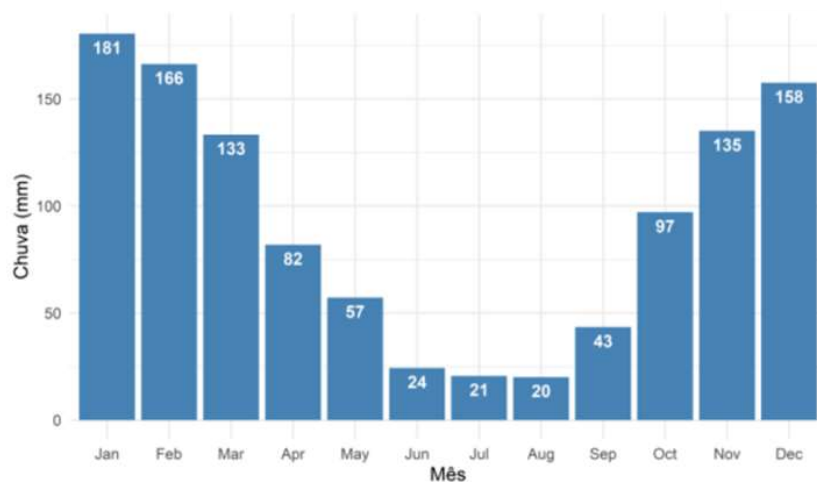


Gráfico 1: Chuva mensal típica da bacia do rio Paraguai, fonte MERGE/INPE

A menor quantidade de chuva resulta em um menor volume e escoamento de água no rio, mas os níveis do rio são defasados em tempo da pluviosidade.

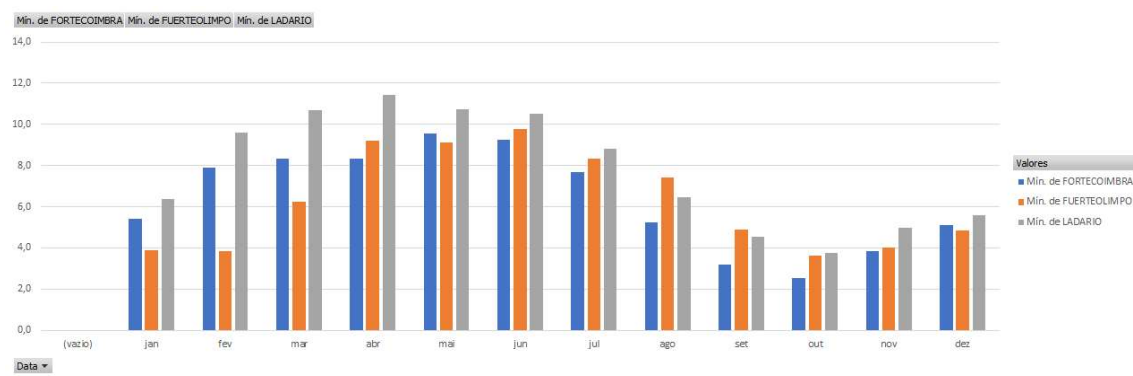


Gráfico 2: Níveis de régua do rio Paraguai (Mínima Histórica), elaboração própria a partir de dados das réguas

Entretanto, o ano de 2024 será marcado como uma das piores secas registradas no Rio Paraguai. Segundo o serviço geológico do Brasil que monitora o nível do rio através de 21 réguas, 18 delas indicam níveis muito abaixo das médias mínimas históricas. A tabela abaixo mostra dados dessa calamidade.

Tabela resumo:

Nome	Data do último dado	Último Dado (cm)	Varição em 7 dias (cm)	Varição em 14 dias (cm)	Mediana histórica para o dia 25/09
BARRA DO BUGRES	25/09/2024 12:30	24	-3	-1	59
CÁCERES (DNPVN)	25/09/2024 13:00	35	0	-2	147
PORTO CONCEIÇÃO	25/09/2024 12:30	162	-5	-6	307
BELA VISTA DO NORTE	25/09/2024 13:15	239	0	0	0
CUIABÁ	25/09/2024 07:00	92	1	-1	114
STO. ANTÔNIO DO LEVERGER	25/09/2024 12:45	223	0	0	310
BARÃO DE MELGAÇO	25/09/2024 12:45	167	-4	-2	232
ACIMA DO CÔRREGO GRANDE	25/09/2024 12:15	16	0	0	78
SÃO JERÔNIMO	25/09/2024 12:45	187	-8	2	0
SÃO JOSÉ DO PIQUIRI	25/09/2024 13:00	171	-6	0	204
POUSADA TAIAIÁ	25/09/2024 13:00	195	-3	-7	270
PORTO SÃO FRANCISCO	25/09/2024 13:00	274	-132	-132	542
LADÁRIO	25/09/2024 07:00	-45	-7	-15	282
COXIM	25/09/2024 12:30	372	2	5	308
ESTRADA MT-738	25/09/2024 12:45	104	-14	18	0
MIRANDA	25/09/2024 13:00	126	20	23	168
PALMEIRAS	25/09/2024 11:30	134	0	0	151
AQUIDAUANA	11/09/2024 11:00	152	-4	-26	253
PORTO ESPERANÇA	25/09/2024 13:00	-123	-10	-18	0
FORTE COIMBRA	24/09/2024 07:00	-176	-12	-20	227
PORTO MURTINHO	25/09/2024 07:00	73	-11	-16	463

Tabela 1 Níveis das Réguas do Rio Paraguai Monitoradas pelo Serviço Geológico do Brasil. Boletim de 25 de setembro de 2024.

6 A hidrovia

Quando se fala em Hidrovia do Rio Paraguai, é importante que se entenda corretamente todas as implicações decorrentes desta terminologia. Uma hidrovia é uma via de transporte aquático constituída por trechos navegáveis de rios, lagos e/ou mares, podendo ser natural ou artificial. De forma análoga às rodovias ou às ferrovias, são vias de acesso utilizadas para o transporte de cargas e pessoas, necessitando de infraestrutura adequada para que operem de forma eficiente e segura. Entretanto, diferentemente dos outros modais citados, uma hidrovia natural não demanda vultuosas obras de implantação, com movimentações de terra e supressão de vegetação, por exemplo. A hidrovia pressupõe a existência de um curso d'água, o qual deve ser adequado apenas em alguns trechos denominados críticos à navegação, e devidamente sinalizados para que a navegação ocorra com segurança.

Para se manter uma hidrovia em condições seguras de operação, além da sinalização náutica, é necessário manter profundidades adequadas para o tráfego das embarcações de maior calado nos períodos de estiagem. A partir de levantamentos batimétricos ao longo do canal de navegação, é realizado o mapeamento da morfologia do leito, identificando-se os locais de menor profundidade. Nesses locais, são realizadas intervenções de dragagem, respaldadas em projetos e estudos ambientais onde são avaliadas as melhores soluções do ponto de vista da engenharia e que causem os menores impactos possíveis sobre o meio ambiente.

O tramo norte não possui navegação de comboios comerciais se restringindo a operação de embarcações de pesca, turismo e passageiros. O DNIT só possui licença ambiental e contrato

para a dragagem de manutenção desse trecho. São intervenções pontuais de baixíssimo impacto ambiental.

No tramo sul, encontramos o transporte de minério como a principal carga transportada no trecho. Mesmo na estiagem é possível verificar, nas tabelas a seguir, que boa parte do trecho se encontra acima do calado de 10 pés (calado mínimo ideal para navegação do comboio). Em sondagem realizada na segunda quinzena de setembro, somente 7% do trecho apresenta calado abaixo de 10 pés, cerca de 28 Km num trecho de cerca de 400 Km. No tramo sul, foram identificados 9 passos críticos emergenciais (Tabela 2). O Tramo Sul não é dragado há vários anos, e o processo de sedimentação ocasionado principalmente pelas secas deteriorou muito o canal de navegação e por consequência a segurança dos comboios.

KM HIDROVIA	PASSO	Calado Pés
2621	ILHA DO PULGA/INÍCIO VOLTA DO ACURIZAL	5,91
2571	PASSO PIUVAS SUPERIOR	5,91
2570	PASSO PIUVA INFERIOR	5,25
2569	PASSO PIUVA INFERIOR	4,59
2489	ILHA SEPULTURA (Bahia Negra)	6,07
2345	PASSO CURUZU CANCHA	6,89
2344	NABILEQUE	5,91
2299	PASSO DO CABRITO	6,89
2280	ILHA CAMBÁ NUPAN	5,58

Tabela 2: Passos Críticos do Tramo Sul. Elaboração própria.

Calado	Km	% Do trecho do Rio
Acima de 15 pés (4,5m)	275,0	69,1 %
Entre 10,01 a 14,9 pés (3 a 4,5m)	95,0	23,9 %
Entre 8 a 10 pés (2,4 a 3 m)	13,5	3,4%
Entre 7 a 7,9 pés (2,1 a 2,4m)	8,0	2,0%
Abaixo de 7 pés (<=2m)	6,5	1,6%
Total (Km)	398,0	100%

Tabela 3 Sondagem do rio feito por empurrador na segunda quinzena de setembro de 2024. Elaboração própria.

7 Mudanças climáticas e descarbonização

Neste cenário de incertezas, as preocupações atreladas à crise hídrica atingem diversos setores da sociedade, com a possibilidade de prejuízos econômicos para diversas atividades: pecuária, agricultura, abastecimento público, geração de energia, navegação, entre outros. O componente ambiental também é atingido pela redução da disponibilidade hídrica, com impactos sobre a flora e fauna, tais como: aprisionamento da ictiofauna, redução da

disponibilidade de alimentos, alterações na cadeia alimentar, supressão de vegetação e redução de habitats por conta de queimadas, entre outros.

A eficiência no emprego do modal hidroviário, consagrada há séculos, modernamente se consolidou em sinergia com a sustentabilidade, no âmbito do respeito aos cânones ambientais entre as respeitadas equipes multidisciplinares das principais corporações dos países mais avançados no setor aquaviário.

Na maioria dos países, as hidrovias são consideradas compensação ambiental, por serem vias naturais, com uma correlação de custo para implantar 1 km de via de aproximadamente 1 : 21 : 33, respectivamente entre hidrovia : estrada asfaltada : ferrovia. Não precisando criar a via, o desmatamento é praticamente nulo (para a rodovia é de 4 ha/km e para a ferrovia 3,8 ha/km), além do muito menor impacto na emissão de gases do efeito estufa.

Em um estudo contratado pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), em 2017, junto à Universidade Federal do Paraná (UFPR), foram avaliados os custos de transporte para diferentes tipos de carga nos três principais modais (rodoviário, ferroviário e hidroviário) e em cada um dos 5 países conectados à Hidrovia Paraguai-Paraná, considerando os diferentes custos de combustível em cada país. A Tabela abaixo apresenta os resultados de custo comparativo para viagens de 1.000 km. Nota-se que, no Brasil, o custo de transporte de graneis sólidos pelo modal hidroviário equivale a 18% do custo pelo modal rodoviário. Em relação aos graneis sólidos agrícolas, essa proporção é de 25%, ou seja, é 4 vezes mais caro transportar uma tonelada de soja por rodovia do que por hidrovias.

Tipo de Carga	Modal	Argentina	Bolívia	Brasil	Paraguai	Uruguai
Granel Sólido	Rodoviário	100%	100%	100%	100%	100%
	Ferrovário	38%	46%	48%	45%	38%
	Hidroviário	13%	19%	18%	18%	13%
Granel Sólido Agrícola	Rodoviário	100%	100%	100%	100%	100%
	Ferrovário	38%	46%	48%	45%	38%
	Hidroviário	18%	26%	25%	24%	18%
Graneis líquidos	Rodoviário	100%	100%	100%	100%	100%
	Ferrovário	39%	48%	52%	45%	36%
	Hidroviário	26%	37%	37%	33%	24%
Carga Geral	Rodoviário	100%	100%	100%	100%	100%
	Ferrovário	23%	35%	32%	34%	27%
	Hidroviário	26%	45%	39%	42%	31%

Tabela 4: Comparativo dos Custos de Transporte por Modal, país e tipo de carga (Viagens de 1000 Km). Fonte estudos UFPR-ANTAQ.

Já no aspecto ambiental, a **redução de 60% nas emissões de gases de efeito estufa** quando se compara o modal hidroviário com o modal rodoviário. Um comboio de 32.000

toneladas (com 16 barcas de 2.000 toneladas), por exemplo, equivale a 914 carretas com 35 toneladas cada. A proporção do consumo de combustível para o transporte de uma tonelada por uma distância de mil km para os modais rodoviário, ferroviário e hidroviário é de aproximadamente 15, 6 e 4 litros, respectivamente. Assim, o transporte fluvial é responsável pela menor emissão de monóxido de carbono e óxidos nítricos, comparando os modais de transporte, as vantagens da utilização do sistema hidroviário para o transporte de cargas, em detrimento do ferroviário e, sobretudo, do rodoviário, incluem: baixo custo de transporte, principalmente em se tratando de grandes volumes de cargas e distâncias; baixos custos de manutenção da via, uma vez que o transporte é realizado em trechos naturais pré-existent; e menores impactos ambientais, por se tratar de um sistema de transporte com menor interferência sobre o meio ambiente quando comparado aos demais modais.

Uma preocupação comum, comumente utilizada como argumento contrário às hidrovias, diz respeito às ondas geradas pelos comboios e seus efeitos sobre o desbarrancamento de margens. Em outro estudo, conduzido pelo IPT, foram avaliadas alturas de ondas geradas por diferentes embarcações (comboios e voadeiras) a partir de formulações semiempíricas (Sorensen, 1997) e medições realizadas no Tanque de Provas do IPT.

Os resultados demonstraram que as ondas geradas por voadeiras (embarcação miúda com 3 m de comprimento e 0,4 m de calado) são maiores do que as geradas por grandes comboios, especialmente pelo motivo de as voadeiras trafegarem em maiores velocidades (voadeiras trafegam a 40-50 km/h, enquanto comboios trafegam a 7-9 km/h). Adicionalmente, o fato de as voadeiras transitarem com maior frequência e normalmente com maior proximidade das margens indica que a sua influência sobre a possibilidade de comprometimento da estabilidade dos taludes é muito maior do que no caso dos comboios.

8 A dragagem

As operações de dragagem de aprofundamento são realizadas quando se torna necessário adaptar o canal navegável à densidade do tráfego ou ao tamanho de novas embarcações.

As operações de dragagem de manutenção são operações repetitivas e necessárias, visando extrair os sedimentos depositados que dificultam a navegabilidade. Essas atividades geralmente são periódicas em rios. Além disso, dependendo da natureza dinâmica do rio, os locais da dragagem de manutenção podem mudar e mudar muito ao longo do tempo. Geralmente, essas intervenções visam respeitar os requisitos de navegabilidade (larguras e profundidades do canal).

Monitorar as atividades de dragagem é essencial para a manutenção do canal. A dragagem regular é frequentemente necessária para remover sedimentos acumulados que impedem a navegação. O monitoramento eficaz garante que a dragagem seja realizada de forma eficiente e dentro de limites ambientalmente sustentáveis, pois o monitoramento em tempo real das atividades de dragagem, incluindo taxas de remoção de sedimentos e práticas de descarte, garante que o canal seja mantido navegável, minimizando os impactos ambientais adversos.

O equipamento mais indicado para a dragagem dos passos críticos no rio Paraguai é a draga de sucção e recalque. O método consiste em bombear o material dragado diretamente para áreas de bota-fora dentro do próprio rio através de uma tubulação, ao mesmo tempo em que é realizada a sucção no local que está sendo aprofundado. Entre os critérios normalmente adotados para selecionar essas áreas de despejo, pode-se citar: maiores profundidades (capacidade suficiente); baixas velocidades das correntes, favorecendo a sedimentação e evitando o carreamento para jusante; não interferência com o canal de navegação; e proximidade de margens, visando auxiliar na estabilização de taludes com eventuais processos erosivos já deflagrados.

Incididos por essa temática, a HBSA e o IMDC realizaram e aprofundaram estudos de avaliação do impacto da dragagem e deposição em passos críticos na parte brasileira do Rio Paraguai (finalizado em 10/10/24), em específico no tramo de interesse imediato para a navegação: o sul. Para isso, foram analisadas seções em 7 passos críticos, onde são esperados os maiores volumes de dragagem.:

1. Caraguatá (KP 2651-2669)
2. Ilha Jacore (KP 2616-2630)
3. Conselho (KP 2605-2616)
4. Paratudal Inferior & Piuva Inferior (KP 2568-2577)
5. Cabrito (KP 2300)
6. Camba Nupa (KP 2274-2282)
7. Taruma (KP 2245-2252)

A principal conclusão: impactos das atividades de dragagem e deposição são principalmente locais (restritos aos passos críticos), com **alterações no nível da água geralmente limitadas a alguns milímetros** (ver Gráfico 3).

Não houve uma alteração substancial na descarga do rio, o que significa que o volume de água que flui pelo rio permanece praticamente inalterado. Mudanças ocorrem na distribuição local da velocidade e do nível de água devido às operações de dragagem e deposição (ver Figura 3). As maiores mudanças observadas foram no aumento da velocidade da água nas áreas dragadas e na redução dos níveis de água nos passos Caraguatá e Ilha Jacore (maiores

alterações de velocidade e nível do rio, devido às características locais), da ordem de dois decímetros, também desprezível para as dimensões da região.

Ou seja, os estudos consideraram condições de estiagem (níveis de águas baixas), quando as águas estão restritas a margens mais estreitas (nesse período, sequer alcançam a planície do Pantanal) do que os períodos de águas médias ou águas altas (cheia), e, ainda assim, tais mudanças pouco afetam as regiões estudadas.

Extrapolar essa situação para a bacia hidrográfica (trechos mais próximos, apenas, para ser muito conservador) torna-se diminuir qualquer número a valores diminutos (para não dizer inexistentes), exponencialmente falando.

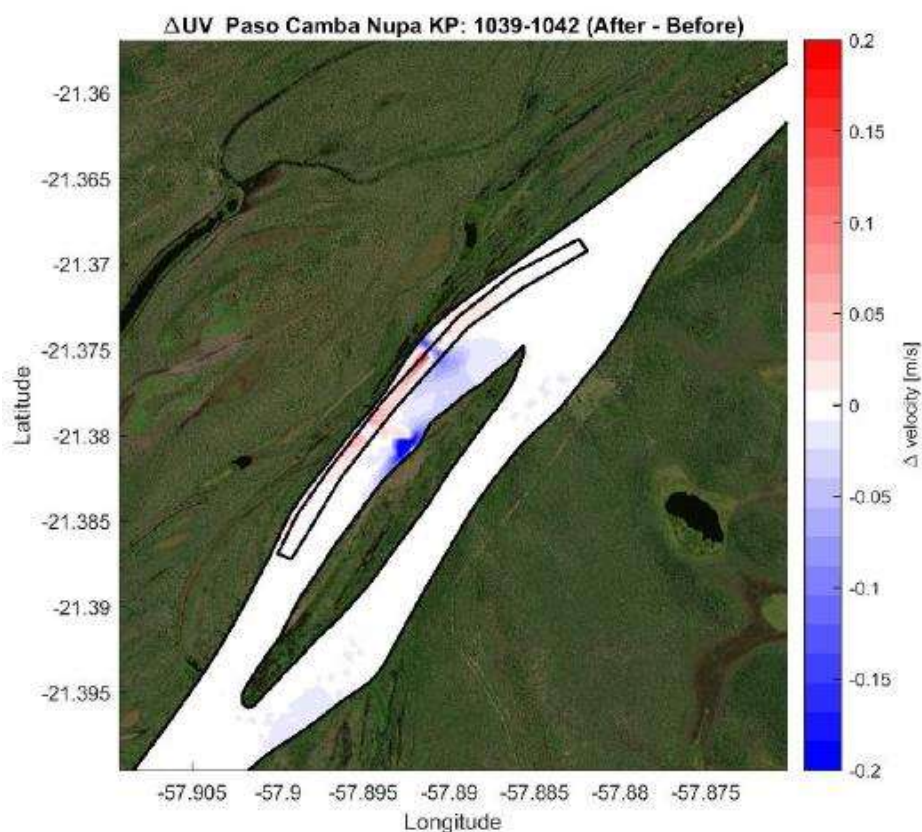


Figura 3: Mapa diferencial da magnitude da velocidade antes e depois das obras de dragagem no Paso Camba Nupa em condições de estiagem (NR). Estudos HBSA/IMDC.

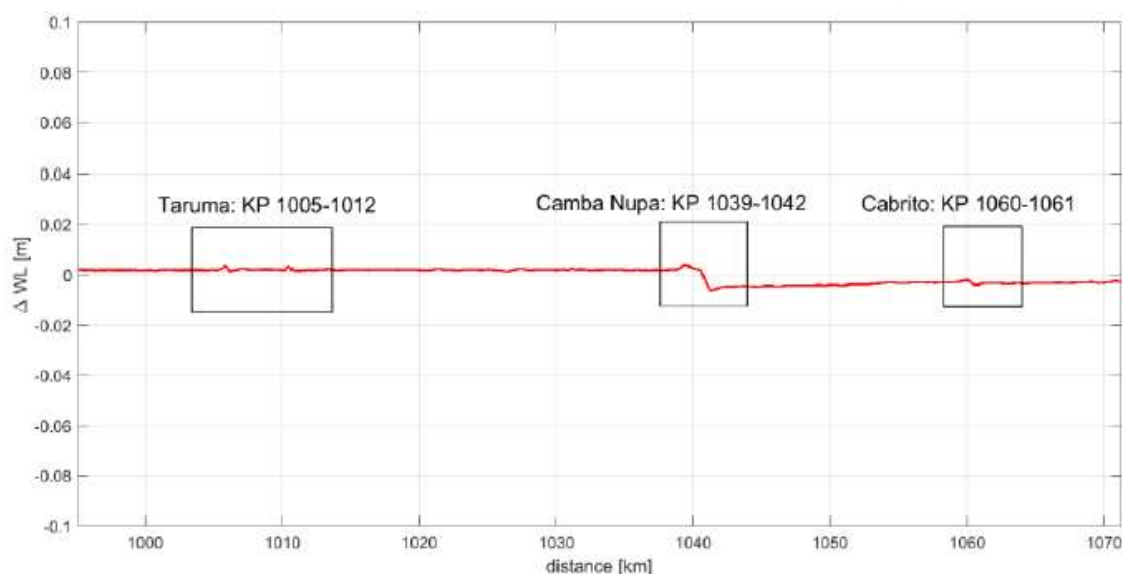


Gráfico 3: Diferença de nível de água ao longo do eixo de navegação obtido do modelo devido às actividades de dragagem/descarga (Paso Cabrito a Paso Taruma). .Estudos HBSA/IMDC.

Por fim, o estudo conclui que os impactos ambientais causados pela dragagem são mínimos em termos de larga escala, com mudanças maiores ocorrendo apenas em áreas próximas às intervenções. A dragagem contribui para melhorar a navegabilidade do rio sem comprometer significativamente o meio ambiente.

9 Conclusão

Em cenário de incertezas, como a presente seca, as preocupações atreladas à crise hídrica atingem diversos setores da sociedade, com a possibilidade de prejuízos econômicos para diversas atividades: pecuária, agricultura, abastecimento público, geração de energia, navegação, entre outros. O componente ambiental também é atingido pela redução da disponibilidade hídrica, com impactos sobre a flora e fauna.

A atividade humana exige cuidado com o ambiente. Portanto, é crucial investir em inovação e tecnologias eficazes, desenvolvimento de modelos preditivos, com a implementação de práticas sustentáveis, para reduzir efeitos nocivos ao meio. Mesmo que não haja precisão absoluta na estimativa de resultados (por exemplo, modelagens e resultados hidro meteorológicos), é muitas vezes suficiente a percepção de tendências e a emissão de alertas para que sejam adotadas medidas preventivas em tempo hábil.

O objeto pretendido e alcançado pela carta, em consonância ao conhecimento técnico sobre o assunto, é desmitificar ditos impactos da hidrovia e de dragagens no rio Paraguai, ao apresentar dados e estudos da importância da hidrovia e que a dragagem não provoca efeitos

significativos ou preocupantes na hidráulica e na ecologia do rio Paraguai ou sua bacia hidrográfica.

A navegação no Rio Paraguai é vital para a economia (local, regional e nacional), sendo o modo de transporte mais amigável ao meio. Preservar a navegabilidade é fundamental para assegurar a competitividade de usuários da hidrovia e fomentar o progresso socioeconômico da região. Por isso, deve ficar claro que a dragagem de manutenção em passos críticos não compromete o fluxo do rio. Mais: garante a segurança da navegação, imprime maior monitoramento ambiental e, principalmente, garante manutenção e oportunidades de emprego e renda para os habitantes da região, que necessitam do mesmo como fonte de subsistência e muitas vezes como a única fonte de renda economicamente viável nessa região. O modal hidroviário é limpo, verde, sustentável e deve ser incentivado para aumentar o desenvolvimento sustentável da região.

Enfim, há outros debates também importantes, além do objeto principal desenvolvido nessa carta, que devem ser realizados com elevada seriedade. Por exemplo, no aspecto macro: o nível de prioridade que nosso país quer de seus rios e do aproveitamento hidroviário, principalmente na busca de protagonismo global nas temáticas de transição energética e descarbonização de matrizes de geração de energia, transporte etc. No micro, é necessário debater assuntos como licenciamento ambiental (normalmente longos e com elevada insegurança jurídica para interessados, públicos ou privados, em desenvolvimento) e o potencial de uso do material dragado (dado que, normalmente, devido ao licenciamento ambiental, costuma ser descartado no leito do rio), seja para uso benéfico, seja para uso comercial (dado que esse caso em específico ainda demanda processo de pedido e aprovação de outorga e concessão de lavra).

ANDRE RICARDO
MENDONCA
PINHEIRO:05155790760

Assinado de forma digital por
ANDRE RICARDO MENDONCA
PINHEIRO:05155790760
Dados: 2024.10.21 21:11:41 -03'00'

Andre Ricardo Mendonça Pinheiro

Engº Naval CREA/SP 5062118451

Ernani Muraro

Engº Civil CREA/SP 5061665070



Documento assinado digitalmente

ERNANI REGO MURARO

Data: 21/10/2024 21:14:58-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>