



Plano de Trabalho Consolidado

ESTUDO HIDROLÓGICO NO NÍVEL DE ANTEPROJETO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARRIO REGALADO EM ALEGRETE

Santa Maria
Outubro, 2025



GREEN & BLUE
OFFICE

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

EQUIPE

Governo do Município de Alegrete

Jesse Trindade

Prefeito Municipal

Secretaria de Planejamento

Erica Gonçalves de Vargas

Secretária Municipal

Universidade Federal de Santa Maria

Coordenação Geral

Prof. Dr. Daniel Gustavo Allasia

Equipe Técnica Principal

Prof^a. Dr^a. Rutineia Tassi

Prof. Dr. João Francisco Horn

Eng^a MSc. Vitória Martin

Eng^a Yamila Chicherit

Eng. Limber Zenteno

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
ESCRITÓRIO DE INFRAESTRUTURA AZUL E VERDE
GREEN&BLUE OFFICE
CENTRO DE TECNOLOGIA**

**ESTUDO HIDROLÓGICO NO NÍVEL DE ANTEPROJETO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO ARROIO REGALADO – ALEGRETE/RS**

DISPENSA DE LICITAÇÃO Nº 167/2025, CONTRATO Nº 139/2025

Produto 1 - PLANO DE TRABALHO CONSOLIDADO

Elaborado no âmbito do **Programa 5600020230048 – Novo PAC – Cidades Sustentáveis e Resilientes: Prevenção a Desastres Naturais – Drenagem Urbana**

Contratante: Prefeitura Municipal de Alegrete – RS

Contratada: Fundação de Apoio à Tecnologia e Ciência (FATEC) - UFSM

Execução: Escritório de Infraestrutura Azul e Verde – Green&Blue Office

Santa Maria – RS

Outubro de 2025

Resumo Executivo

O presente Plano de Trabalho Consolidado refere-se ao Estudo Hidrológico no Nível de Anteprojeto da Bacia Hidrográfica do Arroio Regalado, a ser executado em Alegrete/RS sob coordenação do Escritório de Infraestrutura Azul e Verde (Green&Blue Office) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em parceria com a Prefeitura Municipal de Alegrete. O estudo integra o Programa Novo PAC – Cidades Sustentáveis e Resilientes: Prevenção a Desastres Naturais – Drenagem Urbana, e tem como finalidade subsidiar o planejamento e a execução de medidas de mitigação de cheias, contribuindo para a redução do risco de inundações e o fortalecimento da resiliência urbana e ambiental do município.

O Plano define a estrutura metodológica, organizacional e operacional do projeto, detalhando as etapas, produtos, cronograma e responsabilidades da equipe executora. Estabelece ainda o referencial técnico que orientará todas as fases do estudo, garantindo coerência metodológica e alinhamento com as metas do Novo PAC.

A área de estudo abrange cerca de 26 km², compreendendo o curso do Arroio Regalado e sua confluência com o Rio Ibirapuitã, região historicamente afetada por inundações. O trabalho propõe a atualização dos estudos hidrológicos, hidráulicos e topográficos existentes, com uso de sensoriamento remoto, modelagem hidrodinâmica (HEC-RAS) e Soluções Baseadas na Natureza (SbN), conforme diretrizes de drenagem urbana sustentável e adaptação climática. O trabalho está estruturado em sete produtos técnicos:

1. Plano de Trabalho Consolidado;
2. Levantamento Inicial de Dados;
3. Caracterização Física das Bacias e Diagnóstico da Macrodrenagem;
4. Levantamento Planialtimétrico das Áreas Inundáveis;
5. Levantamento Batimétrico do Canal Principal;
6. Modelagem Hidrológica e Hidráulica e Mapeamento de Manchas de Inundação;
7. Proposta de Intervenção Integrada em Nível de Anteprojeto.

Os resultados esperados incluem o mapeamento das áreas de risco, a definição de cotas de cheia, a avaliação das obras existentes e a proposição de medidas estruturais e não estruturais de mitigação, considerando cenários de mudanças climáticas. Com duração prevista de seis meses, o estudo representa um passo essencial para a atualização do sistema de drenagem urbana de Alegrete, fornecendo base técnica e científica para projetos executivos, planos de contingência e políticas públicas de gestão integrada das águas urbanas.

Sumário

1.	APRESENTAÇÃO	5
2.	OBJETIVOS	7
2.1	Objetivo Geral	7
2.2	Objetivos Específicos	7
3.	ESCOPO E ATIVIDADES PREVISTAS	9
3.1	Escopo do Estudo	9
3.2	Atividades incluídas	9
3.2.1	Produto 1 – Plano de trabalho consolidado	9
3.2.2	Produto 2 – Levantamento inicial de dados.	11
3.2.3	Produto 3 – Caracterização Física das Bacias Hidrográficas e Análise das Condições de Funcionamento da Macrodrenagem	13
3.2.4	Produto 4 – Levantamento planialtimétrico da área afetada pelas inundações ribeirinhas do Arroio Regalado	15
3.2.5	Produto 5 - Levantamento batimétrico (seções transversais do rio)	16
3.2.6	Produto 6 - Modelagem hidrológica e hidráulica de diversos riscos de inundações (mapeamento de manchas de inundação) na área ribeirinha urbana do Arroio Regalado até sua confluência com o Rio Ibirapuitã.	18
3.2.7	Produto 7 - Proposta, no nível de anteprojeto, de um projeto integrado para o Arroio Regalado.	27
3.3	Atividades não incluídas	29
3.4	Área de Abrangência	30
3.5	Abordagem Integrada e Interinstitucional	31
3.6	Resultados Esperados e Produtos Finais	32
4.	EQUIPE	33
5.	CRONOGRAMA	35
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.	36

1. APRESENTAÇÃO

O presente documento constitui o Plano de Trabalho Consolidado referente ao Estudo Hidrológico no Nível de Anteprojeto da Bacia Hidrográfica do Arroio Regalado, a ser desenvolvido no município de Alegrete, Rio Grande do Sul, sob coordenação do Escritório de Infraestrutura Azul e Verde (Green&Blue Office) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em parceria com a Prefeitura Municipal de Alegrete.

Este plano integra as atividades de extensão tecnológica da UFSM, realizadas pelo Escritório de Infraestrutura Azul e Verde, que tem por objetivo promover a aplicação do conhecimento acadêmico em benefício da sociedade, por meio da elaboração de estudos e projetos voltados à infraestrutura sustentável, à gestão de recursos hídricos e à resiliência climática urbana. O trabalho reforça o papel da Universidade Pública como agente de desenvolvimento científico e técnico, em articulação direta com o poder público municipal.

O estudo insere-se no âmbito do Programa 5600020230048 – Novo PAC – Cidades Sustentáveis e Resilientes: Prevenção a Desastres Naturais – Drenagem Urbana, do Governo Federal, e tem como objetivo subsidiar o planejamento e a implementação de medidas estruturais e não estruturais de mitigação de cheias na bacia do Arroio Regalado, contribuindo para a segurança hídrica e a melhoria das condições urbanas e ambientais de Alegrete. O projeto está alinhado às diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608/2012), da Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020) e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030.

O município de Alegrete, localizado na Fronteira Oeste do Estado, é atravessado pelo Rio Ibirapuitã e seus afluentes, entre os quais se destaca o Arroio Regalado, que corta a porção oeste da cidade. Essa região tem sido historicamente afetada por inundações recorrentes, intensificadas nas últimas décadas em função da urbanização desordenada e da ocupação de áreas de várzea. Eventos de cheias recentes — especialmente os registrados entre 2014 e 2024 — evidenciaram a vulnerabilidade do sistema de drenagem urbana e a necessidade de atualização dos estudos técnicos anteriores, que serviram de base para projetos de controle de cheias elaborados em 2004 e 2011.

Neste contexto, o Estudo Hidrológico no Nível de Anteprojeto da Bacia do Arroio Regalado visa revisar, complementar e atualizar as informações hidrológicas, hidráulicas e topográficas da área, utilizando metodologias modernas de levantamento e simulação, compatíveis com os padrões de precisão e confiabilidade exigidos pelos órgãos de fomento. O estudo contemplará ainda a análise de cenários de mudanças climáticas, a aplicação de ferramentas de modelagem integradas e a proposição de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) para mitigação dos impactos hidrológicos e ambientais.

O presente Plano de Trabalho Consolidado define a estrutura metodológica, organizacional e operacional do projeto, descrevendo as etapas técnicas, os produtos previstos, o cronograma de execução e as responsabilidades da equipe executora. Este documento também estabelece o referencial técnico que orientará todas as fases do estudo, garantindo transparência, rastreabilidade e coerência na execução das atividades, bem como o alinhamento com os prazos e metas definidos no âmbito do Novo PAC.

A execução deste trabalho representa um passo essencial para a formulação de um planejamento urbano mais seguro, resiliente e sustentável, contribuindo diretamente para a redução do risco de desastres e para a melhoria da qualidade de vida da população de Alegrete.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver o Estudo Hidrológico no Nível de Anteprojeto da Bacia Hidrográfica do Arroio Regalado, no município de Alegrete/RS.

2.2 Objetivos Específicos

Para o alcance do objetivo geral, o presente estudo contempla os seguintes objetivos específicos:

1. **Elaborar o Plano de Trabalho Consolidado**, definindo o escopo técnico, metodologia, equipe, cronograma e produtos a serem entregues;
2. **Realizar o levantamento e a análise crítica de dados existentes**, incluindo estudos anteriores, cadastros técnicos, registros pluviométricos e fluviométricos, mapas e bases cartográficas;
3. **Executar levantamentos de campo** topobatimétricos e planialtimétricos, com o uso de tecnologias de sensoriamento remoto, GNSS e VANT, garantindo precisão e atualidade nas informações de base;
4. **Desenvolver a modelagem hidrológica e hidráulica** da bacia do Arroio Regalado, utilizando softwares e metodologias reconhecidas (como HEC-RAS), para simulação de cenários de cheias e calibração com eventos históricos;
5. **Mapear as manchas de inundação** e determinar cotas de cheia associadas a diferentes tempos de retorno, considerando o impacto das mudanças climáticas;
6. **Propor alternativas de intervenção** em nível de anteprojeto, integrando soluções estruturais (diques, galerias, bacias de retenção) e não estruturais (gestão do uso do solo, controle de ocupações em áreas de risco, sistemas de alerta);
7. **Incorporar Soluções Baseadas na Natureza (SbN)** e princípios de drenagem urbana sustentável nas propostas de mitigação;
8. **Elaborar banco de dados geoespacial unificado**, consolidando todas as informações levantadas, processadas e geradas ao longo do estudo;
9. **Analisar os custos das alternativas propostas**, aplicando critérios técnicos, econômicos e ambientais para apoiar a tomada de decisão;

10. **Apresentar o anteprojeto do sistema de proteção contra cheias do Arroio Regalado, atualizado.**

3. ESCOPO E ATIVIDADES PREVISTAS

3.1 Escopo do Estudo

O presente estudo tem por escopo o desenvolvimento do Estudo Hidrológico no Nível de Anteprojeto da Bacia Hidrográfica do Arroio Regalado, abrangendo desde o levantamento e análise de dados existentes até a elaboração de propostas integradas de intervenção e mitigação de cheias.

O trabalho será conduzido de forma modular e progressiva, articulando atividades de campo, análises técnicas e modelagem computacional, em consonância com as diretrizes metodológicas estabelecidas pelo Escritório de Infraestrutura Azul e Verde da UFSM e pelas exigências técnicas do Programa Novo PAC – Cidades Sustentáveis e Resilientes.

O escopo contempla a integração dos estudos do Arroio Regalado com o Rio Ibirapuitã, de modo a garantir a adequada representação da influência mútua entre ambos os cursos d'água e a fidedignidade das simulações hidrodinâmicas.

Além dos levantamentos topográficos e batimétricos, o estudo abrangerá análises hidrológicas, hidráulicas e geomorfológicas, com vistas à formulação de alternativas de engenharia baseadas em critérios técnicos, econômicos e ambientais.

3.2 Atividades incluídas

As atividades previstas para a execução do estudo correspondem aos sete produtos técnicos a serem entregues ao longo do contrato, conforme o cronograma geral:

3.2.1 Produto 1 – Plano de trabalho consolidado

O Produto 1 – Plano de Trabalho Consolidado tem como finalidade estabelecer a estrutura organizacional, metodológica e operacional que norteará o desenvolvimento do Estudo Hidrológico no Nível de Anteprojeto da Bacia Hidrográfica do Arroio Regalado.

Este relatório constitui o instrumento de referência técnica e gerencial para a execução do contrato, servindo de base para o acompanhamento, controle e validação das etapas subsequentes do estudo.

A elaboração do Plano de Trabalho está diretamente vinculada ao conjunto de atividades previstas no projeto, consolidando o encadeamento lógico entre os levantamentos de campo, a modelagem hidrológica e hidráulica e a proposição das soluções de engenharia.

Seu conteúdo reflete a análise preliminar das informações disponíveis e o alinhamento técnico realizado entre a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e a Prefeitura Municipal de Alegrete, durante as reuniões iniciais de planejamento do estudo.

O presente documento abrange os seguintes componentes principais:

- a) A descrição detalhada dos serviços a serem realizados em cada etapa, indicando objetivos, métodos e resultados esperados;
- b) A metodologia geral e os procedimentos técnicos a serem aplicados nas atividades de levantamento, análise e modelagem;
- c) A descrição detalhada das atividades, com suas respectivas durações, interdependências e sequência lógica;
- d) O cronograma físico-financeiro de execução dos serviços, com os prazos correspondentes a cada produto;
- e) A identificação da equipe técnica responsável, suas atribuições e campos de atuação;
- f) O organograma funcional do projeto e as interfaces institucionais entre a equipe executora (UFSM) e a equipe de acompanhamento da Prefeitura Municipal de Alegrete.

A consolidação dessas informações permite uma visão integrada e transparente do trabalho a ser executado, garantindo previsibilidade, coerência metodológica e rastreabilidade das ações. O Plano de Trabalho Consolidado é, portanto, o documento orientador da execução do estudo, a partir do qual serão conduzidas todas as etapas técnicas e administrativas subsequentes.

Este plano será validado conjuntamente pela equipe técnica da UFSM e pela equipe de acompanhamento da Prefeitura Municipal de Alegrete, servindo como referência oficial para o monitoramento do cronograma e o controle de qualidade dos produtos do Estudo Hidrológico do Arroio Regalado.

3.2.2 Produto 2 – Levantamento inicial de dados.

O Produto 2 – Levantamento Inicial de Dados compreende a coleta, análise e sistematização de todas as informações existentes relacionadas à drenagem urbana e aos recursos hídricos do município de Alegrete, com ênfase na área de influência direta e indireta do Arroio Regalado e sua confluência com o Rio Ibirapuitã.

Esta etapa tem por finalidade subsidiar o diagnóstico técnico e o planejamento dos levantamentos de campo, garantindo que os dados primários a serem obtidos sejam complementares, consistentes e direcionados às lacunas identificadas nas informações existentes.

3.2.2.1 Fontes de Dados e Documentos de Referência

Serão levantados, organizados e analisados criticamente todos os estudos, planos e projetos disponíveis que possuam interface com o sistema de drenagem urbana, o manejo de águas pluviais, o controle de cheias e o uso e ocupação do solo na bacia do Arroio Regalado, incluindo:

- Projetos e relatórios técnicos anteriores, como o Projeto de Macrodrenagem do Arroio Regalado (2004) e o Projeto de Recuperação Ambiental da área do Arroio Regalado (MAGNA, 2011);
- Estudos hidrológicos e de mapeamento de inundações realizados por instituições públicas e de pesquisa (CPRM, UFSM, Unipampa, IPH-UFRGS);
- Dados hidrometeorológicos obtidos em plataformas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN);
- Informações de bases geoespaciais, tais como cartas topográficas do IBGE, modelos digitais de terreno (MDT e MDS) e mapas temáticos de uso do solo e vegetação;
- Planos e programas municipais e estaduais com interface no território: Plano Diretor de Alegrete, Plano Municipal de Saneamento Básico, Plano de Contingência de Defesa Civil e demais instrumentos de planejamento urbano e ambiental;

- Cadastros técnicos e informações operacionais fornecidas por secretarias municipais, concessionárias de saneamento e órgãos de infraestrutura urbana.

3.2.2.2 Procedimentos de Coleta e Organização

A coleta de dados será realizada por meio de:

- Solicitação formal de informações às secretarias municipais envolvidas (Planejamento, Meio Ambiente, Infraestrutura e Defesa Civil);
- Consulta a bancos de dados públicos e repositórios digitais de órgãos estaduais e federais;
- Reuniões técnicas com equipes locais e instituições parceiras;
- Levantamento documental junto à Prefeitura e às concessionárias de saneamento.

Todos os dados coletados serão classificados por categoria temática (hidrológica, topográfica, urbana, ambiental, institucional) e integrados em um banco de dados geoespacial (SIG), que servirá de base para as análises subsequentes.

3.2.2.3 Análise Crítica e Complementação de Dados

Após a consolidação das informações, será realizada uma análise crítica de consistência e atualidade, a fim de identificar:

- lacunas e inconsistências nos dados existentes;
- sobreposições ou divergências entre bases cartográficas;
- ausência de séries temporais completas de precipitação ou vazão;
- carência de informações sobre ocupações recentes e drenagem secundária.

A partir dessa análise, será elaborado um plano de complementação de dados primários em campo, orientando as atividades dos levantamentos topográficos e batimétricos previstos nos Produtos 4 e 5.

3.2.2.4 Produto Final

Ao término desta etapa, será apresentado um Relatório Técnico de Levantamento Inicial de Dados, contendo:

- a relação das fontes e bases de dados consultadas;

- a análise crítica das informações existentes;
- o diagnóstico preliminar de lacunas e inconsistências; e
- as recomendações para os levantamentos de campo subsequentes.

Prazo de execução: até **1 (um) mês** a partir da emissão da Ordem de Serviço.

3.2.3 Produto 3 – Caracterização Física das Bacias Hidrográficas e Análise das Condições de Funcionamento da Macrodrenagem

Esta etapa tem por objetivo analisar o funcionamento do sistema de macrodrenagem do arroio Regalado, a partir de informações existentes, registros cadastrais das redes de drenagem, visitas técnicas e estudos de geoprocessamento. O trabalho busca compreender as condições atuais da drenagem urbana e das bacias hidrográficas afluentes, de modo a subsidiar o diagnóstico das causas de alagamentos e propor medidas de manejo e controle.

Inicialmente, serão realizadas análises espaciais para a delimitação das bacias e sub-bacias hidrográficas urbanas que contribuem para o arroio Regalado. Essa etapa incluirá a identificação dos principais corpos d'água, manchas urbanas, áreas de preservação permanente (APP), áreas ocupadas, zonas de várzea e áreas alagadiças. Serão utilizados dados cartográficos atualizados, modelos digitais de terreno e imagens de satélite recentes, garantindo compatibilidade com a base de dados atual do município.

Em seguida, será conduzido o levantamento das causas de alagamentos e inundações nas sub-bacias delimitadas. Esse trabalho envolverá a análise de registros históricos, documentação técnica e visitas de campo aos pontos críticos previamente identificados, com registro fotográfico e georreferenciamento. O objetivo é compreender as condições de escoamento, as restrições físicas e as interferências existentes que comprometem o funcionamento do sistema de drenagem.

Será realizado o cadastro do sistema de drenagem existente, contemplando obras de micro e macrodrenagem. Esse cadastro incluirá informações sobre as características geométricas das estruturas, como seções transversais, cotas, declividades, materiais utilizados, dimensões das galerias e volumes de reservatórios, além de eventuais dispositivos de controle de cheias ou dissipação de energia. Quando disponíveis, serão

incorporados dados oriundos de cadastros municipais e de concessionárias de serviços urbanos.

As visitas de campo terão o propósito de complementar as informações cadastradas e verificar as condições reais das redes e estruturas. Serão observadas as condições de conservação, obstruções, ligações irregulares, pontos de extravasamento e trechos críticos de acúmulo de água. As observações serão sistematizadas em fichas de campo padronizadas, com registro fotográfico e coordenadas geográficas.

Também será analisada a rede de monitoramento hidrológico existente, incluindo a verificação da localização e operação de pluviômetros, linígrafos e sensores de qualidade da água. Essa avaliação visa compreender a disponibilidade e a confiabilidade dos dados hidrometeorológicos utilizados para o controle e gestão da drenagem urbana.

A etapa inclui ainda a identificação das chuvas intensas de projeto adotadas nos estudos de drenagem do município, com base nas equações de intensidade-duração-frequência (IDF) e nas séries históricas de precipitação disponíveis. Essa análise permitirá a comparação dos critérios hidrológicos utilizados e a eventual atualização dos parâmetros conforme normas e práticas mais recentes.

Será elaborado também o cadastro do sistema de esgotos sanitários, com destaque para os pontos de lançamento na rede de drenagem pluvial e nos corpos hídricos. Essa integração é fundamental para identificar interferências e riscos de contaminação da rede de macrodrenagem e do arroio Regalado.

Além disso, serão mapeadas e descritas as interferências físicas identificadas a partir dos registros existentes e das inspeções de campo, como ocupações irregulares, travessias, lançamentos indevidos e estruturas inadequadas.

Por fim, será realizada a avaliação da gestão dos serviços de drenagem urbana no município, abrangendo a infraestrutura disponível, os procedimentos de manutenção, o monitoramento de eventos de alagamento e o planejamento de obras de controle de cheias. Essa análise permitirá compreender o estágio atual do sistema e orientar as recomendações de aprimoramento da gestão e operação da drenagem urbana.

O **prazo previsto** para execução desta etapa é de até dois meses, contados a partir da emissão da Ordem de Serviço.

3.2.4 Produto 4 – Levantamento planialtimétrico da área afetada pelas inundações ribeirinhas do Arroio Regalado

O objetivo deste produto é realizar o levantamento planialtimétrico detalhado da área afetada pelas inundações ribeirinhas do arroio Regalado, com a finalidade de obter informações precisas sobre a topografia, o uso e a ocupação do solo. Serão determinados níveis altimétricos, ângulos, medidas planas, perímetros e dimensões horizontais, constituindo uma base técnica essencial para o planejamento e o dimensionamento de obras de recuperação, drenagem e mitigação de inundações futuras.

O levantamento será executado por meio da integração de tecnologias modernas de sensoriamento remoto e medições de campo, combinando o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs ou drones) com equipamentos topográficos de alta precisão, como estação total e receptores GNSS. Essa metodologia visa à redução de custos, aumento da eficiência e obtenção de dados com precisão centimétrica, aliando rapidez e qualidade técnica. O uso de drones específicos para levantamentos topográficos permite o acesso a áreas de difícil alcance e a aquisição de dados em locais que apresentam risco ou limitação ao trabalho de equipes terrestres.

Ressalta-se que este levantamento não tem finalidade topográfica convencional, mas sim caráter técnico voltado ao suporte das modelagens hidrológica e hidráulica, fornecendo insumos essenciais para análises de escoamento superficial, delimitação de áreas inundáveis e elaboração de planos de manejo e obras de contenção.

Durante o processamento dos dados, serão gerados o Modelo Digital de Superfície (MDS) e o Modelo Digital de Terreno (MDT). O MDS representa a superfície real captada, incluindo elementos sobre o solo como edificações e vegetação, enquanto o MDT corresponde à superfície filtrada, retratando o relevo propriamente dito. A obtenção do MDT requer maior processamento e filtragem de dados, garantindo uma representação fiel do terreno natural, condição indispensável para a modelagem hidráulica.

A metodologia de trabalho compreenderá etapas sequenciais, iniciando pelo planejamento de voo e implantação dos pontos de controle em campo, seguidas da aquisição das imagens aéreas e medições complementares. Posteriormente, os dados serão processados e ajustados em ambiente digital, com integração de informações obtidas por sensores orbitais, dados GNSS e levantamentos complementares. A partir desse

conjunto de informações, serão elaborados os produtos finais, incluindo o MDS, o MDT, curvas de nível detalhadas e ortomosaicos georreferenciados das áreas ribeirinhas.

O levantamento será executado em fases, considerando a extensão da área de estudo e a necessidade de processamento volumoso de dados geoespaciais. As etapas de campo e processamento serão realizadas de forma a garantir a consistência, precisão e rastreabilidade dos resultados, utilizando softwares e técnicas reconhecidas na área de geotecnologia aplicada.

Esses levantamentos são de importância fundamental para a avaliação técnica dos danos provocados pelos eventos de inundação e constituem base indispensável para o planejamento de ações estruturais e não estruturais voltadas à mitigação dos impactos das cheias.

Os produtos a serem entregues incluem:

- Modelo Digital de Superfície (MDS);
- Modelo Digital de Terreno (MDT);
- Curvas de nível;
- Ortomosaico das áreas ribeirinhas;
- Relatório técnico detalhado, contendo metodologia, resultados, precisão obtida e interpretação dos produtos gerados.

Prazo: Até 2 (dois) meses a partir da emissão da Ordem de Serviço.

3.2.5 Produto 5 - Levantamento batimétrico (seções transversais do rio)

O presente produto tem por objetivo a realização de levantamentos batimétricos ao longo do arroio Regalado, visando à obtenção das características topográficas submersas do canal. O levantamento permitirá determinar as profundidades associadas às posições georreferenciadas na superfície da água, possibilitando a representação detalhada da morfologia do leito e das margens. Esses dados são fundamentais para subsidiar estudos hidráulicos, modelagens de escoamento e projetos de controle de enchentes, especialmente quando integrados aos levantamentos topográficos e planialtimétricos das planícies de inundação.

A definição das seções transversais a serem medidas considerará critérios técnicos como acessibilidade, variações geométricas significativas no canal, presença de estruturas

e interferências. Entre os locais prioritários estarão pontos com mudanças bruscas de declividade, confluências de afluentes, travessias (pontes, bueiros, galerias), redes de macrodrenagem e trechos onde existam interferências com infraestruturas urbanas, como redes de água e esgoto. Além disso, serão realizadas medições complementares em trechos do arroio Ibirapuitã, com o objetivo de caracterizar as cotas de nível d'água na foz do arroio Regalado, garantindo consistência nas análises hidrológicas e hidráulicas do sistema.

Durante os levantamentos de campo, serão feitas observações detalhadas sobre as condições das margens, identificando processos erosivos, ocorrência de assoreamento, presença de vegetação aquática e o estado de conservação de eventuais estruturas de contenção, travessias e obras de drenagem. As anomalias observadas serão registradas e georreferenciadas, acompanhadas de documentação fotográfica e notas de campo padronizadas.

O levantamento será executado preferencialmente com o uso do equipamento ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), instrumento hidroacústico que mede perfis de velocidade das correntes e profundidades por meio do efeito Doppler. O ADCP permite a obtenção de dados contínuos da coluna d'água, com alta resolução vertical e horizontal, resultando em um modelo tridimensional do leito fluvial. O equipamento será operado em conjunto com um sistema GNSS (Global Navigation Satellite System) de alta precisão, garantindo a correta georreferenciação das medições. Nos trechos onde, por limitações operacionais, não for possível o uso do ADCP, as medições serão realizadas a vau, utilizando equipamentos convencionais de topografia e varas graduadas, de modo a assegurar a continuidade e a consistência dos dados.

A integração dos levantamentos batimétricos com os dados topográficos da planície de inundação permitirá estimar volumes armazenáveis e simular condições de escoamento e enchente. Essa integração é indispensável para o desenvolvimento de modelos hidrodinâmicos, mapeamento de áreas inundáveis e elaboração de projetos de sistemas de proteção e controle de cheias.

Considerando as particularidades logísticas e de segurança do município de Alegrete, caberá à CONTRATANTE fornecer os veículos adequados (embarcações) para os levantamentos em áreas alagadas, bem como obter todas as autorizações e licenças necessárias para operação em áreas sob jurisdição do Exército ou outras forças de

segurança. A CONTRATANTE também será responsável por providenciar o acompanhamento da Guarda Municipal, Polícia ou Exército em áreas de risco, sempre que necessário à integridade da equipe e dos equipamentos. Ressalta-se que a CONTRATADA não se responsabiliza pela reposição de equipamentos eventualmente furtados durante a execução do projeto.

Prazo: Até 2 (dois) meses a partir da emissão da Ordem de Serviço

3.2.6 Produto 6 - Modelagem hidrológica e hidráulica de diversos riscos de inundações (mapeamento de manchas de inundação) na área ribeirinha urbana do Arroio Regalado até sua confluência com o Rio Ibirapuitã.

O objetivo deste produto é realizar a modelagem hidrológica e hidráulica da bacia urbana do arroio Regalado, visando avaliar o comportamento do escoamento superficial e identificar as áreas suscetíveis a inundações ao longo do curso do arroio até sua confluência com o rio Ibirapuitã. Essa etapa tem papel fundamental no diagnóstico do sistema de macrodrenagem, permitindo compreender as condições de escoamento e os impactos de diferentes cenários de precipitação e infraestrutura.

As inundações representam um dos principais desafios enfrentados por comunidades urbanas e rurais, ocasionando prejuízos materiais e sociais significativos. Para reduzir esses impactos, são adotadas medidas preventivas, classificadas em estruturais e não estruturais. Conforme Tucci (2007), as medidas não estruturais são, em geral, mais economicamente viáveis e priorizam ações de prevenção, conservação e integração entre o ambiente natural e o meio urbano. Entre essas medidas, destaca-se o mapeamento de áreas inundáveis, que se constitui em ferramenta essencial para o planejamento urbano e a gestão de riscos.

O mapeamento das áreas inundáveis será desenvolvido a partir da aplicação de modelos matemáticos hidráulicos — ou modelos hidrodinâmicos — na abordagem unidimensional (1D). Esses modelos permitem estimar as cotas e as extensões das manchas de inundação, além de possibilitar o acoplamento a modelos hidrológicos, de modo a representar de forma integrada os processos de precipitação, escoamento superficial e propagação de vazões. Essa integração conceitual oferece uma visão completa do

comportamento hidrológico e hidráulico da bacia, permitindo a simulação de diferentes condições de cheia.

A simulação abrangerá toda a bacia do arroio Regalado, com área aproximada de 25,6 km², e será concentrada, do ponto de vista hidráulico, a partir da BR-290, com especial atenção à região do dique da Avenida Integração e aos pôlders existentes. Lembrando que, a extensão da área a ser simulada, somente será definida com precisão após análise dos dados existentes. O estudo terá caráter diagnóstico, funcionando como uma avaliação “*as built*” das condições atuais das estruturas de drenagem e contenção. Serão considerados os cenários correspondentes ao arroio Regalado com tempo de retorno (TR) de 10 anos e ao rio Ibirapuitã com TR de 100 anos, representando as condições usuais de projeto e os eventos críticos de maior severidade.

Como o arroio Regalado é fortemente influenciado pelos níveis do rio Ibirapuitã, será realizada inicialmente a modelagem da área de influência deste sobre o Regalado, de forma a representar adequadamente as condições de contorno de jusante. O rio Ibirapuitã possui área de drenagem de aproximadamente 5.900 km² até a foz do Regalado, configurando uma bacia de grande porte e alta complexidade hidrológica.

As simulações hidrológicas e hidráulicas serão alimentadas pelos dados obtidos nos levantamentos planialtimétrico e batimétrico realizados nas etapas anteriores, assegurando coerência geométrica e topográfica entre o terreno, o leito do arroio e as planícies de inundação. Essa integração permitirá a representação precisa dos volumes de armazenamento, declividades e condições reais de escoamento, contribuindo para análises robustas de risco e vulnerabilidade.

Sempre que possível, os modelos serão calibrados e validados com base em dados observados de precipitação e níveis d'água, assegurando a confiabilidade das simulações e a coerência dos resultados obtidos. O acoplamento entre modelos hidrológicos e hidráulicos, combinado ao uso de ferramentas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitirá não apenas a geração dos mapas de inundação, mas também a visualização espacial detalhada dos efeitos de diferentes eventos de cheia e intervenções estruturais.

Os resultados obtidos possibilitarão identificar as áreas mais vulneráveis às inundações, avaliar o desempenho das obras existentes e subsidiar o planejamento de

ações preventivas, estruturais e não estruturais. As manchas de inundação resultantes servirão de referência para o ordenamento territorial, revisão de diretrizes de ocupação urbana e formulação de planos de contingência municipais.

O mapeamento das áreas inundadas aqui proposto será realizado em diversas etapas: (I) coleta de dados; (II) análise estatística dos dados disponíveis (III) modelagem hidrológica; (IV) modelagem hidráulica e geração dos mapas de inundação.

3.2.6.1 Etapa I – Coleta de Dados

Esta etapa tem como finalidade reunir, analisar e validar as informações hidrológicas, hidráulicas e topográficas necessárias à calibração e execução dos modelos matemáticos, assegurando a consistência e representatividade dos resultados simulados. A qualidade e a precisão das bases de dados são determinantes para a confiabilidade das modelagens, especialmente na definição das áreas inundáveis e na estimativa dos parâmetros hidráulicos e hidrológicos da bacia.

A modelagem hidráulica requer dados que representem de forma realista o comportamento do escoamento e das inundações, incluindo séries históricas de precipitação e vazão, além de informações topográficas e batimétricas detalhadas. A precisão dos dados topobatimétricos é particularmente relevante, pois eventuais deficiências podem comprometer a representação do relevo do leito e das margens, afetando a delimitação e o comportamento das manchas de inundação. Em regiões de relevo suave, como a planície ribeirinha urbana do arroio Regalado, recomenda-se que a resolução espacial dos produtos topográficos seja preferencialmente igual ou inferior a 0,5 metro. Contudo, resoluções de até 2,5 metros podem produzir resultados satisfatórios, desde que as informações estejam devidamente ajustadas e consistentes. A escolha da resolução deverá equilibrar a precisão requerida com os recursos disponíveis e o desempenho computacional esperado.

Os dados a serem coletados incluirão precipitações históricas e intensas, vazões máximas e médias, níveis d'água, registros meteorológicos (temperatura, evaporação, umidade e vento), curvas-chave dos postos fluviométricos e produtos topobatimétricos (Modelos Digitais de Terreno e de Superfície, curvas de nível e ortomosaicos). Também

serão incorporadas informações cadastrais de drenagem urbana, bueiros, diques e estruturas de contenção, sempre que disponíveis, a fim de compor a base geométrica de apoio à modelagem.

O primeiro passo desta etapa será a elaboração de um inventário hidrológico da bacia do arroio Regalado e de sua área de contribuição. Esse inventário abrangerá a identificação e caracterização de postos pluviométricos, fluviométricos e meteorológicos, com dados obtidos junto a instituições oficiais, como a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), e outros órgãos e entidades que disponham de registros relevantes. Sempre que possível, serão incorporados dados de monitoramento local mantidos por instituições municipais, estaduais ou acadêmicas.

Após a coleta inicial, os dados serão consolidados em um banco de dados georreferenciado estruturado em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), permitindo a integração entre informações topográficas, pluviométricas e fluviométricas. Sobre esses dados, na próxima etapa serão aplicados procedimentos de controle de qualidade e consistência interna, incluindo análise de continuidade, detecção de valores anômalos e cruzamento de séries temporais entre postos vizinhos, de modo a garantir a confiabilidade e coerência dos dados.

As informações resultantes desta etapa constituirão a base de entrada para as etapas subsequentes de modelagem hidrológica e hidráulica, assegurando que as simulações representem adequadamente o comportamento da bacia e as condições reais de escoamento na área ribeirinha urbana do arroio Regalado.

3.2.6.2 ETAPA II: Análise estatística dos dados existentes

Essa etapa tem como objetivo analisar estatisticamente os dados hidrológicos e meteorológicos disponíveis, de modo a obter parâmetros consistentes e representativos que subsidiem as etapas de modelagem hidrológica e hidráulica. A análise estatística visa avaliar a qualidade, a consistência e o comportamento temporal e espacial das séries históricas de precipitação, vazão e nível d'água, identificando tendências, padrões e eventuais inconsistências.

Inicialmente, será realizada a avaliação da integridade das séries históricas, verificando a extensão dos registros, a presença de falhas, discontinuidades ou outliers, e a coerência entre postos hidrométricos e pluviométricos próximos. Serão empregados métodos estatísticos de verificação, como análise de consistência interna e cruzamento de correlação entre séries de estações vizinhas, assegurando a homogeneidade espacial e temporal dos dados.

Em seguida, as séries de precipitação e vazão serão tratadas para o cálculo de parâmetros descritivos, como média, mediana, desvio-padrão, coeficiente de variação e assimetria. Esses indicadores permitirão identificar o grau de variabilidade e a confiabilidade estatística dos registros.

No caso das séries de chuvas máximas anuais, será realizada a análise de frequência com o objetivo de determinar as chuvas de projeto correspondentes a diferentes tempos de retorno (TR). Para isso, serão ajustadas distribuições de probabilidade amplamente utilizadas em hidrologia, tais como Gumbel, Log-Normal e Log-Pearson Tipo III, avaliando-se o melhor ajuste por meio de testes de aderência estatística, como Kolmogorov-Smirnov e Qui-Quadrado. A curva intensidade-duração-frequência (IDF) será gerada a partir dos parâmetros ajustados, permitindo a definição das chuvas de projeto utilizadas nas simulações hidrológicas.

De forma análoga, as séries de vazões máximas anuais serão analisadas estatisticamente para determinar as vazões de pico correspondentes aos tempos de retorno de interesse. Essa análise será fundamental para a calibração e validação dos modelos hidrológicos e hidráulicos, garantindo que os resultados obtidos sejam representativos das condições reais de escoamento.

Os resultados desta etapa fornecerão as bases estatísticas para o dimensionamento e calibração das simulações hidrológicas, além de estabelecer os parâmetros de entrada das modelagens hidráulicas. A partir dessas análises, será possível definir com maior precisão as condições de contorno hidrológicas, as vazões de pico e as chuvas de projeto que alimentarão os modelos a serem desenvolvidos nas etapas seguintes.

3.2.6.3 ETAPA III: Modelagem Hidrológica

Esta etapa tem por objetivo realizar a modelagem hidrológica da bacia urbana do arroio Regalado, visando à obtenção das vazões máximas de projeto e dos hidrogramas de cheia que servirão como condições de contorno nas simulações hidráulicas subsequentes. A modelagem hidrológica constitui etapa essencial para representar o comportamento da bacia frente aos eventos de precipitação intensa e compreender sua resposta hidrológica, considerando as características físicas, geométricas e de uso e ocupação do solo.

A modelagem utilizará como base os dados consolidados nas etapas anteriores, incluindo séries pluviométricas e fluviométricas consistidas, curvas intensidade–duração–frequência (IDF) obtidas na análise estatística, além dos produtos topobatimétricos e planialtimétricos gerados pelos levantamentos realizados. Essa integração assegura maior coerência geométrica e hidrológica entre os diferentes conjuntos de dados, aumentando a confiabilidade dos resultados.

Em virtude da ausência de monitoramento fluviométrico contínuo em todos os cursos d'água do município de Alegrete, será empregado o processo de transformação chuva–vazão, por meio do qual a precipitação efetiva é convertida em vazão de escoamento superficial. Diante da escassez de dados observados, será adotada, de forma preliminar, a metodologia da Curva Número (Curve Number – CN) desenvolvida pelo Natural Resources Conservation Service (NRCS, antigo Soil Conservation Service – SCS), conforme orientações do National Engineering Handbook (NRCS, 2004b). Essa metodologia é amplamente utilizada em estudos hidrológicos, pois permite estimar o volume de escoamento superficial com base em parâmetros relacionados ao tipo de solo, cobertura e uso da terra, condição de umidade antecedente e intensidade de precipitação.

O parâmetro CN varia teoricamente entre 0 e 100, mas tipicamente entre 30 e 100, sendo determinado a partir da combinação de grupos hidrológicos de solo e classes de uso e cobertura da terra. Esse valor define a proporção entre a infiltração e o escoamento superficial direto. O tempo de concentração (T_c) será estimado com base nas características geométricas e hidráulicas das sub-bacias, incluindo área, comprimento, declividade e rugosidade, servindo como parâmetro fundamental para a construção dos hidrogramas de cheia.

A geração dos hidrogramas será realizada com base no Hidrograma Unitário Triangular do NRCS (NRCS, 2007), método que representa a resposta temporal do escoamento a uma chuva unitária efetiva. Esse procedimento é amplamente reconhecido pela simplicidade de aplicação e pela boa representatividade em bacias de pequeno e médio porte, como a do arroio Regalado. O hidrograma resultante será obtido a partir da convolução entre a chuva efetiva e o hidrograma unitário, fornecendo a variação temporal das vazões e os valores de pico correspondentes.

O modelo hidrológico será configurado para representar as principais sub-bacias de contribuição do arroio Regalado, com a definição dos parâmetros geométricos, hidrológicos e físicos de cada área. Esses parâmetros serão ajustados a partir dos levantamentos topográficos e batimétricos, assegurando coerência entre a morfologia do terreno e o comportamento do escoamento superficial.

Sempre que possível, as simulações hidrológicas serão calibradas e validadas com base em registros observados de eventos históricos de precipitação e cheias. A calibração envolverá o ajuste de parâmetros de escoamento e de tempo de resposta, buscando reduzir as incertezas associadas ao modelo. O desempenho das simulações será avaliado por meio de indicadores estatísticos como o Coeficiente de Nash–Sutcliffe (NSE), o Erro Percentual de Pico (PEP) e o Erro Quadrático Médio (RMSE), de forma a quantificar a aderência entre os resultados simulados e observados. Em casos de insuficiência de dados, poderão ser aplicadas técnicas de regionalização de vazões ou o uso de parâmetros transferidos de bacias hidrologicamente semelhantes.

Adicionalmente, poderão ser avaliadas outras metodologias ou ferramentas computacionais, como o HEC-HMS (Hydrologic Modeling System), que permite o acoplamento direto com modelos hidráulicos como o HEC-RAS 2D, ou ainda o uso de modelos empíricos simplificados, conforme a disponibilidade e a qualidade dos dados levantados. A seleção final da metodologia será pautada pela robustez dos resultados, pelo nível de detalhamento necessário e pela compatibilidade com as etapas seguintes da modelagem hidráulica.

Os resultados desta etapa — notadamente as vazões máximas de projeto e os hidrogramas de cheia — constituirão os principais insumos para a Etapa IV – Modelagem

Hidráulica, possibilitando a simulação detalhada das cotas, velocidades e manchas de inundação na área ribeirinha urbana do arroio Regalado.

3.2.6.4 ETAPA IV: Estimativas de Cotas de Inundação – Modelagem Hidráulica

Esta etapa tem como objetivo realizar a modelagem hidráulica do arroio Regalado e de sua área ribeirinha urbana, a fim de estimar as cotas de inundação, delimitar as áreas suscetíveis a alagamentos e compreender o comportamento do escoamento para diferentes cenários hidrológicos. As simulações permitirão avaliar o impacto das vazões de projeto sobre a calha principal e as planícies de inundação, subsidiando o planejamento de medidas de mitigação e a gestão de riscos associados a eventos extremos.

A partir das vazões máximas de projeto obtidas na modelagem hidrológica, serão realizadas simulações hidráulicas em regime permanente e, quando necessário, em regime variado, com o objetivo de determinar as cotas de nível d'água correspondentes a diferentes tempos de retorno (TR). As simulações serão conduzidas utilizando um software de modelagem hidráulica, sendo, preliminarmente escolhido o software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), desenvolvido pelo U.S. Army Corps of Engineers, amplamente reconhecido e adotado em estudos de drenagem, inundações e obras hidráulicas. O HEC-RAS permite representar o escoamento em canais naturais e artificiais, incorporando seções transversais, parâmetros de rugosidade, conexões com estruturas e condições de contorno.

As informações necessárias para o modelo serão obtidas a partir dos levantamentos planialtimétricos e batimétricos realizados nas etapas anteriores, incluindo produtos derivados de levantamentos com Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), além de dados cartográficos públicos e registros complementares. As seções transversais serão ajustadas e interpoladas com base nas características geométricas da calha e da planície alagável, garantindo continuidade e coerência hidráulica ao longo do curso do arroio.

Os parâmetros de modelagem, como rugosidade de Manning, perdas de carga localizadas e coeficientes de expansão e contração, serão definidos conforme as condições físicas observadas em campo e ajustados de acordo com as características do canal e das estruturas existentes. Serão também incorporadas as condições de contorno de montante

e jusante, considerando a influência do rio Ibirapuitã nos níveis de jusante e o comportamento de diques, pôlderes e travessias na área urbana.

O modelo hidráulico possibilitará a simulação de diferentes cenários estruturais, incluindo a situação atual (com as obras existentes) e cenários hipotéticos de intervenção (a ser analisados no próximo produto), como ampliação, readequação ou ausência de estruturas de contenção, de modo a avaliar seus efeitos sobre a propagação das cheias e a extensão das áreas inundadas. Essa análise permitirá quantificar o desempenho das infraestruturas de macrodrenagem e identificar pontos críticos que demandem obras de melhoria.

A calibração do modelo será realizada com base em evento histórico conhecido, preliminarmente definido como a inundação de 2019 registrada em Alegrete, amplamente documentada por órgãos locais e pela Defesa Civil. Esse evento servirá como referência para o ajuste dos parâmetros hidráulicos, conferindo maior confiabilidade às simulações e às estimativas de cotas de inundação.

Os resultados serão processados e especializados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), permitindo a integração e visualização espacial das manchas de inundação, cotas de nível d'água e extensão das planícies alagáveis. Os produtos cartográficos serão disponibilizados em formato compatível com softwares de geoprocessamento (QGIS), possibilitando sua incorporação em planos diretores, sistemas de defesa civil e bases municipais de gestão de riscos.

As simulações abrangerão múltiplos tempos de retorno (TR), preliminarmente definidos como 5, 20 e 100 anos, de modo a representar desde eventos frequentes até situações extremas. Também será elaborado um cenário adicional de mudanças climáticas, visando avaliar a influência de possíveis alterações no regime de precipitação e o aumento da frequência de eventos intensos sobre a bacia urbana.

Os produtos a serem entregues nesta etapa incluem:

- Análise das vazões máximas simuladas e suas respectivas probabilidades de ocorrência;
- Determinação das cotas de inundação associadas às vazões máximas para os diferentes TR;
- Delimitação e mapeamento da planície inundável;

- Mapeamento do evento histórico de calibração (inundação de 2019);
- Mapas de áreas inundadas para os diferentes tempos de retorno analisados (até quatro cenários: TR = 5, 20 e 100 anos);
- Mapeamento da área inundada sob cenários de mudanças climáticas;
- Base cartográfica digital compatível com sistemas SIG municipais.

Os resultados obtidos nesta etapa constituirão a base técnica fundamental para o planejamento urbano e ambiental do município de Alegrete, subsidiando a elaboração de planos de contingência, projetos de drenagem, medidas de adaptação às mudanças climáticas e políticas públicas voltadas à mitigação de riscos de inundações.

Prazo: Até **quatro (4) meses** a partir da emissão da **Ordem de Serviço**.

3.2.7 Produto 7 - Proposta, no nível de anteprojeto, de um projeto integrado para o Arroio Regalado.

Com base nos resultados obtidos na modelagem hidrológica e hidráulica e na análise do funcionamento do sistema de drenagem e das manchas de inundação simuladas, serão elaboradas propostas de intervenções estruturais e não estruturais para o arroio Regalado. O objetivo é reduzir a frequência e a severidade das inundações, aumentar a capacidade de escoamento e promover a convivência sustentável entre o meio urbano e o sistema hídrico natural.

As intervenções estruturais compreenderão obras e dispositivos de controle físico do escoamento, tais como diques de contenção, ampliação e readequação da calha fluvial, bacias de detenção ou retenção, canalizações complementares e melhorias nas travessias existentes. Essas medidas visam atenuar picos de vazão e ampliar a segurança hidráulica da área urbana. De forma complementar, serão propostas medidas não estruturais, como aprimoramento dos sistemas de alerta e monitoramento, políticas de ocupação do solo compatíveis com as áreas de risco, ações de educação ambiental e estratégias de manejo sustentável das águas pluviais.

O sistema de drenagem será dimensionado considerando um tempo de retorno (TR) de 10 anos para o arroio Regalado e 100 anos para o rio Ibirapuitã, em conformidade com o projeto original de referência. Admitindo a independência estatística entre os eventos, essa combinação corresponde a um tempo de retorno conjunto de aproximadamente 1.000

anos. No entanto, esse critério poderá ser reavaliado e ajustado com base nos resultados obtidos nas simulações hidrodinâmicas e nos cenários de risco desenvolvidos nas etapas anteriores, sempre em comum acordo com a equipe de fiscalização do contrato. A eventual redefinição dos cenários não implicará alteração no número total de combinações a serem simuladas.

Além do cenário base, serão analisadas outras combinações de tempos de retorno, conforme indicado na Tabela 1, permitindo avaliar o desempenho hidráulico do sistema sob diferentes condições de cheia. Essa abordagem possibilitará comparar a resposta da bacia frente a eventos de diferentes magnitudes e frequências.

Tabela 1 – Possíveis TR para análises a serem realizadas no Arroio Regalado

TR Arroio Regalado (anos)	TR R. Ibirapuitã (anos)	TR conjunto (anos)
100	10	1000
50	20	1000
20	50	1000

Adicionalmente, serão simulados dois cenários futuros considerando os efeitos das mudanças climáticas, que poderão alterar os padrões de precipitação e intensificar a frequência de eventos extremos. Esses cenários permitirão avaliar a resiliência das soluções propostas e subsidiar a definição de medidas adaptativas para o manejo sustentável da drenagem urbana.

Os resultados dessa etapa compreenderão:

- Identificação e hierarquização das áreas prioritárias para intervenção;
- Proposição de medidas estruturais e não estruturais de mitigação de inundações;
- Avaliação comparativa do desempenho hidráulico em diferentes cenários de TR;
- Simulação dos efeitos de mudanças climáticas sobre a área urbana;
- Relatório técnico detalhado com análise, justificativas e recomendações para cada intervenção.

Prazo: A previsão de entrega deste produto é de até seis (6) meses a partir da emissão da Ordem de Serviço. Contudo, conforme reunião realizada com a Prefeitura Municipal de Alegrete, e a fim de atender ao cronograma estabelecido pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), algumas atividades poderão ser simplificadas, possibilitando a entrega preliminar em quatro (4) meses, com posterior complementação do produto final.

3.3 Atividades não incluídas

O presente estudo tem caráter técnico e preliminar, não incluindo atividades de nível executivo. As ações aqui descritas destinam-se à caracterização, diagnóstico e proposição de soluções em nível de anteprojeto, não sendo contempladas etapas de detalhamento construtivo, de execução ou de projeto executivo.

O escopo deste contrato não contempla determinadas atividades complementares que extrapolam os objetivos definidos nesta fase do estudo. Caso se tornem necessárias para o aprofundamento das análises ou desenvolvimento de projetos futuros, tais atividades poderão ser objeto de contratos adicionais ou termos aditivos específicos.

Entre as atividades não incluídas, destacam-se:

- Levantamentos topográficos convencionais em escala cadastral, que demandem detalhamento centimétrico de edificações, arruamentos ou infraestrutura urbana;
- Aquisição de imagens de satélite comerciais ou de produtos cartográficos pagos, cuja obtenção dependa de licenciamento específico;
- Digitalização e vetorização de dados pluviométricos, fluviométricos ou topográficos atualmente disponíveis apenas em formato analógico ou não digital;
- Estudos geotécnicos, de fundações e de dimensionamento estrutural detalhado das obras de engenharia previstas nas alternativas de intervenção;
- Dimensionamento geotécnico e estrutural das estruturas hidráulicas propostas, que nesta fase se limitará ao predimensionamento geométrico, suficiente para a avaliação técnica e estimativa de custos em nível de anteprojeto;

- Elaboração de projetos executivos de engenharia, memoriais descritivos e especificações técnicas detalhadas das obras;
- Custos logísticos, de deslocamento, transporte ou segurança não previstos expressamente no contrato;
- Obtenção de autorizações, licenças e apoio operacional em áreas de domínio militar, faixas de segurança ou zonas de risco, que serão de responsabilidade exclusiva da Contratante.

Ressalta-se que o orçamento das intervenções propostas será elaborado em nível compatível com estudos de anteprojeto, com a finalidade de permitir a comparação técnica e econômica entre alternativas e a estimativa preliminar de investimentos. As estimativas de custo serão apresentadas em nível de ordem de grandeza, com base em parâmetros médios de obras similares e em índices oficiais de referência (como SINAPI, SICRO ou DNIT), sem elaboração de planilhas detalhadas, composições unitárias ou memórias de cálculo, típicas da fase de projeto executivo. O predimensionamento geométrico das estruturas hidráulicas tem caráter comparativo e de viabilidade técnica, não devendo ser interpretado como solução construtiva definitiva.

Os resultados deste estudo poderão servir de base técnica para o desenvolvimento de projetos executivos, estudos de impacto e licenciamento ambiental, garantindo coerência e continuidade entre as etapas de diagnóstico, concepção e implantação das futuras intervenções de drenagem e controle de inundações.

3.4 Área de Abrangência

A área de abrangência do estudo corresponde à bacia hidrográfica do Arroio Regalado, com área aproximada de 26 km², englobando toda a sua planície de inundação e as áreas urbanas adjacentes que sofrem influência direta de eventos de cheia. Essa delimitação inclui as sub-bacias afluentes, os canais de drenagem urbana e as áreas críticas de alagamento identificadas ao longo do curso do arroio.

Para garantir a adequada representação dos processos hidrológicos e hidráulicos, a modelagem hidráulica incluirá o efeito do Rio Ibirapuitã que exerce influência direta sobre o comportamento do arroio Regalado, especialmente nas condições de jusante. A inclusão desse

trecho é fundamental para a análise dos efeitos de remanso e das condições de retorno do escoamento, permitindo reproduzir com maior precisão as interações hidráulicas entre os dois corpos hídricos. Considerando as limitações de tempo para elaboração desse estudo, as cotas no Rio Ibirapuitã poderão ser obtidas de estudos anteriores.

Com essa configuração, o estudo abrangerá uma área total de influência estimada em cerca de 5.500 km², correspondente à área de drenagem do rio Ibirapuitã até a confluência com o arroio Regalado. Essa delimitação assegura a coerência entre os limites de contribuição da bacia, o escoamento superficial e os efeitos de remanso, garantindo consistência nos resultados da modelagem e confiabilidade nas análises de cheias e inundações.

3.5 Abordagem Integrada e Interinstitucional

O desenvolvimento do Estudo Hidrológico do Arroio Regalado (Alegrete) será pautado em uma abordagem integrada, interdisciplinar e interinstitucional, combinando conhecimentos e técnicas nas áreas de engenharia hidráulica, hidrologia, geoprocessamento e sensoriamento remoto. Essa integração metodológica é essencial para garantir a consistência técnica, a precisão dos resultados e a aplicabilidade prática das soluções propostas.

As atividades serão conduzidas sob a coordenação técnica do Escritório de Infraestrutura Azul e Verde da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), que será responsável pela execução dos levantamentos, modelagens e análises hidrológicas e hidráulicas, bem como pela elaboração dos produtos técnicos e relatórios finais. A Prefeitura Municipal de Alegrete, por meio da Secretaria de Planejamento, atuará na supervisão local das atividades, fornecendo informações cadastrais, apoio logístico, acesso às áreas de estudo e validação dos resultados obtidos.

O estudo contará ainda com o acompanhamento técnico e institucional da Caixa Econômica Federal, na condição de agente operador e fiscalizador do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), assegurando a conformidade do trabalho com as diretrizes metodológicas e operacionais do programa. Paralelamente, o Ministério das Cidades exercerá papel de órgão supervisor e orientador, garantindo que o estudo esteja alinhado às políticas nacionais de desenvolvimento urbano, gestão integrada de recursos hídricos e prevenção de desastres.

Essa articulação interinstitucional — envolvendo universidade, município, agentes federais e instituições de fomento — assegura uma abordagem colaborativa e transparente, fortalecendo a qualidade técnica do estudo e ampliando sua relevância para o planejamento urbano e ambiental do município de Alegrete.

3.6 Resultados Esperados e Produtos Finais

O Estudo Hidrológico do Arroio Regalado (Alegrete) tem como resultado principal o fornecimento de subsídios técnicos e científicos para o planejamento e a gestão da drenagem urbana e das áreas de risco de inundação na bacia do Arroio Regalado do município de Alegrete. O conjunto de produtos desenvolvidos permitirá compreender o comportamento hidrológico e hidráulico do arroio Regalado, avaliar a eficiência das estruturas de drenagem existentes e propor medidas adequadas de mitigação, recuperação e prevenção de inundações.

Entre os principais resultados esperados, destacam-se:

- A **caracterização física detalhada** das bacias hidrográficas urbanas afluentes ao arroio Regalado, incluindo uso e ocupação do solo, topografia, áreas de preservação, várzeas e manchas urbanas;
- A **identificação das causas e áreas críticas de alagamento e inundação**, com base em levantamentos de campo, registros históricos e dados geoespaciais;
- A **obtenção de modelos digitais de terreno (MDT), modelos digitais de superfície (MDS), curvas de nível e ortomosaicos** das áreas ribeirinhas, obtidos por técnicas de sensoriamento remoto e levantamentos topográficos e batimétricos;
- A **modelagem hidrológica e hidráulica** da bacia urbana do arroio Regalado, com simulação de diferentes cenários de tempo de retorno e de eventos extremos;
- O **mapeamento das manchas de inundação** e das **cotas associadas às vazões de projeto**, permitindo a identificação das áreas suscetíveis a alagamentos e a avaliação do impacto das obras existentes;
- A **análise dos efeitos das mudanças climáticas** sobre o comportamento hidrológico e hidráulico da bacia, com projeção de cenários futuros e estimativa do aumento potencial de risco;

- A **proposição de medidas estruturais e não estruturais** para mitigação e prevenção de inundações, incluindo diques, bacias de retenção, ampliação de calhas, sistemas de alerta e políticas de ocupação do solo;
- A **estimativa preliminar de custos** das alternativas propostas, elaborada em nível compatível com anteprojeto, permitindo a comparação técnica e econômica entre soluções;
- A **integração de todos os resultados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica)**, possibilitando a visualização espacial e o uso das informações em sistemas municipais de planejamento e defesa civil.

O conjunto dos produtos finais será composto por relatórios técnicos, bases de dados georreferenciadas, mapas temáticos e arquivos digitais compatíveis com os principais sistemas de geoprocessamento, garantindo acessibilidade, transparência e aplicabilidade prática dos resultados. Esses produtos constituirão a base técnica necessária para a formulação de planos diretores de drenagem urbana, projetos executivos de obras hidráulicas, estudos de impacto ambiental e políticas públicas de gestão integrada de recursos hídricos no município.

Por fim, o estudo proporcionará ao município de Alegrete uma ferramenta moderna e atualizada de apoio à tomada de decisão, contribuindo para o planejamento urbano resiliente, a redução dos riscos associados a eventos de inundação e a melhoria da segurança e qualidade de vida da população residente na área de influência do arroio Regalado.

4. EQUIPE

A equipe alocada para o desenvolvimento das atividades é composta por:

Prof. Dr. Eng. Daniel Gustavo Allasia	Engenheiro Hidráulico e Civil, especialista em recursos hídricos e modelagem hidrológica e hidráulica. Coordenação geral.
Prof ^a . Dr ^a . Rutineia Tassi	Engenheira Civil, especialista em recursos hídricos e modelagem hidrológica e hidráulica.

Prof. Dr. João Francisco Horn	Engenheiro ambiental, especialista em recursos hídricos e hidrometria.
Enga. MSc. Vitória Martini	Engenheira Civil, especialista em modelagem hidrológica
Eng. Limber Zenteno	Engenheiro Civil, especialista em programação e gestão de base de dados
Enga. Yamila Chicherit	Engenheira Hídrica, especialista em hidrometria e levantamento de campo.

5. CRONOGRAMA

Para a execução das atividades previstas é previsto um prazo de 6 meses desde a ordem de serviço.

Mês/Atividade	1	2	3	4	5	6
Produto 1 – Plano de trabalho consolidado	■					
Produto 2 – Levantamento inicial.	■					
Produto 3 – Caracterização física das bacias.	■	■				
Produto 4 – Levantamento planialtimétrico	■	■				
Produto 5 - Levantamento batimétrico	■	■				
Produto 6 – Modelagem			■	■		
Produto 7 – Proposta Regalado					■	■

Ao final do prazo destinado à realização de cada atividade será realizada a entrega do relatório e dos produtos indicados. A entrega do relatório será realizada em formato digital compatível com Adobe Acrobat (extensão .pdf.). A proposta inclui, ainda, uma viagem para reconhecimento e levantamentos de campo, presença em até 4 reuniões na cidade de Alegrete, com apresentação dos trabalhos se necessário. A viagem não inclui pernoite.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.

- Barbosa, VRF; 1, Cicerelli, RE, Almeida, T. Anais ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO (MDE) DO SATÉLITE ALOS. 2019. do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE-Santos, SP.
- Beck de Souza Engenharia Ltda. 2004. PROJETO DO SISTEMA DE MACRODRENAGEM URBANA DO ARROIO REGALADO -MUNICÍPIO DE ALEGRETE, para a Secretaria de Obras, Saneamento e Habitação do RS em 2004.
- Biscubi Silva, C. MAPEAMENTO URBANO DAS ÁREAS DE INUNDAÇÃO DE ALEGRETE - RS . in REVISTA CAMINHOS DO PAMPA, V. 2, N. 1. JAN.-JUN. 2023. ISSN 2965-5099
- Duarte Silva, E. 2023. DEFINIÇÃO DE MANCHA DE INUNDAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE ALEGRETE-RS: SIMULAÇÃO DO EVENTO DE JANEIRO DE 2019. In *Anais do III Encontro Nacional de Desastres (ISSN 2764-9040)*.
- Germano, AO et al Mapeamento de manchas de inundação: Alegrete, RS / Andrea de Oliveira Germano, Camilla Dalla Porta Mattiuzi, Emanuel Duarte Silva, Raquel Barros Binotto, Renato Mendonça. – Porto Alegre: CPRM, 2022.
- MAGNA Engenharia. 2011. PLANO GERAL DE PROTEÇÃO CONTRA CHEIAS NA BACIA URBANA DO ARROIO REGALADO – RELATÓRIO DO PLANO GERAL. CONTRATO: Nº 037/2011. CONTRATANTE: Prefeitura Municipal de Alegrete. 99p. Il.
- RECKZIEGEL, Bernadete Weber. Levantamento dos Desastres Desencadeados por Eventos Naturais Adversos no Estado do Rio Grande do Sul no Período de 1980 a 2005. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de PósGraduação em Geografia, UFSM, Santa Maria - RS.
- ROBAINA, L. E. S.; KORMANN, T. C.; SCHIRMER, G. J.; Inventário dos processos de inundação no município de Alegrete – RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 7., 2010. Maringá. *Anais...* Maringá: 2010. CD-ROM. s/p.
- Robaina, LES; Kormann, TC; Schirmer, GJ. ZONEAMENTO DAS INUNDAÇÕES NA ÁREA URBANA DE ALEGRETE – RIO GRANDE DO SUL – BRASIL. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 32, n.2, p. 346-355, 2013