



TOP01 – Levantamento Topobatimétrico do Reservatório de Juturnaíba

22006_CILSJ_TOP01_R01

Revisão e Complementação do Plano de Recursos Hídricos da
Região Hidrográfica Lagos São João, no Rio de Janeiro

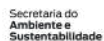


Secretaria do
Ambiente e
Sustentabilidade



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO





LEVANTAMENTO
TOPOBATIMÉTRICO DE
JUTURNÁIBA

QUADRO DE CODIFICAÇÃO

Código do Documento		22006 CILSJ TOP01 R01	
Título		Plano de Ações	
Aprovação por:		Lawson Francisco de Souza Betrame	
Data da Aprovação:		18/03/2025	
Controle de Revisões			
Revisão Nº	Natureza	Data	Aprovação
00	Emissão Inicial	07/02/2025	LB
01	Revisão 01	18/03/2025	LB

EQUIPE DA CONTRATANTE

CILSJ - Consórcio Intermunicipal Lagos São João

Adriana Saad - Secretária Executiva

Cláudia Magalhães - Coordenadora Administrativa

Aline Ribeiro – Analista Técnica

Samara Miranda - Assistente Administrativa

Crislane Santos - Assistente Administrativa

Robson Souza - Assistente Administrativo

Diretoria Colegiada Comitê de Bacia Hidrográfica Lagos São João

Eduardo Gomes Pimenta - Presidente do CBH

Caroline Souza Fernandes - Vice-Presidente

Leandro Coutinho de Mattos - Secretário Executivo

Jorge Augusto da Costa Oliveira - Diretor Administrativo do Subcomitê Lagoa de Araruama

Dalva Rosa Mansur Diretora - Administrativa do Subcomitê do rio Una e Cabo de Búzios

Edna Ferreira Calheiros Saraiva - Diretora Administrativa do Subcomitê Lagoa de Saquarema

Gabriela Figueiredo da Conceição - Diretor Administrativo do Subcomitê do rio São João

Grupo de Trabalho para Acompanhamento da Revisão do Plano de Bacia

Poder Público

Mário Flávio Moreira (COORDENADOR) - Prefeitura Municipal de São Pedro da Aldeia

Keila Ferreira da Silva - Prefeitura Municipal de Arraial do Cabo

Flávio Antonio da Costa Gomes - Prefeitura Municipal de São Pedro da Aldeia

Sociedade Civil

Thais Baptista Sanson – Instituto de Pesquisas e Educação para o Desenvolvimento Sustentável – IPEDS

Kátia Regina Martins de Souza Lima – Movimento de Mulheres de Iguaba Grande – MOMIG

Usuário

Caroline Souza Fernandes - Concessionária Águas de Juturnaíba - CAJ

Suzana Nascimento Nunes de Souza - Concessionária Águas de Juturnaíba - CAJ

Felipe Luz Liberato - Prolagos S.A Concessionária

Stephani de Souza Brunetti - Prolagos S.A Concessionária

Jorge Carmo de Mello - Associação Livre dos Aquicultores das Águas do São João - ALA

Irene Alves de Mello - Associação Livre dos Aquicultores das Águas do São João - ALA

EQUIPE DA ÁGUA E SOLO ESTUDOS E PROJETOS

EQUIPE CHAVE

COORDENADOR

Lawson Francisco de Souza Beltrame - Engº. Agrônomo - CREA RS010020

GERENTE E COORDENADORA ADJUNTA

Larissa da Silva Soares Engª Ambiental – CREA RS254720

ESPECIALISTA EM PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Antônio Eduardo Leão Lanna – Engº. Civil - CREA RS006673

ESPECIALISTA EM RECURSOS HÍDRICOS

Luiz Fernando de Abreu Cybis – Engº. Civil - CREA RS039005

ESPECIALISTA EM SANEAMENTO

Mariângela Correia Laydner – Engª. Civil - CREA RS071373

ESPECIALISTA EM HIDROGEOLOGIA

André Luiz Bonacin da Silva – Geólogo - CREA SP5060931217

ESPECIALISTA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Lauro Bassi – Engº. Agrônomo - CREA SC102738

ESPECIALISTA EM DEMOGRAFIA E ECONOMIA

Jana Alexandra da Silva - Cientista Social

ESPECIALISTA EM GERENCIAMENTO DE BANCO DE DADOS E SIG

Elisa de Mello Kich – Engª. Ambiental - CREA RS211253

EQUIPE DE APOIO

Fernando Setembrino Cruz Meirelles – Engº. Agrônomo - CREA RS054128

Lucas Rodrigo Kehl – Engº. Ambiental - CREA RS 261618

Laís Helena Mazzali Gaeversen – Engª. Ambiental - CREA RS245799

Fernando Moura Antunes – Biólogo

Elvio Giasson – Engº Agrônomo

Fernanda Maysonnave – Designer

Fabiane Cazulo Juchen – Engª. Hídrica CREA RS262950

Pomy Yara Meirelles – Mobilização Social

Marques Henrique Campos de Oliveira – Hidrometrista

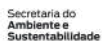
Lucas Ronzoni Calviera – Eng. Ambiental

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO TOPOBATIMÉTRICO	10
3	PROCESSAMENTO DO LEVANTAMENTO	15
3.1	Processamento dos dados topobatimétrico	15
3.2	Elaboração do Modelo Digital de Terreno.....	17
4	GERAÇÃO DA CAV.....	19
4.1	Elaboração das Curvas Cota x Área x Volume.....	19
4.2	Controle de Qualidade do Modelo.....	19
5	Resultados.....	24
5.1	Curvas Cota x Área x Volume	24
6	REFERÊNCIAS	25
7	ANEXOS.....	26

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1. Localização dos marcos instalados.	11
Figura 2.2. Registros fotográficos das margens do Reservatório de Juturnaíba.....	14
Figura 4.1. Pontos de Verificação de aderência do modelo	20
Figura 4.2. Histograma de Frequência da diferença entre batimetria e a superfície do modelo	21
Figura 4.3. Reservatório Juturnaíba Cota x Área $f(\text{Volume})$	22
Figura 4.4. Reservatório Juturnaíba Cota x Volume $f(\text{Área})$	23



LEVANTAMENTO TOPOBATIMÉTRICO DE JUTURNAÍBA

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Dados dos marcos instalados.....	11
Tabela 2.2. Valores para cálculo do coeficiente de rugosidade pelo Método de Cowan.	12
Tabela 4.1. Controle de qualidade da aderência do modelo digital do terreno	20
Tabela 5.1. Curva Cota x Área x Volume – Tabulação 1,0 m	24



CONSÓRCIO
INTERMUNICIPAL
LAGOS
SÃO JOÃO

FUNDRHI
FUNDO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS



inea
instituto estadual
do ambiente

Secretaria do
Ambiente e
Sustentabilidade



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO



LEVANTAMENTO TOPOBATIMÉTRICO DE JUTURNÁIBA

APRESENTAÇÃO

A **ÁGUA E SOLO ESTUDOS E PROJETOS LTDA (CNPJ: 02.563.448/0001-49)** vem apresentar o **PROGNÓSTICO** para execução das atividades referentes ao Termo de Contrato CILSJ 31/2022, firmado entre a empresa, denominada CONTRATADA, e o **CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL LAGOS SÃO JOÃO (CNPJ: 03.612.270/0001-41)**, cujo objeto é a ***“CONTRATAÇÃO DE SERVIÇO DE PESSOA JURÍDICA PARA A REVISÃO E COMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA LAGOS SÃO JOÃO”***.

1 INTRODUÇÃO

O presente documento detalha o LEVANTAMENTO TOPOBATIMÉTRICO DO RESERVATÓRIO DE JUTURNAÍBA, realizado entre os dias 17 e 25 de setembro de 2024. Os levantamentos topobatimétricos tiveram o intuito de caracterizar o leito do reservatório de Juturnaíba, para dar subsídio a Gestão de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica, Lagos São João (RH VI).

O Reservatório de Juturnaíba, o qual faz parte da Região Hidrográfica Lagos São João, é responsável por parte do abastecimento público da região, além de outras atividades como pesca, irrigação, consumo industrial, entre outros (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004). Considerando sua importância para a sociedade e para a biodiversidade é necessário criar planejamento para o uso e gestão das águas do reservatório, afim de garantir a qualidade d'água, sua recuperação e preservação. Para a criação de políticas de planejamento são necessários estudos para conhecimento do corpo hídrico e o seu comportamento, um dos estudos relevantes é o levantamento topobatimétrico.

A batimetria é utilizada para determinar a medida do contorno, da dimensão relativa da superfície submersa dos mares, rios, lagos, represas e canais (GAGG, 2016). Portanto, é utilizada, principalmente, para medir a profundidade de corpos hídricos. Quanto a topografia o principal objetivo é o levantamento (executar medições de ângulos, distâncias e desníveis) que torne possível representar uma porção da superfície terrestre em uma escala adequada (Veiga et al, 2012). O levantamento topobatimétrico é a junção de ambas as técnicas e auxilia em diversos segmentos como na área de engenharia. Em questões ambientais, o método pode ser utilizado para verificação de assoreamento de um lago ou para cálculo de volume de um reservatório, informações importantes para o monitoramento ambiental de um recurso hídrico.

A partir dos dados do levantamento topobatimétrico é possível determinar a curva Cota x Área x Volume (CAV) do reservatório. A curva CAV auxilia na determinação da disponibilidade hídrica e no abastecimento de água, assim como em sistemas de controle de cheia, levantamento de assoreamento do recurso hídrico, entre outras informações relevantes que se tornam fundamentais para a gestão do corpo hídrico.

2 LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO TOPOBATIMÉTRICO

O desenvolvimento do levantamento planialtimétrico topobatimétrico foi realizado com o uso de receptores GNSS Geodésico de dupla frequência (L1/L2) no modo RTK (*Real Time Kinematic*). Os levantamentos foram amarrados planimetricamente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). O levantamento partiu de uma base instalada próxima ao barramento (MR-01), processada pelo serviço de Posicionamento por Ponto Preciso do IBGE (PPP – monografia no Anexo I). Desta base foram irradiados os pontos e novas bases. Outra base foi instalada próxima a Unidade Básica de Saúde – Reservatório de Juturnaíba no município de Silva Jardim (monografia anexa).

Acoplado ao receptor GNSS geodésico, cuja função era o de posicionamento planialtimétrico, estava o ecobatímetro monofeixe South SDE 28S+ com precisão da profundidade de $\pm 1 \text{ cm} \pm 0,1\% \cdot D$ e resolução de 0,01 m. Os limites de profundidade mínimo e máximo são de 0,30 m a 300 m. Os resultados do levantamento utilizando tal técnica atingem uma precisão planialtimétrica da ordem de aproximadamente 20 cm, uma vez que o levantamento é realizado em embarcação sujeita a efeitos de ondas e da própria navegação.

O receptor GNSS utilizado como base foi o GNSS Zenith 15 L1/L2 RTK da Geomax e como *rover* foi utilizado o GNSS Zenith 15 L1/L2 RTK da Geomax, configurado para que a coletora não registrasse pontos com erros superiores a 3 cm tanto na vertical quanto na horizontal.

As condições de tempo se mantiveram estáveis com tempo bom nos primeiros dias, no entanto, do 4º ao 8º dia o vento dificultou as atividades de campo. Em razão das fortes ondas, não houve atividades na parte molhada no 6º e 7º dia.

O quantitativo do levantamento topobatimétrico realizado foi de 90.728 pontos batimétricos e 5.396 pontos topográficos. Os levantamentos foram realizados nas coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), Datum SIRGAS 2000 no fuso apropriado (23S) referenciados ao elipsóide de referência GRS80 (RBMC). Foi utilizada a altitude ortométrica/geoidal proveniente do processamento dos marcos através do serviço de processamento do IBGE para o ajuste do levantamento em que consta a ondulação geoidal proveniente do modelo hgeoHNOR 2020 (IBGE), atendendo a norma NBR 13.133, edição de 24/08/2021.

De acordo com as monografias dos marcos utilizados, as altitudes elipsoidais foram corrigidas para altitudes ortométricas. Os resultados dos levantamentos são entregues em formato vetorial (pontos), já pós-processados e corrigidos para altitude ortométrica.

A Figura 2.1, apresenta a imagem de satélite com a disposição dos marcos implantados. A Tabela 2.1 apresenta os dados dos referidos marcos.

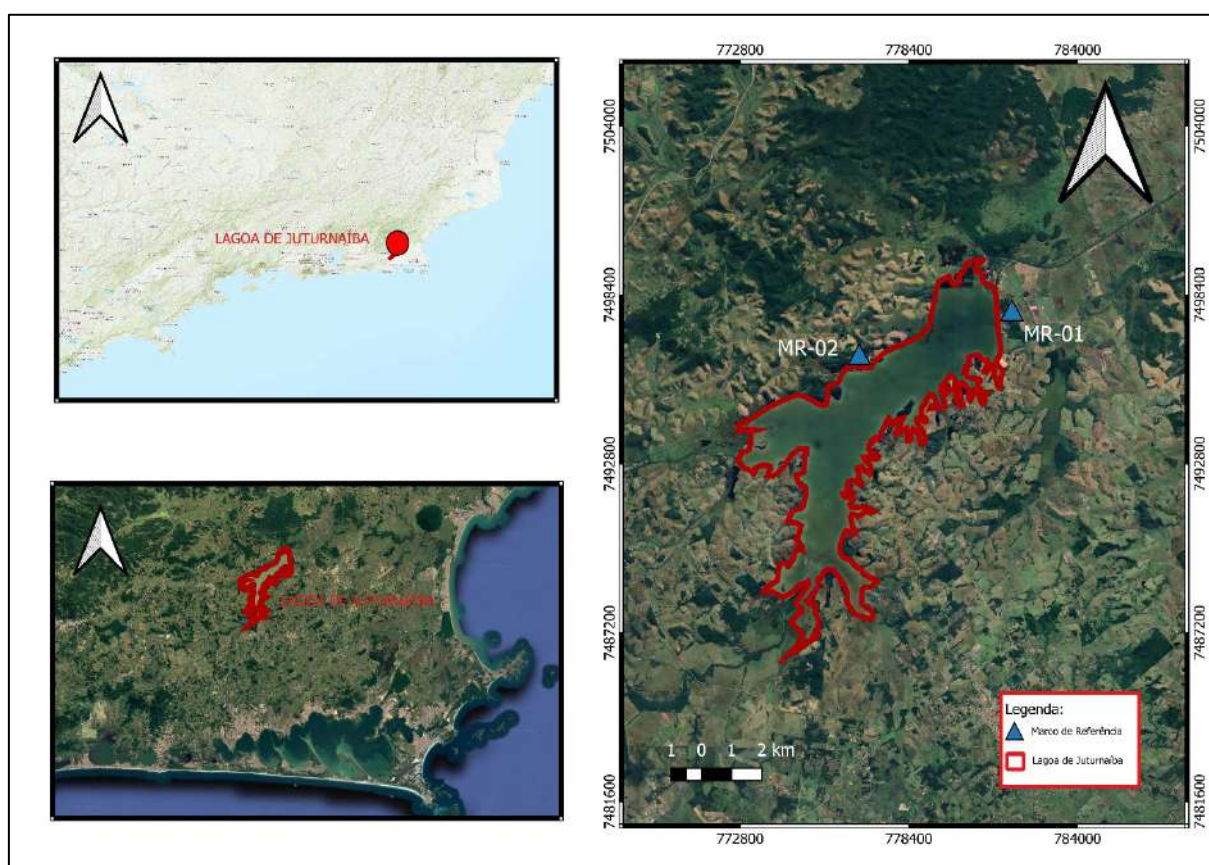


Figura 2.1. Localização dos marcos instalados.
Fonte: Água e Solo, 2024.

Tabela 2.1. Dados dos marcos instalados.

Marco	Dados	
MR-01	UTM N (m)7.498.077,389	Ond. Geoidal (m)5,87
	UTM E (m)781.299,119	Altitude Orto. (m)12,34
MR-02	UTM N (m)7.496.249,835	Ond. Geoidal (m)3,49
	UTM E (m)777.080,570	Altitude Orto. (m)9,96

Fonte: Água e Solo, 2024.

De maneira a caracterizar hidraulicamente as margens do Reservatório de Juturnaíba foi feita uma análise tátil-visual dos trechos levantados. A fórmula de Manning é considerada uma equação de resistência da estrutura do canal ao fluxo fluvial e é uma das mais utilizadas em trabalhos técnicos e científicos. A maneira de quantificar o valor de resistência se dá pelo coeficiente de rugosidade n intrínseco à fórmula de Manning, demonstrada na equação abaixo proposta por Chow (1959) para canais de superfície livres.

$$Q = \left(\frac{1.486}{n} \right) A \cdot R^{2/3} \cdot S_e^{1/2} \quad (\text{Equação 1})$$

O coeficiente n , proposto por Cowan (1956) e demonstrado na Eq. 2, considera as condições do canal estudado, tais como: classificação do material envolvido de base (n_0), o grau de irregularidade do canal (n_1), as variações de forma na seção transversal (n_2), o efeito relativo das obstruções na coluna d'água (n_3), a vegetação no entorno da calha (n_4) e por fim o grau de sinuosidade do curso d'água (m_5). A equação proposta pelo autor é apresentada abaixo:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m_5 \quad (\text{Equação 2})$$

Com observações em campo e registros fotográficos, é possível classificar, de maneira expedita, as grandezas discretizadas acima por meio de valores pré-determinados para o cálculo do coeficiente de rugosidade

Para a melhor análise do coeficiente n de rugosidade Cowan (1956), desenvolveu a Tabela 2.2, que apresenta os valores para as condições do canal, com excessão da variável n_0 que é determinada pela análise granulométrica do seu material constituinte.

Tabela 2.2. Valores para cálculo do coeficiente de rugosidade pelo Método de Cowan.

Condição do canal		Valores
Material envolvido (n_0)	Solo	0,020
	Rocha	0,025
	Pedregulho fino	0,024
	Pedregulho Graúdo	0,028
Grau de irregularidade (n_1)	Liso	0,000
	Pequeno	0,005
	Moderado	0,010
	Severo	0,020
Variação da seção transversal (n_2)	Gradual	0,000
	Alternâncias ocasionais	0,005
	Alternâncias frequentes	0,010-0,015
Efeito de Obstruções (n_3)	Desprezível	0,000
	Pequeno	0,010 – 0,015

Condição do canal		Valores
Vegetação (n_4)	Apreciável	0,020 – 0,030
	Severo	0,040 – 0,060
	Baixa	0,005 – 0,010
	Média	0,010 – 0,025
	Alta	0,025 – 0,050
	Muito Alta	0,050 – 0,100
Grau de meandrização (m_5)	Pequeno (1 – 1,2)	1
	Apreciável (1,2 – 1,5)	1,15
	Severo (> 1,5)	1,30

Fonte: Água e Solo, 2024.

O procedimento geral para se determinar os valores n é selecionar um valor base de n para o material do leito, chamado de n_0 , e, em seguida, selecionar ajustes de valor n para irregularidades do canal, alinhamento, obstruções, vegetação e outros fatores. A seguir são apresentados alguns registros fotográficos tirados no local de estudo.

Assim, analisando os registros fotográficos e com o conhecimento adquirido em campo é possível definir os valores para as variáveis n .



Figura 2.2. Registros fotográficos das margens do Reservatório de Juturnaíba.
Fonte: Água e Solo, 2024.

3 PROCESSAMENTO DO LEVANTAMENTO

Em escritório foram realizadas todas as atividades de organização, consistência e processamento dos registros obtidos em campo conforme descrito nos itens a seguir.

3.1 Processamento dos dados topobatimétrico

A obtenção da profundidade de cada ponto a representar o modelo digital de terreno do reservatório de Juturnaíba seguiu o seguinte processo para sua mensuração:

- **Determinação das coordenadas e altitude dos marcos de apoio topográfico;**
- **Determinação das profundidades do reservatório:**

No levantamento em questão, o desenvolvimento do levantamento planialtimétrico topobatimétrico foi realizado com o uso de receptores GNSS Geodésico de dupla frequência (L1/L2) no modo RTK (Real Time Kinematic). Os levantamentos foram amarrados planimetricamente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). O levantamento partiu de uma base instalada próxima ao barramento (MR-01), processada pelo serviço de Posicionamento por Ponto Preciso do IBGE. Desta base foram irradiados os pontos e novas bases. Outra base foi instalada próxima a Unidade Básica de Saúde – Reservatório de Juturnaíba no município de Silva Jardim.

Acoplado ao receptor GNSS geodésico, cuja função era o de posicionamento planialtimétrico, estava o ecobatímetro monofeixe South SDE 28S+ com precisão da profundidade de $\pm 1 \text{ cm} \pm 0,1\% \cdot D$ e resolução de 0,01 m. Os limites de profundidade mínimo e máximo são de 0,30 m a 300 m. Os resultados do levantamento utilizando tal técnica atingem uma precisão planialtimétrica da ordem de aproximadamente 20 cm, uma vez que o levantamento é realizado em embarcação sujeita a efeitos de ondas e da própria navegação.

O receptor GNSS utilizado como base foi o GNSS Zenith 15 L1/L2 RTK da Geomax e como rover foi utilizado o GNSS Zenith 15 L1/L2 RTK da Geomax, configurado para que a coletora não registrasse pontos com erros superiores a 3 cm tanto na vertical quanto na horizontal.

O quantitativo do levantamento topobatimétrico realizado foi de 90.728 pontos batimétricos e 5.396 pontos topográficos. Os levantamentos foram realizados nas coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), Datum SIRGAS 2000 no fuso apropriado (23S)

referenciados ao elipsóide de referência GRS80 (RBMC). Foi utilizada a altitude ortométrica/geoidal proveniente do processamento dos marcos através do serviço de processamento do IBGE para o ajuste do levantamento em que consta a ondulação geoidal proveniente do modelo hgeoHNOR 2020 (IBGE), atendendo a norma NBR 13.133, edição de 24/08/2021.

De acordo com as monografias dos marcos utilizados, as altitudes elipsoidais foram corrigidas para altitudes ortométricas. Os resultados dos levantamentos foram recebidos em escritório no formato vetorial (pontos), já pós-processados e corrigidos para altitude ortométrica.

Após a obtenção e exportação dos dados, foi realizada a análise das informações levantadas através da verificação das leituras das profundidades realizadas. Isso foi necessário devido aos erros de medição que podem ser encontrados em razão da existência de vegetação encoberta pela água e troncos de árvores submersos que podem influenciar nas leituras realizadas pelo equipamento. Para essa análise foi utilizado o software Microsoft Excel que possibilitou confrontar cada profundidade medida com a posterior, evitando assim desníveis incompatíveis.

Além disso, foram observados agrupamentos (*clusters*) e dados espúrios ao longo dos pontos batimétricos que deveriam ser revisados ou removidos do levantamento, como solução, fez-se a utilização do seguinte filtro:

SE: leitura de profundidade $X \geq (\text{leitura de profundidade } X-1 + \text{leitura de profundidade } X+1)/2 + \text{Tolerância}$; **ENTÃO:**

Leitura de profundidade $X = (\text{leitura de profundidade } X-1 + \text{leitura de profundidade } X+1)/2$;
SENÃO:

Leitura de profundidade $X = \text{leitura de profundidade } X$

SE: leitura de profundidade $X \leq (\text{leitura de profundidade } X-1 + \text{leitura de profundidade } X+1)/2 - \text{Tolerância}$; **ENTÃO:**

Leitura de profundidade $X = (\text{leitura de profundidade } X-1 + \text{leitura de profundidade } X+1)/2$;
SENÃO:

Leitura de profundidade X = leitura de profundidade X

Onde:

X : leitura de profundidade da célula analisada;

$X-1$: leitura de profundidade da célula anterior a célula analisada;

$X+1$: leitura de profundidade da célula posterior a célula analisada;

Tolerância: Tolerância admitida (m);

Adotou-se como tolerância o valor de 0,5 m. Após removidos os ruídos além da tolerância, quando necessário, fez-se a aplicação de uma média móvel nos registros de profundidade entre $X-1$, X e $X+1$. Essa necessidade deve-se a leituras de profundidades inconsistentes e persistentes por alguns metros, provenientes em alguns casos da vegetação de fundo ou outros objetos não identificáveis. A aplicação desses filtros foi feita de maneira qualitativa, onde o reservatório teve seu perfil batimétrico plotado e avaliado de maneira isolada e comparada com as demais seções transversais.

3.2 Elaboração do Modelo Digital de Terreno

Após a consistência dos registros batimétricos, iniciou-se o processo de elaboração do modelo digital de terreno do reservatório. Nele, utilizou-se a ferramenta de interpolação Topo to Raster do programa ArcGis 10.5. A ferramenta oferece eficiência por permitir utilizar, além de arquivos de pontos, outros formatos de arquivos como curvas de nível, viabilizando o emprego de condições de contornos.

Como dados de entrada ao modelo, além dos registros batimétricos consistidos, utilizaram-se as curvas de nível obtidas através do levantamento topográfico para caracterizar a área seca.

Como condições ao interpolador, impôs-se:

- o Registros de pontos: Type – Points
- o Registros de linhas: Type – Contour
- o Resolução de célula: 0,50 m
- o Rede de drenagem: No Enforce
- o Tipo primário de dados: Contour
- o Fator de erro de suavização: 0,25

o Demais fatores: Padrão

Interpolado os registros e elaborado o primeiro modelo, geraram-se curvas de nível com resolução altimétrica de 0,5 m, as quais foram avaliadas ao longo de todo o reservatório. Observou-se que em alguns pontos, normalmente em função da presença de falhas no levantamento, os comportamentos das curvas de nível não estavam adequados. Os registros batimétricos destes pontos foram reavaliados, ajustados e quando necessário removidos. Sempre que alterados os registros batimétricos, um novo modelo era gerado e suas respectivas curvas de nível avaliadas.

O modelo final em formato .tiff, condições de contorno e pontos consistidos .shp e .dwg estão disponibilizadas junto ao Anexo.

4 GERAÇÃO DA CAV

4.1 Elaboração das Curvas Cota x Área x Volume

Os pontos que compuseram as curvas “Cota x Área” e “Cota x Volume” foram obtidos pela variação da posição de um plano de corte no modelo digital de terreno, a cada 10 cm, desde a cota mínima do reservatório até o nível maximorum 10,00 m. Os valores obtidos foram acumulados de forma a gerar as relações de cota x área e cota x volume do reservatório.

4.2 Controle de Qualidade do Modelo

Para realizar o controle de qualidade do modelo, fez-se a verificação dos dados de entrada a superfície gerada. Essa verificação foi feita através da diferença entre a altitude de cada ponto sondado em campo e a sua representação na superfície do modelo. Abaixo, na Figura 4.1, é ilustrado os pontos de verificação seguido da Tabela 4.1 e Figura 4.2 que representam a distribuição do histograma de frequência das diferenças observadas.

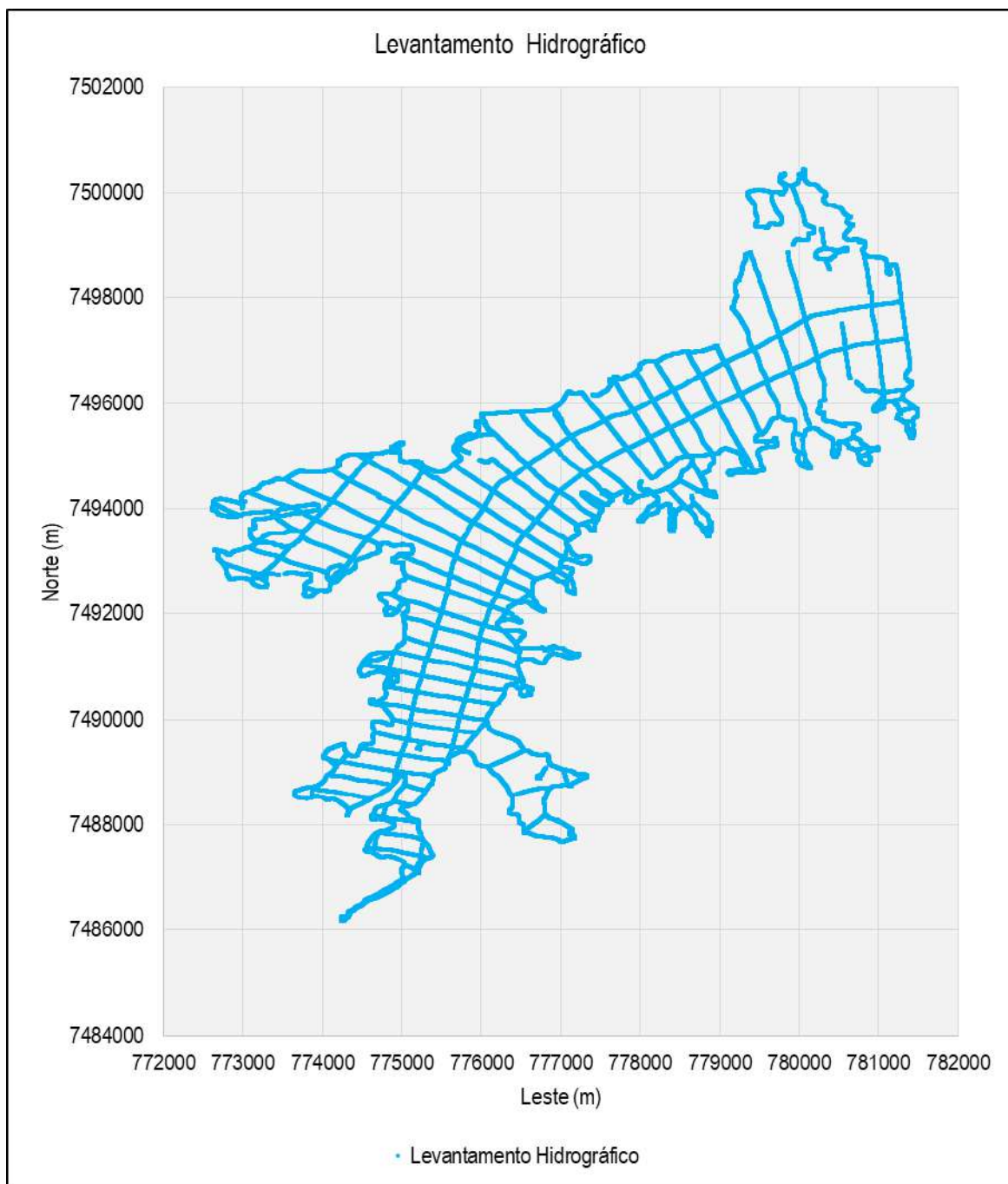


Figura 4.1. Pontos de Verificação de aderência do modelo.

Fonte: Água e Solo, 2024.

Tabela 4.1. Controle de qualidade da aderência do modelo digital do terreno

Desvio vertical (m)	Frequência absoluta ()	Frequência relativa (%)
$\geq -0,5$	344	0,38%
$\geq -0,4$	588	0,65%
$\geq -0,3$	1240	1,38%

Desvio vertical (m)	Frequência absoluta ()	Frequência relativa (%)
$\geq -0,2$	4519	5,01%
$\geq -0,1$	37664	41,77%
0	0	0,00%
$\leq 0,1$	37888	42,02%
$\leq 0,2$	4136	4,59%
$\leq 0,3$	910	1,01%
$\leq 0,4$	295	0,33%
$\leq 0,5$	123	0,14%
$> 0,5 $	2465	2,73%
Total	90172	100%

Fonte: Água e Solo, 2024.

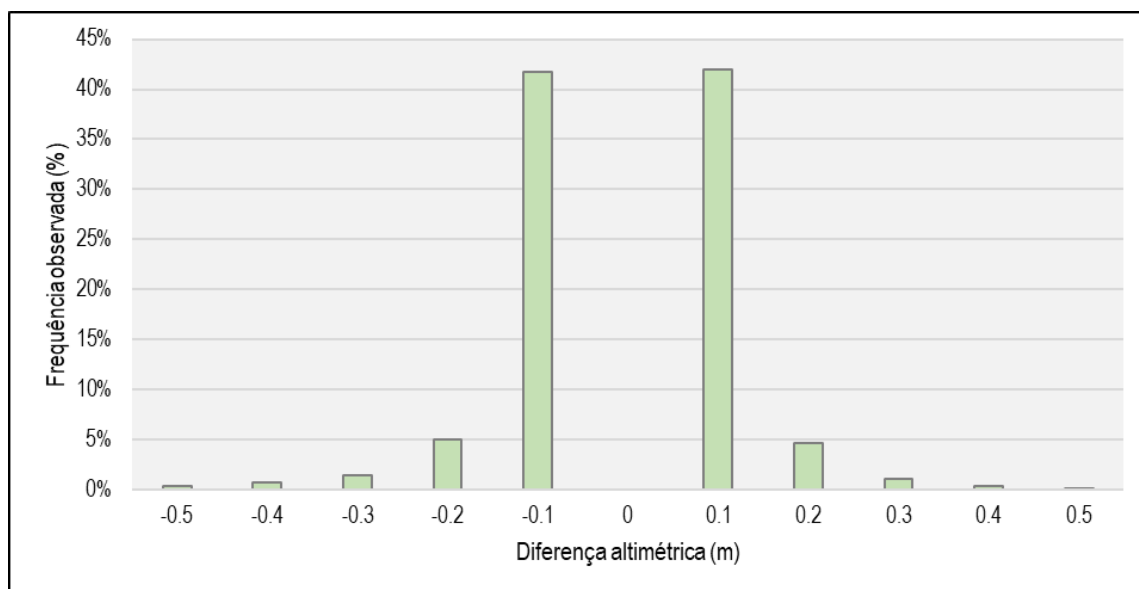


Figura 4.2. Histograma de Frequência da diferença entre batimetria e a superfície do modelo.

Fonte: Água e Solo, 2024.

Como resultado, observou-se uma diferença absoluta de $|0,1|$ m para 83,79 % dos pontos e 93,38 % para $|0,2|$ m, ou seja, para os pontos sondados, a superfície do modelo os representa de forma satisfatória. Pontos com diferença absoluta maior que $|0,5|$ m representam 2,73% do levantamento.

Além da verificação da aderência da superfície do modelo aos dados de entrada, fez-se a avaliação da consistência numérica entre as relações cota x área x volume. Essa avaliação foi realizada através do cálculo das seguintes relações:

Cota x Área em função da derivada das relações Cota x Volume:

$$\text{Cota} \times \text{Área} = f(\text{Volume})$$

Cota x Volume em função da integral das relações Cota x Área:

$$\text{Cota} \times \text{Volume} = f(\int \text{Área})$$

O resultado obtido são funções que representam igualmente as relações de área e volume obtidas através do modelo digital de terreno e podem ser interpretados como a demonstração da consistência numérica dos resultados obtidos.

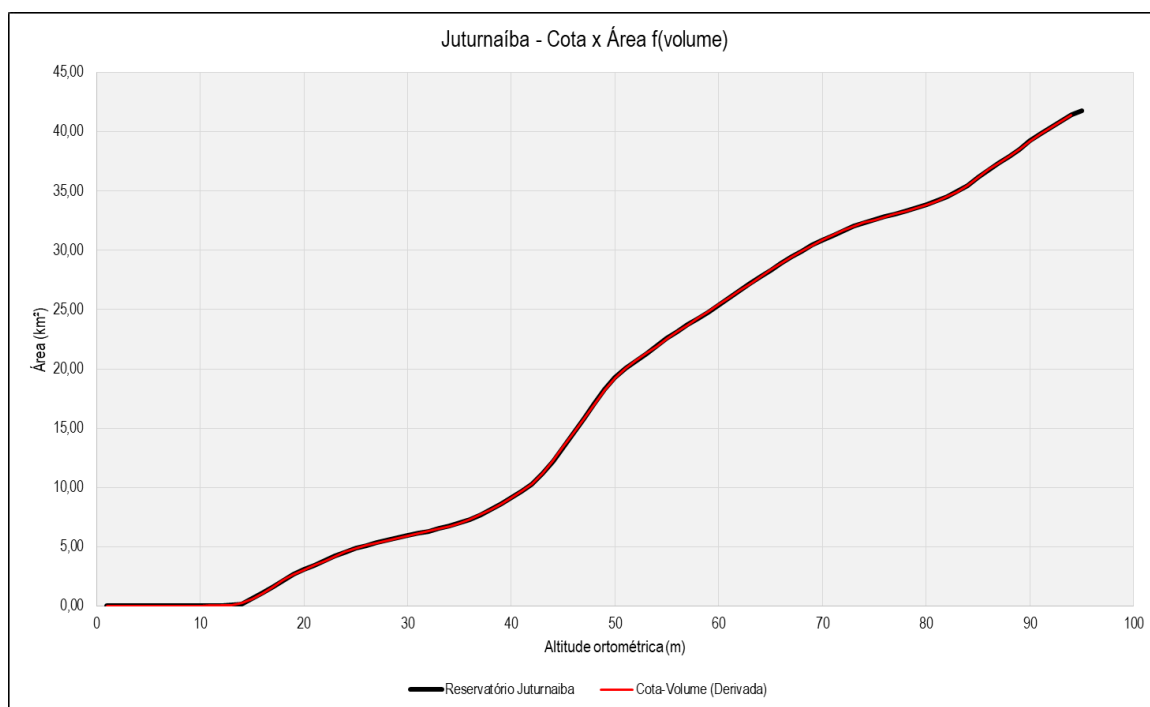


Figura 4.3. Reservatório Juturnaíba Cota x Área f(Volume).

Fonte: Água e Solo, 2024.

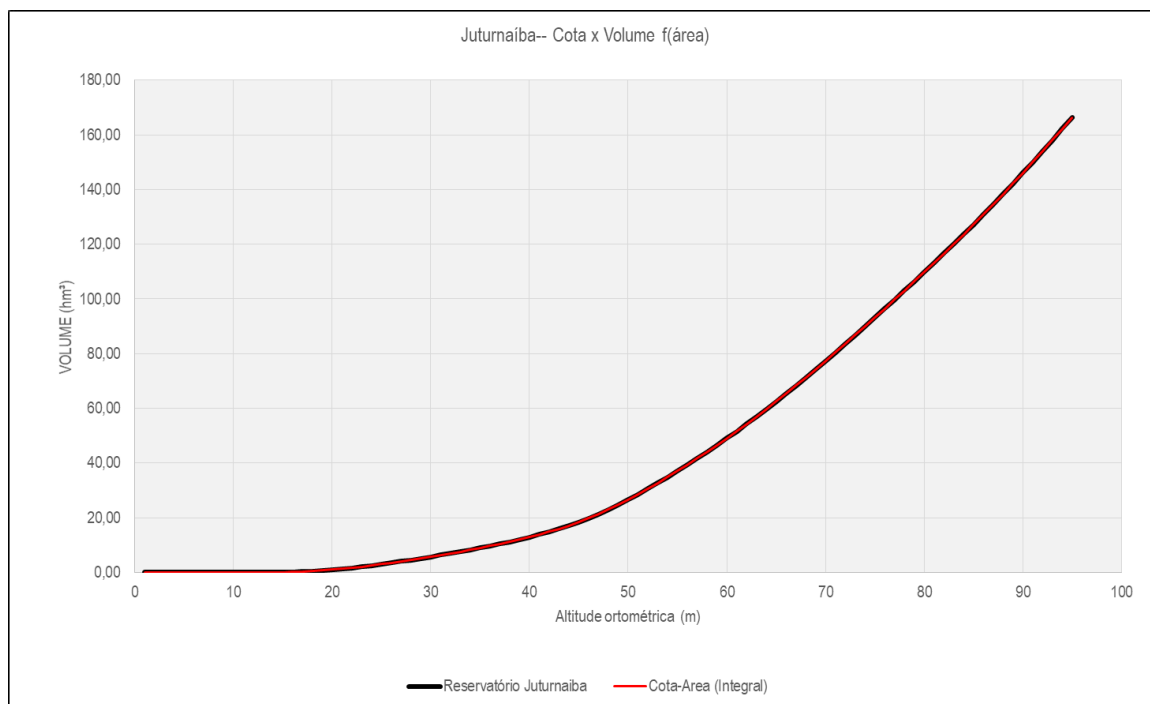


Figura 4.4. Reservatório Juturnaíba Cota x Volume f(Área).

Fonte: Água e Solo, 2024.

A planilha, *Análise CAV Juturnaíba 2024.xlsx*, com memorial do cálculo do controle de qualidade apresentado está disponível junto ao Anexo.

5 Resultados

5.1 Curvas Cota x Área x Volume

Em posse do modelo digital de terreno, através da ferramenta surface volume do software ArcGis 10.5, fez-se a discretização altimétrica da área alagada e do volume do reservatório abaixo de determinado plano de corte, a cada 0,1 m entre a altitude mínima do modelo e o nível operacional normal do reservatório, e posterior acúmulo dos valores obtidos, gerando assim as curvas cota x área x volume.

Como resultado, observou-se a altitude ortométrica mínima dentro do reservatório de 0,6 m e a área e volume para o nível maximorum 10,00 m de 41,808 km² e 166,392 hm³ respectivamente.

As relações obtidas, tabuladas em intervalo altimétrico de 1 m para fins de apresentação no relatório, estão dispostas na Tabela 5.1. A relação completa e tabulada em formato .asc, discretizada a cada 0,1 m, está disponibilizada junto Anexo 2.

Tabela 5.1. Curva Cota x Área x Volume – Tabulação 1,0 m

Altitude ortométrica (m)	Área (km ²)	Volume (hm ³)
0,6	0,000	0,000
1,6	0,027	0,007
2,6	3,446	1,331
3,6	6,121	6,321
4,6	9,678	13,845
5,6	20,059	28,539
6,6	26,011	51,626
7,6	31,278	80,438
8,6	34,172	113,233
9,6	39,862	150,032
10,0	41,808	166,392

Fonte: Água e Solo, 2024.

6 REFERÊNCIAS

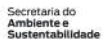
IBGE. Modelo para conversão de altitudes geométricas (dadas pelos GNSS) em altitudes físicas (compatíveis com o Datum Vertical do SGB). 2021.

BIDEGAIN, P.; VÖLCKER, C.M. Consórcio Ambiental Lagos São João. Bacia Hidrográfica dos Rios São João e das Ostras: águas, terras e conservação ambiental. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://cbhlagossaojoao.org.br/wp-content/uploads/2022/12/Livro-%E2%80%93-Bacias-Hidrograficas-dos-rios-Sao-Joao-e-das-Ostras-%E2%80%93-CILSJ.pdf>

PROLAGOS. Manual de operação de manutenção da barragem e reservatório de Juturnaíba.

GAAG, G. Levantamento Hidrográficos – Noções Gerais. Departamento de Geodésia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, 2016.

VEIGA, L.A.K.; ZANETTI, M.A.Z.; FAGGION, P.L. Fundamentos da Topografia. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2012.



LEVANTAMENTO TOPOBATIMÉTRICO DE JUTURNAÍBA

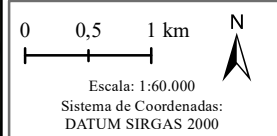
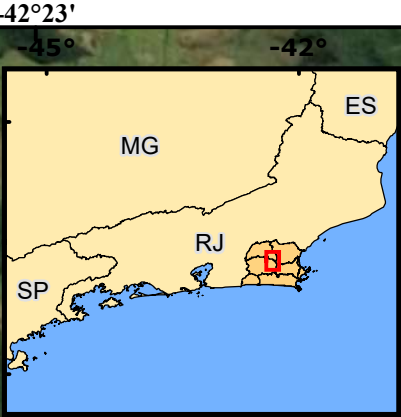
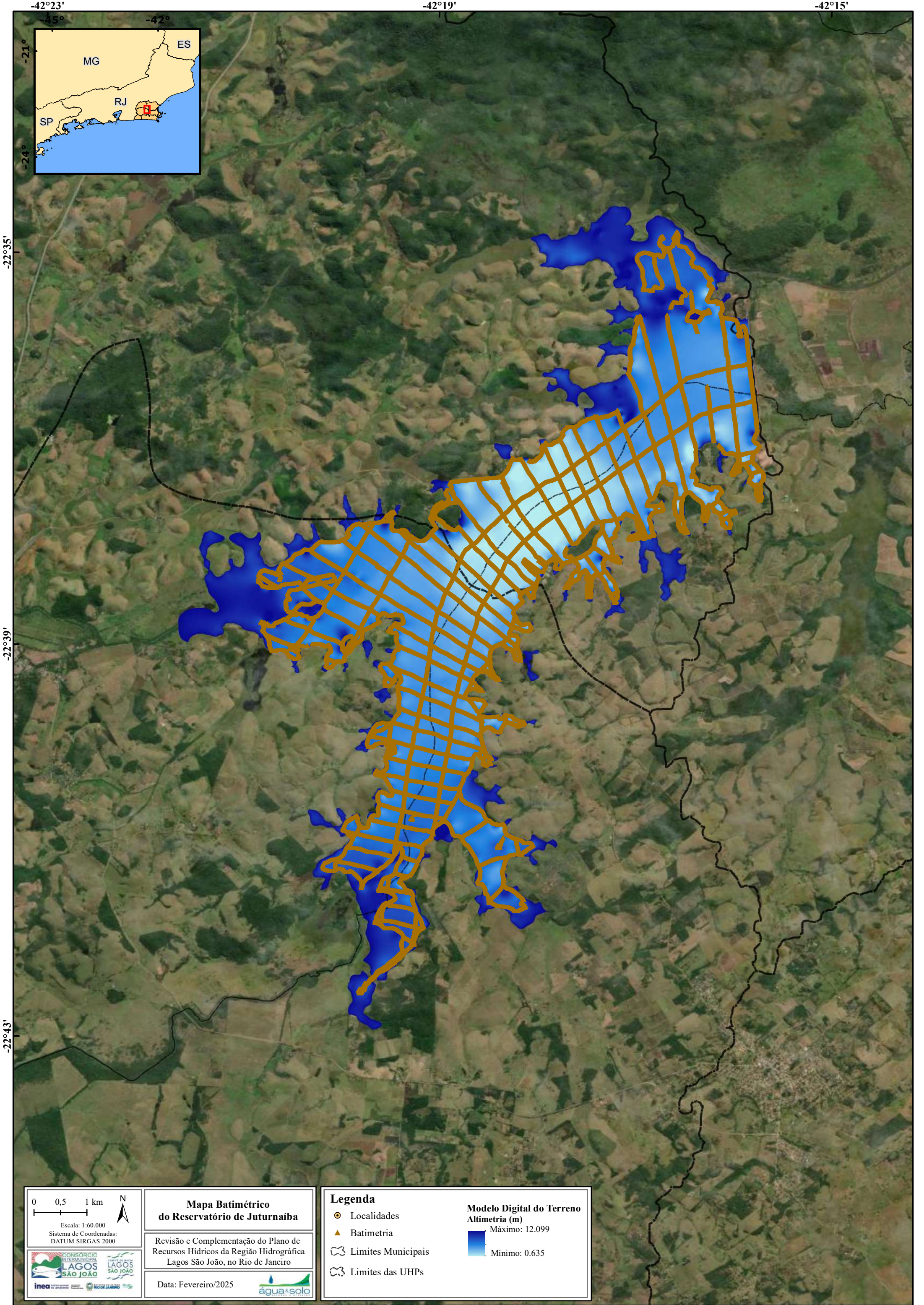
7 ANEXOS

Anexo 1 – Dados do levantamento

Anexo 2 – Resultados do processamento

Anexo 3 – CAV

[Link.](#)

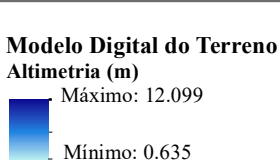


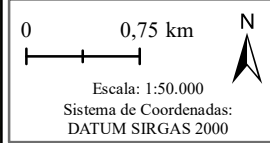
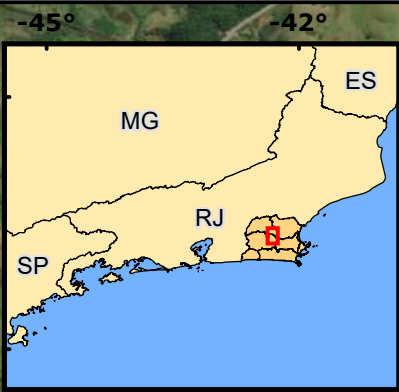
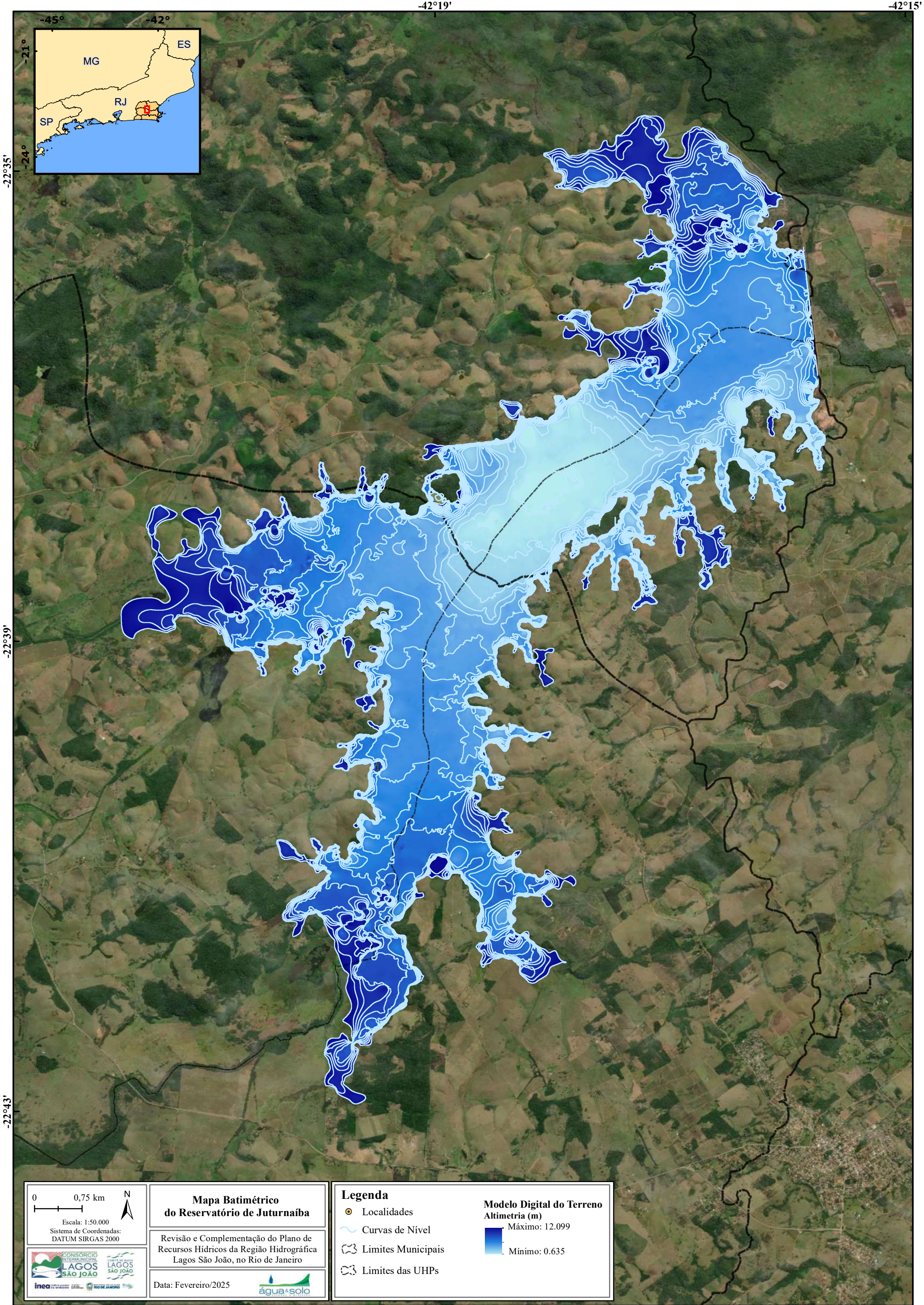
**Mapa Batimétrico
do Reservatório de Juturnaíba**

Revisão e Complementação do Plano de
Recursos Hídricos da Região Hidrográfica
Lagos São João, no Rio de Janeiro

Data: Fevereiro/2025

- Legenda**
- Localidades
 - Batimetria
 - Limites Municipais
 - Limites das UHPs





Mapa Batimétrico do Reservatório de Juturnaíba

Revisão e Complementação do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Lagos São João, no Rio de Janeiro

Data: Fevereiro/2025

Legenda

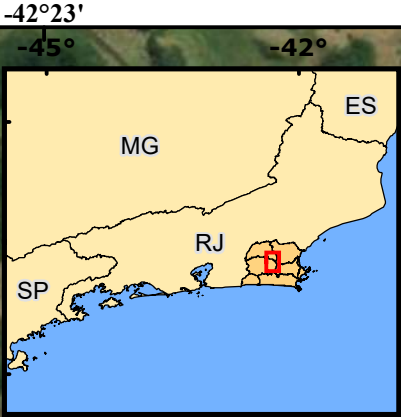
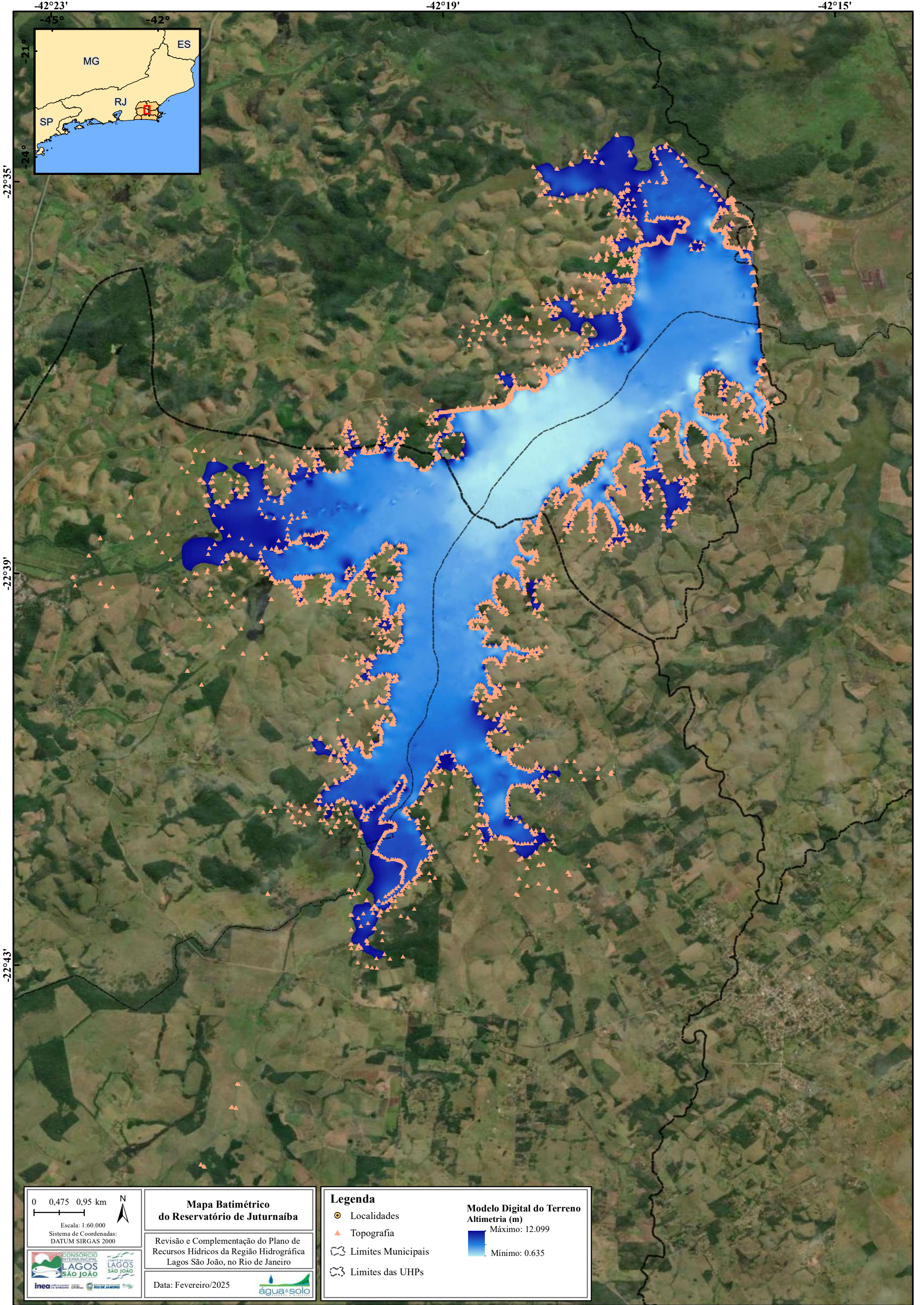
- Localidades
- Curvas de Nível
- Limites Municipais
- Limites das UHPs

Modelo Digital do Terreno
Altimetria (m)

Máximo: 12.099

Mínimo: 0.635





-22°35'

-22°39'

-22°43'

-42°23' -42°19' -42°15'

00,4750,95 km

N

Escala: 1:60.000

Sistema de Coordenadas:
DATUM SIRGAS 2000

CONSORCIO INTERMUNICIPAL

LAGOS SÃO JOÃO

inec

COMISSÃO DE ABRIGAÇÃO

LAGOS SÃO JOÃO

GOV. DO RIO DE JANEIRO

Mapa Batimétrico
do Reservatório de Juturnaíba

Revisão e Complementação do Plano de
Recursos Hídricos da Região Hidrográfica
Lagos São João, no Rio de Janeiro

Data: Fevereiro/2025

Legenda

Localidades

Topografia

Limites Municipais

Limites das UHPs

Modelo Digital do Terreno

Altimetria (m)

Máximo: 12.099

Mínimo: 0.635