



Relatório Técnico

Levantamento topobatimétrico da meta 13 do Plano de trabalho da Defesa Civil com protocolo nº REC-RS-4313102-20240508-01 "Reconstrução da passagem molhada sobre o Rio Soturno (Comunidade Salete) no município de Nova Palma/RS"

Santa Maria, Setembro de 2025



**GREEN & BLUE
OFFICE**

Centro de Tecnologias
Av. Roraima 1000
Camobi - Santa Maria/RS
CEP: 97.105-900

Sumário

RESUMO EXECUTIVO.....	2
1. APRESENTAÇÃO	3
2. OBJETIVO	3
3. ÁREA DE ESTUDO	4
3.1 Localização da passagem molhada	4
4. METODOLOGIA	5
5. RESULTADOS.....	8
5.1 Levantamento topobatimétrico.....	8
5.2 Informações sobre o rio e seções transversais junto à passagem molhada	10
5.3 Levantamento topográfico.....	17
5.4 Imageamento de drone	19
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
7. EQUIPE TÉCNICA	23
8. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	24

RESUMO EXECUTIVO

Este relatório apresenta os resultados do levantamento topobatimétrico e topográfico realizado na área da passagem molhada sobre o Rio Soturno, na Comunidade Salete, no município de Nova Palma/RS, referentes a meta 13 do protocolo da Defesa Civil nº REC-RS-4313102-20240508-01. Os levantamentos tiveram como objetivo fornecer subsídios técnicos para a avaliação das condições geomorfológicas e hidráulicas do local, conforme os critérios estabelecidos pela Instrução de Serviço IS-121/21.

As atividades incluíram: (i) levantamento batimétrico do perfil do leito e das velocidades da água; (ii) levantamento topográfico por meio de receptores GNSS com tecnologia RTK, garantindo precisão centimétrica na altimetria e planimetria; e (iii) imageamento aéreo com VANT para geração de produtos cartográficos de alta resolução, como ortomosaicos, Modelos Digitais do Terreno (MDT) e de Elevação (MDE).

Os dados obtidos permitiram a caracterização detalhada do curso d'água e de sua área de entorno, incluindo informações sobre a morfologia do leito, cotas de cheia máxima observada, vegetação marginal, tipo de solo e características geométricas da seção transversal da passagem molhada. A integração com dados orbitais ampliou a compreensão do relevo da bacia hidrográfica em escala regional.

Os produtos gerados constituem base técnica confiável para as próximas etapas do projeto executivo e para a tomada de decisão quanto ao dimensionamento e à implantação de estruturas de engenharia no local.

1. APRESENTAÇÃO

Em atendimento ao contrato firmado entre a Prefeitura Municipal de Nova Palma e o Escritório de Infraestrutura Azul e Verde (Green&Blue Office) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), foi realizado, em 07 de Junho de 2025, o levantamento topobatimétrico no local anteriormente ocupado por uma passagem molhada sobre o Rio Soturno, na Comunidade Salete. A estrutura foi destruída em decorrência do evento hidrológico extremo ocorrido em maio de 2024.

O referido levantamento constitui etapa preliminar necessária à elaboração do anteprojeto de reconstrução da passagem molhada, conforme previsto na Meta 1 do Plano de Trabalho da Defesa Civil, vinculado ao protocolo nº REC-RS-4313102-20240508-01.

Para a execução do trabalho, uma equipe técnica do Green&Blue Office, composta por engenheiros e auxiliares de campo, deslocou-se até o local e realizou as medições pertinentes, empregando equipamentos topográficos e batimétricos de alta precisão.

2. OBJETIVO

Este relatório descreve os procedimentos metodológicos e resultados do levantamento topográfico e batimétrico da seção do leito e da área do entorno do local anteriormente ocupado pela passagem molhada sobre o Rio Soturno, na Comunidade Salete, município de Nova Palma/RS.

Esse levantamento constitui subsídio técnico fundamental para a elaboração do anteprojeto de reconstrução da referida estrutura, conforme estabelecido na Meta 13 do Plano de Trabalho da Defesa Civil, vinculada ao protocolo nº REC-RS-4313102-20240508-01.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização da passagem molhada

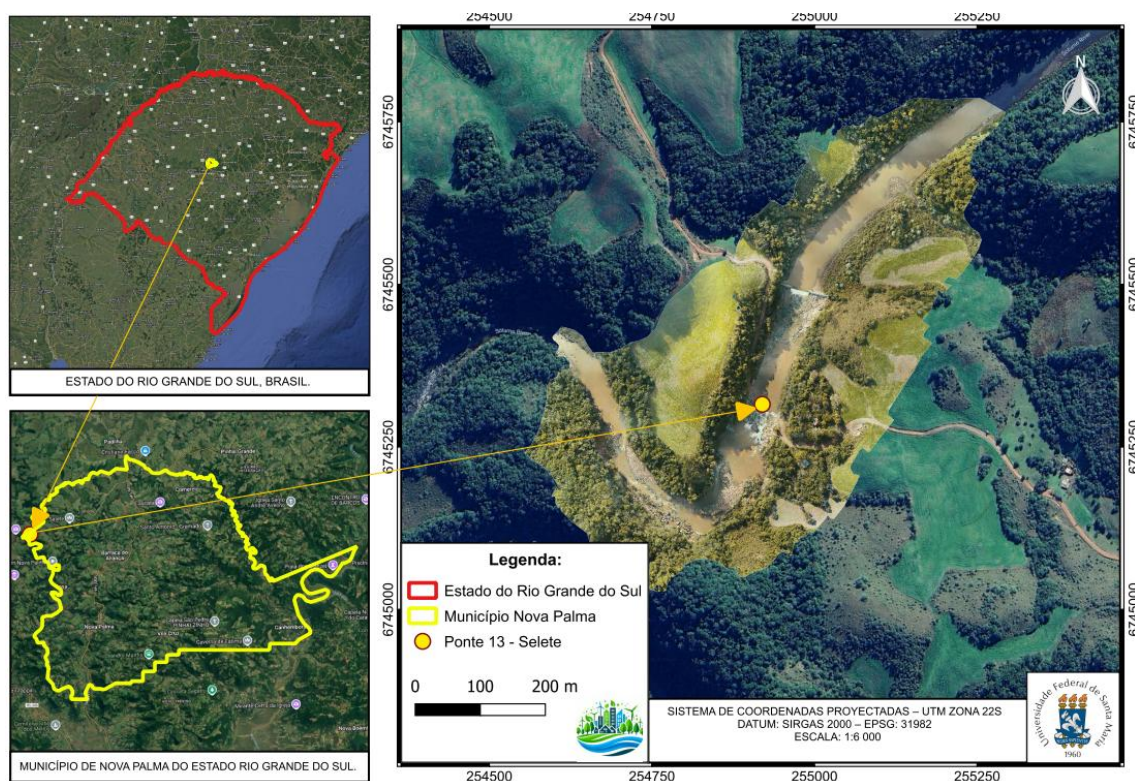
A passagem molhada referida na Meta 13 do Plano de Trabalho da Defesa Civil localiza-se na comunidade Salete, zona rural do município de Nova Palma/RS, mais especificamente nas coordenadas 29°23'51.31"S de latitude e 53°31'31.87" O de longitude. No local existia uma passagem molhada com 30,00 metros de comprimento e 4,50 metros de largura, a qual foi totalmente destruída durante a enchente ocorrida no mês de maio de 2024 (Figura 1). A Figura 2 apresenta a localização geográfica da passagem molhada no contexto do município.

Figura 1. Imagem de satélite da passagem molhada da meta 13 do plano de trabalho sob protocolo da Defesa Civil nº REC-RS-4313102-20240508-01 destruída na enchente de maio de 2024



Fonte: Google Earth

Figura 2 Mapa de localização da passagem molhada da meta 13 do plano de trabalho sob protocolo da Defesa Civil nº REC-RS-4313102-20240508-01 destruída na enchente de maio de 2024.



4. METODOLOGIA

O levantamento topobatimétrico foi executado com base nas recomendações estabelecidas pela Instrução de Serviço IS-121/21 – Instrução de Serviço para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Projetos de Drenagem e de Obras de Arte Correntes, do Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul (DAER/RS), adaptadas ao nível de anteprojeto. Todos os procedimentos metodológicos visaram subsidiar o estudo hidrológico e hidráulico, com vistas a verificar e/ou determinar a cota de inundação e a velocidade de escoamento da água na seção da passagem molhada que compõem a Dispensa de Licitação nº 243/2025, com Protocolo da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC): REC-RS-4313102-20240508-01.

Foram considerados, ainda, os principais elementos da metodologia descrita na IS-212/21, que orienta as práticas para levantamento topobatimétrico em projetos de engenharia. Os itens observados durante a execução incluem:

- a) Identificação do nome do curso d'água, da estrada (nome ou número), trecho ou subtrecho, bem como a indicação do norte geográfico em relação ao eixo do curso d'água;
- b) Levantamento topográfico da calha do rio, com definição do canal de navegação (quando existente);
- c) Levantamento batimétrico no eixo geométrico ou na lateral da passagem molhada (quando existente), com extensão de 1,50 m para cada lado da margem. Em áreas de várzea, o nivelamento abrange o eixo e uma paralela a 10 m da margem direita ou esquerda;
- d) Cota do nível d'água medida em todas as seções transversais no mesmo dia, com devida datação;
- e) Cota do nível da cheia máxima observada, com data e identificação do informante (considerando cheia própria ou por refluxo/represamento);
- f) Localização em planta do RN (Referência de Nível) utilizado;
- g) Linhas paralelas à montante e à jusante da linha do eixo da passagem molhada, em distâncias de 10, 30 e 50 m, ou 20, 40 e 60 m, ou ainda 40, 100 e 150 m, conforme o porte do curso d'água e/ou o comprimento da passagem molhada;
- h) Identificação das margens em todas as seções, com determinação das cotas de pé e topo de talude;
- i) Amarração de todas as cotas aos RNs do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB);
- j) Nivelamento das seções transversais a 100 m para cada lado da margem, com espaçamento de 10 m entre pontos e identificação de acidentes geográficos relevantes (ex.: córregos afluentes);
- k) Determinação da esconsidade do eixo do curso d'água;
- l) Identificação do tipo de solo nas margens e no fundo do leito;
- m) Caracterização da tonalidade (cor) da água no momento da vistoria;

- n) Descrição da vegetação presente nas margens;
- o) Caracterização do subleito dos taludes e do fundo do rio;
- p) Medição da velocidade da água nos pontos mais afastados da seção transversal, com três repetições por ponto;
- q) Elaboração de croqui da passagem molhada ou pontilhão existente, contendo dimensões, materiais, número de apoios/pilares, estado de conservação e demais características;
- r) Registro audiovisual da estrutura (quando existente) e do entorno, incluindo características do solo, vegetação e demais elementos relevantes.

Para atender aos requisitos listados e abranger adequadamente a área afetada, foi realizada uma integração de técnicas aéreas, terrestres e orbitais, com destaque para o levantamento em campo utilizando receptores GNSS de alta precisão, que conferiu veracidade e robustez aos dados coletados. O uso do GNSS possibilitou o georreferenciamento acurado das informações topográficas e batimétricas, sendo essencial para o amarramento de todas as cotas ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).

A coleta de dados contou ainda com o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs ou drones) e estação total. Essa abordagem integrada viabilizou o mapeamento tridimensional da calha e da planície aluvial, garantindo dados com precisão centimétrica, elevada eficiência na execução e acesso seguro a áreas de difícil locomoção para as equipes de campo. O levantamento batimétrico desempenhou papel central na definição da geometria hidráulica da seção de estudo, constituindo base essencial para a modelagem hidrodinâmica subsequente. Como apoio complementar à definição da morfologia regional, foram utilizados Modelos Digitais de Terreno (MDT) derivados de sensores orbitais, com destaque para o ANADEM (Leipelt et al, 2024) que remove o viés da vegetação do Modelo Digital de Elevação Copernicus GLO-30. Esse insumo foi utilizado de forma pontual, para integração com os dados de campo e avaliação do relevo da bacia hidrográfica.

A combinação entre dados de campo de alta precisão, imagens aéreas e informações orbitais assegura a qualidade, consistência e confiabilidade dos produtos gerados nesta etapa, fornecendo base sólida para as análises hidrológicas e hidráulicas subsequentes.

5. RESULTADOS

5.1 Levantamento topobatimétrico

O levantamento batimétrico consiste na medição e mapeamento das profundidades do corpo hídrico em estudo, permitindo a identificação do relevo subaquático. Esta etapa é fundamental para subsidiar análises técnicas, apoiar o planejamento de intervenções e monitorar alterações morfológicas ao longo do tempo. Para sua realização, foi utilizado um equipamento denominado Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) ou em português de Perfilador de Correntes Doppler Acústico.

O ADCP baseia-se na medição e integração de áreas e velocidades, obtidas por meio da análise do eco de pulsos de ultrassom (ondas acústicas de alta frequência) refletidos pelas partículas sólidas em suspensão na água e pela superfície do leito (SANTOS et al., 2001). O equipamento utilizado neste trabalho foi o Acoustic Doppler Profiler ADP-RiverSurveyor-S5 (ADP-S5), que conta com quatro feixes diagonais para o perfilamento das velocidades da água e um feixe perpendicular (ecobatímetro) para a medição da profundidade (Figura 3).

Para a determinação do posicionamento do equipamento durante o levantamento, utilizou-se um Sistema de Posicionamento Global Diferencial (DGPS), com um receptor GPS de base instalado na margem do rio. A associação entre esses equipamentos permite identificar a diferença entre a posição obtida pelo receptor de base e a posição real do equipamento, viabilizando a correção diferencial do erro.

O procedimento de medição de vazão e levantamento batimétrico segue uma sequência padrão: o equipamento é acoplado à embarcação, realizam-se as travessias e o processo é acompanhado em tempo real por meio de um monitor conectado a um notebook. A cada pulso emitido, o sistema registra as velocidades do barco e da água, as vazões por vertical, as posições geográficas, o perfil do fundo e demais informações necessárias ao cálculo da vazão total do trecho analisado.

Figura 3 Equipamentos utilizados para a realização da batimetria e medição de vazão



(a) Microcomputador para registrar os dados coletados em tempo real.



(b) ADP-RiverSurveyor-S5



(c) GPS utilizado como base para o ADCP

Já para as seções onde a profundidade não permitia a utilização do equipamento o levantamento topobatimétrico foi realizado com a utilização do equipamento GNSS GPS RTK com aquisição dos dados a vau, com o operador entrando no curso de água, iniciando a seção com um ponto no nível de água e marcando pontos ao longo do fundo do leito, assim tendo definido o perfil das seções do leito do rio Soturno.

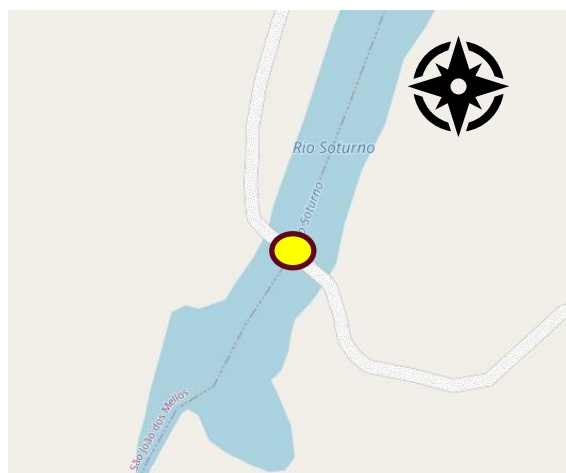
Na sequência, são apresentados os resultados do levantamento topobatimétrico, conforme requerido pela IS-121/21, incluindo informações sobre o rio e as seções transversais nas proximidades da ponte.

5.2 Informações sobre o rio e seções transversais junto à passagem molhada

a) Nome do curso d'água, nome ou nº da estrada, trecho ou sub-trecho, assim como o norte geográfico em relação ao eixo do curso d'água;

A passagem molhada está situada no interior do município de Nova Palma na comunidade Salete, sobre o Rio Soturno. O norte geográfico em relação ao eixo do curso d'água está orientado a 0° conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 Localização da passagem molhada da comunidade Salete (em amarelo), sobre o Rio Soturno



Fonte: Adaptado de OpenStreetMaps.

b) Levantamento topográfico da calha do rio, definindo local do canal de navegação (caso exista);

O levantamento topobatimétrico do Rio Soturno foi realizado em 07 de junho de 2025. Na ocasião, não foi identificada a presença de um canal de navegação, uma vez que o rio não é utilizado para esse fim. O levantamento foi conduzido conforme descrito em 5.3 Levantamento topográfico, e os resultados são apresentados nos itens a seguir.

c) Levantamento batimétrico no eixo geométrico ou na lateral da passagem molhada existente, caso exista numa extensão de 1,50m para cada lado da margem do rio. No caso de várzea, nivelar o eixo e a paralela 10m, lado direito ou esquerdo;

Da Figura 5 até a Figura 7 são apresentadas, respectivamente, a seção onde será construída a passagem molhada, a região de jusante e a região de montante, em fotografias obtidas no dia da realização do levantamento.

As seções transversais levantadas a montante (Figura 8), no eixo (Figura 9) e a jusante (Figura 10) da passagem molhada, são apresentadas juntamente com a indicação da cota do nível d'água na data do levantamento, e a indicação da cota de cheia observada em Abril-Maio de 2024. A figura 8 apresenta uma imagem aérea do local das respectivas seções apresentadas nas Figura 8 à Figura 10 .

Figura 5 Vista da seção transversal do Rio Soturno da região da passagem molhada da meta 13. A fotografia foi tomada desde o eixo da localização da passagem molhada danificada no dia do levantamento topobatimétrico



Figura 6. Vista de montante para jusante da seção transversal do Rio Soturno da região da passagem molhada da meta 13. A fotografia foi tomada desde o eixo da localização da passagem molhada danificada no dia do levantamento topobatimétrico.



Figura 7 Vista de jusante para montante da seção transversal do Rio Soturno da região da passagem molhada da meta 13. A fotografia foi tomada desde o eixo da localização da passagem molhada danificada no dia do levantamento topobatimétrico.

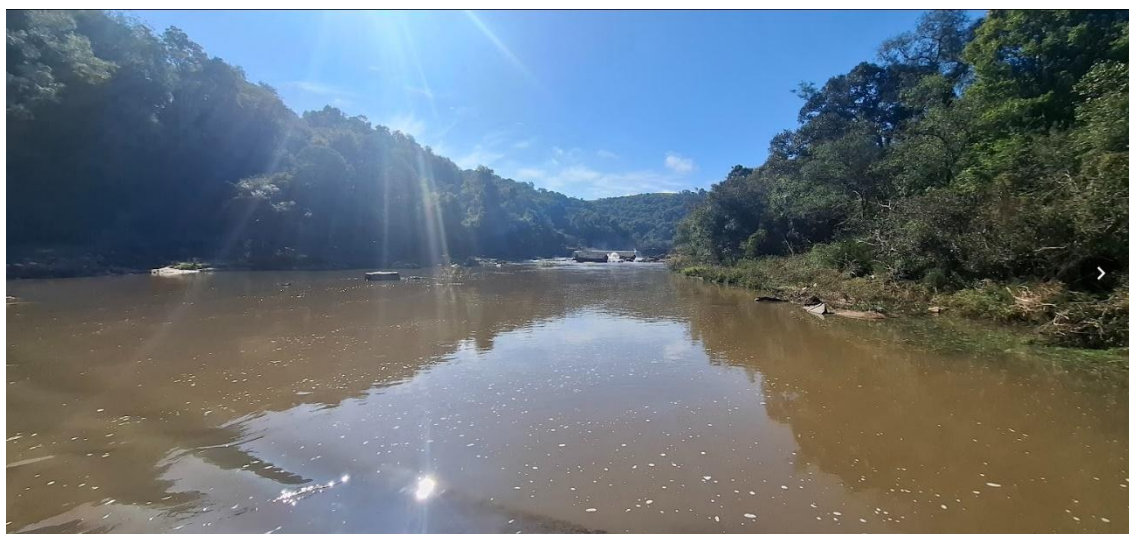


Figura 8. Seção transversal do Rio Soturno a montante da passagem molhada da meta 13

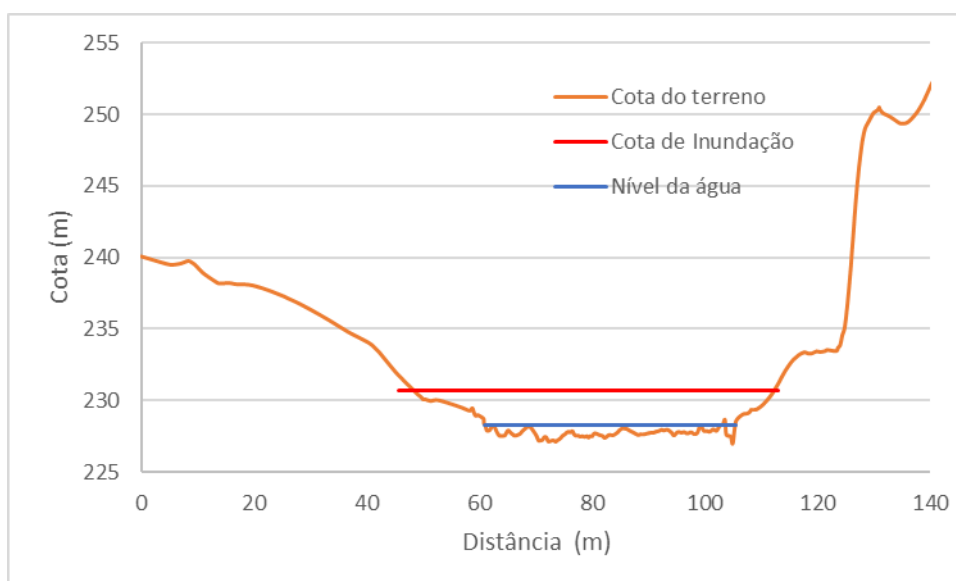


Figura 9. Seção transversal do Rio Soturno no eixo da passagem molhada da meta 13 levantada com o equipamento ADCP e extrapolada com o auxílio das medições realizadas do equipamento GNSS GPS RTK.

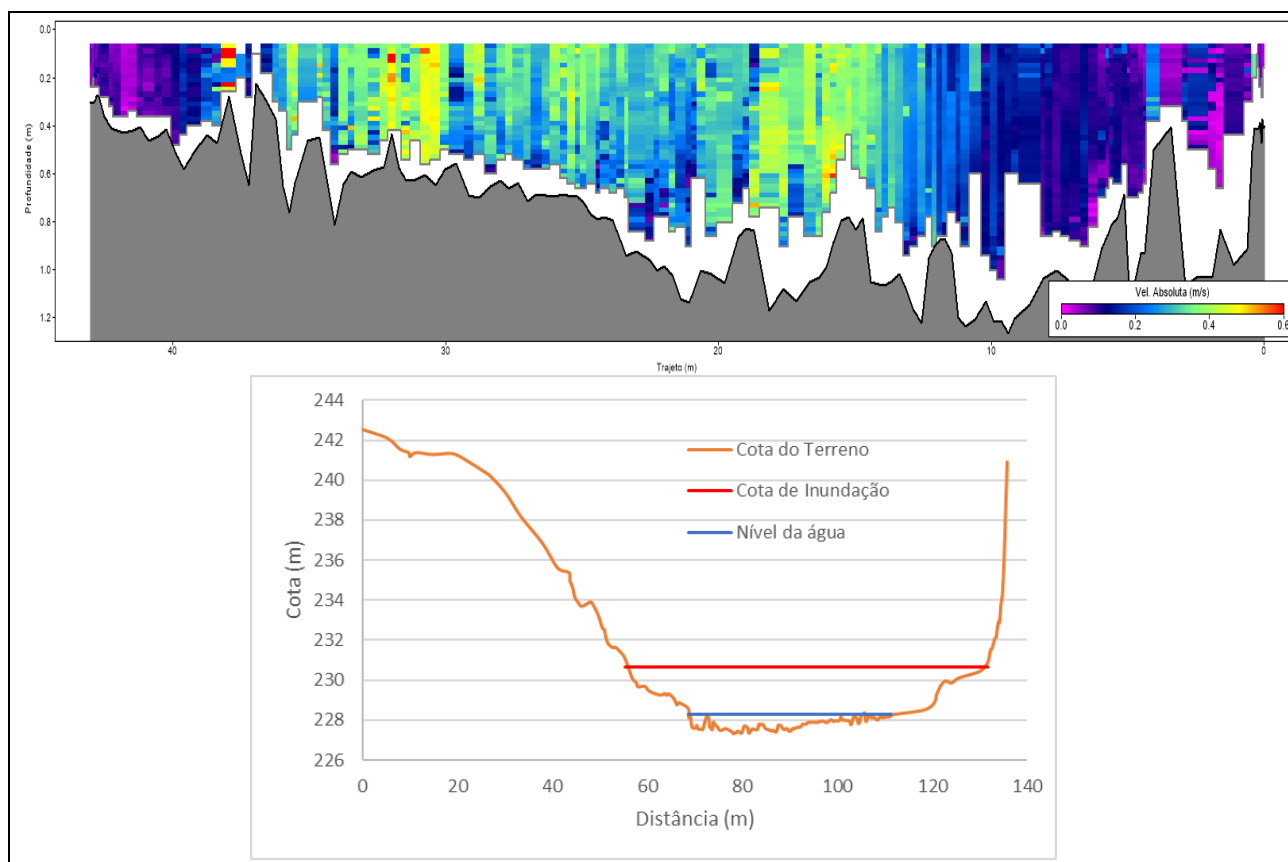


Figura 10. Seção transversal do Rio Soturno a jusante da passagem molhada da meta 13

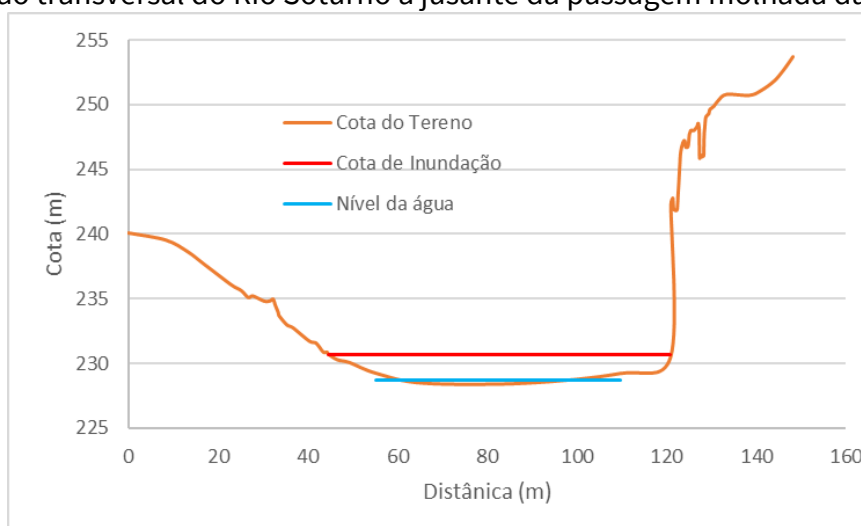


Figura 11. Localização das seções onde foram realizados os levantamentos topobatimétricos no leito do Rio Soturno, local da passagem molhada da Meta 13



d) Cota do nível d'água medida num mesmo dia em todas as seções transversais, devidamente e datadas;

A partir do levantamento consistido pode ser observada a cota d'água registrada durante o levantamento do dia 07 de junho de 2025 (Figura 8 a Figura 10). A cota da superfície de água foi estimada em 228,50 m nesta ocasião.

e) Cota do nível da cheia máxima observada, datada e com nome do informante (cheia máxima observada da própria ou de refluxo – represamento);

O nível da cheia máxima observada durante o evento de abril-maio de 2024 foi determinado com base em informações fornecidas por moradores da vizinhança e da região, que acompanharam o levantamento batimétrico. A partir do cruzamento desses relatos com o levantamento topográfico realizado *in loco*, estimou-se que a água tenha atingido a cota 230,68 m no eixo da passagem molhada projetada durante a referida cheia.

f) Localização em planta do RN utilizado;

Como o levantamento topográfico foi referenciado por meio do sistema GNSS utilizado no levantamento batimétrico, foi adotado, no momento da medição, um RN (Referência de Nível)

temporário demarcado como uma estaca de madeira na margem Esquerda do Rio Soturno, nas proximidades da cabeceira da passagem molhada.

Ressalta-se que, para a etapa de projeto executivo, recomenda-se a implantação de pelo menos um RN fixo e oficial, devidamente georreferenciado, que possa servir de base para futuras intervenções e monitoramentos.

g) Identificar, em todas as seções, as margens do rio bem como as cotas de pé e topo de talude;

As cotas de pé e topo de talude, assim como a identificação das margens do rio, estão indicadas nas imagens das seções transversais apresentadas no item (c) – *Levantamento batimétrico no eixo geométrico ou na lateral da passagem molhada existente.*

h) Escondidade do eixo do curso d'água;

A escondidade do eixo do curso d'água foi determinada com base no ângulo formado entre o eixo longitudinal do Rio Soturno e a normal ao eixo da estrada que cruza a passagem molhada da meta 13 (Figura 12). Nessa configuração, o curso d'água é classificado como *normal*, ou seja, apresenta um ângulo aproximado de 90° em relação ao eixo da passagem molhada.

Figura 12. Imagem da passagem molhada sobre o Rio Soturno (Meta 13), em imagem de dezembro de 2023. A seta destaca a passagem molhada onde se observa que ela é normal ao Rio Soturno.



i) Tipo de solo nas margens e no fundo do rio;

Conforme observado na Figura 7 (montante) e na Figura 6 (jusante), o solo apresenta composição predominantemente arenosa, com presença de seixos.

j) Tonalidade (cor) da água do rio;

A água do rio apresentou coloração azul-clara, indicando baixa concentração de sólidos dissolvidos e em suspensão no momento da observação.

k) Descrição do tipo da vegetação nas margens do rio;

As margens do Rio Soturno, na região de implantação da passagem molhada, são predominantemente cobertas por vegetação arbustiva, com presença significativa de espécies arbóreas. A área enquadra-se, em sua maior parte, como Área de Preservação Permanente (APP), apresentando vegetação densa e bem preservada.

l) Descrição do subleito dos taludes e fundo do rio;

Observou-se a presença de areia com seixos de rolagem e presença de lages de pedra, característica típica de regiões de encosta. Esse tipo de subleito indica transporte fluvial ativo e variações na energia do escoamento ao longo do curso do rio.

m) Medição da velocidade entre os pontos mais afastados do plano cotado (normais), medida 3 (três) vezes:

Foram realizadas medições da velocidade da água utilizando o equipamento ADCP, tanto na seção da ponte quanto na seção a jusante (Figura 9). Na seção da passagem molhada, a velocidade média encontrada foi da ordem de $0,42 \text{ m.s}^{-1}$, com vazão total de $5,04 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Na seção de montante (Figura 8) e jusante (Figura 9), devido à baixa profundidade, o levantamento foi realizado a vau, com o apoio de receptor GNSS para obtenção das informações de posicionamento e topografia.

5.3 Levantamento topográfico

Com o objetivo de avaliar as características topográficas da área destinada à implantação da passagem molhada e auxiliar na geração do Modelo Digital do Terreno (MDT) e do Modelo Digital de Elevação (MDE), construídos a partir de imageamento com drone, foram levantados 33 pontos utilizando um par de receptores GNSS GPS SATLAB FR20, que operam com tecnologia RTK (Real-Time Kinematic).

Essa tecnologia baseia-se na operação simultânea de dois receptores: um atuando como estação base, fixado em um ponto conhecido, responsável pela coleta contínua de dados de posicionamento; e outro como rover, móvel, utilizado para o levantamento dos pontos topográficos. A conexão entre os dois receptores é realizada via rádio, permitindo correções em tempo real nas informações de posição e altimetria obtidas pelo rover. Os equipamentos operam com três sistemas GNSS integrados (GPS, GLONASS e Galileo), o que assegura alta confiabilidade e precisão milimétrica nos dados coletados.

Além de subsidiar a elaboração do MDT e do MDE, os pontos levantados também foram utilizados como pontos de controle para o georreferenciamento do imageamento aéreo realizado com drone. A Figura 13 apresenta uma imagem de satélite com a localização dos pontos coletados com o equipamento GNSS RTK SatLab FR-20, e a Figura 14 ilustra o processo de levantamento em campo. Para o posicionamento dos receptores, foram utilizados marcos topográficos temporários, conforme demonstrado na Figura 15. O levantamento foi executado com base nas diretrizes técnicas estabelecidas pela **Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais do INCRA (3ª edição)** e segue os critérios de qualidade definidos pelo **Manual de Posicionamento GNSS do IBGE (2020)**, garantindo a compatibilidade com a infraestrutura geodésica nacional.

Figura 13. Imagem de Satélite com os pontos levantados com a utilização do equipamento GNSS RTK SatLab FR-20.

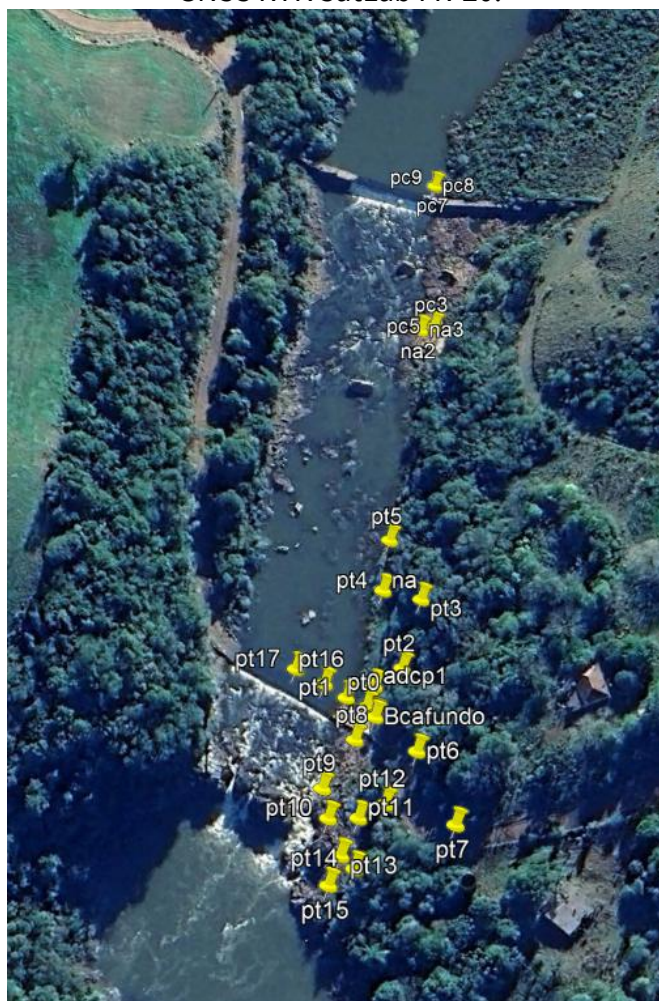
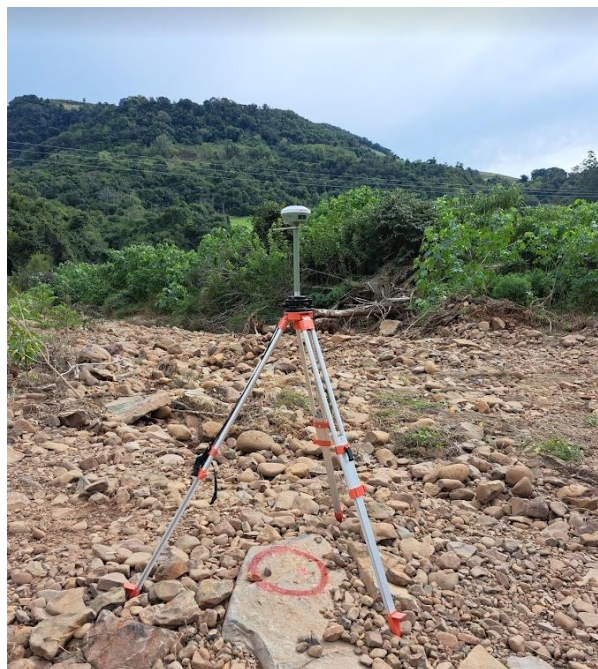


Figura 14. Levantamento topográfico sendo realizado com a utilização do equipamento GNSS RTK SatLab FR-20.



Figura 15 Imagem da Base do equipamento GNSS RTK SatLab FR-20 posicionada e estaca colocada como marco temporário para realização do levantamento



5.4 Imageamento de drone

Conforme descrito na metodologia, foi realizado levantamento topográfico com a utilização de VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), integrado a outras fontes de informação. A metodologia aplicada foi dividida em diferentes etapas, iniciando com o planejamento de voo e implantação de pontos de controle, e finalizando com a elaboração dos produtos cartográficos correspondentes. A seguir, são descritas as etapas executadas:

- **Planejamento do voo:** Definição da área a ser mapeada e planejamento da rota do drone, considerando as condições do terreno e os objetivos do levantamento.
- **Implantação dos pontos de controle:** Estabelecimento de pontos de controle em campo para garantir a precisão posicional dos dados obtidos. Neste caso, foi utilizado um conjunto de pontos de controle fixo, georreferenciado com o levantamento topográfico.
- **Captura de imagens e dados:** O drone executou voos sobre a área previamente definida, coletando imagens aéreas de alta resolução e informações topográficas detalhadas.
- **Processamento e análise:** As imagens foram processadas e integradas a dados orbitais, informações GNSS e levantamentos topográficos, resultando na geração de produtos

como o **Modelo Digital de Superfície (MDS)**, o **Modelo Digital do Terreno (MDT)**, curvas de nível e ortomosaicos georreferenciados.

O planejamento de voo foi realizado em duas etapas: uma cobrindo uma faixa em seção transversal ao rio, e outra abrangendo uma área retangular nos arredores da passagem molhada. O plano de voo foi desenvolvido no software Map Pilot Pro, configurado com sobreposição frontal e lateral de 75%. O equipamento embarcado foi uma câmera modelo FC6310, com resolução de 4864 x 3648 pixels e distância focal de 8,8 mm, resultando em uma resolução espacial de 3,65 cm/pixel, o que garantiu alta precisão na identificação de feições do terreno (Figura 16).

O processamento das imagens foi realizado com o software Web OpenDroneMap (WebODM), da iniciativa OpenDroneMap, utilizando os pontos de controle obtidos no levantamento topográfico. Como resultado, foram gerados o Modelo Digital de Elevação (MDE) da área (Figura 17) e o Modelo Digital do Terreno (MDT) (Figura 18).

Figura 16. Ortomosaico da região da passagem molhada sobre Rio Soturno (Meta 13), gerado a partir de levantamento e processamento de drone.



As informações geradas com o VANT também foram utilizadas para compatibilização do relevo da bacia hidrográfica, integrando os dados com produtos orbitais disponíveis, como o MDE ALOS PALSAR, com resolução espacial de 12,5 metros (JAXA, 2015), disponível no portal ASF

Alaska; o ANADEM (Laipeld et al., 2024), com resolução de 20 m; e o Modelo Digital de Elevação do Projeto Brasil em Relevo (Miranda, 2024), com resolução de 30 m.

Figura 17. Modelo Digital de Elevação (MDE) da região da passagem molhada sobre o Rio Soturno (Meta 13), gerado a partir de levantamento e processamento de drone.

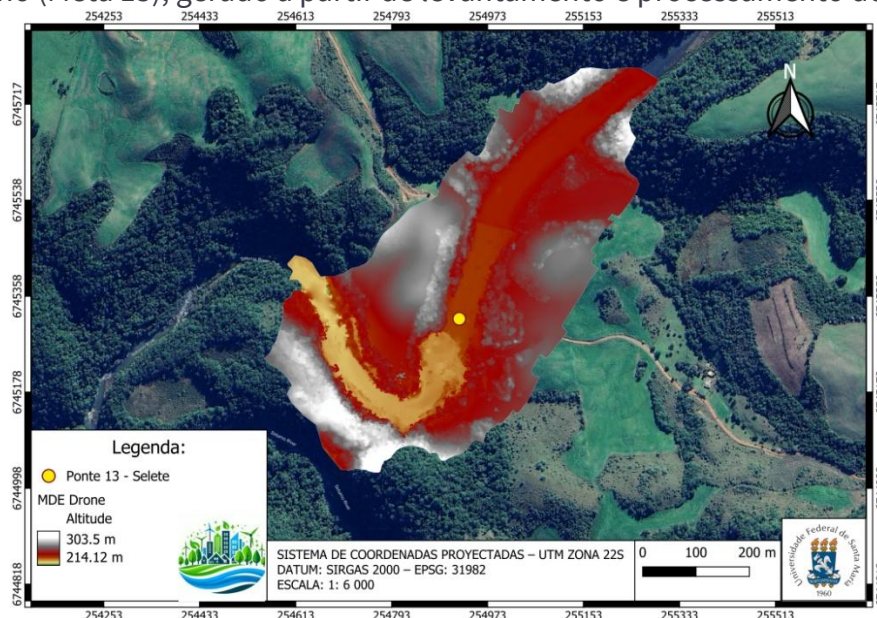
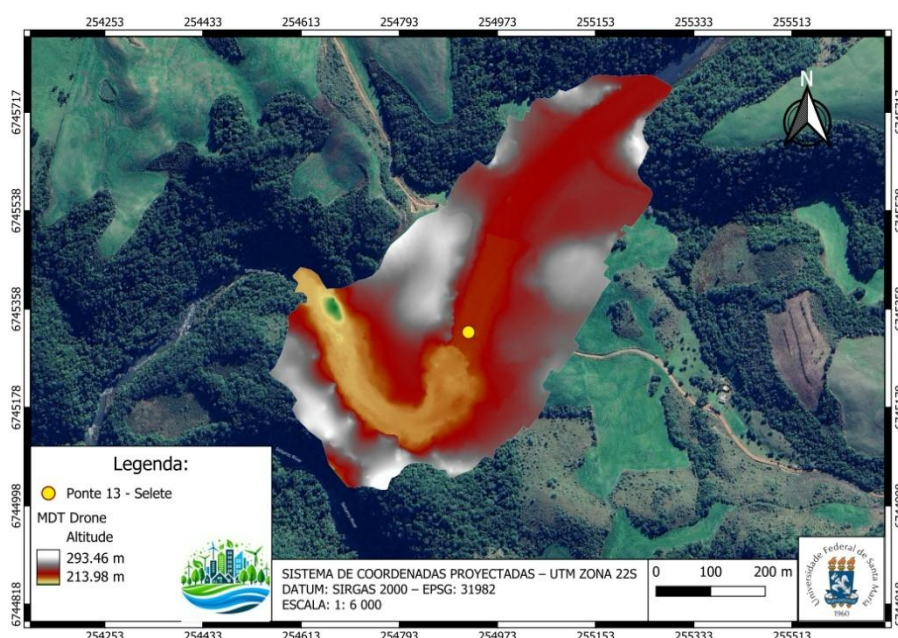


Figura 18. Modelo Digital do Terreno (MDT) da região da passagem molhada sobre o Rio Soturno (Meta 13), gerado a partir de levantamento e processamento de drone.



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório apresentou os resultados do levantamento topobatimétrico e topográfico realizados na área de implantação da passagem molhada sobre o Rio Soturno, (Meta 13) no município de Nova Palma/RS. As atividades foram conduzidas com base em metodologias reconhecidas e utilizando equipamentos de alta precisão, como receptores GNSS com tecnologia RTK e VANTs equipados com sensores ópticos de alta resolução.

O levantamento batimétrico permitiu a caracterização detalhada do leito do curso d'água, enquanto o levantamento topográfico e o imageamento com drone possibilitaram a geração de modelos digitais (MDT e MDE) precisos, fundamentais para o planejamento e dimensionamento das estruturas associadas à obra. A integração dos dados obtidos com informações orbitais contribuiu para a contextualização do relevo da bacia hidrográfica em escala regional.

As informações levantadas atendem aos requisitos da Instrução de Serviço IS-121/21 e constituem base técnica consistente para subsidiar as etapas seguintes do projeto executivo, incluindo análises hidráulicas, geotécnicas e ambientais. Recomenda-se, para as fases futuras, a implantação de um marco geodésico fixo oficial no local, de forma a garantir continuidade e confiabilidade nas futuras intervenções e monitoramentos.

7. EQUIPE TÉCNICA

A equipe técnica é composta por:

Prof. Dr. Eng. Daniel Gustavo Allasia Piccilli: Coordenador geral.

Prof^a. Dr^a. Rutineia Tassi: Especialista em modelagem hidrológica e hidráulica.

Prof. Dr. João Francisco Horn: Especialista em recursos hídricos e hidrometria.

Eng. Limber Zenteno: Especialista em levantamento de campo.

Eng^a. Yamila Chicherit: Especialista em modelagem hidrológica e hidráulica.

Santa Maria, 16 de Setembro de 2025.

Profa. Enga. Rutineia Tassi

CREA RS104272
RNP 2206029642

8. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Allasia, D.G.; Tassi, R.; Horn, J.F.C.; et al. Estudo Hidrológico para o Desenvolvimento Dos Anteprojetos de Engenharia para a Reconstrução de Pontes - Dispensa de Licitação Nº 117/2024. Lote nº 02 - REC-RS-4316907-20240517-06. Meta nº 4 - Ponte do Toaldo. Arroio Lobato - Município de Santa Maria, 2024.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. 2024. U - 100, Várzea. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/bacia_uru_varzea.asp. Acessado em: 13 de setembro de 2024

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL LUIZ CARLOS ROESSLER. Arquivo digital para uso em SIG - Base cartográfica digital do RS 1:250.000. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp>. Acesso em: 10 janeiro de 2024.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 53.885, de 16 de janeiro de 2018. Institui subdivisão das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul em Bacias Hidrográficas. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201803/08095109-decreto-53885-2017.pdf>. Acessado em: 13 de setembro de 2024..

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Malha digital municipal. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acessado em: 13 de Setembro de 2024.

IBGE. Manual técnico de uso da terra. 3ª Edição, 2013.

JAXA. (2015). ALOS PALSAR. Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/>.

JENSON, S. K. Applications of hydrological information automatically extracted from digital elevation models. *Hydrological Processes*, v. 5, p. 31–44, 1991. doi:10.1002/hyp.3360050104.

LAIPELT, L.; DE ANDRADE, B.C.C.; COLLISCHONN, W.; AMORIM, A.; PAIVA, R.C.D.; RUHOFF, A. 2024. ANADEM: A digital terrain model for South America” Submetido para publicação na *Remote Sensing*. Disponível para download em: <https://www.preprints.org/manuscript/202404.1305/v1..>

LINDSAY, J. B.; ROTHWELL, J. J.; DAVIES, H. Mapping outlet points used for watershed delineation onto DEM-derived stream networks. *Water Resources Research*, v. 44, W08442, 2008. doi:10.1029/2007WR006507.

MACHADO, J.L.F. & FREITAS, M.A. Projeto mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul, relatório final, Escala 1:750.000. Porto Alegre: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2005.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 14 Set. 2024

O'CALLAGHAN, J. F.; MARK, D. M. The extraction of drainage networks from digital elevation data. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, v. 28, n. 3, p. 323-344, 1984.

SANTOS, T. O., SILVA, J. S., VENTURA, G. P. S., SILVA, G., & VIEIRA, L. J. O. (2018). A utilização dos métodos de medição acústico doppler e flutuador como ferramenta para medição de vazão e velocidade em corpos hídricos–notas de uma experiência de campo. *Acta Geográfica*, v. 12, n. 28, p. 170-177, 2018. <http://dx.doi.org/10.5654/acta.v12i28.4856>

TAYLOR, John R., “An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements”, 1997, 2.ed.

Laipelt, L.; de Andrade, B.C.C.; Collischonn, W.; Amorim, A.; Paiva, R.C.D.; Ruhoff. A. 2024. ANADEM: A digital terrain model for South America” Submetido para publicação na *Remote Sensing*. Disponível para download em: <https://www.preprints.org/manuscript/202404.1305/v1>.

Brasil. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem. - 2. ed. - Rio de Janeiro, 2005. 133p. (IPR. Publ., 715)

DNIT, 2022. Conceitos Básicos de Hidrologia e Drenagem para Projetos Rodoviários. Módulos 2 – Pluviometria. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/jspui/bitstream/1/7814/2/M%C3%B3dulo%20%20-%20Pluviometria.pdf>. Aceso em: 10 de outubro de 2024.