

---

**Seção C – Engenharia**

---

**Sumário**

1.	Apresentação.....	2
1.1.	Benefícios esperados .....	3
1.2.	Estudos subsidiários.....	3
2.	Diagnóstico .....	4
2.1.	Instalações de Apoio (IP4) .....	4
2.2.	Campanhas de Dragagem do DNIT.....	4
2.3.	Tipos de Dragas .....	11
2.4.	Nível de Redução (NR).....	16
2.5.	Oportunidades de Aperfeiçoamento .....	19
3.	O Ciclo Hidrológico .....	20
3.1.	O Conceito de Zona de Normalidade.....	21
3.2.	Os Períodos de Estiagem no Rio Madeira.....	26
4.	A Navegação no Rio Madeira.....	32
4.1.	Os Parâmetros de Dragagem do DNIT .....	32
4.2.	Calado Máximo Operacional.....	33
4.3.	Propostas de Melhorias para a Hidrovia do Rio Madeira.....	35
5.	Dimensionamento das Intervenções de Engenharia.....	36
5.1.	CAPEX.....	38
5.2.	Parâmetros de dimensionamento.....	38
6.	Investimentos na Hidrovia do Rio Madeira.....	39
7.	Intervenções a Serem Realizadas na Fase 1 .....	40
7.1.	Derrocamento.....	40
7.2.	Dragagem.....	41
7.3.	Monitoramento Hidrológico e Levantamentos Hidrográficos.....	42
7.4.	Auxílios à Navegação (Sinalização e Balizamento).....	43
7.5.	Gestão do Tráfego Aquaviário e Inteligência Fluvial .....	44
8.	Intervenções a Serem Realizadas na Fase 2 .....	46
8.1.	Derrocamento.....	47
9.	Investimento Fora da Área da Concessão.....	48
10.	Área de Influência da Concessão .....	50

---

## Seção C – Engenharia

---

### 1. Apresentação

Esta seção apresenta o estudo de engenharia elaborado no âmbito do Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental – EVTEA de concessão da Hidrovia do Rio Madeira. O trecho hidroviário analisado está localizado na Região Norte do Brasil, entre os estados de Rondônia e Amazonas, e se estende entre o município de Porto Velho/RO (km 1.075 da hidrovia) e a foz do Rio Madeira (km 0 da hidrovia).

O estudo de engenharia tem por objetivo dimensionar investimentos mínimos iniciais para atender a demanda projetada, tendo como referência as eventuais restrições operacionais identificadas e a busca por soluções técnicas que demonstrem viabilidade econômico-financeira associadas a mecanismos contratuais que minimizem os riscos de execução e resguardem o bom cumprimento do objeto da Concessão.

Considerando a necessidade de melhorias na infraestrutura hidroviária e nas condições de navegação, foram previstos investimentos (CAPEX) na ordem de R\$ 109.035.320,84 (cento e nove milhões, trinta e cinco mil, trezentos e vinte reais e oitenta e quatro centavos), distribuídos ao longo dos 4 (quatro) anos iniciais da Concessão, considerando:

- Projeto e obras de derrocamento – cerca de R\$ 37,6 milhões (até o 4º ano);
- Aquisição de 1 (uma) draga do tipo sucção e recalque (*Cutter Suction Dredger – CSD*) e intervenções associadas – cerca de R\$ 21,2 milhões (no 1º ano);
- Investimentos para monitoramento hidrológico e levantamentos hidrográficos, como implantação e recuperação de estações fluviométricas, além de realização de coletas de dados – cerca de R\$ 9,8 milhões (entre o 1º e 2º ano);
- Projeto, fornecimento, implantação dos auxílios à navegação (sinalização e balizamento) físicos e virtuais – cerca de R\$ 5,3 milhões (no 1º ano);
- Implantação dos sistemas de gestão do tráfego hidroviário, incluindo *Vessel Traffic Service (TVS)* e *softwares* para divulgação de cartas eletrônicas – cerca de R\$ 25,0 milhões (até o 2º ano);

No escopo da Concessão, foi considerado, ainda, um custo operacional anual de R\$ 38.680.479,69 (trinta e oito milhões, seiscentos e oitenta mil, quatrocentos e setenta e nove reais e sessenta e nove centavos), a ser despendido ao longo de todo o horizonte contratual, incluindo os seguintes serviços:

- Dragagem de Manutenção;
- Monitoramento Hidrológico e Levantamentos Hidrográficos (Operação e manutenção de estações fluviométricas, levantamentos batimétricos periódicos, perfilagem com ADCP, coleta de sedimentos de fundo e estudos de nível d'água);
- Operação e manutenção dos auxílios à navegação (Sinalização e Balizamento);
- Operação, manutenção e regularização das Instalações de Apoio (IP4);
- Operação e manutenção dos sistemas de gestão do tráfego hidroviário;
- Custos relacionados à licença e aos programas ambientais.

O detalhamento das premissas de custos operacionais e de custos ambientais estão devidamente detalhados na Seção D – Operacional e Seção F – Meio Ambiente, respectivamente.

---

## Seção C – Engenharia

---

### 1.1. Benefícios esperados

Com a implantação das soluções de engenharia propostas no presente estudo, espera-se melhorar as condições de navegação no Rio Madeira, aproveitando o ciclo hidrológico do rio; aumentar a competitividade dessa rota logística para o escoamento de granéis vegetais oriundos nos estados das regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil; prover maior regularidade no abastecimento de bens em Porto Velho/RO; aumentar a segurança no transporte hidroviário no Rio Madeira; melhorar as condições de embarque e desembarque de passageiros nas instalações de apoio (IP4); e modernizar os equipamentos utilizados na operação da hidrovia.

### 1.2. Estudos subsidiários

Dentre os principais estudos subsidiários ao presente EVTEA, é possível listar:

- Atlas – Infraestrutura Aquaviária (DNIT, fev/2024);
- Madeira River Navigation – Improvement Planning Study – Final Report (USACE, 2019);
- Plano de Dragagem de Manutenção Aquaviária do Rio Madeira (PADMA), compreendendo o trecho situado entre Porto velho/RO e Manicoré/AM (DNIT, 2020, 2021, 2022, 2023 e 2024);
- Plano Conceitual de Dragagem (UMI SAM/DNIT, 2018 e 2019);
- Levantamento Hidrográfico Madeira I/Farolex I (LH-001/2016) – Atualização do trecho do Rio Madeira compreendido entre Porto Velho-RO e Humaitá-AM – relatório Final (Instrução Especial SNN-9-30-001/2016) (Marinha do Brasil, 2016);
- Plano de Monitoramento Hidrográfico (PMH), Lotes 01, 02 e 03 (Termos de Referência – DNIT/2021);
- Preliminary Viability Assessment of Private Participation for the Maintenance of Inland Waterways in Brazil – Report (World Bank, 2020);
- Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica e Ambiental – EVTEA e Projeto Básico e Executivo para melhoramentos na Hidrovia do Rio Madeira, Mamoré e Guaporé – Relatório 9 – Volume 1 – Relatório de Estudo – EVTEA (DNIT, 2014);
- Dinâmica fluvial do Rio Madeira, Amilcar Adamy (CPRM, 2016);
- Restrição do Calado Dinâmico na Barra Norte do rio Amazonas: Análise das Marés e das Passagens dos Navios (UFRJ, 2018);
- A problemática dos acidentes de embarcações no Rio Madeira e os desafios para a engenharia naval regional (GESEC, 2023), (<http://doi.org/10.7769/gesec.v14i12.3076>);
- Dados da IAFN-DPC – Marinha do Brasil (2017 a 2023), <https://www.marinha.mil.br/dpc/node/3429>;
- Boletins de Monitoramento Hidrológico da Bacia do Rio Madeira (2011 a 2024) – SAH, Serviço Geológico do Brasil/CPRM;
- Níveis de Referência Hidrográfico: Uma Abordagem Descritiva (RBC, 2021);
- Plano Estadual de Logística de Transporte de Rondônia – PELT – Infra S.A. (abril/2023);

---

## Seção C – Engenharia

---

- Arco Norte, Um Desafio Logístico – Centro de Estudos e Debates Legislativos – Câmara dos Deputados (2016);
- A Evolução da Produção e Exportação da Soja e do Milho no Brasil (Confederação Nacional da Agricultura (2020).

## 2. Diagnóstico

O trecho do Rio Madeira a ser concedido estende-se da sua foz (km 0) até o município de Porto Velho/RO (km 1075). Nesse trecho, concentram-se as principais rotas de navegação comercial, com transporte de cargas e passageiros, e também os passos críticos que demandam intervenções de engenharia para melhor aproveitamento da navegação interior.

### 2.1. Instalações de Apoio (IP4)

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, atualmente, é responsável pela construção, manutenção e operação das Instalações de apoio (IP4) em todo o Brasil. A IP4 tem como objetivo fornecer segurança nas operações de embarque e desembarque de passageiros e insumos como medicamentos, gêneros alimentícios, vestuários, entre outros aos municípios localizados às margens dos rios, que dependem exclusivamente do transporte hidroviário.

Criadas pela Lei 12.815/2013, as Instalações Portuárias Públicas de Pequeno Porte – IP4 devem satisfazer requisitos de eficiência, segurança, atendimento ao interesse público, generalidade, conforto, cortesia na prestação dos serviços, e preservação do meio ambiente. Além disso, precisam constar no Sistema Nacional de Viação – SNV, operar exclusivamente com embarcações de navegação interior e estar fora da poligonal do porto organizado. No presente EVTEA, a denominação adotada para as IP4 será “instalações de apoio”.

No Madeira, foram identificadas as seguintes IP4: Porto Velho-RO (Cai n’Água), Humaitá-AM, Manicoré-AM, Novo Aripuanã-AM, Borba-AM e Nova Olinda do Norte -AM, totalizando 6 (seis) instalações. Segundo informações do DNIT, as três primeiras estão fora de operação no momento (dez/2023) e as três últimas estão em operação. Os custos operacionais das IP4 que farão parte da Concessão da Hidrovia do Rio Madeira estão devidamente discriminados na Seção D – Operacional.

### 2.2. Campanhas de Dragagem do DNIT

Entre 2016 e 2017, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT, passou a realizar contratações para melhorar a compreensão do rio e, conseqüentemente, tornar mais efetivas as suas campanhas de dragagem de manutenção.

As investigações sobre os níveis do rio, mapeamento de passos críticos, sedimentos de fundo e outras variáveis hidrológicas fazem parte do Programa de Monitoramento Hidroviário (PMH). O objetivo era gerar subsídios para as campanhas de dragagem de manutenção e difundir informações para que os usuários do rio pudessem planejar a navegação segura. As campanhas de dragagem de manutenção, por sua vez, foram contratadas no âmbito do chamado Plano Anual de Dragagem de Manutenção Aquaviária (PADMA), que

### Seção C – Engenharia

congrega um conjunto de obras e serviços de engenharia de dragagem para remoção do material arenoso submerso que obstrui os canais de navegação nos períodos de estiagem.

Essas iniciativas, empreendidas pelo DNIT, foram um importante passo para reduzir as limitações de calado nos trechos críticos e para minimizar os riscos de navegação. Até o presente momento, foram celebrados 2 (dois) contratos para execução de dragagem de manutenção no Rio Madeira, 1 (um) contrato específico para a dragagem da travessia de Humaitá, 3 (três) contratos para coleta de dados hidrográficos (PMH) e 1 (um) contrato para supervisão das obras de dragagem. Tais informações, os respectivos valores contratados, os executantes e o detalhamento técnico podem ser encontrados na tabela a seguir:

<b>Dragagem – Rio Madeira (HN-117)</b>				
Período	Contrato	Valor Inicial (R\$)	Executante	Equipamento
2016 - 2020	634/2016	68.718.484,79	Consórcio JEED-EPC	Sucção e Recalque
2021 - 2025	220/2021	82.300.000,00	Consórcio Jan De Nul-JEED	Sucção e Recalque / Hopper (alternadamente)
<b>Dragagem de Travessia (Trecho Humaitá)</b>				
2022 - 2027	250/2022	10.299.466,00	JEED Engenharia Ltda.	Sucção e Recalque
<b>Contrato de Supervisão Dragagem</b>				
2017 - 2022	010/2017	9.950.297,69	UMI SAN	-
2022 - 2025	221/2021	6.803.475,00	Consórcio Laghi-Prosul	-
<b>Plano de Monitoramento Hidrográfico – PMH no Rio Madeira (HN-117)</b>				
Lote	Contrato	Valor Inicial (R\$)	Trecho	Executante
01	908/2020	11.397.500,00	Porto Velho – Humaitá	CHD Ltda.
02	909/2020	11.496.599,00	Humaitá – Auxiliadora	Consórcio L-RT
03	250/2022	13.778.000,00	Auxiliadora - Foz	Consórcio L-RT

**Tabela 1: Contratos celebrados pelo DNIT para dragagem do Rio Madeira**

Fonte: DNIT

Os serviços referentes aos contratos do PMH vigentes, no Rio Madeira, possuem duração de 5 (cinco) anos, ou seja, iniciaram-se em 2021 e têm previsão de encerramento no ano de 2026.

Embora tenham sido mapeados cerca de 75 (setenta e cinco) pontos de interesse, no PMH, entre bancos de areia e pedrais, no PADMA, foram dragados um total de 12 (doze) passos críticos, ao longo dos último 7 (sete) anos, entre 2017 e 2023. Dentre os mais recorrentes, destacam-se Curicacas, Miriti e Cojubim.

Importante destacar que em somente 5 (cinco) passos críticos foram realizados serviços de dragagem de manutenção em mais de um ano (Curicacas, Miriti, Cojubim, Humaitá e Manicoré) e todos eles estão localizados entre o km 465 e o km 1075, ou seja, nos trechos mais a montante da hidrovia. O mapa a seguir ilustra a comparação entre os passos críticos mapeados e aqueles efetivamente dragados ao longo das últimas campanhas de manutenção.

Seção C – Engenharia

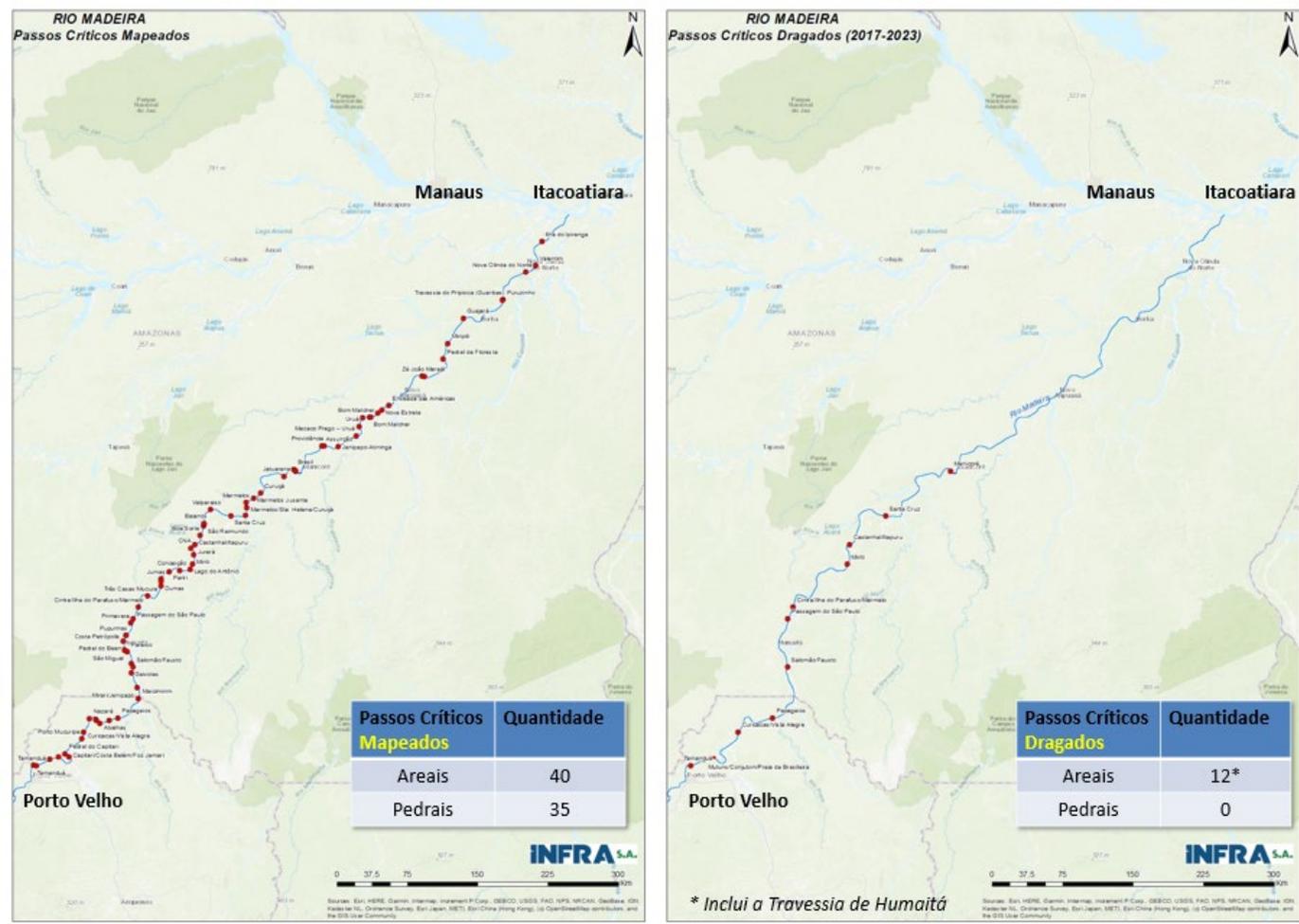


Figura 1 – Comparação entre os passos críticos mapeados (pontos de interesse) e os passos críticos efetivamente dragados entre 2017 e 2023 pelo DNIT.  
Fonte: Elaboração própria

## Seção C – Engenharia

O volume total dragado entre 2017 e 2023 foi de 8.362.670,46 m<sup>3</sup>, com média anual de 1.194.667,21 m<sup>3</sup>. A tabela a seguir demonstra que as intervenções de dragagem se concentraram em 3 (três) passos críticos: Curicacas, Miriti e Cojubim, que representam aproximadamente 70% do volume dragado.

	TRECHO CRÍTICO	VOLUME DRAGADO (m <sup>3</sup> /ano)						Vol. total dragado (m <sup>3</sup> )	
		2017	2018	2019	2020	2021	2022		2023
1	Curicacas	38.274,31	830.598,02	638.653,48	304.242,58	171.784,48	226.352,11	27.391,36	2.237.296,34
2	Miriti	303.159,35		379.124,32	928.240,84	351.081,84	382.320,46	408.694,39	2.752.621,20
3	Cojubim			329.242,69			243.187,15	147.468,99	719.898,83
4	Humaitá (travessia) <sup>1</sup>				193.032,48	132.751,24	158.882,41	180.712,90	665.379,03
5	Manicoré					193.541,12		150.899,78	344.440,90
6	Papagaios						155.714,58		155.714,58
7	Santa Cruz						548.575,20		548.575,20
8	Tamanduá		83.893,75						83.893,75
9	Costa Primavera/São Paulo							166.915,20	166.915,20
10	Salomão							299.638,39	299.638,39
11	Cintra							310.796,08	310.796,08
12	Itapuru							77.500,96	77.500,96
	<b>Total dragado ano (m<sup>3</sup>)</b>	<b>341.433,66</b>	<b>914.491,77</b>	<b>1.347.020,49</b>	<b>1.425.515,90</b>	<b>849.158,68</b>	<b>1.715.031,91</b>	<b>1.770.018,05</b>	<b>8.362.670,46</b>
	<b>Período de Campanha<sup>4</sup></b>	16/08 – 26/10	04/06 – 01/11	16/06 – 01/11	01/07 – 07/11	18/07 – 16/11	28/04 – 30/06	15/04 – 11/06	
	<b>Equipamentos</b>	2 CSD	2 CSD	3 CSD	3 CSD	3 CSD	1 TSHD	1 TSHD	

**Tabela 2 - Volumes dragados nas campanhas realizadas pelo DNIT**

Fonte: DNIT

1 – A dragagem em Humaitá (travessia), nos anos de 2022 e 2023, foi executada com draga Sucção e Recalque (CSD), no âmbito do Contrato DNIT 00220/2021.

2 – Compreende o somatório dos Trechos Manicoré Sul (86.713,89m<sup>3</sup>) e Manicoré Norte (106.827,73m<sup>3</sup>).

3 – Trata-se do valor estimado anualmente, conforme orçamento referencial da licitação (item 8.15 do Edital DNIT nº 0124/2022).

4 – Período composto pela realização do LH-Pré, de execução da dragagem e do LH-Pós.

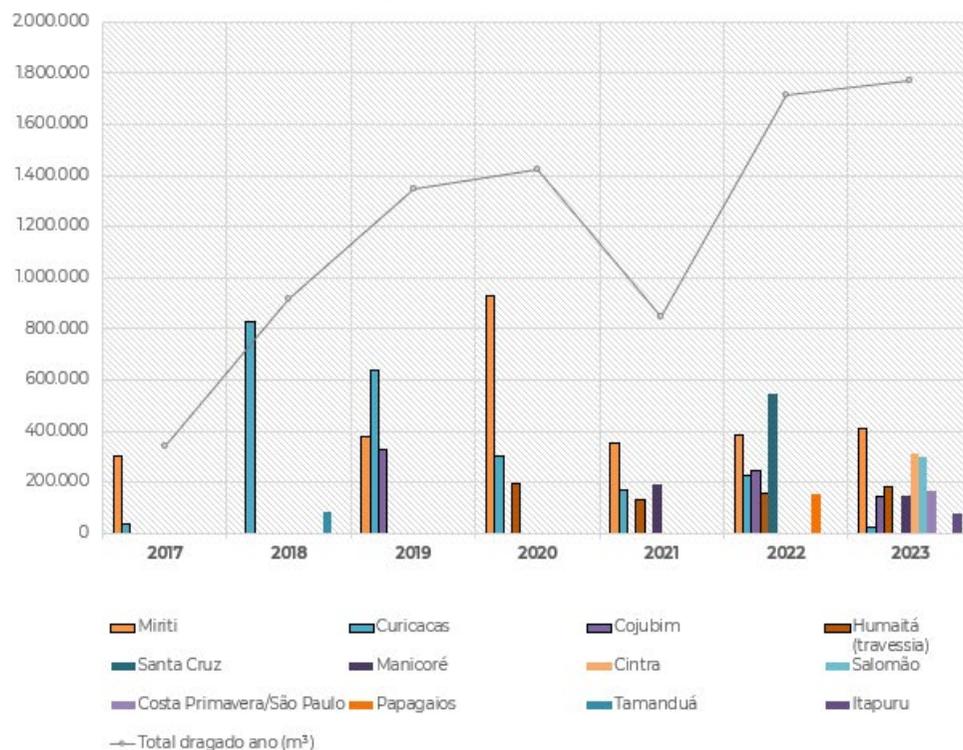
Na tabela acima, além dos volumes dragados, é possível identificar os equipamentos utilizados em cada campanha de dragagem de manutenção e os períodos de execução. Entre 2017 e 2021, foram adotados conjuntos de dragas de Sucção e Recalque (*Cutter Suction Dredger – CSD*), mas em 2022 e 2023, o DNIT buscou um outro arranjo operacional com draga Hopper (*Trailing Suction Hopper Dredger – TSHD*).

Verificou-se que ambos os equipamentos podem dragar esses passos críticos, dependendo da estratégia operacional do executor. O gráfico a seguir ilustra o histórico das campanhas de dragagem por passos críticos e demonstra o peso relativo dos passos críticos Curicacas, Miriti e Cojubim.

Seção C – Engenharia

# Dragagens Executadas

Histórico de Dragagem por Passo Crítico, 2017-2023



Total Dragado, 2017-2023

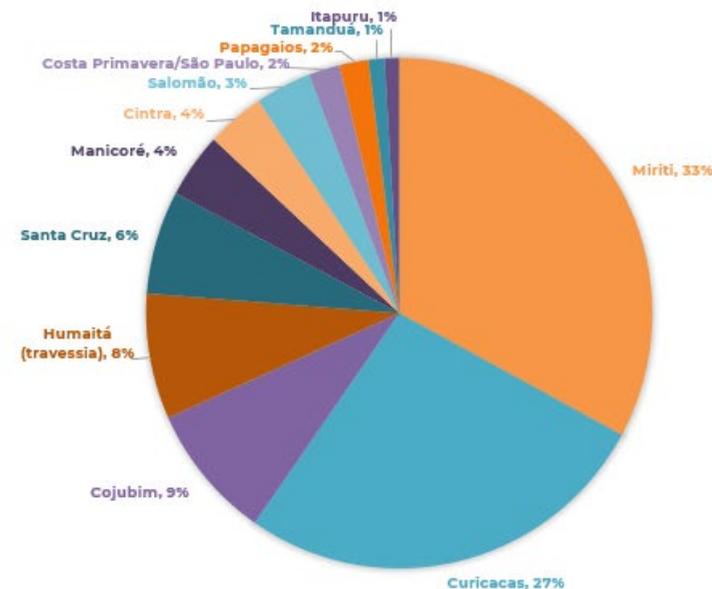


Figura 2 – Histórico de volumes dragados pelo DNIT entre 2017 e 2023 (por passo crítico)

Fonte: Elaboração própria, com dados do DNIT

**Seção C – Engenharia**

Na maior parte do rio, existem profundidades naturais que já permitem a navegação. Os passos críticos são trechos do rio nos quais o acúmulo de sedimentos depositados no fundo gera obstruções às embarcações. Embora a dragagem seja imprescindível, é possível aproveitar as profundidades naturais para delimitação de um canal de navegação concordante com a linha de talvegue. Na figura a seguir, verifica-se o traçado do canal estabelecido em 2019 para o passo crítico Curicacas em função da dragagem executada e das necessidades dos navegantes.



**Figura 3 - Passo Crítico Curicacas (levantamento batimétrico de novembro/2019) com a Carta Náutica nº 4750 – Ilhas dos Periquitos à Boca do Muriqui.**  
Fonte: Elaboração própria, com dados do DNIT e da Marinha do Brasil

## Seção C – Engenharia

A complexidade da dinâmica fluvial do Rio Madeira é amplamente documentada e pode ser ilustrada nas publicações do Serviço Geológico do Brasil:

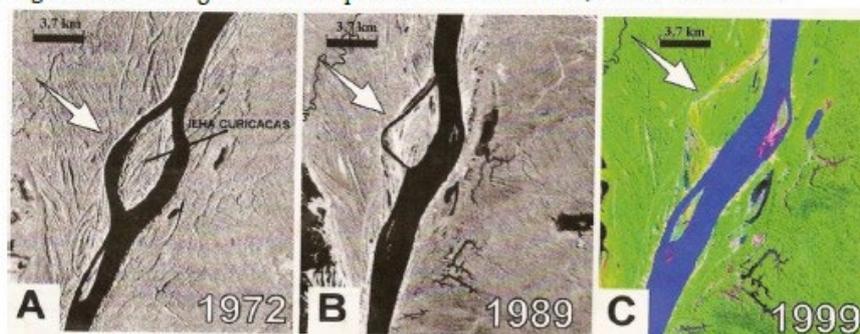
*Os rios de água branca, como os rios Madeira, Solimões, Purus, entre outros, são responsáveis por alguns dos maiores sistemas de estocagem e transferência de sedimentos para o oceano. Além disso, são muito instáveis, com remodelamentos constantes do leito submetido a uma dinâmica fluvial intensa, principalmente nos cursos médio e inferior, modificando de forma permanente seu curso, possuindo ao mesmo tempo uma ampla planície de inundação, onde os processos fluviais são mais atuantes, seja pela erosão ou pela deposição de sedimentos dentro do canal, como também pelos efeitos dos transbordamentos periódicos.*

(...)

*A velocidade de fluxo das águas do Rio Madeira desempenha um papel importante no processo de erosão e modelado fluvial, estando vinculada diretamente a vazão, ou seja, o volume de água drenado pelo rio, variável sazonalmente, correspondendo às máximas nos meses de fevereiro, março e abril, enquanto que as mínimas ocorrem nos meses de agosto, setembro e outubro. A descarga líquida também é fundamental na remoção de material de fundo e desmonte das margens. Durante a última inundação deste rio, a velocidade máxima registrada foi de 4,5 m/s, baixando após para 0,8 m/s, medidas através de um equipamento denominado “ADCP” (Acoustic Doppler Current Profile), instalado na estação de Porto Velho. (Adamy, 2016)*

Importante destacar que a dinâmica do rio altera o leito do rio a cada ano, e o traçado deve adequar-se a essas modificações. A figura a seguir, por exemplo, foi elaborada a partir de uma compilação de imagens orbitais do passo crítico Curicacas e ilustra a dimensão dessas modificações do leito ao longo dos anos, que alteraram a própria morfologia da Ilha das Curicacas e das margens ao redor desse trecho.

Figura 6: Morfologia fluvial temporal da Ilha Curicacas, baixo rio Madeira



Fonte: Rommel da S. Sousa

Figura 4 - Mudanças no leito do Rio Madeira nas proximidades da Ilha das Curicacas.

Fonte: Adamy (CPRM, 2016)

Esse fenômeno é relativamente comum ao longo do Rio Madeira. Nos passos críticos Conceição e Miriti, o DNIT observou que, a partir de 1984, houve um deslocamento de aproximadamente 800m das margens do

---

## Seção C – Engenharia

---

rio por conta do processo de erosão à jusante da Ilha da Conceição até a estabilização do curso d'água, que ocorreu por volta de 2016. A figura a seguir ilustra essa evolução temporal com base na comparação de imagens de satélite.



**Figura 5 - Dinâmica fluvial dos passos críticos Conceição e Miriti entre 1984 e 2016.**

Fonte: Plano Conceitual de Dragagem DNIT, 2021

Diante dessas condicionantes impostas pela dinâmica fluvial, da necessidade de flexibilidade operacional e da possibilidade de dragagem com equipamentos TSHD e CSD e pelas características dos sedimentos de fundo, o DNIT declarou, no âmbito da auditoria que resultou na edição do Acórdão nº 1686/2023 – TCU – Plenário, que adota os seguintes fatores: resultados observados nos anos anteriores, data da autorização de dragagem pelo Ibama, disponibilidade orçamentária para a dragagem, dados batimétricos oriundos do plano de monitoramento hidroviário, e intensidade da cheia e da estiagem previstas e observadas.

Nesse sentido, para fins de modelagem da concessão da Hidrovia do Rio Madeira, foi necessário avaliar os equipamentos utilizados nas campanhas anteriores, suas vantagens, desvantagens e fatores limitantes na operação de cada um.

### 2.3. Tipos de Dragas

Em sua obra Engenharia Portuária, o Prof. Paolo Alfredini, da Universidade de São Paulo, define a categoria de dragas hidráulicas como aquelas que operam com a mistura e transporte do material dragado com o escoamento hidráulico em alta velocidade. Uma bomba de dragagem é utilizada para criar a carga hidráulica e o escoamento necessários para transportar a mistura bifásica água-solo ao longo de uma tubulação. A destinação do sedimento até a área de despejo depende da metodologia executiva e do equipamento. Existem dois modelos de equipamentos nessa categoria de dragas hidráulicas: a draga autotransportadora

---

## Seção C – Engenharia

---

de sucção e arrasto (*Trailing Suction Hopper Dredger – TSHD*), também conhecida popularmente como draga *Hopper*, e a draga estacionária de sucção e recalque (*Cutter Suction Dredger – CSD*).

A draga *Hopper* (TSHD) é um dos modelos mais utilizados no mundo, sobretudo para dragagens marítimas. Trata-se de um navio adaptado para essa finalidade, e sua operação consiste na sucção do material sedimentar subaquático e carregamento na cisterna. Por serem autopropelidas, essas dragas são capazes de transportar o material dragado até a área destinada para o despejo, que pode ocorrer por bombeamento ou por simples descarga por aberturas na cisterna.

As principais vantagens da TSHD são:

- Relativa capacidade de trabalhar em condições meteorológicas mais adversas;
- Relativa autonomia em relação a estruturas de apoio terrestre;
- Pode dragar sem grandes interferências no tráfego de outras embarcações;
- Capacidade para transportar o material dragado por grandes distâncias;
- Produtividade relativamente mais alta em relação a outros equipamentos (a depender do porte dos equipamentos).

As principais desvantagens da TSHD são:

- Incapacidade para dragar materiais de maior dureza;
- Dificuldade para dragar em áreas mais restritas ou de menor profundidade;
- Sensibilidade à concentração de detritos na boca de dragagem;
- Perda de produtividade na dragagem de misturas muito diluídas;
- Maior burocracia na regularização documental para mobilização do equipamento, no caso de afretamento de embarcação.

A figura a seguir, ilustra uma TSHD e os principais componentes desse equipamento.

Seção C – Engenharia

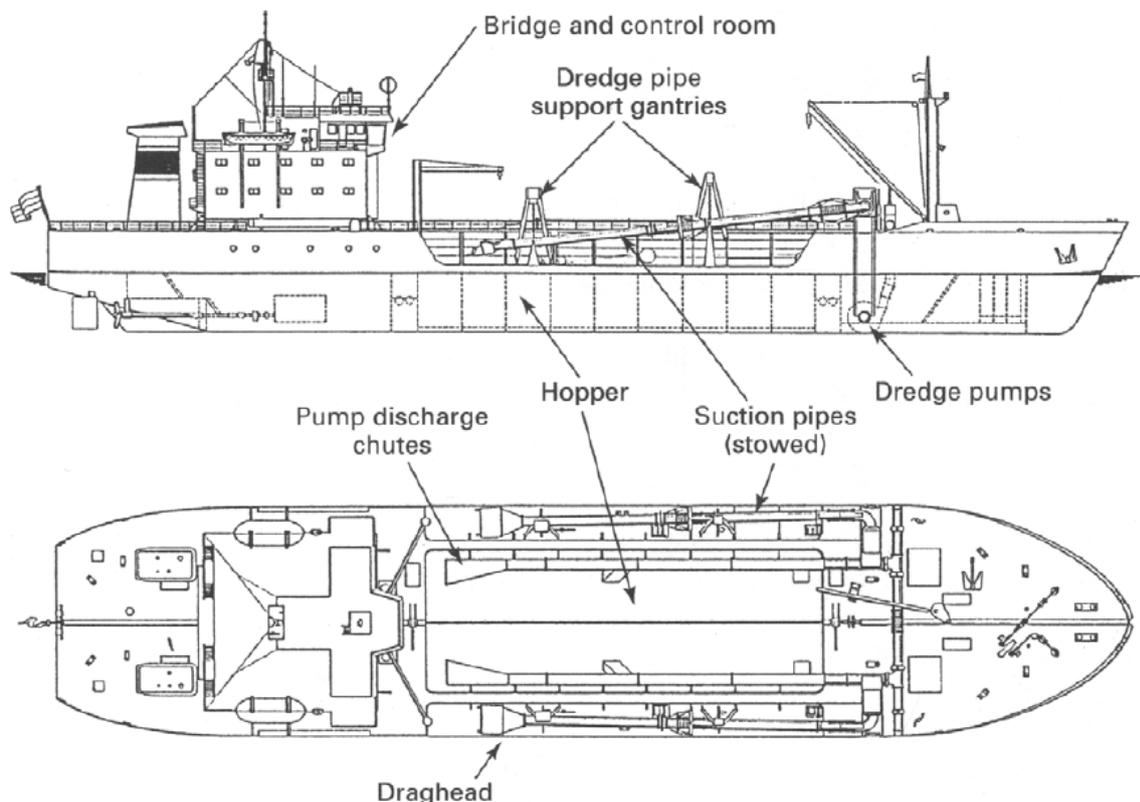
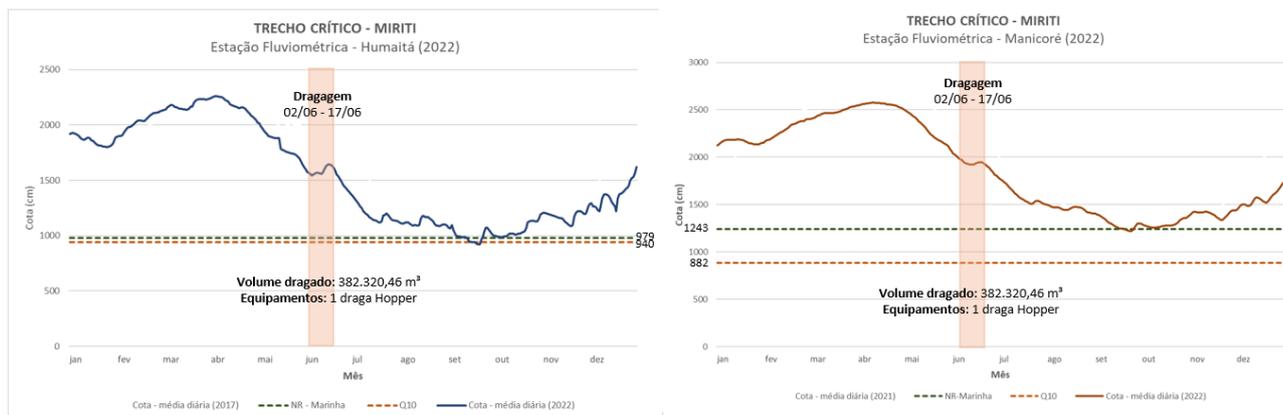


Figura 6 – Principais componentes da draga autotransportadora de sucção e arrasto, também denominada *Trailing Suction Hopper Dredger – TSHD*  
Fonte: Bray et al., 1996

Nas campanhas do DNIT, no Rio Madeira, a TSHD foi utilizada nos anos de 2022 e 2023 e, por conta da maior produtividade, realizou dragagem em mais passos críticos, num prazo menor. No entanto, tendo em vista as limitações de calado operacional do próprio equipamento de dragagem, a TSHD precisa operar nos meses em que o nível da água está mais alto, entre abril e junho. Com isso, a TSHD precisa dragar os passos críticos com maior antecedência ao pico de estiagem, momento em que não há total clareza da conformação dos bancos de areia e, conseqüentemente, dos passos críticos limitantes à navegação. A figura a seguir ilustra a campanha de dragagem TSHD, realizada em 2022, no passo crítico Miriti. Apesar da alta produtividade, a TSHD Pinta (IMO 9083249), utilizada no serviço, teve de dragar no mês de junho/2022, embora os níveis observados nas estações fluviométricas de Humaitá (15630000) e Manicoré (15700000) demonstrem que o período crítico de estiagem tenha se configurado somente por volta de setembro/2022.

Seção C – Engenharia



**Figura 7 – Período de dragagem TSHD em comparação com os níveis observados em 2022 nas estações fluviométricas de Humaitá (15630000) e Manicoré (15700000).**

Fonte: Elaboração própria, com dados da ANA e DNIT

A draga estacionária de sucção e recalque (*Cutter Suction Dredger – CSD*) normalmente possui um formato de balsa com uma lança móvel, equipada com uma tubulação de sucção e um desagregador, que realizam a dragagem e o transporte do sedimento. Na outra extremidade da balsa, é comum que o equipamento possua *spuds* (também conhecidos como charutos) que são hastes utilizadas na fixação e posicionamento. O transporte do sedimento é feito por tubulação diretamente para uma área de despejo ou, eventualmente, para batelões.

As principais vantagens da CSD são:

- Capacidade para dragar águas pouco profundas e uma ampla gama de materiais, incluindo rocha alterada a depender da potência do equipamento;
- Dragas mais modernas são capazes de dragar, uniformemente, um gabarito geométrico pré-determinado em projeto com alta produtividade;
- Capacidade de abrir novos canais em bancos de areia;
- Menor burocracia na regularização documental do equipamento para mobilização do equipamento.

As principais desvantagens da CSD são:

- Menor capacidade operacional em condições meteorológicas adversas (principalmente de onda e correnteza);
- Limitações na capacidade de transporte do material dragado até áreas de despejo muito distantes;
- Perda de produtividade na dragagem de misturas muito diluídas;
- Limitações na profundidade de dragagem (a depender das especificações do equipamento);
- Mobilização e desmobilização normalmente exigem desmontagem do equipamento.

## Seção C – Engenharia

A figura a seguir, ilustra uma CSD e os principais componentes desse equipamento.

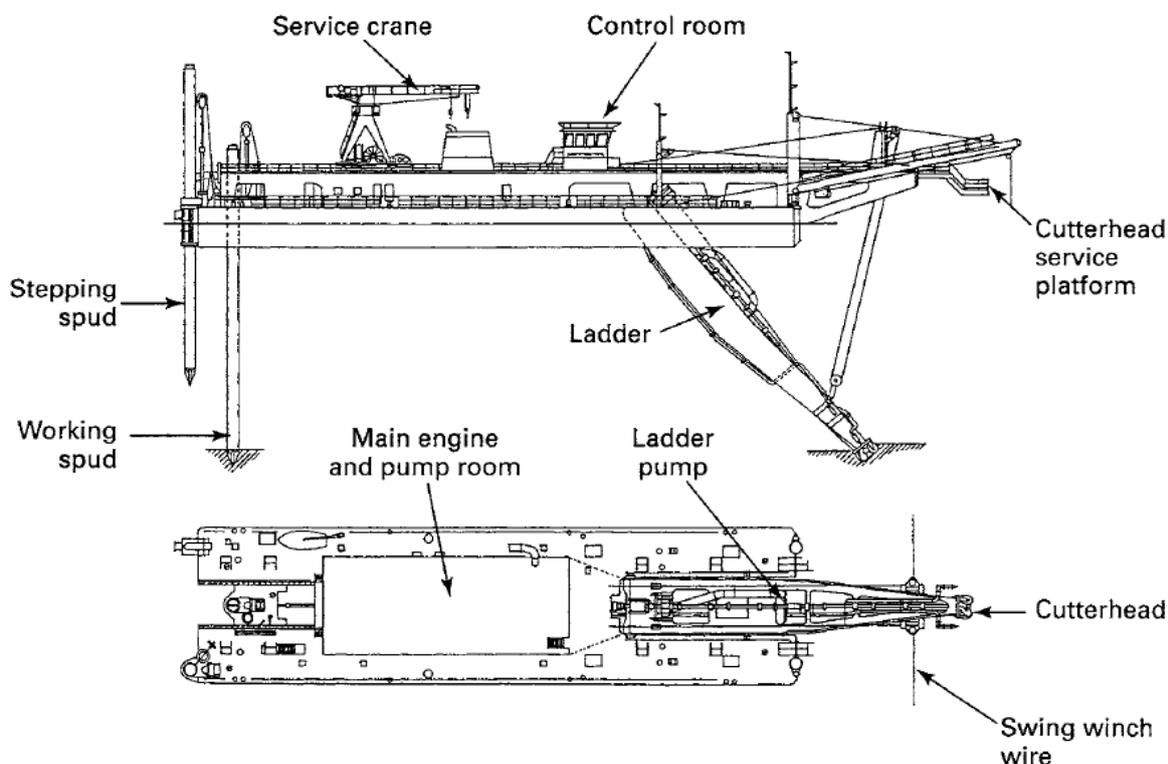
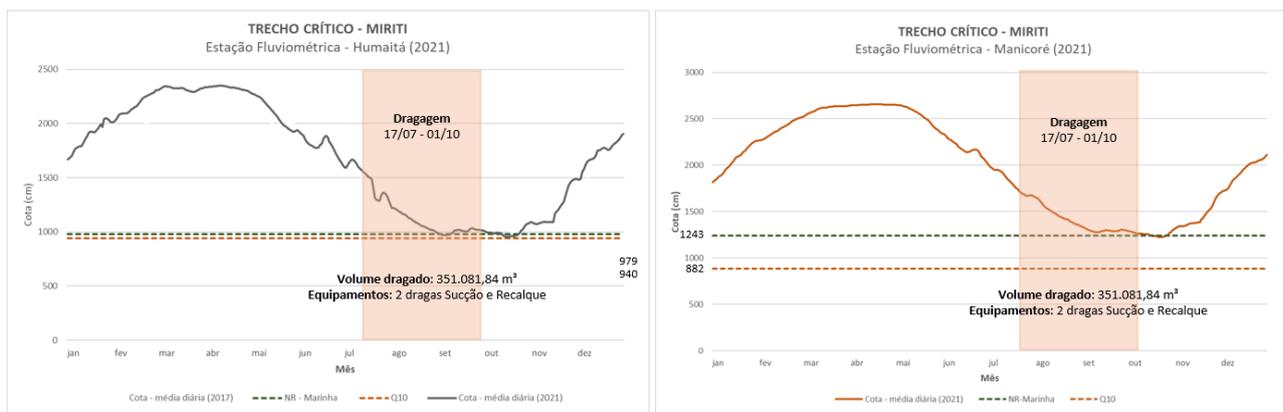


Figura 8 - Principais componentes da draga hidráulica de sucção e recalque, também denominada Cutter Suction Dredger – CSD

Fonte: Bray et al, 1996

Nas campanhas do DNIT, no Rio Madeira, entre 2017 e 2021, foi utilizado um conjunto de dragas Sucção e Recalque (CSD), no período do mês de junho ao mês de novembro, para dragar um total de cinco passos críticos. Nos anos de 2017 e 2018, foram utilizadas 2 dragas CSD, que operaram em apenas 2 passos críticos em cada ano. Entre os anos de 2019 e 2021 foi acrescida uma draga. As produtividades observadas para esse conjunto de equipamentos são relativamente mais baixas, o que acarretou um serviço mais demorado e com eventuais obstruções do canal de navegação. A draga de Sucção e Recalque (CSD), no entanto, tem a vantagem de poder operar nos períodos críticos de estiagem, além de ter um custo operacional menor. Conforme verificado nos gráficos a seguir, elaborados com informações das estações fluviométricas de Humaitá (15630000) e Manicoré (15700000), verifica-se que a campanha de dragagem de 2021, no passo crítico Miriti, ocorreu durante quase todo o período de estiagem (julho-outubro), e os volumes dragados ficaram na ordem de 350 mil m<sup>3</sup>. Caso o parque de equipamentos CSD pudesse operar com maiores produtividades, seria possível dragar durante um período mais curto e na véspera do período crítico da estiagem, preparando a hidrovia a partir de um diagnóstico mais preciso à navegação.

Seção C – Engenharia



**Figura 9 – Período de dragagem CSD em comparação com os níveis observados em 2021 nas estações fluviométricas de Humaitá (15630000) e Manicoré (15700000).**

Fonte: Elaboração própria, com dados da ANA e DNIT

Para fins de modelagem da Concessão da Hidrovia do Rio Madeira, buscou-se uma solução mais ajustada, com a adoção combinada de 2 (dois) tipos de dragas hidráulicas em um regime fluvial, no decorrer de um ano: a draga autotransportadora de sucção e arrasto (*Trailing Suction Hopper Dredger – TSHD*) e a draga estacionária de sucção e recalque (*Cutter Suction Dredger – CSD*), que trabalharão combinadas para garantir as condições de navegabilidade no período de estiagem.

Importante destacar que a draga sucção e recalque a ser adotada para a Concessão da Hidrovia do Rio Madeira deverá possuir especificações técnicas mais robustas que aquelas previstas nos antigos contratos de dragagem do Rio Madeira, de forma a resguardar produtividade e eficiência operacional requeridas.

Mais detalhes sobre o escopo de serviços e quantitativos das campanhas de dragagem de manutenção podem ser verificados na Seção D – Operacional.

**2.4. Nível de Redução (NR)**

Importante registrar que a observação e a mensuração, em campo, da variação do nível da água configuram etapa fundamental para consistência vertical entre as profundidades de um acesso aquaviário, seja um porto marítimo ou uma hidrovia. Nesse sentido, estabelece-se um plano de referência local ao qual todas as profundidades cartografadas estão relacionadas, por meio do nível de redução. Em áreas fluviais, são confeccionados ábacos de redução das profundidades distribuídos conforme o comportamento hidrológico do rio.

De acordo com a Norma OHI S-44, a navegação de navios à superfície requer um conhecimento preciso da profundidade e das estruturas/feições. Sendo que as profundidades devem ser entendidas como profundidades reduzidas dentro de um sistema de referência vertical bem definido.

A evolução das campanhas de dragagem é verificada por meio de levantamentos batimétricos. As profundidades medidas durante a fase de aquisição de dados em campo precisam ser processadas para refletir a variação do nível da água em períodos de seca (estiagem) e de cheia. Para isso, define-se,

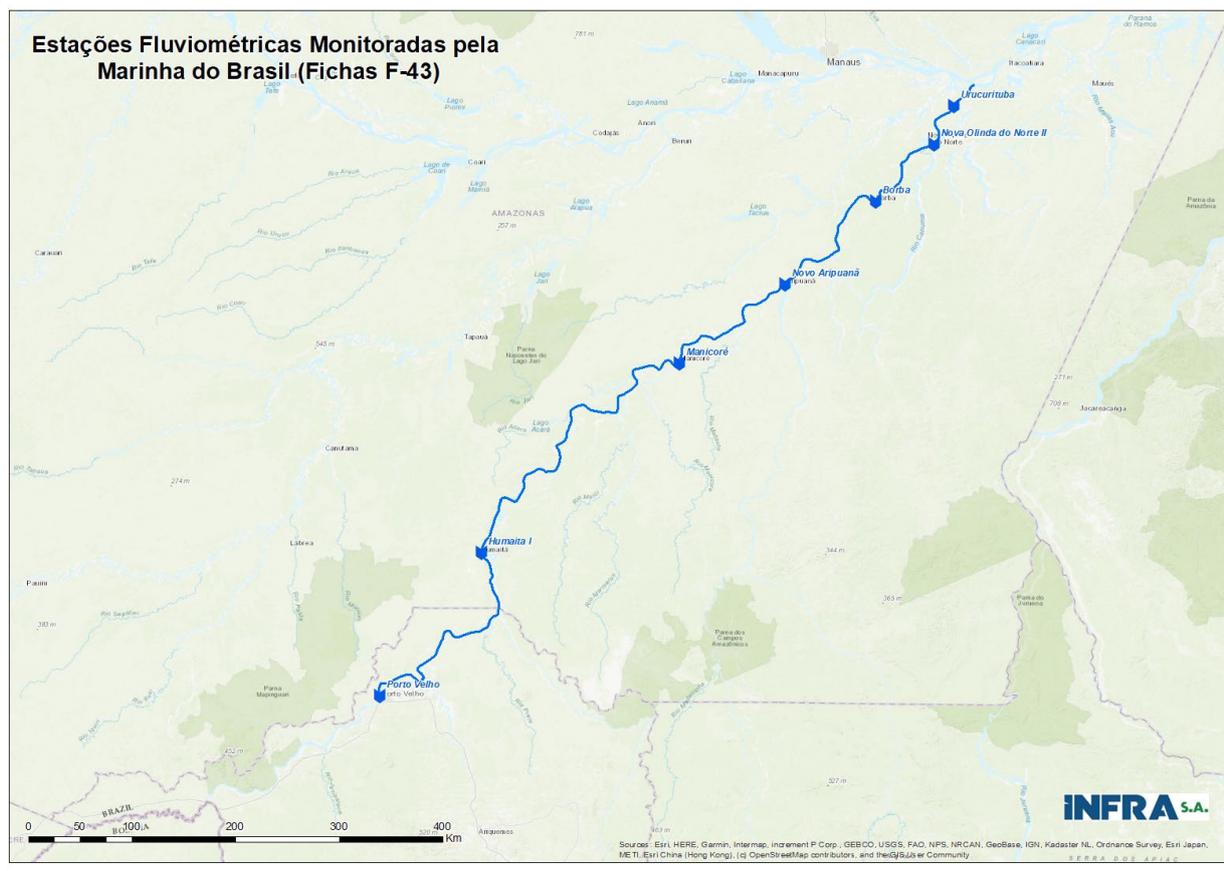
**Seção C – Engenharia**

estatisticamente, uma superfície de referência que deverá retratar as profundidades mínimas a serem encontradas nas áreas sondadas (RBC, 2021).

O cálculo do Nível de Redução (NR) para os levantamentos hidrográficos na Amazônia é um assunto complexo, devido principalmente a adequada caracterização da sazonalidade fluvial para a navegação.

Em que pese as dificuldades logísticas e as próprias características dos rios, cujas margens sofrem constante processo erosivo, dificultando a instalação e a manutenção de réguas por longos períodos, a rede de estações fluviométricas ao longo do Rio Madeira possui bom nível de confiabilidade, ainda que seja necessário aumentar a densidade de pontos de monitoramento hidrológico e realizar levantamentos hidrográficos com maior frequência.

A Marinha do Brasil aproveita a estrutura de algumas das estações da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) para monitorar a navegação no Rio Madeira. As informações como localização, nível de redução e réguas utilizadas podem ser encontradas nas Fichas Fluviométricas (F-43), que estão disponíveis no site Centro de Hidrografia da Marinha – CHM<sup>1</sup> e alimentam o Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO). O mapa a seguir indica as posições das estações fluviométricas utilizadas pela Marinha do Brasil.

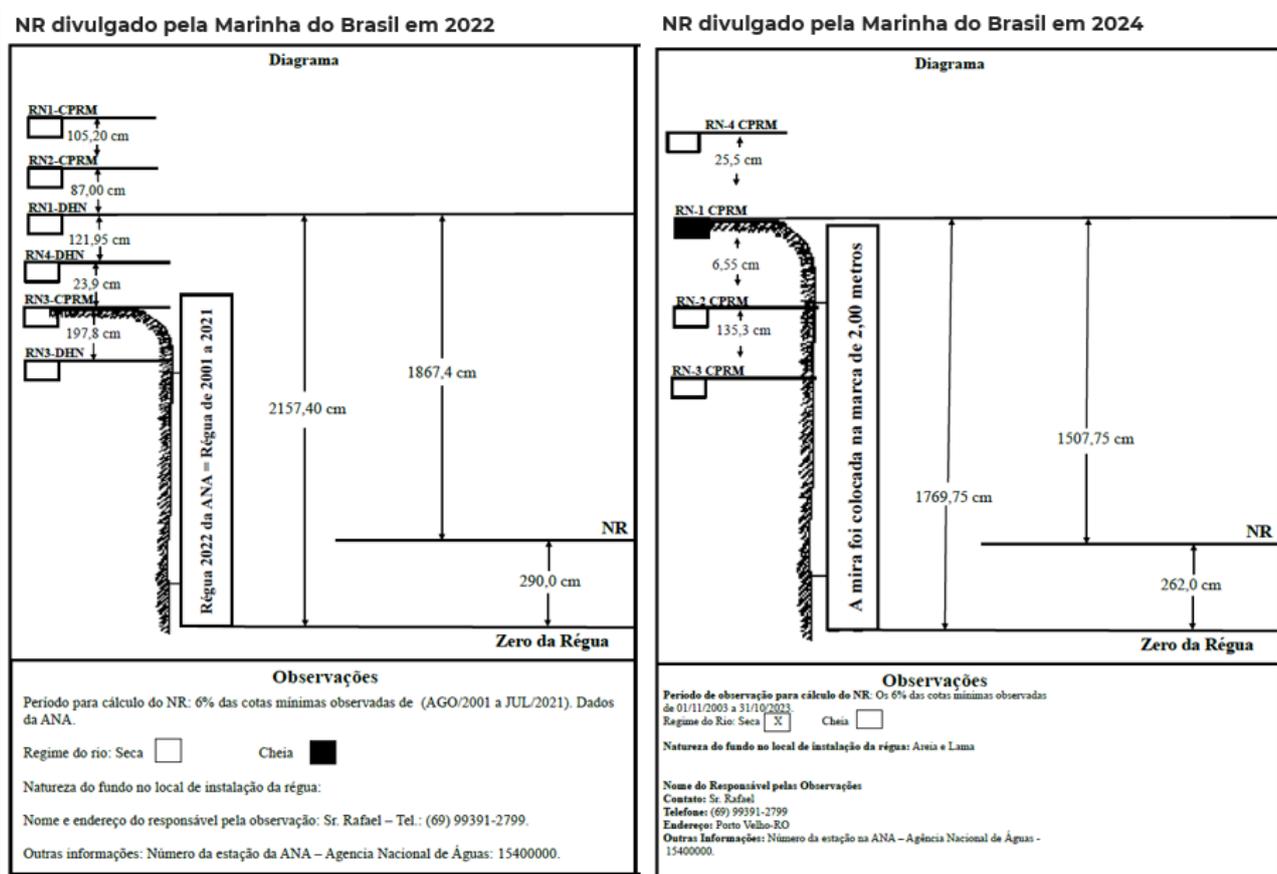


**Figura 10 - Estações fluviométricas com fichas F-43 divulgadas pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM)**  
Fonte: Elaboração própria

<sup>1</sup> Disponível em: [Estações Fluviométricas | Centro de Hidrografia da Marinha](#)

**Seção C – Engenharia**

A partir dos dados coletados em cada estação, o Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) estabelece o nível de redução (NR), que é a referência para que o navegante faça a interpretação das profundidades das cartas náuticas e planeje suas rotas de transporte hidroviário. A ficha F-43 apresenta as informações essenciais para a definição do NR calculado pela Marinha do Brasil que, por conta da dinâmica fluvial, exige constante monitoramento. A estiagem de 2023, por exemplo, redefiniu os níveis mínimos observados no rio, demandando a revisão do NR da Marinha do Brasil para a estação de Porto Velho (154000000). A figura a seguir ilustra o NR divulgado em 2022 (com dados de 2001 até 2021), de 290 cm, e o novo cálculo realizado para o ano de 2024 (com dados de 2003 até 2023), de 262cm.



**Figura 11 – Comparativo entre os níveis de redução (NR) adotados pela Marinha do Brasil para a estação fluviométrica de Porto Velho (15400000).**

Fonte: Centro de Hidrografia da Marinha (CHM)

Embora a Marinha do Brasil faça a divulgação dos NR para fins de navegação e interpretação das cartas náuticas, o DNIT adota referências próprias para o acompanhamento de suas obras. A tabela a seguir, extraída do Plano Conceitual de Dragagem do DNIT, indica os níveis de redução para cada estação fluviométrica monitorada durante a execução das campanhas de dragagem de manutenção. Esse Plano Conceitual de Dragagem foi elaborado em outubro/2022 e compõe obrigações do DNIT perante a Licença de Operação nº 580/2006.

## Seção C – Engenharia

Estação Fluviométrica	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Nível de Redução NR (cm)	Cota Ortométrica NR EGM08 (m)
Porto Velho (15400000)	3.440	329	45,93
Humaitá (15630000)	3.040	941	35,11
Manicoré (15700000)	4.800	1.121	18,02

**Tabela 3 – Níveis de redução adotados pelo DNIT para acompanhamento das obras de dragagem do PADMA**  
 Fonte: Plano Conceitual de Dragagem (Outubro/2022)

A adoção de referências diversas nos níveis de redução, para fins de monitoramento de obras ou para as Fichas de Descrição das Estações Fluviométricas (F-43), pode acarretar riscos para a segurança da navegação. Por isso, entende-se que a ampliação da rede de monitoramento hidrológico e o aumento da frequência de levantamentos hidrográficos contribuirá para o melhor conhecimento do comportamento do fundo náutico e, conseqüentemente, facilitar a definição dos canais de navegação, melhor aproveitando as linhas de talvegue, profundidades naturais e variações do nível da água em função da sazonalidade do Rio Madeira.

### 2.5. Oportunidades de Aperfeiçoamento

Nas intervenções observadas até o momento no Rio Madeira, não foi identificada a implantação, operação e manutenção de sinais náuticos, com exceção dos instalados nas margens do rio. Embora existam projetos nesse sentido, como o EVTEA elaborado pelo DNIT em 2014, não foram identificadas outras ações de maior materialidade, tampouco aprovações junto à Autoridade Marítima.

Durante a elaboração do presente EVTEA, houve relatos de dificuldades operacionais na implantação desses projetos por conta vandalismo e por outras condicionantes naturais da dinâmica fluvial, como a velocidade de corrente no rio.

A necessidade de dragagem está diretamente relacionada à severidade da estiagem, ou seja, anos mais secos demandarão campanhas mais intensas de dragagem. Por outro lado, anos mais chuvosos implicarão em níveis mais elevados no rio e, conseqüentemente, haverá menor necessidade de dragagem de manutenção.

Esse histórico de passos críticos dragados e as campanhas de dragagem demonstram que o conhecimento e monitoramento do rio são fundamentais para o melhor aproveitamento das condições de navegação. Adequados auxílios à navegação, sejam físicos ou virtuais, também podem contribuir para a segurança dos navegantes.

Por fim, em termos de diagnósticos, conclui-se que a modernização da Hidrovia do Rio Madeira está diretamente associada ao apropriado monitoramento do ciclo fluvial de cheias e estiagens, disponibilização de equipamentos de dragagem adequados e flexibilidade no planejamento da manutenção operacional, associados a gestão do tráfego hidroviário, junto a autoridade marítima local e as empresas de navegação, de forma a garantir as melhores condições de navegação ao longo das diversas estações do ano.

Seção C – Engenharia

3. O Ciclo Hidrológico

Apesar do trecho concedido estar restrito a 1.075km, o Rio Madeira possui um comprimento total de aproximadamente 1.425 Km e é um dos principais afluentes da margem direita do rio Amazonas, assumindo essa denominação a partir da junção dos rios Mamoré e Guaporé, no estado de Rondônia. A bacia hidrográfica do Rio Madeira possui aproximadamente 1,4 milhão de km<sup>2</sup>, estendendo-se nos territórios de Brasil, Bolívia e Peru até a Cordilheira dos Andes e apresenta um comportamento tipicamente sazonal, variável conforme a estação climática predominante: enchentes no primeiro semestre e vazantes no segundo semestre.

Às margens do trecho a ser concedido do Rio Madeira, encontram-se os municípios de Nova Olinda do Norte/AM, Borba/AM, Novo Aripuanã/AM, Manicoré/AM, Humaitá/AM e Porto Velho/RO, além de alguns importantes distritos, como Calama e São Carlos / Prosperidade. A figura a seguir ilustra, de maneira esquemática, alguns dos principais tributários do Madeira, como o Rio Aripuanã, Rio Manicoré, Rio dos Marmelos, Rio Ji-Paraná e Rio Jamari, além de uma estimativa da carga de sedimentos em suspensão anual em cada um desses cursos d’água.

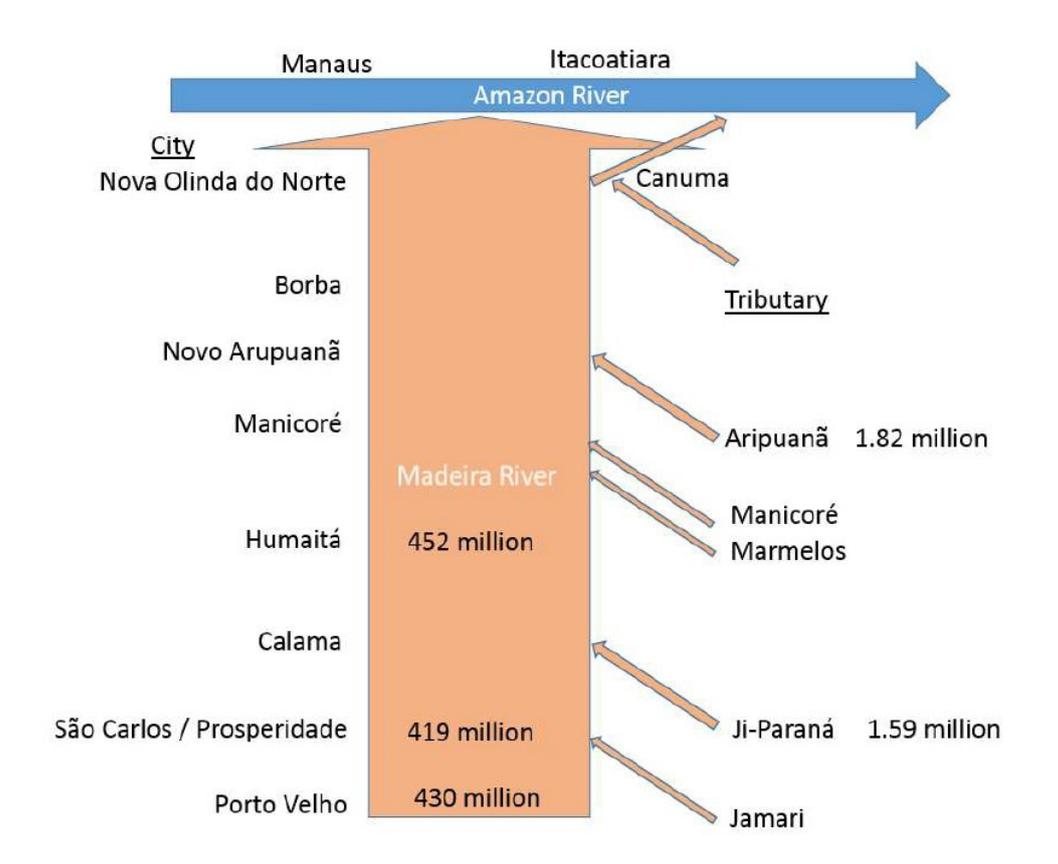
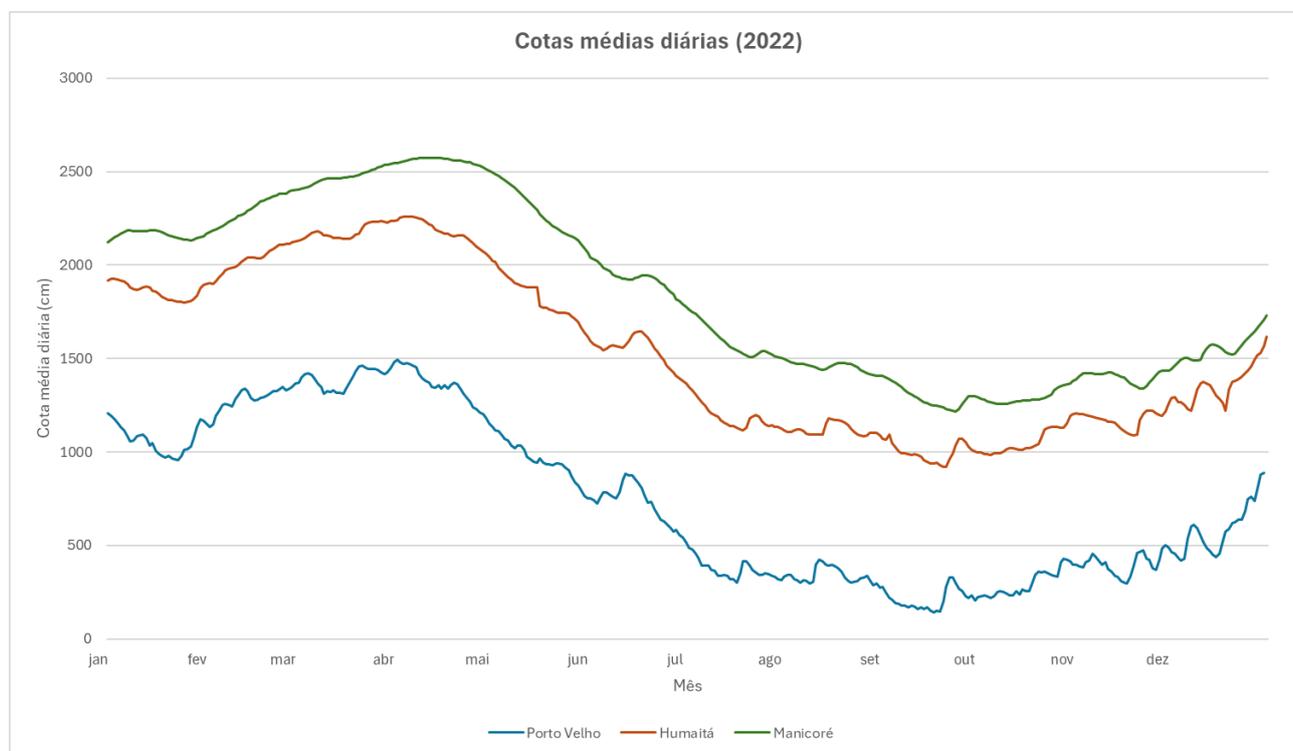


Figura 12 – Aporte de sedimentos em suspensão de alguns dos principais cursos d’água tributários do Rio Madeira  
Fonte: USACE, 2019

## Seção C – Engenharia

### 3.1. O Conceito de Zona de Normalidade

O monitoramento hidrológico é feito, atualmente, por meio de uma rede de estações fluviométricas implantadas ao longo do Madeira por diversas instituições que realizam medições periódicas do nível do rio. Além da estrutura montada pelo DNIT, no PMH, existem estações sob a responsabilidade da Usina Santo Antônio Energia (UHE Santo Antônio), da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Serviço Geológico do Brasil – SGB (antiga CPRM). A figura a seguir ilustra as cotas médias diárias observadas em 3 (três) dessas estações ao longo do ano de 2022. Cabe mencionar que os dados de nível da água analisados neste estudo foram obtidos junto à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, a partir do endereço eletrônico <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>, acessado em 20/01/2024.



**Figura 13 - Figura 1. Variação do nível de água do Rio Madeira coletados no ano de 2022 nas Estação Fluviométrica de Porto Velho (15400000), Humaitá (15630000) e Manicoré (15700000).**

Fonte: Elaboração própria, com dados da ANA (<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>)

Observa-se que o período de cheia ocorre entre os meses de janeiro a junho, sendo que os níveis máximos acontecem entre os meses de abril e maio. O período de seca abrange os meses de julho a dezembro, embora os níveis críticos ocorram, em geral, entre agosto e outubro.

As estações fluviométricas instaladas no âmbito do Plano de Monitoramento Hidrográfico – PMH operam desde o ano de 2021. São estações telemétricas com coletas de níveis da água (cota) a cada 15 minutos. Algumas delas já estão cadastradas no banco de dados da ANA e possuem os dados disponibilizados no sistema HIDROWEB, conforme tabela abaixo:

## Seção C – Engenharia

Estação Fluviométrica	Código ANA	Responsável	Operador
Porto Velho	15400000	ANA	SBG/CPRM
Porto Velho – CHD 01	15490600	DNIT - PMH	CHD
Prosperidade	15490000	ANA	SBG/CPRM
São Carlos – CHD 02	15490200	DNIT - PMH	CHD
Espirito Santo – CHD 03	15627300	DNIT - PMH	CHD
Calama	15600000	ANA	ANA
Calama – CHD 04	15627400	DNIT - PMH	CHD
Papagaio	15627000	SANTO ANTONIO	SANTO ANTONIO
Humaitá	15630000	ANA	CONSTRUFAM
EF-01	Não observado	DNIT - PMH	CONSÓRCIO L-RT
EF-02	Não observado	DNIT - PMH	CONSÓRCIO L-RT
EF-03	Não observado	DNIT - PMH	CONSÓRCIO L-RT
EF-04	Não observado	DNIT - PMH	CONSÓRCIO L-RT
EF-05	Não observado	DNIT - PMH	CONSÓRCIO L-RT
Manicoré	15700000	ANA	CONSTRUFAM
EF-06	Não observado	DNIT - PMH	CONSÓRCIO L-RT
Novo Aripuanã	15850000	ANA	ANA
EF-07	Não observado	DNIT - PMH	CONSÓRCIO L-RT
Fazenda Vista Alegre	15860000	ANA	CONSTRUFAM
Borba	15900000	ANA	CONSTRUFAM
EF-08	Não observado	DNIT - PMH	CONSÓRCIO L-RT
Nova Olinda do Norte	15940000	ANA	CONSTRUFAM
EF-09	Não observado	DNIT - PMH	CONSÓRCIO L-RT
Comunidade. N. Srª do Rosário*	15950000	CPRM	CPRM
Urucurituba	15960000	ANA	CPRM

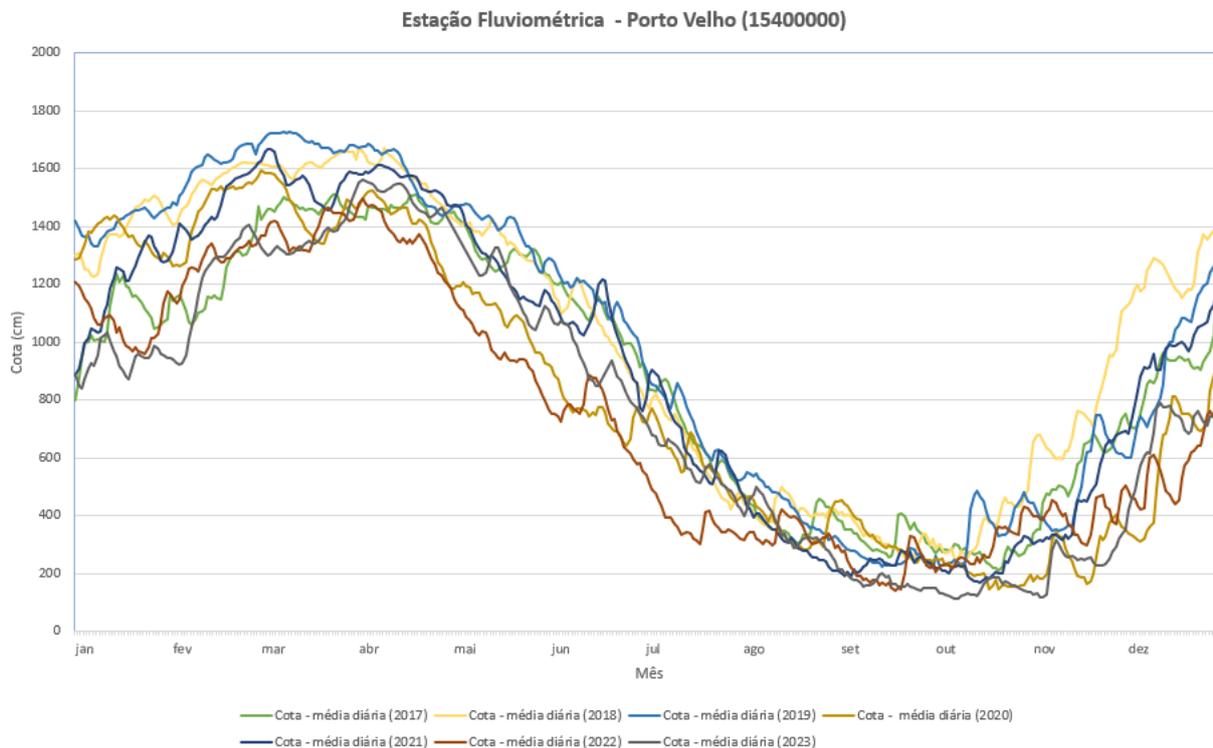
\* A estação de N. Sra. Do Rosário foi desativada para a instalação da estação de Urucurituba.

**Tabela 4 - Algumas das Estações fluviométricas instaladas ao longo do Rio Madeira, entre Porto Velho e a Foz.**

Fonte: Elaboração própria, com dados da ANA

Tais séries históricas também podem ser utilizadas para análise do ciclo hidrológico ao longo do tempo. Para tanto, sobrepõe-se todas as curvas observadas nos anos anteriores para construir um gráfico no qual é possível definir os níveis máximos, mínimos e uma faixa de normalidade hídrica. A figura a seguir ilustra esse procedimento com os registros de nível da água observados ao longo dos últimos anos, de 2017 a 2023, na Estação Fluviométrica de Porto Velho (154000000), assinalando que o comportamento de cheias e estiagens segue um padrão marcado que pode ser utilizado para fins de navegação.

Seção C – Engenharia

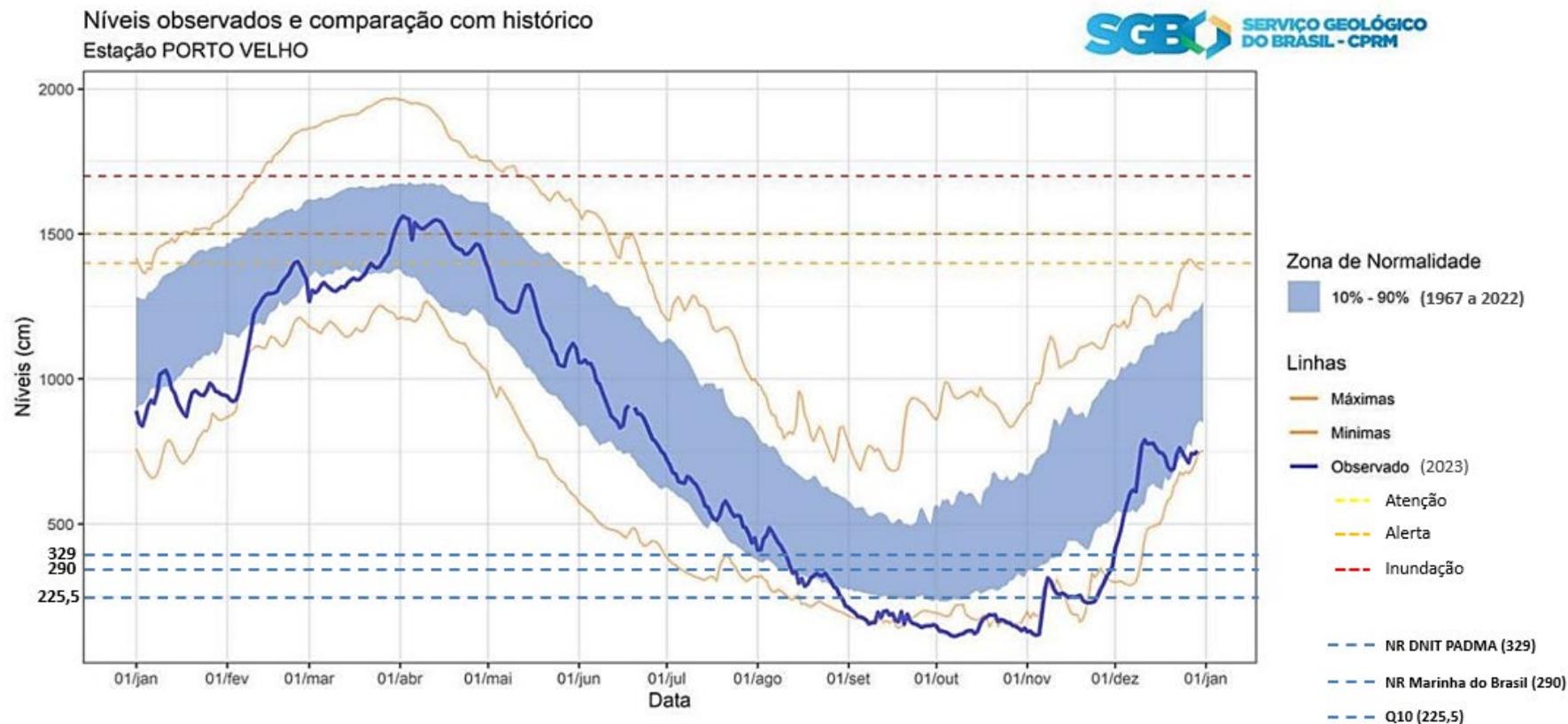


**Figura 14 - Variação do nível de água do Rio Madeira coletados nos últimos 7 anos na Estação Fluviométrica de Porto Velho (15400000).**

Fonte: Elaboração própria, com dados da ANA (<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>)

Com base nos dados do Sistema Hidroweb, o Serviço Geológico do Brasil – SGB (anteriormente denominado CPRM) divulga periodicamente seus boletins de monitoramento hidrológico, elaborados para toda a bacia hidrográfica do Rio Madeira. O processo é fundamentado no acompanhamento das variações de níveis de água em várias estações fluviométricas consideradas estratégicas. O produto dessa atividade permite aos órgãos de defesa civil tomar as decisões necessárias para evitar ou minimizar os potenciais danos decorrentes de fenômenos hidrológicos extremos, sejam de cheias ou de secas. O resultado, para a estação de Porto Velho (15400000), por exemplo, pode ser verificado na figura a seguir:

Seção C – Engenharia



Obs.: NR Marinha alterado para 262 cm, em 28/02/2024 | Critério Marinha: 6% das cotas mínimas observadas em 20 anos (2003 a 2023).  
 Zona de Normalidade: dados localizados entre o Percentil 10% e 90%, dentre uma distribuição ordenadas de dados.

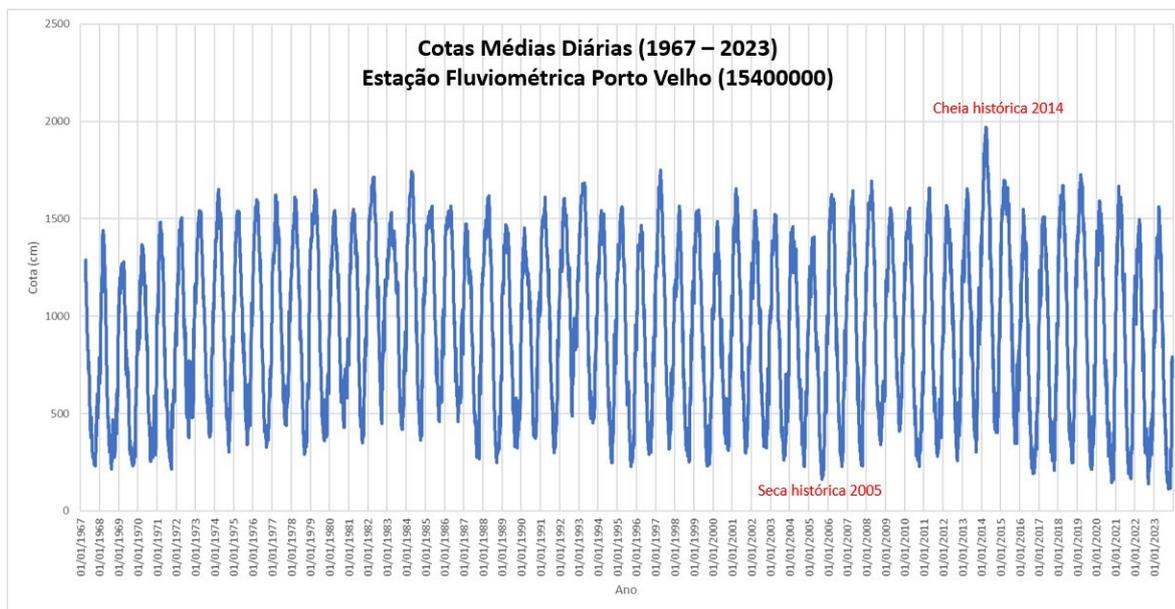
**Figura 15 – Gráfico de níveis na estação fluviométrica de Porto Velho (15400000), com destaque para a Zona de Normalidade.**  
 Fonte: Serviço Geológico do Brasil – SGB (adaptado)

**Seção C – Engenharia**

O gráfico acima foi elaborado com dados observados entre 1967 e 2023. No eixo das abcissas, estão os meses, e nas ordenadas, as leituras de régua observadas na estação Porto Velho (15400000). Entre as linhas de níveis máximos e mínimos ao longo dos últimos 57 anos, verifica-se a “zona de normalidade”, obtida mediante exclusão dos valores mínimos (percentil 10%) e máximos (percentil 90%). Destaca-se que os níveis observados no ano de 2023, em azul escuro, redefiniram o nível mínimo da série histórica, demonstrando a severidade da estiagem nesse ano.

As linhas tracejadas no gráfico representam os diferentes níveis de referência (níveis de redução – NR) potencialmente adotados para fins de monitoramento da navegação. Embora os NR adotados pelo DNIT e pela Marinha do Brasil sejam distintos, entende-se que a medida mais conservadora, para fins de navegação, poderia ser o nível mínimo de normalidade (Q10), tendo em vista a recorrência esperada para o rio diante das observações históricas. Conforme destacado no gráfico, a zona de normalidade possui o limite inferior na cota de 225 cm (2,25m) medida na régua de Porto Velho/RO.

A figura a seguir ilustra o comportamento do rio ao longo dessa mesma série histórica (1967-2023) e demonstra que a estiagem de 2023 superou, inclusive, aquela observada em 2005, ano de grande comoção e medidas emergenciais na bacia amazônica. Embora esse limite já tivesse sido superado em anos anteriores, a intensidade do evento em 2023 foi objeto de queixa por parte de usuários do Rio Madeira, conforme constatado em visitas de campo e publicações na imprensa. O período da inundação histórica de 2014, por outro lado, não foi precedido nem sucedido por períodos tão drástico e, tampouco, foi repetido ao longo do período amostral.



**Figura 16 - Variação do nível de água ao longo de mais de 50 anos no Rio Madeira. Dados de cota média diária da Estação Fluviométrica Porto Velho (15400000).**

Fonte: Elaboração própria com dados da ANA (<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>).

## Seção C – Engenharia

Durante os 57 anos analisados, na estação de Porto Velho (15400000), a maior parte das estiagens atingiram níveis entre 4 m e 1,5 m na régua e, neste período, os níveis apresentam uma amplitude de cerca de 13 m, quando comparados com os níveis de cheia. O menor nível registrado pelo rio, considerando os dados coletados na estação fluviométrica de Porto Velho (15400000) foi 1,09 m, no dia 05 de novembro de 2023.

Essa situação é retratada pela observação dos registros dos níveis da água na Estação Fluviométrica de Porto Velho (15400000). Os níveis mínimos históricos dos últimos 5 anos estão entre os 10 piores da série histórica, e estão concentrados nos meses de setembro e outubro.

Posição	Cota mínima (cm)	ano	Data do registro
1º	112	2023	07/10/2023
2º	140	2022	18/09/2022
3º	146	2020	18/10/2020
4º	163	2005	10/09/2021
5º	167	2021	15/10/2005
6º	193	2016	05/09/2016
7º	210	2017	21/10/2017
8º	214	1968	18/08/2019
9º	216	1971	01/10/1968
10º	220	2019	30/09/1971

**Tabela 5 – Ranking das cotas mínimas (média diária) observadas na Estação Fluviométrica Porto Velho (15400000).**

Fonte: ANA

A severidade da estiagem de 2023 foi objeto de preocupação de diversas instâncias governamentais. A Agência Nacional de Águas de Saneamento Básico – ANA, por exemplo, publicou a Resolução ANA nº 164<sup>2</sup>, de outubro de 2023, reconhecendo que a criticidade do evento superou os níveis de normalidade e configurou uma situação crítica de escassez hídrica.

### 3.2. Os Períodos de Estiagem no Rio Madeira

Observa-se que o transporte hidroviário no Rio Madeira ainda se desenvolve principalmente por meio da utilização das características naturais do rio, apesar dos investimentos em infraestrutura realizados, principalmente, em obras de dragagem.

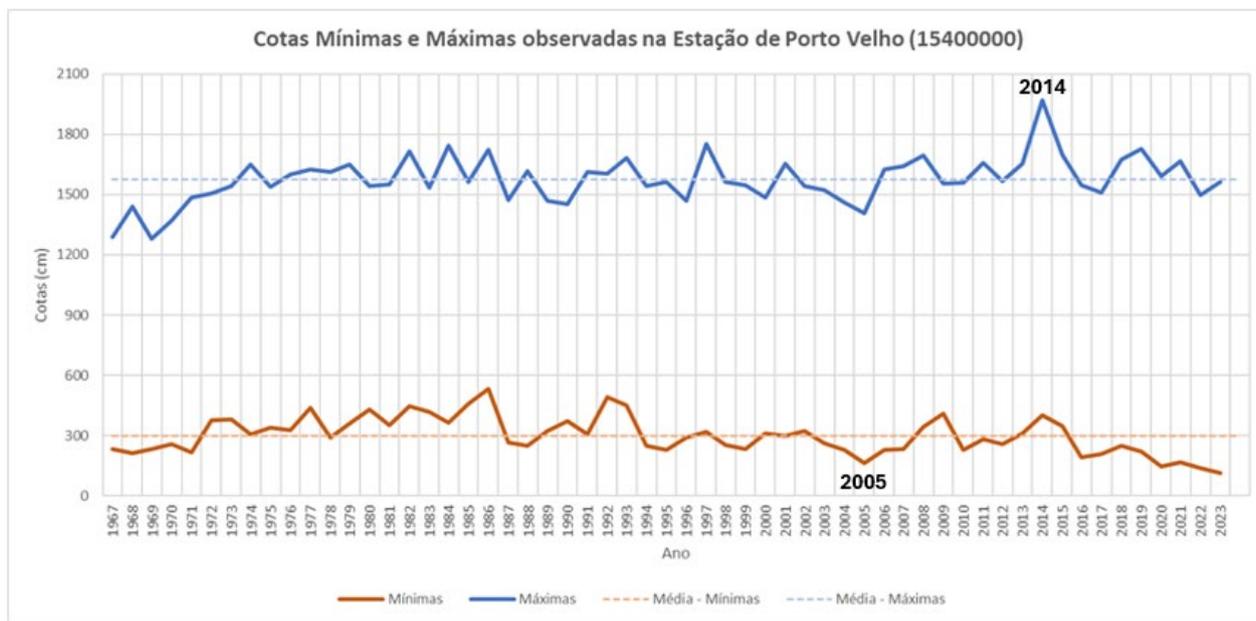
Percebe-se, contudo, que os principais limitantes para o desempenho da hidrovía e o atendimento da demanda projetada, estão relacionados às características hidrológicas e de dinâmica fluvial do rio, e não, necessariamente, ao tamanho da frota de embarcações ou de capacidade dos terminais.

Em razão disso, é oportuno analisar a variabilidade dos níveis de água por meio dos dados de cotas observadas nas Estações Fluviométricas, com o objetivo de fazer uma comparação entre os padrões de variabilidade hidrológica, de montante a jusante, especialmente, em condições de estiagem. O estudo abrange o período de coleta de dados das Estações Fluviométricas nos últimos 57 anos, de 1967 a 2023.

<sup>2</sup> Disponível em [164 — Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico \(ANA\) \(www.gov.br\)](https://www.gov.br/ana/pt-br/publicacoes/resolucoes/resolucao-164-2023)

**Seção C – Engenharia**

A variação sazonal de enchente e vazante são os componentes do regime hidrológico, ao passo que a variação do nível de um rio depende, essencialmente, das características climatológicas e físicas da bacia hidrográfica<sup>3</sup>. A amplitude das variações de cotas do rio pode ser observada, no geral, quando se destaca os valores das cotas máximas e mínimas registradas anualmente, na Estação Fluviométrica de Porto Velho (15400000), ao longo de 57 anos, de 1967 a 2023, conforme figura abaixo:



**Figura 17 - Média anual das cotas mínimas e máximas registradas na Estação Fluviométrica de Porto Velho (15400000) ao longo de 57 anos (1967 a 2023).**

Fonte: Elaboração própria, com dados da ANA

Nesse sentido, cabe atentar-se para fatores relativos à relação entre as características do período de estiagem (frequência, duração e intensidade) e a disponibilidade do canal para a navegação, em especial, em dias abaixo do valor mínimo considerado para a “zona de normalidade”, de 2,25 metros, calculada pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB, de modo a contribuir para o planejamento das ações que podem ser aventadas com o intuito de reduzir os impactos causados por esse período de baixos níveis de água.

Os custos do transporte hidroviário incluem custos diretos de manutenção dos navios, serviços e operações. Os períodos em que a navegação é paralisada ou limitada, o tempo perdido devido a danos ou acidentes ou ainda tempos prolongados por operações como desmembramento de comboios ou tempo de espera para passagem de um comboio em regiões onde o canal é estreitado, ou mesmo a redução da capacidade de transporte por conta das baixas profundidades como ocorre no Rio Madeira, são indicadores da eficiência (PIANC, 2010)<sup>4</sup> para a disponibilidade da hidrovia.

<sup>3</sup> Filizola Jr. N e Alves, C., 2013 - Análise multitemporal da variabilidade de cotas fluviométricas do Rio Madeira – uma avaliação de dados sob extremas condições hidrológicas.

<sup>4</sup> PIANC - Associação Mundial de Pesquisa para Infraestrutura de Transporte Fluvial, Report nº 111-2010: Indicadores de Desempenho para o Transporte por Vias Navegáveis Interiores, Bélgica, 2010.

## Seção C – Engenharia

Assim, entende-se que a melhoria da navegação no Rio Madeira depende da ampliação do conhecimento das condições hidrológicas do rio e monitoramento contínuo da “condição de normalidade” em face do calado máximo operacional almejado para a hidrovia.

Isso posto, a fim de verificar a criticidade do período de estiagem foram contabilizados os dias de cada ano onde as cotas, registradas nas Estações Fluviométricas de Porto Velho (15400000) ficaram iguais ou abaixo de 225 cm (2,25m). Os dados, na tabela a seguir, estão organizados em ordem crescente de cota observada (em cm), com o ano correspondente e a quantidade de dias em que se observaram nível abaixo da “zona de normalidade” (225cm):

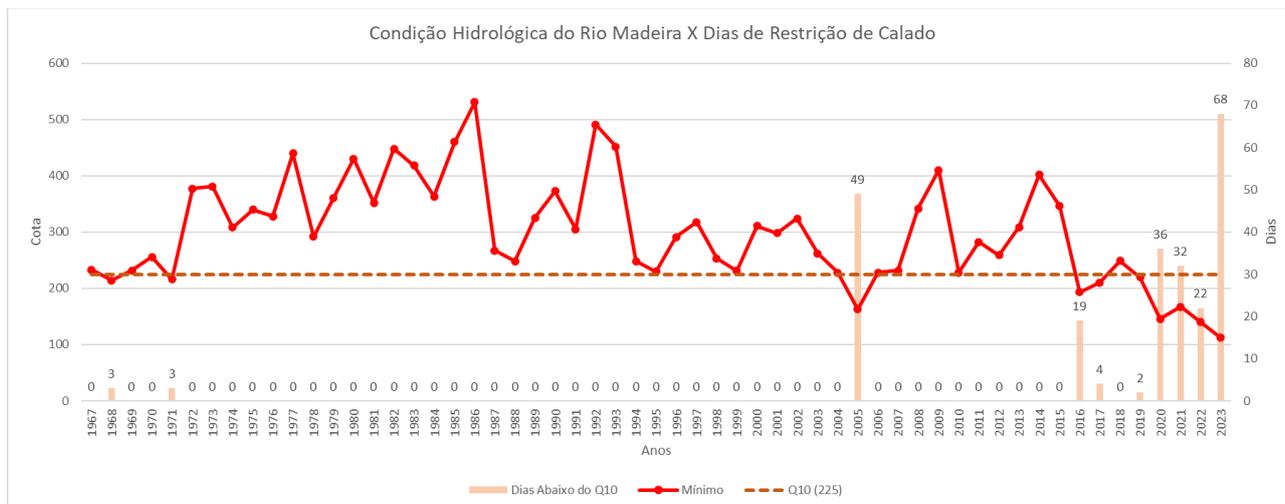
Estação Fluviométrica Porto Velho (15400000)			
Posição	Ano	Cota (cm)	Dias abaixo do Q10 (225cm)
1º	2023	112	68
2º	2022	140	22
3º	2020	146	36
4º	2005	163	49
5º	2021	167	32
6º	2016	193	19
7º	2017	210	4
8º	1968	214	3
9º	1971	216	3
10º	2019	220	2

**Tabela 6 – Ranking dos anos com as piores estiagens observadas na série histórica da régua de Porto Velho (15400000) e a quantidade de dias em que o nível esteve abaixo da normalidade calculada pelo SGB-CPRM**

Fonte: Elaboração própria, com dados da ANA

O ano de 2023, no qual foi registrado o período de estiagem de maior duração e a menor cota, apresentou 68 dias com observações de nível d’água abaixo de 225cm. O ano de 2022, por outro lado, teve o segundo nível mais baixo da série histórica, mas com menor duração do período crítico (22 dias). Verifica-se, conforme figura abaixo, uma certa tendência de intensificação do período de estiagem nos últimos 7 anos, embora, na maior parte do horizonte temporal de amostragem, o nível de água mínimo tenha ficado acima da cota de 2,25 metros (225cm).

Seção C – Engenharia

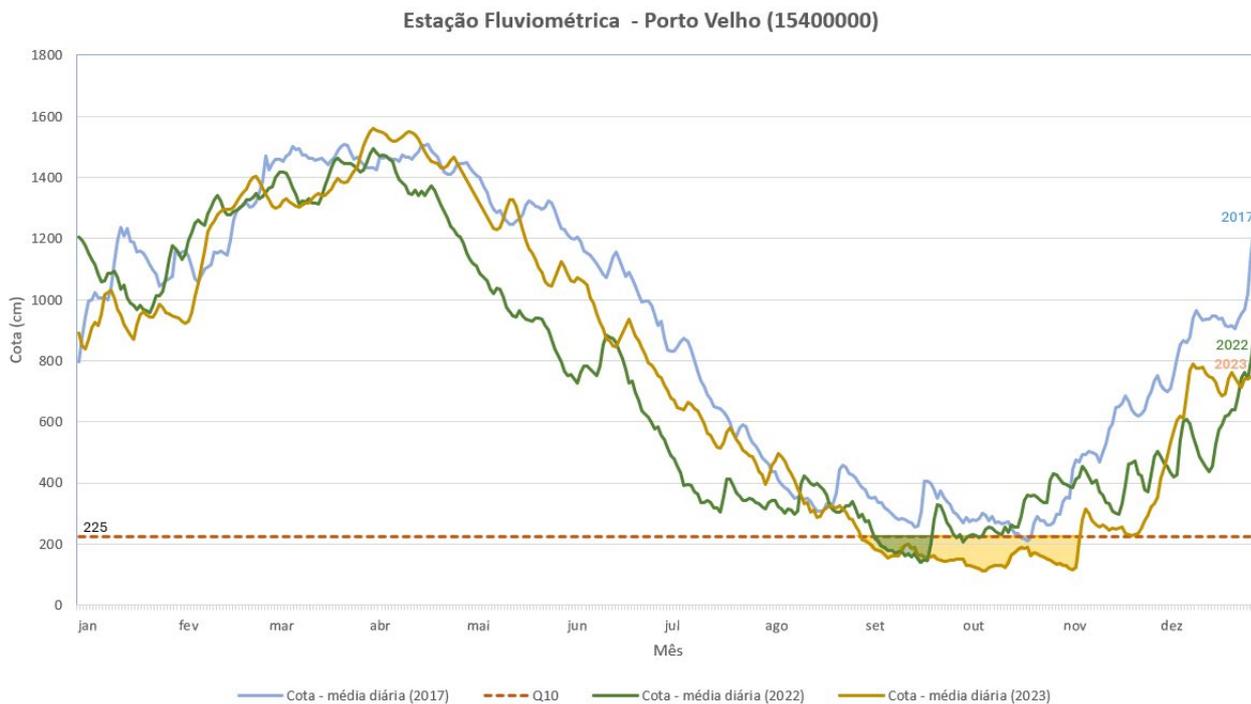


**Figura 18 - Número de dias iguais ou abaixo da cota de 2,25 metros na Estação de Porto Velho (15400000).**  
Fonte: Elaboração própria, com dados da ANA

Nos 57 anos considerados, o nível d'água atingiu a cota de 2,25 metros ou inferior em 10 deles, o que representa cerca de 18% do período. Observa-se que os anos de 2005 e 2023, com estiagens marcantes, tiveram os períodos de estiagem mais duradouros, que foram, respectivamente, 49 e 68 dias.

Não se verifica uma relação direta entre as cotas mínimas registradas (menores valores) com a duração do período no qual se mantém a estiagem. Na figura abaixo, por exemplo, foram comparadas as curvas dos anos de 2017, 2022 e 2023, quanto a duração, prolongamento e variabilidade do período de estiagem. No ano de 2023, o período de estiagem foi mais intenso e duradouro que em outros anos. Em 2022, houve níveis tão baixos quanto em 2023, porém restritos a alguns dias no mês de setembro. Em 2017, foram contabilizados apenas 4 dias com nível de água abaixo da cota de 2,25 metros.

Seção C – Engenharia



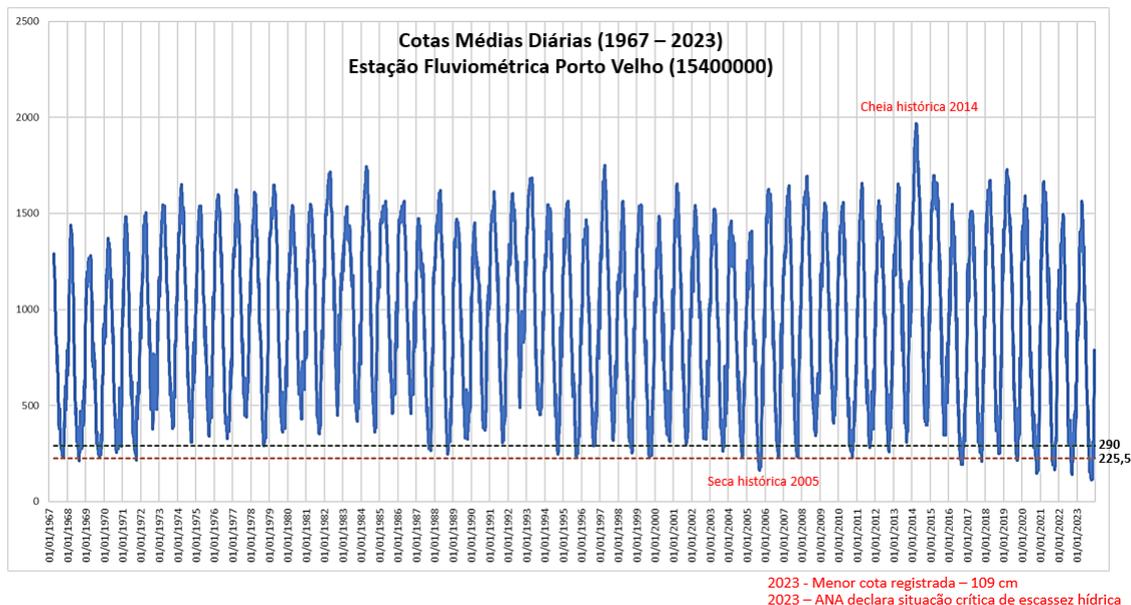
**Figura 19 – Comparativo da variabilidade, intensidade e prolongamento dos dias abaixo do nível de referência, nos anos de 2017, 2022 e 2023.**

Fonte: Elaboração própria, com dados da ANA

A análise da variação do nível da água pode ser replicada às demais estações fluviométricas. Verifica-se que, nas estações fluviométricas de Humaitá (15630000) e Borba (15900000), os níveis acompanham uma mesma tendência observada em Porto Velho (15400000), embora não de maneira uniforme.

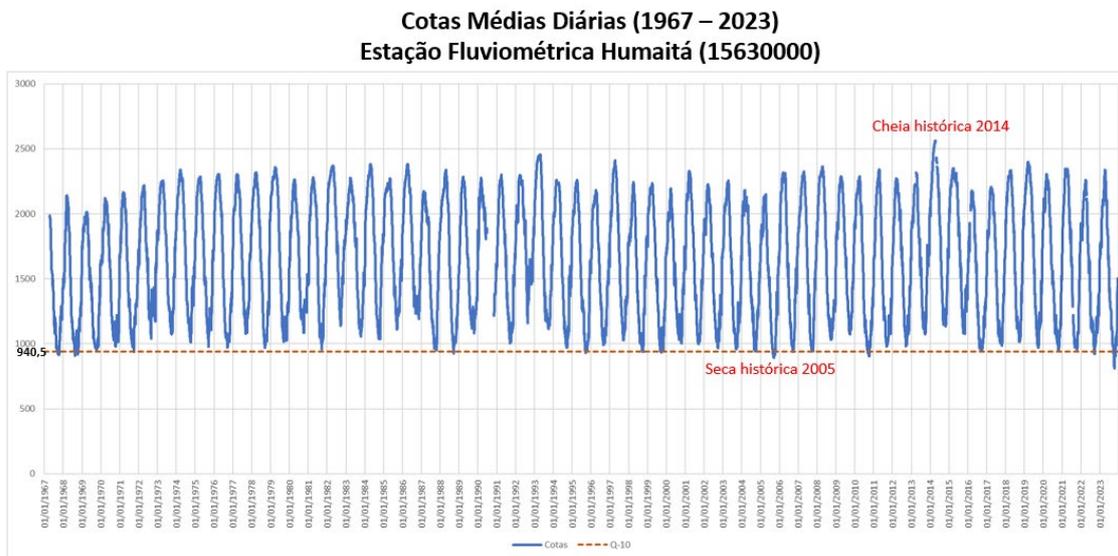
Esse panorama de variações das características dos períodos de estiagem que ocorrem ao longo do trecho da Concessão reforça a proposta de monitoramento contínuo das condições hidrológicas do rio, especialmente o nível de água, haja vista que essa é uma variável que afeta diretamente as condições operacionais de navegabilidade da Hidrovia do Rio Madeira.

Seção C – Engenharia



**Figura 20 - Variação do nível de água ao longo de mais de 50 anos no Rio Madeira. Dados de cota média diária da Estação Fluviométrica Porto Velho (15400000).**

Fonte: Elaboração própria com dados da ANA (<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>).



**Figura 21 - Variação do nível de água ao longo de mais de 50 anos no Rio Madeira. Dados de cota média diária da Estação Fluviométrica Humaitá (15630000).**

Fonte: Elaboração própria com dados da ANA (<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>).

Seção C – Engenharia

Cotas Médias Diárias (1967 – 2023)  
Estação Fluviométrica Borba (15900000)

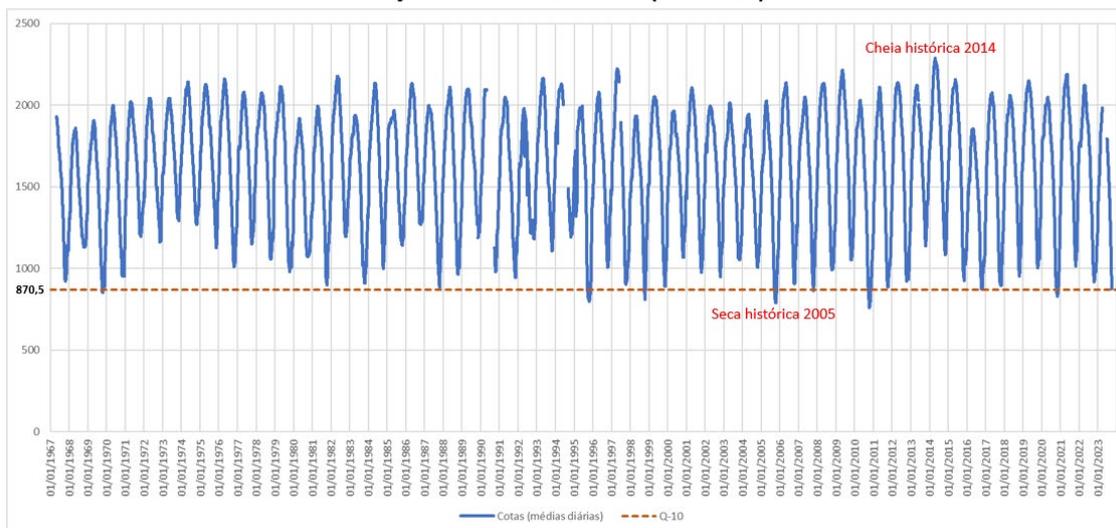


Figura 22 - Variação do nível de água ao longo de mais de 50 anos no Rio Madeira. Dados de cota média diária da Estação Fluviométrica Borba (15900000).

Fonte: Elaboração própria com dados da ANA (<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>).

#### 4. A Navegação no Rio Madeira

A maximização do uso da hidrovía não pode ser conflitante com a segurança da navegação. O aprimoramento das iniciativas de dragagem empreendidas até o momento pelo DNIT, associadas a uma expansão da rede de monitoramento hidrológico, levantamentos hidrográficos mais frequentes, implantação de auxílios à navegação adequados, gestão do tráfego hidroviário, serviços de inteligência fluvial e obras de derrocamento melhorarão significativamente as operações na hidrovía e, ao mesmo tempo, resguardando a segurança aos navegantes.

##### 4.1. Os Parâmetros de Dragagem do DNIT

Os parâmetros utilizados nas campanhas de dragagem de manutenção podem ser encontrados nos Planos Conceituais de Dragagem (2017 a 2020) e nos Planos de Dragagem de Manutenção (2021 a 2024). Para fins de dimensionamento de obras, o DNIT<sup>5</sup> considera um comboio-tipo, para o período de estiagem, com as seguintes características:

Tipo de embarcação	Características	
Comboio – Empurrador e barças	Comprimento	210,00 m
	Boca	33,00 m
	Calado	3,00 m
	Capacidade de Carga	18.000 t

Tabela 7 - Características da embarcação-tipo considerada nos Plano de Dragagem do DNIT.

Fonte: DNIT

<sup>5</sup> EVTEA DNIT (2014); PADMA (2020)

## Seção C – Engenharia

Ao longo do ano, conforme varia o nível das águas, a operação dos comboios de balsas graneleiras se organiza de forma a atender as condições diferenciadas de navegabilidade. Conforme destacado no EVTEA (2014), disponível no *data room*, o DNIT registra que a liberação para a navegação dos diversos comboios-tipo ocorre em função do nível do rio medido na régua de Porto Velho (15400000), segundo os seguintes critérios:

- Régua abaixo de 9,0 metros – comboio de 9 balsas graneleiras;
- Régua acima de 9,0 metros – comboio de 16 balsas;
- Régua acima de 10,0 metros – comboio de 20 balsas.

A profundidade de dragagem, registrada no Contrato DNIT nº 220/2021 e respectivos documentos da licitação, é de 4,5 metros, calculada em função dos seguintes critérios:

	<b>Critério</b>	<b>Profundidade (m)</b>
Profundidade de Projeto do Canal Navegável	Calado do comboio-tipo	3,00
	Folga abaixo da quilha	0,5
	Tolerância incerteza batimetria	0,25
Profundidade de Dragagem	Tolerância incerteza dragagem	0,25
	Tolerância entre dragagem (assoreamento)	0,5

**Tabela 8 - Critérios definidos para a profundidade de dragagem estabelecida nos Plano de Dragagem do DNIT (2020)**  
Fonte: DNIT

A folga abaixo da quilha de 0,5m foi estabelecida pela Marinha do Brasil nas Normas e Procedimentos da Capitania Fluvial de Porto Velho (NPCF 2020 – CPFV) e nas Normas e Procedimentos da Capitania Fluvial da Amazônia Ocidental (NPCF 2018 – CFAOC).

A meta de execução da dragagem para uma profundidade de 4,5 metros, com base no nível de redução calculado pelo DNIT, é um parâmetro estático do contrato. Na concessão, espera-se que seja um parâmetro dinâmico, em função das condições hidrológicas, das metodologias adotadas nas campanhas de dragagem de manutenção, dos levantamentos hidrográficos, do cronograma de execução e dos parâmetros de segurança das embarcações.

Destaca-se que as oscilações no nível do rio, típicas da sazonalidade do ciclo fluvial, acabam não sendo, necessariamente, aproveitadas no escopo dos contratos de dragagem até então firmados no Rio Madeira. Ou seja, as variações do nível da água nos anos “molhados”, em que as estiagens são menos severas, e nos anos “secos”, em que as estiagens são mais severas, não afetaram diretamente o planejamento da execução e as metas contratuais.

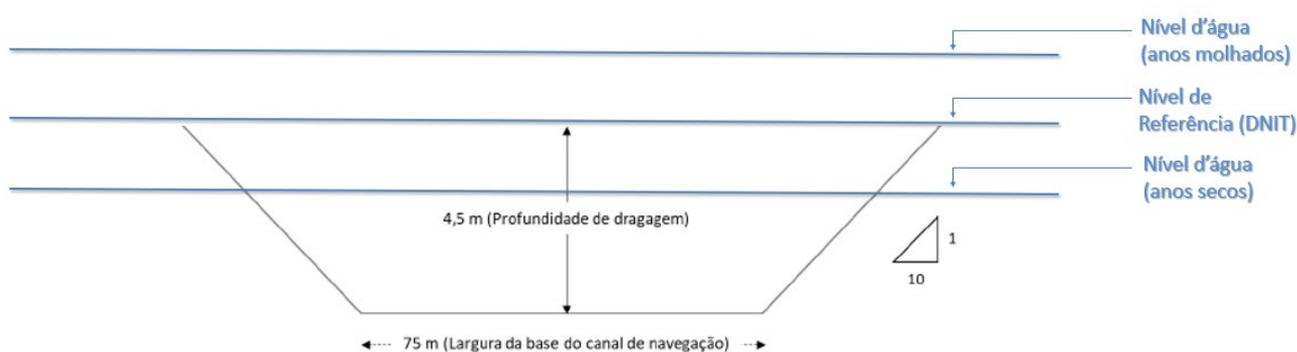
### 4.2. Calado Máximo Operacional

A mudança de um paradigma de contratação pública para uma concessão, segundo proposta do presente EVTEA, está calcada no aproveitamento dos parâmetros de dragagem do DNIT, agregando as potencialidades oferecidas pela variação do nível do Rio Madeira. A ampliação da rede de monitoramento hidrológico, associada a levantamentos hidrográficos frequentes oferece diversas potencialidades para maximização do uso da infraestrutura hidroviária sem prejuízo da segurança da navegação.

## Seção C – Engenharia

A figura a seguir ilustra, de forma esquemática, as variações do nível d'água em face do traçado geométrico com profundidade de dragagem de 4,5m proposto pelo DNIT. Essa combinação permitirá, ao futuro concessionário, o planejamento das campanhas de dragagem de manutenção para ofertar 3,0m de calado operacional para os navegantes.

Diferentemente das obras públicas, as obrigações contratuais não estão assentadas em profundidade de dragagem, mas na oferta de calado operacional para os usuários da hidrovia. Anos com maior disponibilidade hídrica podem, eventualmente, demandar um volume menor de dragagem de manutenção, ao passo que anos com estiagens mais severas demandarão campanhas mais intensas de dragagem para garantir a disponibilidade de calado operacional de 3,0m, dentro da chamada “zona de normalidade”, calculada pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB.



**Figura 23 - Seção tipo com 4,5m de profundidade de dragagem e os níveis d'água nos diferentes ciclos hidrológicos.**  
Fonte: Plano Conceitual de Dragagem (DNIT, 2020).

O Calado Máximo Operacional (CMO), conforme definido na NORMAM-224/DPC, também conhecido como Calado máximo Recomendado (CMR), é o calado máximo para o qual uma embarcação pode ser carregada em um dado conjunto de condições, mantendo a suficiente FAQ para garantir a passagem segura através de um canal de acesso, canais internos ou de aproximação, bacias de evolução e dos berços, e cujo valor é determinado pela Autoridade Portuária (AP) sob coordenação da Autoridade Marítima (AM), consoante a Lei dos Portos.

Diante da inexistência de uma Autoridade Portuária que exerce jurisdição sobre todo o Rio Madeira, para fins de modelagem no presente EVTEA, serão adotados os critérios estabelecidos nas Normas e Procedimentos da Capitania Fluvial - NPCF, da Capitania Fluvial de Porto Velho<sup>6</sup> e Capitania Fluvial da Amazônia Ocidental<sup>7</sup>.

Partindo da premissa de que essa norma da Autoridade Marítima é aplicável às hidrovias, o estudo propõe que as obrigações contratuais do futuro concessionários estejam baseadas em Nível de Serviço atrelado a uma meta de Calado Máximo Operacional (CMO), ao invés das metas de profundidade de dragagem associadas à níveis de redução, como tem sido feito tradicionalmente nos contratos do DNIT. Evidentemente,

<sup>6</sup> Disponível em: [Normas e Procedimentos específicos para a jurisdição da Capitania Fluvial de Porto Velho | Capitania Fluvial de Porto Velho \(marinha.mil.br\)](https://www.marinha.mil.br/cfaoc/sites/www.marinha.mil.br/cfaoc/files/MeuUpload/NPCF.zip)

<sup>7</sup> Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/cfaoc/sites/www.marinha.mil.br/cfaoc/files/MeuUpload/NPCF.zip>

## Seção C – Engenharia

o parâmetro de Folga Abaixo da Quilha (FAQ) definida nos normativos das capitânicas fluviais referenciadas. A figura a seguir ilustra, de maneira esquemática, as diferenças entre profundidade de dragagem e Nível de Serviço por Calado Máximo Operacional (CMO).

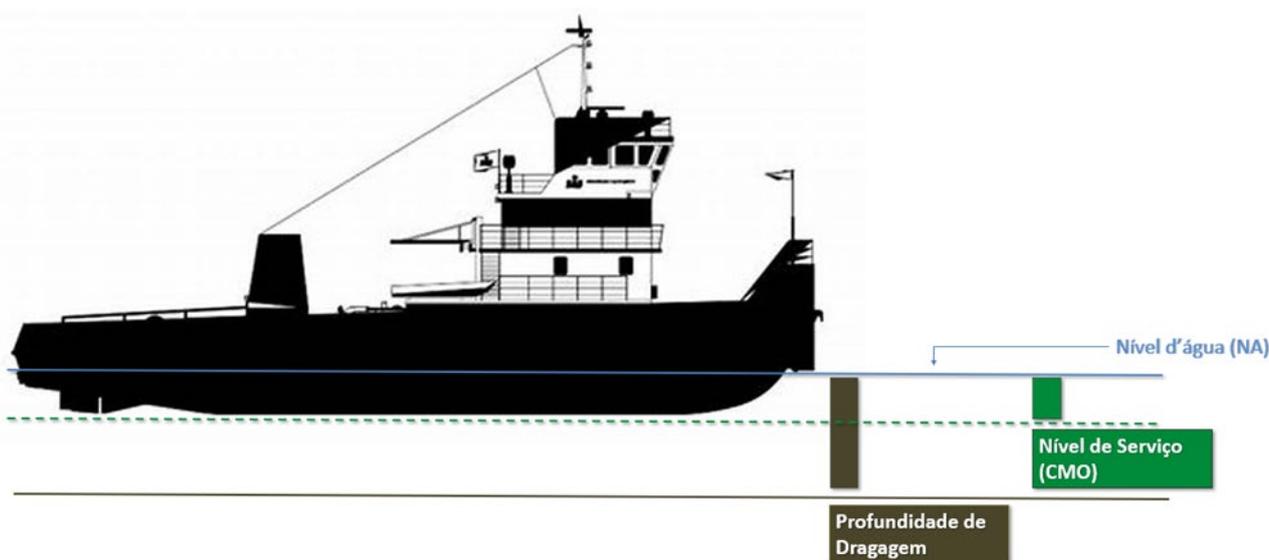


Figura 24 – Ilustração esquemática da diferença entre profundidade de dragagem e Nível de Serviço por Calado Máximo Operacional (CMO)

Fonte: Elaboração própria

O pleno cumprimento dessas metas de Nível de Serviço por Calado Máximo Operacional (CMO) não dependem exclusivamente de dragagem de manutenção. Também demandam um extenso monitoramento hidrológico e campanhas regulares de levantamentos hidrográficos de margem a margem para compreensão do comportamento do rio, além de auxílios à navegação adequados, gestão do tráfego hidroviário e serviços de inteligência fluvial.

### 4.3. Propostas de Melhorias para a Hidrovia do Rio Madeira

A relação de investimentos e os projetos conceituais idealizados no âmbito deste EVTEA têm como objetivo dimensionar e precificar as intervenções necessárias para garantir uma oferta de calado de 3,0m, ao longo de todo o ano, para os usuários da Hidrovia do Rio Madeira. O futuro concessionário deverá ofertar, em toda a hidrovia, esse Calado Máximo Operacional (CMO), inclusive durante os períodos de estiagem que estiverem dentro dos padrões da “zona de normalidade”, definida pelo Serviço Geológico do Brasil – SBG.

Com o conjunto de investimentos ora propostos, espera-se maximizar o uso da infraestrutura hidroviária, sem prejuízo da segurança da navegação. As intervenções foram idealizadas para solucionar ou atenuar eventuais efeitos negativos das seguintes questões:

**Seção C – Engenharia**

- Falta de previsibilidade nas operações portuárias em decorrência do desconhecimento da condição hidrológica do rio;
- Alterações na morfologia fluvial potencialmente prejudicial ao canal de navegação;
- Assoreamento nos períodos de estiagem;
- Riscos à navegação decorrentes de troncos e paliteiros acumulados no leito do Rio Madeira;
- Ausência de sinalização e balizamento náutico;
- Conflitos decorrentes do tráfego de embarcações de diversas naturezas;
- Conflitos sobre uso múltiplos das águas;
- Pedrais que oferecem riscos à navegação;
- Condições precárias no embarque e desembarque de passageiros nas instalações de apoio (IP4);
- Ausência de monitoramento hidrológico e levantamentos hidrográficos periódicos

**5. Dimensionamento das Intervenções de Engenharia**

O estudo visa a melhoria na prestação de serviço ao usuário e apresenta, com o modelo da Concessão, uma alternativa aos vários desafios observados atualmente, marcado por vultuosos investimentos públicos, por diversas contratações e as dificuldades relacionadas (projetos complexos, mercado de dragas para hidrovias restrito), bem como a dificuldade de coordenação contratual, de diversos serviços especializados em vários contratos, com assimetria de informações e os interesses distintos entre as partes.



**Figura 25 - Principais desafios enfrentados no modelo atual de intervenções pelo Poder Público no Rio Madeira.**  
Fonte: Elaboração própria

---

## Seção C – Engenharia

---

Desse modo, considera-se, no desenvolvimento do estudo alguns aspectos e premissas:

- 1) Não houve, até o momento, qualquer intervenção de derrocamento ao longo do trecho do Rio Madeira;
- 2) A presença de pedrais e de bancos de areia móveis e a variação do nível do rio impacta no dimensionamento e especificação dos parâmetros de sinalização e balizamento náutico;
- 3) O monitoramento ambiental e hidrográfico permitirá ao Concessionário avaliar a criticidade do período de seca hidrológica e melhor planejar as intervenções de dragagem;
- 4) A implantação de uma rede de gestão do tráfego poderá auxiliar na previsibilidade das operações de transporte hidroviário e navegação interior;
- 5) As intervenções de engenharia propostas integram uma cesta de serviços a serem oferecidas pelo Concessionário aos usuários, concebida com a finalidade de aperfeiçoamento da navegabilidade, em especial, adequar a prestação de serviços frente a variação hidrológica.

Assim, no intuito de melhor aproveitar as condições hidrológicas disponíveis em cada ano e atender a necessidade dos Usuários, o Concessionário deverá resguardar o calado operacional mínimo de 3,0 metros nas condições de normalidade do Rio Madeira, como detalhado na Seção D – Operacional, e retratados no Anexo I do instrumento Contratual.

Eventuais serviços de dragagem adicionais à condição de “normalidade hídrica” poderão ser requisitados pelo Poder Concedente, desde que restabelecido o equilíbrio econômico-financeiro do contrato, ou mediante proposta apoiada. Detalhamento sobre os procedimentos para esses mecanismos regulatórios podem ser encontrados na minuta de contrato e anexos.

A seguir será apresentado o quadro resumo dos investimentos iniciais para a Concessão da Hidrovia (CAPEX), com data-base de outubro de 2023.

## Seção C – Engenharia

### 5.1. CAPEX

#### HIDROVIA DO RIO MADEIRA (CAPEX)

	Descrição	Unidade	Quantitativo	Custo Unitário	Custo Total
<b>1</b>	<b>Derrocamento</b>				
1.1	Projeto de derrocamento, incluindo coleta de dados hidrográficos e sondagens geotécnicas	vb	1	1.911.299,77	1.911.299,77
1.2	Canteiros Flutuantes	mês	4	634.967,55	2.539.870,20
1.3	Obra de derrocamento				
	Capitari	m³	331	639,96	211.826,76
	Pombal	m³	6.200	639,96	3.967.752,00
	Abelhas	m³	14.800	639,96	9.471.408,00
	Baianos	m³	1.943	639,96	1.243.442,28
	Uruá	m³	10.000	639,96	6.399.600,00
	Bom Jardim/Sobral	m³	569	639,96	364.137,24
	Marmelos	m³	5.775	639,96	3.695.769,00
1.4	Mobilização Derrocamento	evento	2,00	1.955.288,25	3.910.576,50
1.5	Desmobilização Derrocamento	evento	2,00	1.955.288,25	3.910.576,50
<b>2</b>	<b>Dragagem</b>				
	Estudo de estratégias de execução de dragagem em diferentes situações				
2.1	de vazão do rio Madeira, perfis e quantitativos de equipamentos e períodos de execução	un.	1,00	109.764,45	109.764,45
2.2	Draga de sucção e recalque (CSD) - bomba de 1.350 kW, cortador de 170 kW, tubo de Ø 500mm (20") e <i>spud carriage</i>	un.	1,00	20.391.647,51	20.391.647,51
2.3	Construção de galpão industrial	m²	608,40	1.170,57	712.177,13
<b>3</b>	<b>Monitoramento Hidrológico e Levantamentos Hidrográficos</b>				
3.1	Estação maregráfica na Foz do rio Amazonas	vb	1,00	8.000.000,00	8.000.000,00
3.3	Aquisição, instalação e recuperação de estações de monitoramento completas com telemetria	vb	1,00	1.857.100,00	1.857.100,00
<b>4</b>	<b>Implantação de Auxílios à Navegação (Sinalização e Balizamento)</b>				
4.1	Projeto de sinalização, balizamento e auxílios à navegação	vb	1,00	241.075,25	241.075,25
4.2	Fornecimento de sinais náuticos físicos e respectivos sistemas de fundeio	vb	1,00	2.587.200,00	2.587.200,00
4.3	Fornecimentos de AIS AtoN	vb	1,00	1.816.000,00	1.816.000,00
4.4	Implantação dos auxílios náuticos físicos e radioelétricos	vb	1,00	724.802,58	724.802,58
<b>5</b>	<b>Instalações Portuárias Públicas de Pequeno Porte - IP4</b>				
5.1	Recuperação das Infraestrutura de Cai N'Água, Humaitá e Manicoré	vb	-	-	-
<b>6</b>	<b>Gestão do Tráfego Hidroviário e Serviços de Inteligência Fluvial</b>				
6.1	Implantação de VTS a ferramentas virtuais de auxílio à navegação	vb	1,00	17.893.181,25	17.893.181,25
6.2	Implantação de <i>River Information Service (RIS)</i>	vb	1,00	4.746.287,70	4.746.287,70
6.3	Simulação de manobras (fast time)	unid	108,00	3.784,38	408.713,04
6.4	Simulação de manobras (real time)	unid	36,00	11.633,66	418.811,76
6.6	Implantação de Inland Encs	vb	1,00	1.590.000,00	1.590.000,00
<b>7</b>	<b>Demais</b>				
7.1	Contingências	%	5%		4.956.150,95
7.2	Engenharia	%	5%		4.956.150,95
<b>TOTAL</b>					<b>109.035.320,84</b>

Data-base: outubro/2023

### 5.2. Parâmetros de dimensionamento

O licitante vencedor será responsável pela implantação e desenvolvimento de infraestrutura, e será obrigado a fazer as benfeitorias necessárias para atingir e manter os parâmetros de desempenho e níveis de serviço.

---

## Seção C – Engenharia

---

O licitante vencedor se comprometerá e será exclusivamente responsável por todos os estudos técnicos incluindo, mas não se restringindo, às investigações de campo, aos estudos de viabilidade, aos projetos conceituais e finais, aos documentos de planejamento e aos documentos de licitação/construção referentes às benfeitorias propostas.

Os projetos de implantação obedecerão a todos os códigos e regulamentos locais, estaduais e federais aplicáveis, bem como os padrões de projeto indicados pelas organizações abaixo (observem que os padrões e códigos brasileiros serão os padrões/códigos principais do projeto, no caso de conflito com outros padrões internacionais, o código mais restritivo será aplicado):

- ABNT, ou quando esses não estiverem disponíveis, padrões vigentes, apropriados e internacionalmente reconhecidos;
- ISSO,
- IMO,
- MARPOL;
- PIANC;
- Autoridade Marítima;
- Receita Federal;
- Corpo de Bombeiros local;
- Defesa Civil;
- Fornecedores Externos de Serviços Públicos, em conformidade com Códigos de Edificação e Construção nacionais e internacionais.

### **6. Investimentos na Hidrovia do Rio Madeira**

A fase inicial de implantação da hidrovia demandará investimentos a serem realizados até o 4º ano de Concessão. Tais investimentos foram desmembrados em duas fases.

A Fase 1 refere-se aos investimentos iniciais realizados, no intuito de garantir aos usuários da via condições melhores de infraestrutura, implementando, no período de até dois anos, condições de navegabilidade por meio de rede de monitoramento hidrológico e de levantamentos hidrográficos, dragagens de manutenção e implantação de auxílios à navegação (sinalização e balizamento) e do sistema de gestão de tráfego hidroviário.

Ao final do 2º ano de Concessão espera-se que Concessionário alcance a efetiva execução dos investimentos previstos para o período, embora o Concessionário possa antecipar a execução dos serviços, já que sua remuneração estará atrelada a “degraus tarifários, conforme apresentada na Seção B – Estudo de Mercado.

A Fase 2 dos investimentos deverá ser concluída até o 4º ano de Concessão e prevê uma nova etapa de ganho operacional na navegabilidade do rio, a ser alcançada após a conclusão de obras de derrocamento. Essa etapa também está atrelada a mecanismos de degraus tarifários descritos na Seção B – Estudo de Mercado.

## Seção C – Engenharia

### 7. Intervenções a Serem Realizadas na Fase 1

A Fase 1 demandará investimentos a serem realizados até o final dos dois primeiros anos de concessão, e contemplam os serviços listados abaixo:

Descrição	Custo Total (R\$)	
	Ano 1	Ano 2
<b>Derrocamento</b>		
Elaboração do Projeto de Derrocamento	1.911.299,77	-
<b>Dragagem</b>		
Estudos de dragagem	109.764,45	-
Aquisição – Draga Sucção e Recalque (CSD)	20.391.647,51	-
Construção de galpão industrial	712.177,13	-
<b>Monitoramento Hidrológico e Levantamentos Hidrográficos</b>		
Aquisição, instalação e recuperação de estações de monitoramento	928.550,00	928.550,00
<b>Investimento fora da Área de Concessão</b>		
Estação maregráfica na Foz do rio Amazonas	-	8.000.000,00
<b>Implantação de Auxílios à Navegação (Sinalização e Balizamento)</b>		
Projeto de Sinalização e Balizamento	241.075,25	-
Fornecimento de sinais náuticos físicos e sistemas de fundeio	2.587.200,00	-
Fornecimento de AIS AtoN	1.816.000,00	-
Implantação dos auxílios náuticos físicos e radioelétricos	724.802,58	-
<b>Gestão do Tráfego Hidroviário</b>		
Implantação de VTS a ferramentas virtuais de auxílios a navegação	8.946.590,63	8.946.590,63
Implantação de <i>River Information Service (RIS)</i>	2.373.143,85	2.373.143,85
Simulação de manobras ( <i>fast time</i> )	204.356,52	204.356,52
Simulação de manobras ( <i>real time</i> )	209.405,88	209.405,88
Implantação de <i>Inland Encls</i>	-	1.590.000,00

Tabela 9 - Implantação de CAPEX das intervenções a serem realizadas na Fase 1.

Fonte: Elaboração própria

#### 7.1. Derrocamento

O Concessionário deverá iniciar, no Ano 1 da Concessão, o levantamento de dados para diagnóstico da situação dos pedrais e para propostas de melhorias no tráfego hidroviário por meio do derrocamento. Para tanto, foi prevista a necessidade de elaboração de projeto executivo de derrocamento, com duração de 6 meses, para posterior início do processo de licenciamento ambiental.

Essa atividade será composta por 3 etapas:

- 1ª Etapa – Mapeamento e Ordenamento Aquaviário:
  - ✓ Definição da geometria tridimensional dos pedrais e as respectivas coordenadas horizontais e verticais precisas;
  - ✓ Estabelecimento dos traçados dos canais de navegação nos trechos de pedrais, de acordo com a embarcação-tipo a ser definida para as condições normais de navegação;
  - ✓ Elaboração dos projetos de auxílios à navegação dos novos canais;
  - ✓ Realização de simulações *Fast-Time* nos trechos de pedrais e críticos do canal traçado.

---

## Seção C – Engenharia

---

- 2ª Etapa – Projeto de derrocamento:
  - ✓ Definição dos pedrais a serem derrocados, restritos àqueles que não puderem ser contornados e impeçam o traçado dos canais de navegação estabelecidos;
  - ✓ Levantamento sísmico para conhecimento em subsuperfície desses pedrais;
  - ✓ Levantamento de dados geofísicos (*Side Scan Sonar*) e sísmica de alta resolução, para caracterização em superfície e subsuperfície desses pedrais, concomitante ao levantamento batimétrico multifeixe para auxiliar na caracterização dos pedrais;
  - ✓ Levantamento batimétrico multifeixe completo na época da cheia para identificação definitiva dos pedrais;
  - ✓ E ainda, sondagens geotécnicas para integrar aos estudos dos pedrais e subsidiar a avaliação dos volumes a serem derrocados, bem como dos parâmetros a serem utilizados no método de derrocagem a ser definido.
  - ✓ Elaboração dos projetos de derrocamento, com a definição da metodologia a ser empregada, se a “quente” ou a “frio”.
- 3ª Etapa – Licenciamento Ambiental para a execução da obra de derrocamento.
  - ✓ Conclusão do projeto executivo, definição da estratégia de licenciamento e início do processo junto ao órgão ambiental

Diante disso, foi previsto investimento de cerca de R\$ 1.911.299,77 para a elaboração do projeto de derrocamento, considerando recursos para mobilização e desmobilização da equipe e dos equipamentos, levantamentos hidrográficos (sísmica, sonografia e batimetria), processamentos de dados coletados, sondagens rotativas, análises de amostras e elaboração do relatório.

### 7.2. Dragagem

No primeiro ano deverão ser investidos recursos na elaboração de um estudo referente às estratégias de execução de dragagem em diferentes situações de vazão do Rio Madeira, perfis e quantitativos de equipamentos e períodos de execução. O objetivo é aprofundar o conhecimento das condições hidrológicas do rio e como aproveitá-las para otimizar a infraestrutura hidroviária para fins de navegação. Importante destacar que os serviços de dragagem de manutenção devem ocorrer desde o Ano 1 da concessão, conforme descrito na Seção D – Operacional.

Com esse propósito, foi considerado, para fins de modelagem, a compra de uma draga do tipo Sucção e Recalque (CSD), do porte CSD 500 ou similar, para execução dos serviços. O futuro Concessionário deverá adquirir a draga do tipo Sucção e Recalque e poderá contratar os serviços da draga do tipo Hopper (TSHD), com capacidade mínima de cisterna de 3.000m<sup>3</sup>. Tal cenário proporciona flexibilidade ao Concessionário para planejar a execução dos serviços de dragagem, considerando as variações sazonais do nível de água e segurança operacional ao ter um equipamento permanentemente a disposição do Concessionário.

---

## Seção C – Engenharia

---

Desse modo, deverá ocorrer, no 1º ano de concessão a aquisição de uma draga de sucção e recalque (CSD), equipada com configuração similar de bomba de 1.350 kW, cortador de 170 kW, tubo de 500 mm de diâmetro (20”) e *spud carriage*, conforme especificações detalhadas no Anexo I do Contrato. Foi estimado o valor desse investimento em R\$ 20.391.647,51, oriundo do Sistema SICRO. Complementarmente, foi previsto, no 1º ano de concessão, a construção de um galpão industrial para os períodos não operacionais da draga de sucção e recalque (CSD).

### 7.3. Monitoramento Hidrológico e Levantamentos Hidrográficos

O monitoramento hidrológico e a realização de levantamentos hidrográficos têm por objetivo criar uma rede para aquisição de dados de hidrologia essencial, que propicie o conhecimento abrangente, preciso e continuado sobre hidrografia e dinâmica fluvial do Rio Madeira e ofereça subsídios técnicos à tomada de decisão acerca das intervenções de dragagem, implantação e manutenção dos auxílios à navegação (sinalização náutica e balizamento), suporte à gestão do tráfego hidroviário, dos serviços de inteligência fluvial e à atualização da cartografia náutica, possibilitando a utilização ordenada e segura para a navegação.

Nesse contexto, o monitoramento das condições hidrológicas do Rio Madeira continuamente configura-se como imprescindíveis para a operação de navegação, por meio da atualização e disponibilização de informações pertinentes e confiáveis à navegação e a execução e manutenção das intervenções. No escopo do estudo estão previstas atividades relativas aos aspectos:

- Hidrológicos:
  - ✓ Nível (aquisição permanente e contínua);
  - ✓ Profundidades (levantamentos batimétricos);
  - ✓ Vazão e parâmetros físico-químicos (periodicidade mensal nos primeiros 2 anos e trimestral nos anos seguintes).
- Meteorológicos:
  - ✓ vento, temperatura, umidade, precipitação, pressão, irradiação solar, descargas atmosféricas, (aquisição permanente e contínua nas estações que possuem sensores meteorológicos).
- Geológicos:
  - ✓ Sedimentos em suspensão e amostras de fundo (periodicidade mensal nos primeiros 2 anos e trimestral nos anos seguintes);
  - ✓ Parâmetros fundamentais para a calibração e validação dos modelos hidrodinâmicos e de transporte de sedimentos.

A modelagem considera a obtenção de dados com regularidade e frequências periódicas abrangendo toda a extensão da área de Concessão, proporcionando maior segurança no planejamento das intervenções, conforme tabela abaixo:

Medição e Monitoramento do nível das águas	Fornecimento e instalação de RRNN
--	-----------------------------------

## Seção C – Engenharia

	Instalação e operação de estações fluviométricas/telemétricas
	Levantamento Batimétrico Monofeixe/Multifeixe
Levantamento Hidrográfico e Hidrossedimentológico	Medições de descarga líquida com ADCP
	Amostragem de sedimentos do leito
Modelagem Numérica	Modelagem hidráulica e hidrodinâmica
	Sistema de Previsibilidade de Níveis

**Tabela 10 – Serviços de Monitoramento Hidrológico e Levantamentos Hidrográficos**  
Elaboração própria

Trata-se de investimentos iniciais para a realização da hidrografia, na fase 1 de CAPEX, no valor de R\$ 1.857.100,00, a aquisição, instalação e recuperação de estações fixas de monitoramento fluviométrico completas com telemetria, sendo realizado o devido controle geodésico da rede de estações, com o objetivo de se integrarem a rede já existente, a fim de fornecer informações com representatividade hidrológica.

Dessa maneira, baseado na situação atual da rede, levou em conta a extensão da área do rio a ser monitorada, a complexidade do sistema fluvial, das características hidrológicas da região, de acessibilidade, da proximidade com a comunidade e da possível infraestrutura de comunicação existente.

Esse conjunto de estações será parte integrante da rede monitoramento hidrológico e de levantamento hidrográfico e comporá o sistema de informações que permitirá fornecer dados mais preciso aos usuários com previsibilidade para a navegação, bem como servirá de subsídio e suporte para a execução das atividades de manutenção e melhoramento do transporte hidroviário.

A aquisição dessas novas estações e a modernização das estações já existentes atenderão os requisitos técnicos previstos na NORMAN 501/DHN, e as premissas relativas à operação e manutenção desse sistema de monitoramento hidrológico e levantamento hidrográfico estão listados na Seção D – Operacional, por configurarem investimentos atinentes à manutenção da hidrovia.

### 7.4. Auxílios à Navegação (Sinalização e Balizamento)

No 1º ano de Concessão deverá ser implantado o projeto de sinalização, balizamento e auxílios à navegação, bem como o fornecimento de sinais náuticos físicos e respectivos sistemas de fundeio, o fornecimento de AIS AtoN e a implantação desses auxílios náuticos físicos e radioelétricos.

A finalidade precípua desses investimentos é auxiliar o navegante a determinar sua posição e rumo, alertar sobre os eventuais perigos à navegação existentes na sua derrota e demarcar os limites dos canais de navegação. Para tanto, propõe-se:

- Elaboração de:
  - ✓ Projeto de sinalização dos trechos críticos derrocados. Apesar da necessária revisão anual, este projeto tende a ser longo e imutável;
  - ✓ Projeto de sinalização dos trechos críticos dragados. Necessária revisão anual, tentando-se ao máximo evitar nova dragagem;

## Seção C – Engenharia

- ✓ Projeto de sinalização dos trechos críticos perenes, de canais que apresentam perigos laterais a navegação, sem necessidade de intervenção de retificação;
- ✓ Projeto de sinalização dos trechos críticos perenes, de canais que apresentam perigos laterais a navegação, sem necessidade de intervenção de retificação.
- Fornecimento de:
  - ✓ Auxílios Visuais Flutuantes – A serem instalados apenas em locais que estrangulam em largura durante o período da seca, ou onde o talvegue encaixa exatamente no canal projetado, por motivo de dragagem ou derrocamento realizado. Sugere-se para o projeto boias luminosas do tipo BL1, em menor número possível, e posições variáveis a serem instaladas nos períodos de seca, nos trechos críticos de movimentação de bancos e pedrais não derrocados, após a realização anual do LH monofeixe para a atualização batimétrica.
  - ✓ Auxílios Visuais Fixos (Faróis e Faroletes) – Podendo ser utilizados em configuração tradicional, ou luzes de alinhamento ou de setor, posicionados em locais estratégicos, preferencialmente em trechos de pedra, integrados ou não a torres de comunicação ou a rede AIS e boias sazonais.
- Implantação de:
  - ✓ Auxílios Radioelétricos baseados em AIS AtoN – A serem instalados em alguns sinais flutuantes e em locais de monitoramento do tráfego (Torres/Faróis), gerando sinais virtuais e sintéticos que poderão substituir auxílios flutuantes em locais ermos, de intenso tráfego ou em locais com trechos críticos perenes, de canais que apresentam perigos laterais a navegação, sem necessidade de intervenção de retificação.

Não foi considerada a utilização de Placas de Margem, pela baixa eficácia devido à grande largura do rio.

Para esse conjunto de atividades, foi previsto o investimento de R\$ 5.369.077,84, a ser realizado no primeiro ano de Concessão, distribuídos da seguinte forma:

Implantação de Auxílios à Navegação (Sinalização e Balizamento)	ANO 1	ANO 2
Projeto de Sinalização e Balizamento	241.075,25	-
Fornecimento de sinais náuticos físicos e sistemas de fundeio	2.587.200,00	-
Fornecimento de AIS AtoN	1.816.000,00	-
Implantação dos auxílios náuticos físicos e radioelétricos	724.802,58	-

**Tabela 11 - Implantação de CAPEX das intervenções a serem realizadas na Fase 1.**

Fonte: Elaboração própria

### 7.5. Gestão do Tráfego Aquaviário e Inteligência Fluvial

O estudo prevê a implantação do sistema para o monitoramento e o ordenamento do tráfego hidroviário ao longo de toda a calha do trecho de Concessão, sendo formado por um conjunto de infraestruturas para a segurança da navegação e do ordenamento do tráfego:

- VTS – Estes serviços são classificados como Auxílios à Navegação, normatizados pela Autoridade Marítima nas NORMAM-601/DHN e NORMAM-602/DHN, que internalizam as normas internacionais

---

## Seção C – Engenharia

---

sobre o assunto, portanto deveremos situá-los no item “Auxílios à Navegação” juntamente com o balizamento físico e demais recursos de sinalização náutica;

- ✓ Aplicação da metodologia de análise prevista pela NORMAM nas localidades onde há complexos portuários, ou de grande intensidade de tráfego de todos os tipos, a fim de identificar a real necessidade e a devida customização e gradação do serviço a ser prestado, a ser realizado no 1º ano. O acompanhamento da evolução do tráfego deverá ser anual para identificar necessidades de incremento do status do serviço.
- ✓ Estabelecimento obrigatório de VTS em alguns locais:
  - 1) Foz do Rio (Urucurituba) – Estação obrigatória, por ser a localidade mais próxima da foz, permitindo monitorar o tráfego de todas as embarcações que sobem o rio, ou dele estão saindo. Seria tolerável a implantação a jusante, mas no máximo 1 km a montante, para certificar que o próprio tráfego que tenha como alvo a própria localidade supracitada, possa ser monitorado.
  - 2) Porto Velho – Estação que demarca o limite montante da hidrovia concedida, além de auxiliar o ordenamento do tráfego na região portuária local, devendo obrigatoriamente alcançar com seus sensores o Porto Organizado e os terminais privado no seu entorno.
  - 3) Verificar a pertinência do quantitativo de VTS e de utilizar a estrutura física dos terminais IP4 de Humaitá, Manicoré, Borba ou outro.
- Implantação de *Inland Enc* – Criação de um instrumento de parceria com o CHM e CHN-9, para implantar um processo de aperfeiçoamento e atualização sistemáticos da cartografia náutica da hidrovia, baseada exclusivamente em tecnologia INLAND ENC, ou similar, que permite sua utilização em Sistemas de Carta Eletrônica (ECS) e, através deste a interação com sensores da embarcação (RADAR, sonda e AIS) e com os Auxílios à Navegação baseados em AIS AtoN.
  - ✓ Hardware – suporte de Hardware às instituições supracitadas, para consecução dos objetivos de aperfeiçoamento e atualização sistemáticos da cartografia náutica da hidrovia, baseada exclusivamente em tecnologia INLAND ENC, ou similar;
  - ✓ Software – suporte de Software às instituições supracitadas, para consecução dos objetivos de aperfeiçoamento e atualização sistemáticos da cartografia náutica da hidrovia, baseada exclusivamente em tecnologia INLAND ENC, ou similar;
  - ✓ Enlace de dados – Proporcionar um enlace de dados digital de alta capacidade com os órgãos supracitados para permitir a transferência ininterrupta de dados e produtos afetos à sistemática desenvolvida;
- Inteligência Fluvial – Criar uma infraestrutura logística e digital que facilitem e potencializem as ações de diversos órgãos públicos de âmbito Federal, Estadual e Municipal, como o Comando do 9º Distrito Naval e suas diversas Organizações Militares subordinadas, Polícia Federal, CENSIPAM, IBAMA, ICMBio, Ministério Público, Polícia Militar, Defesa Civil e etc, relacionados à segurança e fiscalização do uso da hidrovia em seu amplo espectro, permitindo que usuários da Hidrovia e as localidades ribeirinhas ao longo de suas margens usufruam de um ambiente de desenvolvimento sustentável:

## Seção C – Engenharia

- ✓ Base Móvel– Construir e operar uma base de apoio logístico móvel, dotada de infraestrutura para alojar pessoal, abrigar um centro de operações e de coordenação e controle, com espaços para receber grupos da população em ações cívico-sociais e cursos, para ações específicas em parceria com as instituições supracitadas. Equipar esta base com sensores de vigilância e equipamentos de comunicações que permitam a coordenação de equipes volantes.
- ✓ Dispor de infraestrutura com canais de comunicações preestabelecidos com estas agências e autoridades locais, conjuntamente com uma estrutura de intercâmbio de dados a fim de estabelecer um fluxo de informações seguro, confiável e contínuo.

Com base nas intervenções de dragagem de manutenção programadas anualmente, no monitoramento hidrológico, nos levantamentos hidrográficos, nos auxílios à navegação (sinalização e balizamento), e nos equipamentos para de gestão de tráfego e para inteligência fluvial, espera-se que o futuro concessionário seja capaz de estabelecer um sistema para estabelecimento de Folga Dinâmica Abaixo da Quilha (FDAQ), tal como registrado na NORMAM-224/DPC, ao longo de todo o trecho concedido do Rio Madeira.

Esse sistema deve ser capaz de atualizar constantemente as informações relativos ao nível da água, às embarcações e ao fundo do rio, com base em modelos de previsão e monitoramento de dados. O objetivo é maximizar o uso da infraestrutura hidroviária oferecendo o maior calado possível para os usuários e transportando o máximo de carga possível ao longo de todo o horizonte contratual, resguardados os parâmetros mínimos estabelecidos no contrato.

O investimento de R\$ 25.056.993,76 deverá ser implantado até o final do 2º ano, e trata-se de proposta inovadora para hidrovias brasileiras. A aplicação e implementação dos conceitos de VTS e RIS ao controle de gestão do tráfego de embarcações na navegação interior considera o monitoramento do fluxo de informações, a qualificação de pessoal, e diversas outras vantagens voltadas para a modernização do setor hidroviário brasileiro.

### 8. Intervenções a Serem Realizadas na Fase 2

Nessa etapa foi previsto a execução das obras de derrocamento, a ser concluído até o final do 4º ano, a fim de viabilizar a navegação em alguns passos críticos sem restrições de calado nem estreitamento de canal, permitindo melhor gerenciamento do tráfego e otimizando o uso da infraestrutura.

Descrição	Custo Total (R\$)	
	Ano 3	Ano 4
<b>Execução da Obra de Derrocamento</b>		
Canteiro Flutuante		2.539.870,20
Capitari	-	211.826,76
Pombal	-	3.967.752,00
Abelhas	-	9.471.408,00
Baianos	-	1.243.442,28
Uruá	-	6.399.600,00
Bom Jardim/Sobral	-	364.137,24
Marmelos	-	3.695.769,00
Mobilização	-	3.910.576,50

## Seção C – Engenharia

Desmobilização	-	3.910.576,50
----------------	---	--------------

**Tabela 12 - Intervenção a ser realizada na Fase 2 de implantação do CAPEX.**

Fonte: Elaboração própria

### 8.1. Derrocamento

Derrocagem consiste na remoção de material 3ª categoria submerso, com a finalidade de aumentar a profundidade e largura do canal de navegação em portos e rios, segundo o Caderno Técnico SICRO para derrocagem.

A atividade pode ser executada por meio do emprego de explosivos, sendo realizada em duas etapas, da quais a primeira compreende a perfuração e detonação, e a segunda a carga e transporte dos resíduos até o local de bot-a-fora pelo meio aquático. O estudo considerou a derrocagem em 7 (sete) passos críticos.

Passo crítico	Volume Calculado (m³)
Capitari	331
Pombal	6.200
Abelhas	14.800
Baianos	1.943
Uruá	10.000
Bom Jardim/Sobral	569
Marmelos	5.775
<b>Total</b>	<b>39.618</b>

**Tabela 13 – Volumes de rochas a serem derrocadas**

Fonte: USACE (adaptado)

As obras de derrocamento foram dimensionadas para serem executadas em até 6 (seis) meses. A ideia é que essa etapa seja concluída numa única fase, resguardando o período de defeso, que é uma condicionante potencialmente imposta pelo processo de Licenciamento Ambiental.

De acordo com a Portaria nº 48, de 05/11/2007, emitida pelo IBAMA, o defeso básico definido para Rondônia e Amazonas começa em 15 de novembro e termina em 15 de março. Além disso, há no Rio Madeira, espécies com regulamentos específicos para o período de defeso, como é o caso do pirarucu, onde há restrição à pesca de 01 de dezembro a 31 de maio, no Amazonas, e de 01 de novembro a 30 de abril, em Rondônia, (Instrução Normativa Ibama nº 34 de 18/06/2004[6]). Para o tambaqui, a proibição vai de 01 de outubro a 31 de março em ambos os estados (Instrução Normativa 35 MMA de 29/09/2005).

Os dados de volume de derrocamento foram extraídos dos estudos do EVTEA/DNIT (2014) e da USACE (2019), exceto o Pedral dos Marmelos, cujo volume foi calculado com base em dados batimétricos. Foi estimado o volume total de aproximadamente 40 mil m³. Os valores e os trechos de derrocamento poderão ser reavaliados, caso sejam disponibilizados novos dados, ainda na fase de Audiência Pública, ou durante o Projeto Executivo de Derrocamento a ser concebido pelo Concessionário. Questões relacionadas à matriz de risco estão expressamente dispostas na matriz de risco do contrato.

Para a precificação do serviço de execução do derrocamento adotou-se o preço unitário de R\$ 639,96/m³. Esse valor foi orçado com base no sistema SICRO/DNIT, considerando a composição de custo para perfuração

**Seção C – Engenharia**

e detonação (malha de 1,5 m<sup>2</sup> e plataforma com duas torres de perfuração) e para remoção e limpeza do material (plataforma com *Clamshell*, batelão rebocado de 100t e DMT de até 3.000 metros).

Para fins de modelagem foram previstos dois conjuntos atuando para alcançar a produtividade necessária para executar os serviços em até 6 meses. Além do custo unitário de derrocamento foram incluídos os custos referentes ao canteiro flutuante e a mobilização e desmobilização, totalizando R\$ 35.714958,49.

**9. Investimento Fora da Área da Concessão**

A Área da Concessão corresponde ao leito do Rio Madeira no trecho entre sua foz (km 0) e o município de Porto de Porto Velho/RO (km 1.075), conforme figura abaixo, incluindo as instalações de apoio (IP4) localizadas na calha do Rio Madeira. O conceito jurídico exato da Área da Concessão pode ser encontrado na minuta de contrato e no Anexo 1 (Plano de Exploração Hidroviária – PEH).



**Figura 26 – Área da Concessão, composta pelo leito do Rio Madeira entre a sua foz (km 0) e o município de Porto Velho/RO (km 1.075), além das instalações de apoio (IP4) localizadas na calha do Madeira.**

Fonte: elaboração própria

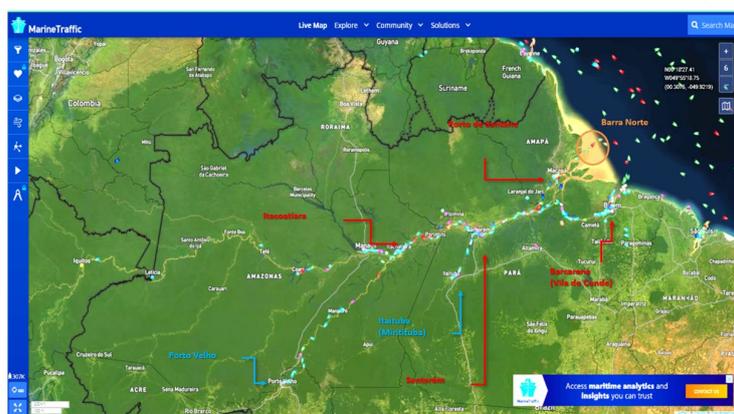
O chamado Arco Norte compreende um conjunto de portos situados ao norte do paralelo 16° S. Em decorrência da notável expansão do agronegócio brasileiro, os portos do Arco Norte, em especial os amazônicos, têm recebido investimentos expressivos em infraestrutura de transporte e terminais portuários,

Seção C – Engenharia

de modo a se consolidar como corredores logísticos para o atendimento da demanda de escoamento da produção de grãos das áreas da nova fronteira agrícola do país – Centro-Oeste, Norte e Nordeste - para o exterior.

Existe um claro fluxo de cargas entre Porto Velho/RO e os portos de Itacoatiara/AM, Novo Remanso e Santarém/PA e que utiliza o corredor logístico do Rio Madeira para navegação. Por outro lado, as cargas que trafegam pelo corredor logístico do Rio Tapajós são, predominantemente, direcionadas para o Porto de Vila do Conde (Barcarena). O mapa a seguir indica a posição de cada um desses terminais portuários e destaca a proporção de cargas movimentadas pelo Rio Madeira, entre Porto Velho, Itacoatiara e Santarém.

Escoamento de soja e milho



Principais Corredores Logísticos da Bacia Hidrográfica Amazônica, soja e milho, 2022:

✓ Itaituba/PA – Barcarena/PA	49%
✓ Porto Velho/RO – Itacoatiara/AM	21%
✓ Porto Velho/RO – Santarém/PA	12%
✓ Itaituba/PA – Santarém/PA	11%
✓ Santarém/PA	4%
✓ Itaituba/PA – Santana/AP	2%
✓ Humaitá/AM – Santarém/PA	2%

Fonte: Anuário Antaq



Figura 27 – Corredores logísticos amazônicos e a participação de cada um deles nas exportações de grãos sólidos vegetais no ano de 2022.

Fonte: Elaboração própria com dados da ANTAQ

A carga transportada em barcas pelo Rio Madeira é transferida para embarcações de longo curso em Itacoatiara e Santarém, e mais recentemente em Novo Remanso, seguindo para exportação. A saída dessas embarcações ocorre pela chamada Barra Norte do Rio Amazonas, um trecho localizado cerca de 30 milhas náuticas mar afora, mas que apresenta restrições de calado por conta do chamado “Arco Lamoso”, uma zona de profundidades rasas, geradas pela decantação de sedimentos finos argilosos, componentes da descarga sólida do Rio Amazonas, devido a diminuição do seu fluxo.

A passagem segura de navios de longo curso pelo Arco Lamoso depende do adequado monitoramento das oscilações de nível provocada pelas marés e ondas. A Portaria Nº 7/Com4ºDN, de 6 de janeiro de 2022, autorizou, em caráter experimental, a navegação de navios com calado de até 11,90 metros no canal Grande do Curuá e na Barra Norte do Rio Amazonas, passando pelo Arco Lamoso, mas aumentos mais significativos nas consignações médias dos navios que utilizam essa rota devem ser precedidos de um adequado monitoramento das condições meteoceanográficas.

Para viabilizar um monitoramento contínuo desses, para a obtenção de maiores precisões nas reduções de sondagem para batimetrias realizadas na região, bem como para a aplicação do conceito de calado dinâmico,

**Seção C – Engenharia**

abordado na NORMAM 224/DPC, entende-se que é necessário implantar uma plataforma fixa de coleta de dados nas proximidades do centro do Arco Iamoso.

Para esta atividade foi previsto um investimento de R\$ 8.000.000,00, a ser executado na Fase 1 dos investimentos, pelo futuro concessionário. Trata-se de um investimento fora da Área da Concessão, mas que poderá beneficiar diretamente toda a cadeia logística do Madeira. Concluído o investimento na implantação, o futuro concessionário disponibilizará o ativo ao contratante e não terá demais obrigações contratuais, como por exemplo de manutenção da estrutura.

**10. Área de Influência da Concessão**

O concessionário exercerá jurisdição sobre a Área da Concessão, mas todas as soluções de engenharia propostas ao longo do presente EVTEA podem ser aplicáveis à Área de Influência da Concessão, à critério do Poder Concedente, mas, ressalvada a possibilidade de reequilíbrio econômico-financeiro do contrato. A figura a seguir ilustra os limites da Área de Influência da Concessão, que é mais abrangente que o próprio Rio Madeira, estendendo-se para regiões a montante de Porto Velho/RO e para trechos do Rio Amazonas, entre Manaus/AM e Santarém/PA.



**Figura 28 - Área de influência da Concessão, contemplando trechos, no Rio Madeira, a montante de Porto Velho e trechos, no Rio Amazonas, entre Manaus e Santarém.**

---

## Seção C – Engenharia

---

Fonte: Elaboração própria

A referida Área de Influência da Concessão visa resguardar o alcance das finalidades contratuais propostas, em linha com a evolução do setor hidroviário e ampliação do conhecimento das condições hidrológicas na Amazônia, já que a dinâmica fluvial complexa do Rio Madeira e da Bacia Amazônica pode acarretar a necessidade de intervenções pontuais ou específicas nas adjacências da Hidrovia do Rio Madeira.