

# PROJETO DE DESASSOREAMENTO DO RIO PAULO LOPES

Laudo Técnico – Município de Paulo Lopes/SC



Integra

Geologia, Engenharia e Meio Ambiente

## SUMÁRIO

I	INFORMAÇÕES GERAIS .....	3
I.1	DADOS DO EMPREENDEDOR.....	3
I.2	EQUIPE RESPONSÁVEL PELO ESTUDO .....	3
I.3	EMPRESA RESPONSÁVEL PELO ESTUDO .....	4
II	INTRODUÇÃO.....	5
III	OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS .....	5
IV	LOCALIZAÇÃO.....	6
IV.1	MICROBACIAS DE CONTRIBUIÇÃO E ÁREAS DE DRENAGEM .....	8
IV.2	VAZÃO DE PROJETO .....	9
V	DIAGNÓSTICO DO LEITO .....	10
V.1.1	ANÁLISE DAS SUPERFÍCIES PRÉ E PÓS-DESASSOREAMENTO .....	13
V.1.2	ANÁLISE DA ELEVAÇÃO DA LÂMINA D'ÁGUA.....	14
VI	PROJETO EXECUTIVO DE DESASSOREAMENTO .....	19
VI.1	DELIMITAÇÃO DOS TRECHOS DE INTERVENÇÃO .....	20
VI.1.1	PRANCHAS EXECUTIVAS DE INTERVENÇÃO.....	21
VI.1.2	SETORIZAÇÃO HIDRÁULICA E HIDROSEDIMENTOLÓGICA .....	22
VI.2	SEÇÕES TÍPICAS DE INTERVENÇÃO .....	23
VI.2.1	CONSIDERAÇÕES SOBRE A DEFINIÇÃO DAS SEÇÕES TÍPICAS DE INTERVENÇÃO .....	23
VI.2.2	AVALIAÇÃO DOS SETORES DE ACUMULAÇÃO SEDIMENTAR E GARGALOS HIDRÁULICOS .....	24
VI.2.3	ESTRUTURAS DE MANUTENÇÃO HIDRÁULICA TIPO J-HOOK .....	27
VI.3	MÉTODOS EXECUTIVOS .....	30
VI.4	ESTIMATIVA DE VOLUMES .....	30
VI.5	DESTINAÇÃO DE MATERIAL .....	31
VI.6	EQUIPAMENTOS E LOGÍSTICA.....	31
VI.7	CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO .....	31
VI.7.1	AVALIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E PERÍODO RECOMENDADO PARA EXECUÇÃO DAS OBRAS.....	31
VII	DIRETRIZES AMBIENTAIS E DE MONITORAMENTO .....	33
VII.1	MONITORAMENTO DO MEIO FÍSICO.....	33
VII.2	QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTOS.....	33

VII.3 MEIO BIÓTICO E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS.....	33
VII.4 COMUNICAÇÃO SOCIOAMBIENTAL .....	33
VIII CONCLUSÃO.....	34
IX RESPONSÁVEL TÉCNICO.....	36
X BIBLIOGRAFIA.....	37
XI ANEXO A – TABELA DE CARACTERIZAÇÃO DOS TRECHOS DE INTERVENÇÃO.....	38
XII ANEXO B – ART .....	39

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização do trecho a ser desassoreado. ....	7
Figura 2. Áreas de drenagem contribuintes para o trecho estudado do Rio Paulo Lopes, Paulo Lopes/SC. ....	8
Figura 3. Seções transversais, definidas a partir do cruzamento dos dados topográficos e batimétricos, próximas a área urbana do Município de Paulo Lopes/SC.....	12
Figura 4. Comparação entre os MDTs dos cenários atual e dragado. ....	14
Figura 5. Comparação da elevação da lâmina d'água entre os cenários atual e dragado. ....	15
Figura 6. Perfil longitudinal da lâmina d'água nos cenários pré e pós-desassoreamento do leito.....	16
Figura 7. Perfil longitudinal da lâmina d'água nos cenários pré e pós-desassoreamento do Trecho 1. ....	17
Figura 8. Perfil longitudinal da lâmina d'água nos cenários pré e pós-desassoreamento do Trecho 2. ....	17
Figura 9. Perfil longitudinal da lâmina d'água nos cenários pré e pós-desassoreamento do Trecho 3. ....	18
Figura 10. Perfil longitudinal da lâmina d'água nos cenários pré e pós-desassoreamento do Trecho 4. ...	19
Figura 11. Perfil longitudinal da lâmina d'água nos cenários pré e pós-desassoreamento do Trecho 5. ...	19
Figura 12. Estrutura de travessia localizada na Rua José Pereira da Silva. Datum: SIRGAS2000 UTM Zona 22S. ....	25
Figura 13. Estrutura de travessia localizada na Rua Santa Catarina. Datum: SIRGAS2000 UTM Zona 22S. ....	26
Figura 14. Croqui em planta da estrutura hidráulica tipo J-Hook proposta para controle de deposição sedimentar.....	28
Figura 15. Detalhe transversal da estrutura tipo J-Hook com engastamento no leito e nas margens da calha fluvial. ....	29

## I INFORMAÇÕES GERAIS

### I.1 DADOS DO EMPREENDEDOR

<b>Razão Social</b>	<b>PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULO LOPES</b>
<b>CNPJ</b>	<b>82.892.365/0001-32</b>
<b>Endereço</b>	Rua José Pereira da Silva, nº 130, Bairro Centro CEP 88490-000
<b>Município</b>	Paulo Lopes/SC
<b>Telefone contato</b>	(48) 3253-0161
<b>E-mail</b>	licitacoes@paulolopes.sc.gov.br

### I.2 EQUIPE RESPONSÁVEL PELO ESTUDO

<b>Profissional</b>	<b>Formação</b>	<b>Registro</b>	<b>Função</b>
Jonatas Monteiro da Silva Avelino	Geólogo	CREA RS215058	Responsável Técnico
Pietro Luiz Balbinot	Geólogo	CREA RS270133	Analista Ambiental
João Vicente Zancan Godoy	Engenheiro Hídrico	CREA RS249356	Consultor Independente

### I.3 EMPRESA RESPONSÁVEL PELO ESTUDO

<b>Razão Social</b>	<b>INTEGRA GEOLOGIA AMBIENTAL LTDA</b>	
Endereço	Rua Ervino Arthur Thomas, 364 – Universitário	
Município	Lajeado/RS	
CNPJ	28.075.541/0001-06	
Contato	Geólogo Jonatas Monteiro da Silva Avelino	
E-mail	contato@integraambiental.com	
Telefone	(51) 4064-0247 – (51) 98652-6702 – (51) 97027126	
Registro CREA RS	228179	
Registro CRBio RS	1114-03/2019	
Registro CRQ RS	053610081	
Responsáveis Técnicos CREA	Alberto Togni	Engenheiro Mecânico
	Charles Otaviano Ferreira Da Silva	Engenheiro Civil
	Glauco Rafeale Bao	Engenheiro Químico
	Gustavo Schmidt Dos Anjos	Engenheiro Eletricista
	Jonatas Monteiro Da Silva Avelino	Geólogo
	Leonardo Ferreira Cenci	Engenheiro Agrônomo
	Fernanda Nicolodi Brum	Engenheira Sanitarista e Ambiental
Responsáveis Técnicos CRBio	Franciela Dal Cero	Bióloga
	Guilherme André Spohr	Biólogo
Responsável Técnico CRQ	Glauco Rafeale Bao	Engenheiro Químico

## II INTRODUÇÃO

O presente laudo técnico tem como finalidade integrar, organizar e complementar as informações necessárias à proposição do desassoreamento e melhoramento fluvial de trecho do Rio Paulo Lopes, no município de Paulo Lopes/SC. A intervenção proposta visa recuperar a capacidade hidráulica da calha fluvial em trecho sujeito ao acúmulo de sedimentos, galharias, vegetação obstrutiva e materiais que reduzem a seção de escoamento. Em sistemas fluviais de baixa declividade, como os trechos inferiores do Rio Paulo Lopes próximos à planície costeira, a redução da energia do fluxo favorece a deposição de sedimentos e intensifica a formação de bancos arenosos e barras marginais, aumentando a suscetibilidade a transbordamentos durante eventos hidrológicos adversos.

A elaboração deste estudo atende à necessidade de caracterização técnica da área afetada, com vistas à mitigação de riscos associados a eventos hidrológicos adversos, especialmente aqueles relacionados à redução da capacidade de escoamento da calha fluvial.

O estudo contempla uma análise integrada dos condicionantes geomorfológicos, hidrológicos e sedimentares do trecho em questão, com ênfase na identificação de processos de deposição, obstrução do canal e alterações morfodinâmicas que comprometem o regime de fluxo do curso d'água. Para tanto, foram utilizados dados provenientes de modelos digitais de elevação, imagens de satélite, bases cartográficas e levantamento batimétrico, a partir dos quais foi realizada a modelagem do canal, permitindo a delimitação dos trechos críticos, a avaliação preliminar da dinâmica de assoreamento e estimativa de remoção de material acumulado.

A abordagem adotada busca estabelecer uma relação consistente entre os processos naturais e antrópicos atuantes na área e os impactos observados sobre a capacidade hidráulica do rio, fornecendo subsídios técnicos para a definição de medidas corretivas. Dessa forma, o presente laudo constitui instrumento fundamental para orientar intervenções de melhoramento fluvial, contribuindo para a redução da vulnerabilidade a inundações nas áreas antropizadas ao longo do trecho analisado.

O presente estudo foi elaborado pela empresa INTEGRA GEOLOGIA AMBIENTAL LTDA. A responsabilidade técnica pela elaboração, organização e apresentação deste documento fica a cargo do Geólogo Jonatas Monteiro da Silva Avelino. A Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) de elaboração deste estudo segue em Anexo B.

## III OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

O presente laudo apresenta o diagnóstico técnico e o projeto de intervenção para o desassoreamento de trecho do Rio Paulo Lopes, em Paulo Lopes/SC, com vistas ao restabelecimento parcial da capacidade de escoamento da calha, à redução de obstruções hidráulicas e à mitigação de riscos associados a inundações, alagamentos e danos à infraestrutura urbana próxima ao canal.

Esse tipo de estudo constitui base essencial para a tomada de decisão quanto à execução de obras de melhoramento fluvial, permitindo identificar áreas críticas, compreender os processos responsáveis pela deposição de sedimentos e avaliar os riscos associados à redução da seção de escoamento. A análise técnica desenvolvida busca, ainda, orientar a definição de estratégias que minimizem impactos ambientais e promovam maior eficiência das intervenções propostas.

A necessidade de realização do presente estudo fundamenta-se na ocorrência de acúmulo expressivo de sedimentos no leito do rio, associado à presença de galharias e vegetação que contribuem para a obstrução parcial do canal. Esses fatores resultam na diminuição da capacidade de vazão, favorecendo o transbordamento em eventos de precipitação intensa e aumentando o risco de alagamentos nas áreas adjacentes.

Dessa forma, a caracterização detalhada da área e dos processos atuantes permite estabelecer o nexo técnico entre o assoreamento identificado e os eventos hidrológicos adversos, justificando a adoção de medidas de intervenção voltadas à recuperação da funcionalidade hidráulica do curso d'água e à mitigação dos riscos à população e à infraestrutura local.

#### IV LOCALIZAÇÃO

O trecho estudado possui extensão de aproximadamente 6,9 km e localiza-se no município de Paulo Lopes/SC, em setor associado à planície costeira do Rio Paulo Lopes (Figura 1). A área apresenta baixa declividade e forte influência da dinâmica sedimentar fluvial, favorecendo a deposição de sedimentos e a formação de barras arenosas, o que promove a redução progressiva da seção hidráulica do canal.

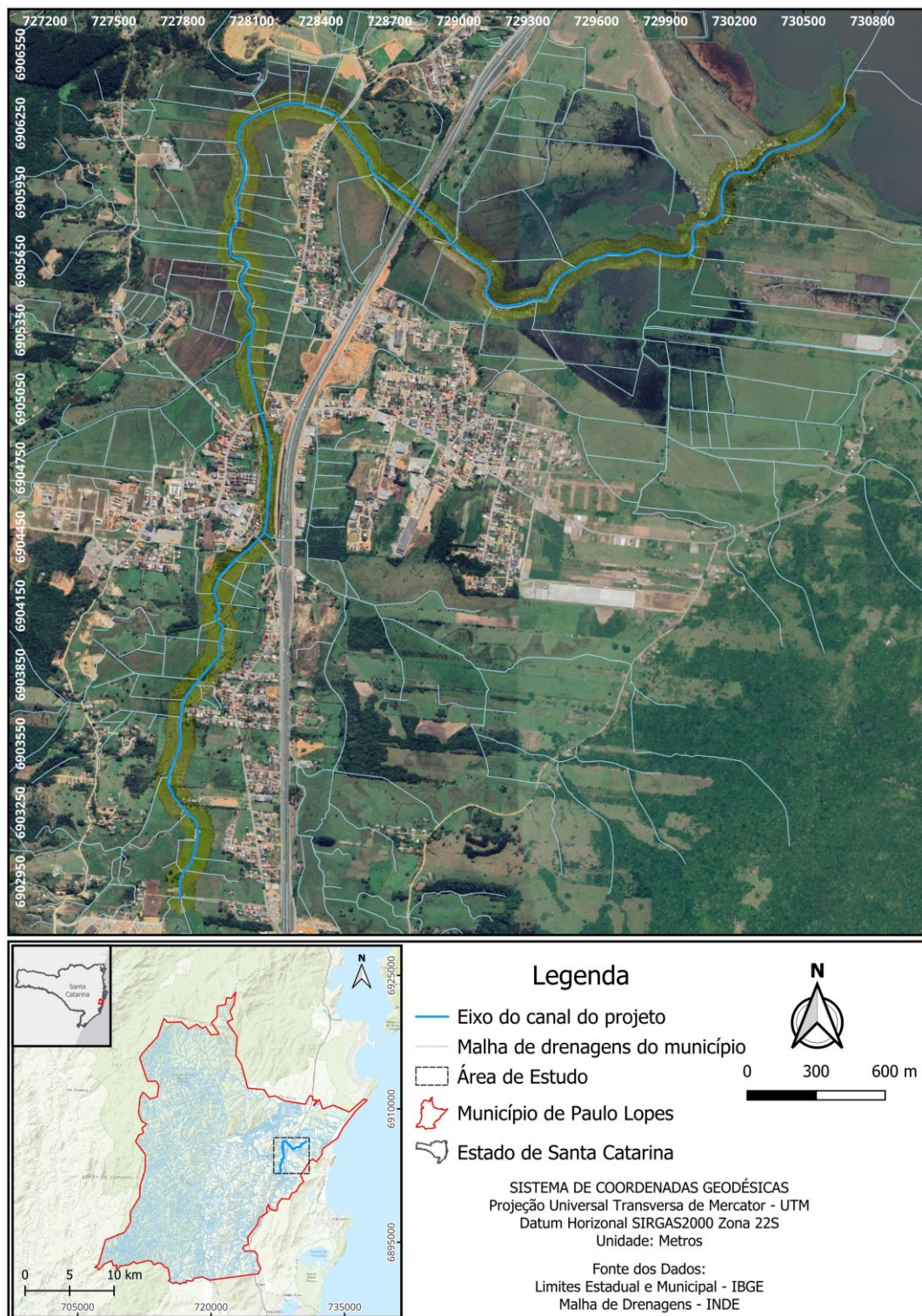
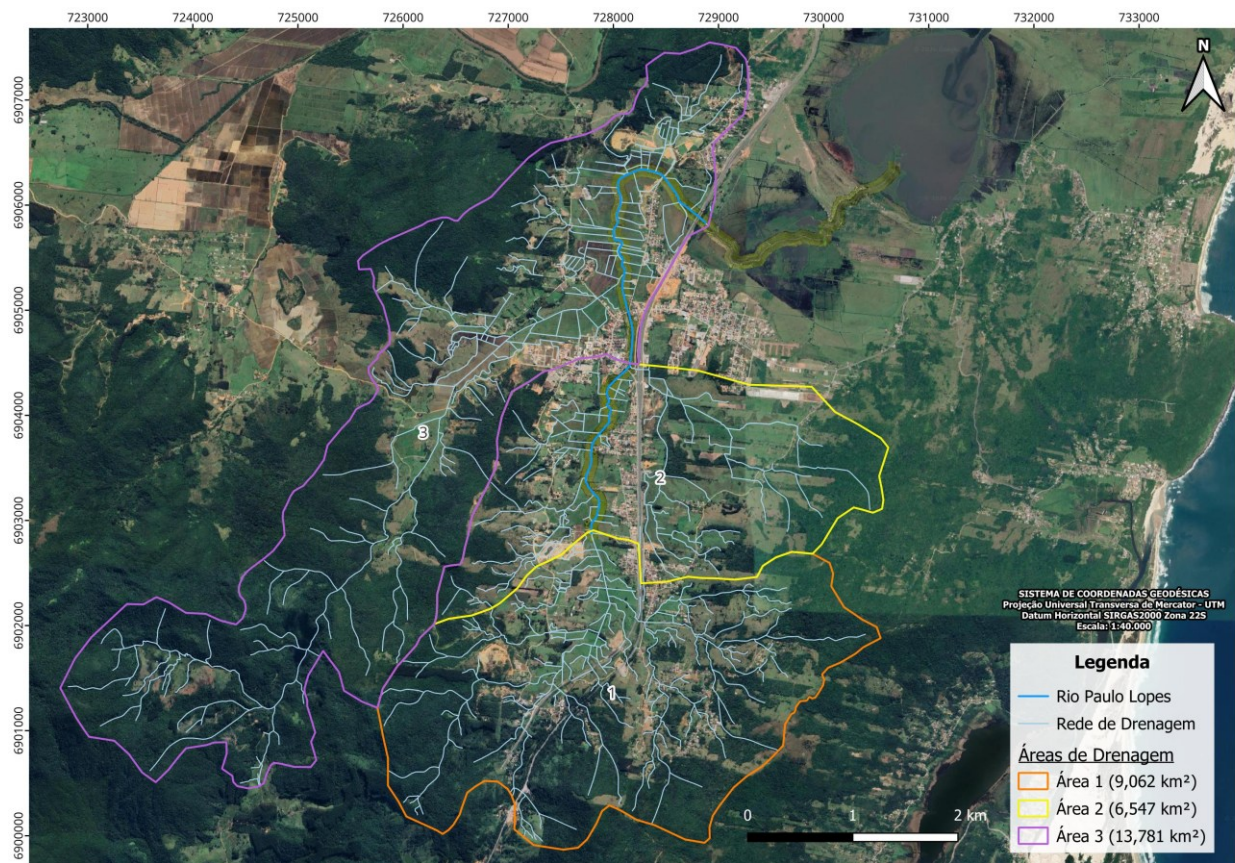


Figura 1. Mapa de localização do trecho a ser desassoreado.

## IV.1 MICROBACIAS DE CONTRIBUIÇÃO E ÁREAS DE DRENAGEM

A análise das áreas de drenagem contribui diretamente para a compreensão da dinâmica hidrológica do Rio Paulo Lopes e para a interpretação dos processos de aporte sedimentar responsáveis pelo assoreamento observado no trecho objeto do estudo. O mapeamento das sub-bacias permitiu identificar os principais setores contribuintes ao escoamento superficial, bem como os compartimentos com maior potencial de geração e transporte de sedimentos em direção à calha principal.

Com base no mapa de drenagem elaborado para a área de estudo (Figura 2), foram delimitadas três áreas principais de contribuição hidrológica, totalizando aproximadamente 29,39 km<sup>2</sup> de área drenante. A compartimentação foi realizada considerando a topografia regional, a rede de drenagem existente, os divisores naturais de água e a convergência dos fluxos superficiais em direção ao Rio Paulo Lopes.



**Figura 2.** Áreas de drenagem contribuintes para o trecho estudado do Rio Paulo Lopes, Paulo Lopes/SC.

A Área de Drenagem 1 apresenta aproximadamente 9,062 km<sup>2</sup> e localiza-se predominantemente no setor sul da área de estudo. Trata-se de uma sub-bacia com relevo mais movimentado em relação aos setores adjacentes, apresentando elevada densidade de canais de drenagem de primeira ordem. A presença de encostas mais íngremes e canais tributários curtos favorece maior resposta hidrológica durante eventos pluviométricos intensos, aumentando

o potencial de transporte sólido para o canal principal. Observa-se também maior contribuição de escoamento superficial proveniente de áreas antropizadas e vias locais, o que intensifica o carregamento de sedimentos finos e matéria orgânica para o Rio Paulo Lopes.

A Área de Drenagem 2 corresponde a aproximadamente 6,547 km<sup>2</sup> e ocupa a porção central-leste da bacia analisada. Este setor apresenta padrão de drenagem relativamente distribuído, associado a áreas urbanizadas e zonas de transição entre ambientes rurais e ocupação urbana consolidada. Em função da maior impermeabilização superficial observada neste compartimento, há tendência de aumento do escoamento superficial concentrado, favorecendo picos de vazão mais rápidos durante eventos extremos. A proximidade direta desta sub-bacia com o trecho urbano do Rio Paulo Lopes confere elevada influência hidráulica sobre os setores sujeitos a extravasamento e inundação.

A Área de Drenagem 3 constitui o maior compartimento identificado, abrangendo aproximadamente 13,781 km<sup>2</sup> na porção oeste e noroeste da área de estudo. Esta sub-bacia concentra extensa rede de drenagem de cabeceira associada a áreas vegetadas e relevo mais acidentado. A elevada ramificação da drenagem indica importante contribuição hídrica para o sistema principal, funcionando como setor de captação de vazões provenientes das encostas adjacentes. Apesar da maior cobertura vegetal contribuir parcialmente para retenção hídrica e controle erosivo, a extensão da área drenante faz com que este compartimento exerça papel relevante na manutenção das vazões de base e no aporte sedimentar transportado em períodos de precipitação intensa.

A configuração espacial das áreas de drenagem evidencia que o trecho analisado do Rio Paulo Lopes atua como eixo receptor de contribuições provenientes de múltiplos setores hidrologicamente ativos, justificando a recorrência de processos de deposição sedimentar ao longo da calha. A convergência dos fluxos superficiais, associada à baixa declividade do trecho inferior do rio e à redução da capacidade hidráulica causada pelo assoreamento, favorece a formação de remansos, perda de competência de transporte e deposição progressiva de sedimentos no canal.

## IV.2 VAZÃO DE PROJETO

Para a determinação da vazão de projeto foi utilizado o estudo de regionalização hidrológica do estado de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2006). Utilizou-se de 1,5 x Qmlt (1,5 da vazão média de longo prazo) a fim de obter uma vazão compatível com a funcionamento da calha fluvial plena, próximo ou na capacidade máxima sem que haja extravasamentos significativos da calha.

A escolha de uma vazão com funcionamento pleno da calha sem extravasamentos significativos foi de acordo com a natureza do projeto, visando avaliar o funcionamento hidráulico extremo do canal fluvial sem que haja efeitos de transbordamentos.

## V DIAGNÓSTICO DO LEITO

Para realizar o diagnóstico do leito foi realizada a modelagem do canal a partir da confecção de 35 seções transversais da calha que foram cruzadas com dados de levantamentos topográfico e batimétrico (Figura 3).

A análise integrada dos dados topográficos e batimétricos evidencia que o trecho do Rio Paulo Lopes em estudo apresenta alterações significativas em sua dinâmica fluvial, associadas principalmente ao acúmulo de sedimentos no leito e à obstrução parcial da calha por material vegetal e resíduos diversos.

Do ponto de vista morfológico, o sistema fluvial apresenta baixas declividades longitudinais estando sujeito a controles hidráulicos de jusante. Estes controles hidráulicos de jusante podem ser estruturas civis que causem obstrução da calha fluvial e planície de inundação, assim como a deposição de sedimentos em trechos mais a jusante, incluindo a Lagoa do Ribeirão.

Atualmente, observa-se a presença de depósitos sedimentares distribuídos ao longo do canal, formando bancos de areia e barras laterais que reduzem a seção hidráulica efetiva do rio. Esses depósitos são favorecidos por trechos de menor declividade e por mudanças locais na geometria do canal, que promovem a diminuição da velocidade de escoamento e a consequente deposição de material transportado.

Associado a esse processo, verifica-se a ocorrência de galharias e vegetação arbórea tombada no leito e nas margens, contribuindo para o aumento da rugosidade hidráulica e para a formação de pontos de estrangulamento do fluxo. Em determinados setores, essas obstruções atuam como barreiras parciais, promovendo retenção de sedimentos a montante e intensificando o processo de assoreamento. Foi estimado, a partir do mapeamento da vegetação ao longo do canal, que 16.393,57 m<sup>2</sup> da área interna do leito no trecho de estudo é afetada pela presença de vegetação *in situ* e tombada.

A análise do modelo digital de elevação e das seções batimétricas indica que o trecho estudado está inserido em uma área de baixa declividade, característica que favorece a dissipação de energia do fluxo e a deposição de sedimentos. Essa condição, aliada ao aporte contínuo de material proveniente da bacia de contribuição, resulta na progressiva elevação do leito fluvial e na redução da capacidade de transporte do sistema.

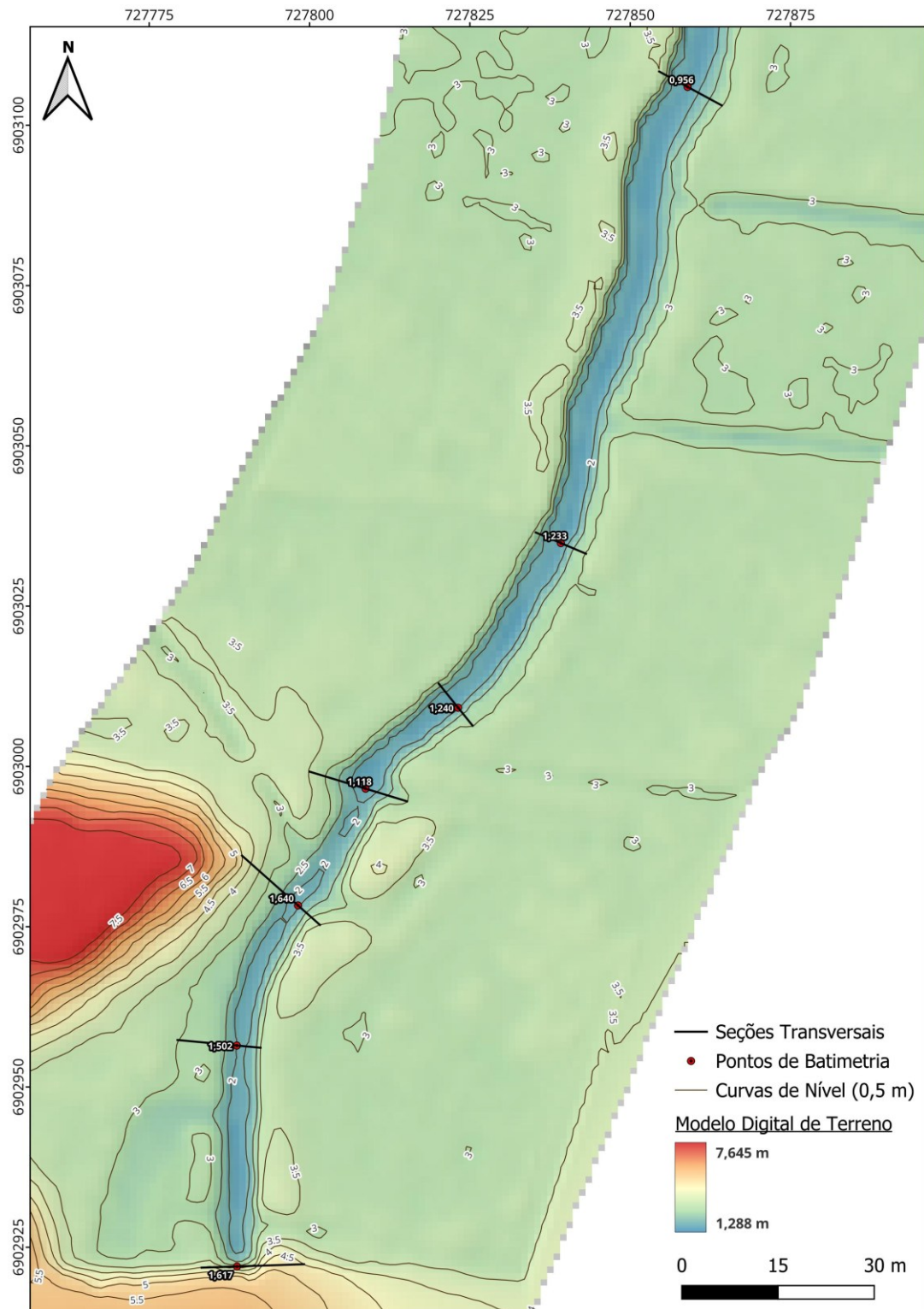
Para apoio ao diagnóstico do leito foi realizada modelagem hidráulica do canal com o software HEC-RAS, utilizando a geometria obtida a partir dos levantamentos topográficos e batimétricos do Rio Paulo Lopes. A modelagem representou a condição atual da calha e auxiliou na identificação dos setores com perda de seção hidráulica e subsidiou a definição da geometria de projeto adotada para o desassoreamento. A estimativa do volume de material a remover foi

---

obtida a partir da comparação entre a superfície atual do leito e a superfície modelada com a seção hidráulica regularizada após o processo de dragagem.

Do ponto de vista hidráulico, e considerando os resultados obtidos com a modelagem do canal, a redução da seção de escoamento associada ao assoreamento e às obstruções vegetais compromete a capacidade de vazão do rio, tornando-o mais suscetível ao transbordamento durante eventos de chuva intensa. Esse comportamento é agravado pela presença de áreas adjacentes com ocupação antrópica, aumentando o potencial de impacto sobre a população e a infraestrutura local.

Dessa forma, o diagnóstico técnico evidencia que o processo de assoreamento identificado possui relação direta com o aumento do risco de inundação na área de estudo, configurando um cenário que demanda intervenção para restabelecimento da capacidade hidráulica do canal.



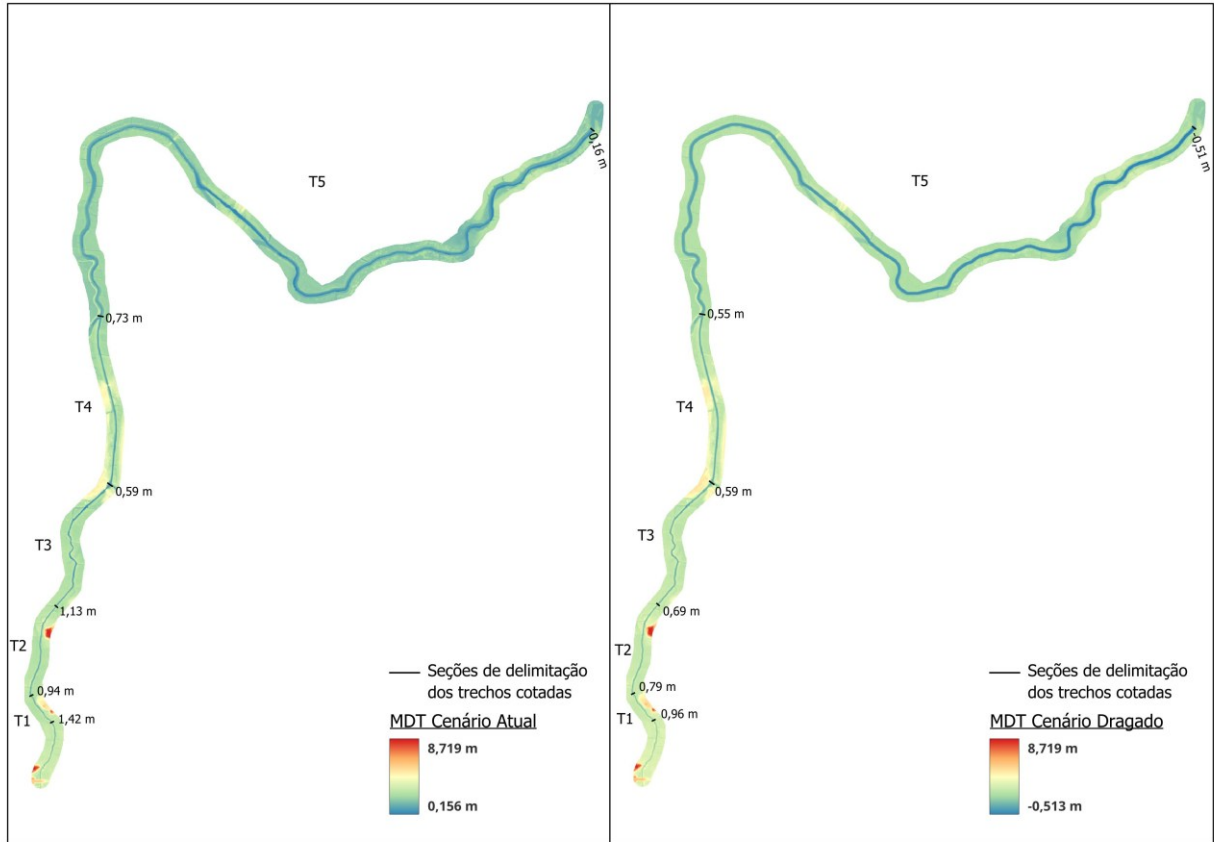
**Figura 3.** Seções transversais, definidas a partir do cruzamento dos dados topográficos e batimétricos, próximas a área urbana do Município de Paulo Lopes/SC.

### V.1.1 ANÁLISE DAS SUPERFÍCIES PRÉ E PÓS-DESASSOREAMENTO

Na fase de diagnóstico buscou-se compreender o comportamento hidráulico do trecho e avaliar a efetividade das ações de regularização do leito, comparando topografia e funcionamento hidráulico do sistema. De modo geral, as avaliações a seguir demonstram diminuição da linha da água em ordem de grandeza expressiva, evidenciando o melhoramento hidráulico do sistema esperado pós regularização do seu leito.

A análise comparativa entre os Modelos Digitais do Terreno (MDT) referentes aos cenários atual e dragado evidencia redução significativa das cotas altimétricas do leito ao longo dos trechos analisados, refletindo diretamente a remoção dos depósitos sedimentares assoreados.

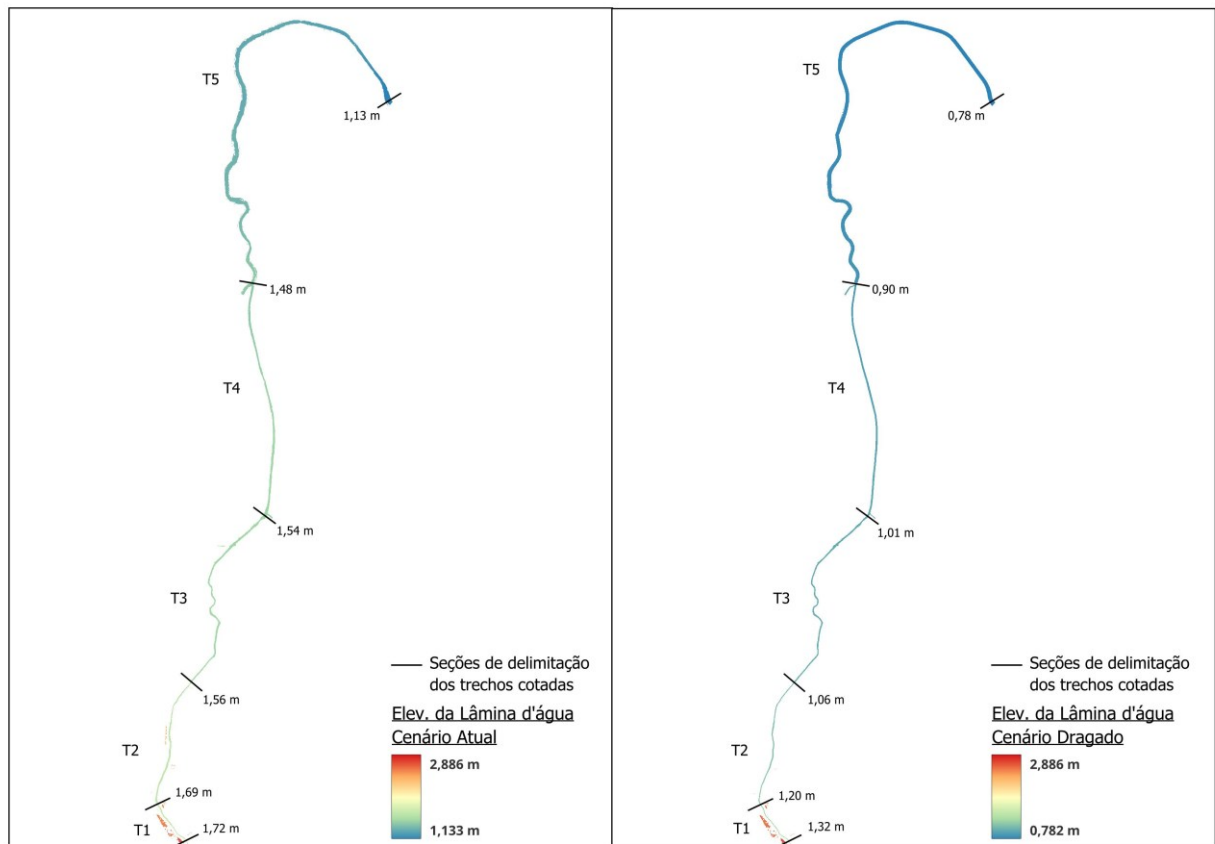
Os mapas comparativos demonstram que o cenário dragado apresenta geometria hidráulica mais uniforme, com redução de irregularidades associadas ao assoreamento e à formação de barras sedimentares (Figura 4). Tal condição tende a ampliar a seção molhada e aumentar a capacidade de escoamento do canal, contribuindo para a mitigação de extravasamentos durante eventos de chuva intensa.



**Figura 4.** Comparação entre os MDTs dos cenários atual e dragado.

### V.1.2 ANÁLISE DA ELEVAÇÃO DA LÂMINA D'ÁGUA

A comparação entre os cenários hidráulicos atual e dragado demonstra redução expressiva da elevação da lâmina d'água ao longo de praticamente toda a extensão modelada. No cenário atual, verifica-se comportamento hidráulico condicionado pelo estreitamento e pelo assoreamento do canal, favorecendo elevação das cotas hidráulicas e formação de remansos localizados. Após a dragagem, observa-se redução generalizada das cotas da superfície livre, indicando aumento da eficiência hidráulica do sistema (Figura 5).



**Figura 5. Comparação da elevação da lâmina d'água entre os cenários atual e dragado.**

Os perfis longitudinais evidenciam o rebaixamento da lâmina d'água ao longo dos trechos do canal, as diferenças entre os cenários chegam a aproximadamente 0,40 a 0,60 m, demonstrando melhora do gradiente hidráulico e redução das cotas piezométricas superficiais.

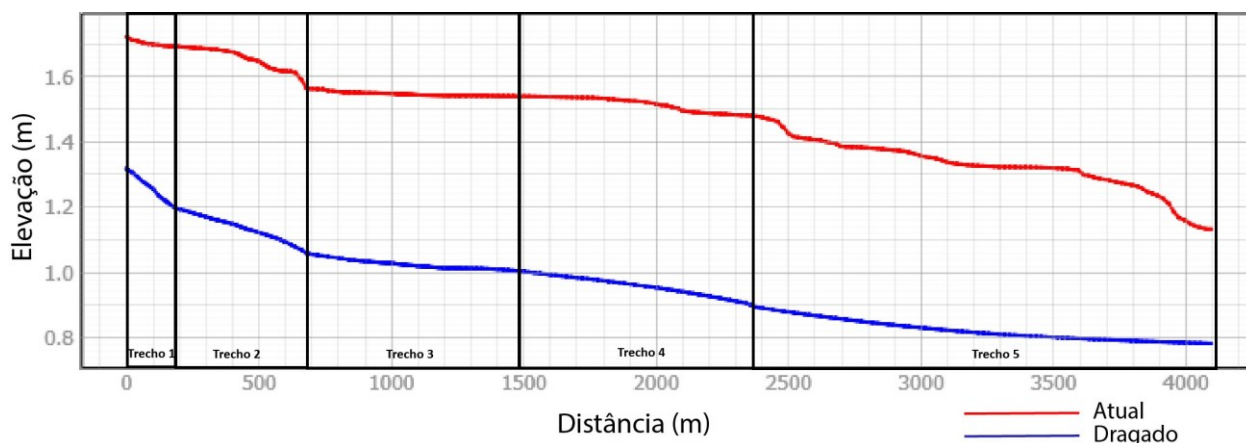
### V.1.2.1 PERFIL LONGITUDINAL GERAL

O perfil longitudinal geral evidencia de forma clara a diferença hidráulica entre o cenário atual e o cenário pós-desassoreamento ao longo de toda a extensão modelada do canal. O cenário atual apresenta cotas hidráulicas persistentemente mais elevadas, refletindo a influência do assoreamento e das obstruções existentes sobre a dinâmica de escoamento. Observa-se que esse perfil possui comportamento menos regular, com mudanças locais de declividade e trechos de redução da energia hidráulica associados à presença de deposição sedimentar no leito.

Por outro lado, cenário dragado apresenta rebaixamento contínuo da superfície livre e maior uniformidade longitudinal das cotas hidráulicas. A diferença entre os dois perfis torna-se mais expressiva principalmente entre os Trechos 1 e 3, onde o canal apresenta maior grau de assoreamento e redução da seção de escoamento no cenário atual. Nesses setores, a

intervenção hidráulica promove redução significativa da lâmina d'água, indicando melhora direta na capacidade de vazão do sistema.

Nos setores superiores do trecho modelado, embora a diferença entre os cenários seja relativamente menor, ainda se observa manutenção de cotas hidráulicas inferiores no cenário pós-desassoreamento, demonstrando que a regularização geométrica do canal promove benefícios hidráulicos ao longo de toda a extensão analisada. O comportamento mais contínuo do cenário dragado também indica redução das perdas de carga distribuídas e menor tendência à formação de remansos locais.

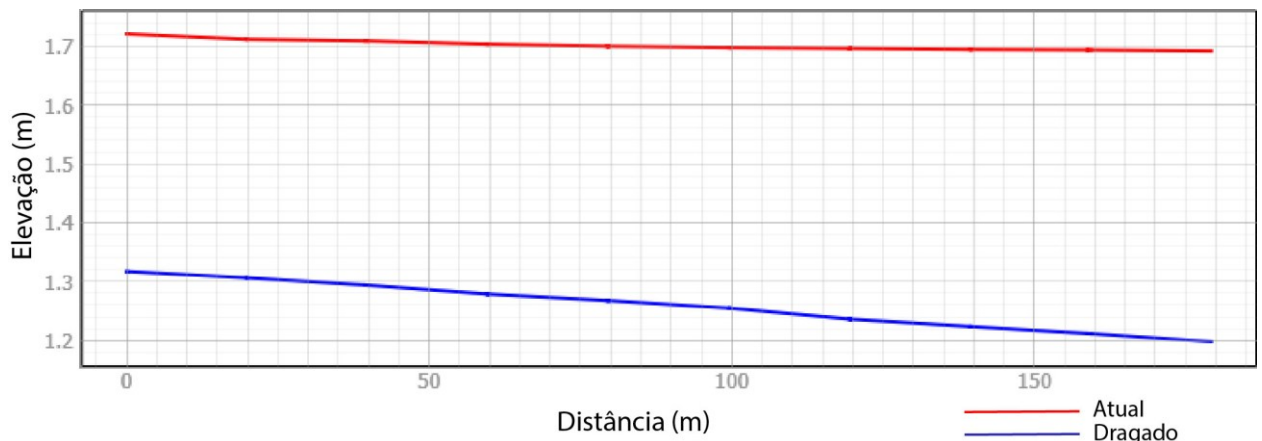


**Figura 6.** Perfil longitudinal da lâmina d'água nos cenários pré e pós-desassoreamento do leito.

### V.1.2.2 PERFIL LONGITUDINAL – TRECHO 1

O Trecho 1 apresenta uma das maiores diferenças entre os cenários modelados, evidenciando forte influência do assoreamento sobre a elevação da lâmina d'água no canal atual. O cenário atual mantém cotas hidráulicas elevadas e relativamente estáveis ao longo do trecho, indicando condição de escoamento com baixa eficiência hidráulica e forte influência de retenção de fluxo.

Após a intervenção, o cenário dragado demonstra rebaixamento expressivo da superfície livre, acompanhado de aumento do gradiente longitudinal de escoamento. A diferença entre os dois cenários evidencia que os depósitos sedimentares atualmente presentes no leito exercem papel significativo na elevação da lâmina d'água nesse setor, favorecendo condições de remanso e redução da capacidade hidráulica do canal.

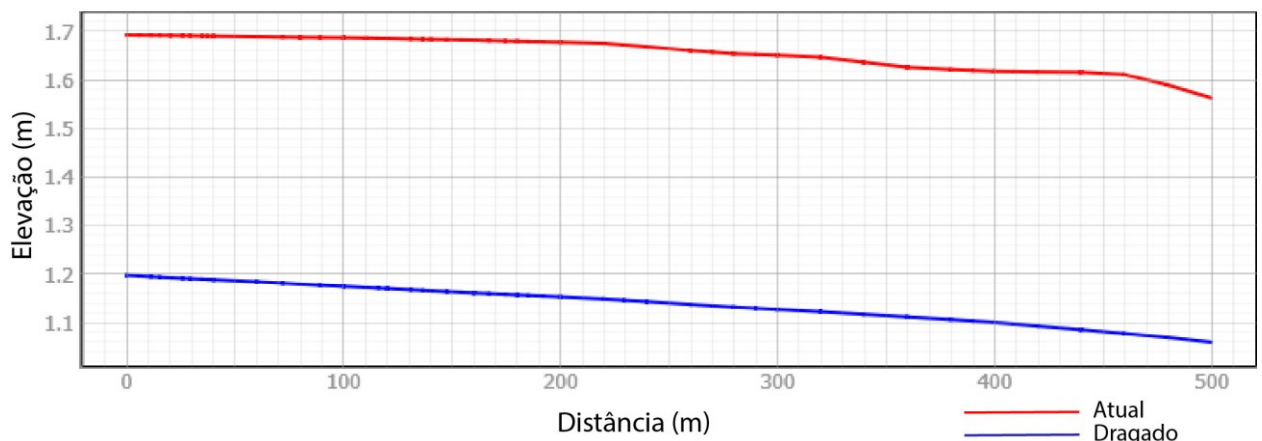


**Figura 7.** Perfil longitudinal da lâmina d'água nos cenários pré e pós-desassoreamento do Trecho 1.

### V.1.2.3 PERFIL LONGITUDINAL – TRECHO 2

No Trecho 2 observa-se comportamento hidráulico relativamente uniforme em ambos os cenários, porém com diferença altimétrica consistente entre as curvas representativas da lâmina d'água. O cenário atual apresenta cotas mais elevadas ao longo de todo o segmento, refletindo a influência da redução da seção hidráulica provocada pelo assoreamento acumulado.

O cenário dragado evidencia rebaixamento contínuo da superfície livre após a dragagem, indicando melhora significativa na eficiência do escoamento. A regularidade do perfil pós-intervenção demonstra que a remoção dos sedimentos promove redistribuição mais homogênea da energia hidráulica ao longo do canal, reduzindo a tendência de retenção localizada de fluxo.



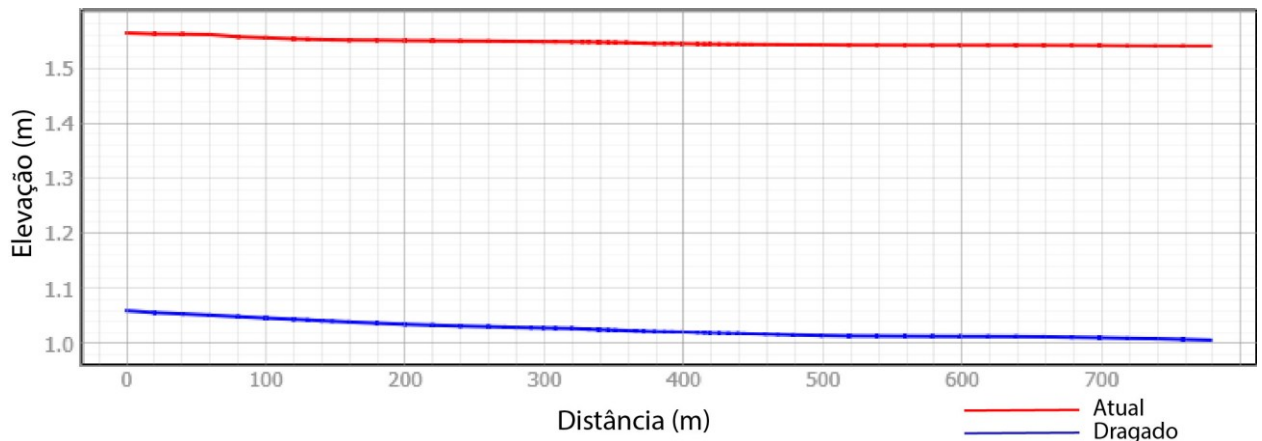
**Figura 8.** Perfil longitudinal da lâmina d'água nos cenários pré e pós-desassoreamento do Trecho 2.

### V.1.2.4 PERFIL LONGITUDINAL – TRECHO 3

O Trecho 3 apresenta comportamento hidráulico mais estável em comparação aos setores inferiores do canal, porém ainda com diferenças expressivas entre os cenários atual e dragado. O cenário atual evidencia manutenção de cotas elevadas da superfície livre, indicando

que mesmo em setores com menor irregularidade geométrica o assoreamento exerce influência sobre o nível hidráulico do canal.

Após a intervenção, o cenário dragado apresenta redução consistente das cotas da lâmina d'água e maior continuidade longitudinal do perfil hidráulico. A menor variação altimétrica observada ao longo do trecho dragado sugere diminuição das perdas de carga localizadas e melhora na transmissão das vazões ao longo do sistema fluvial.

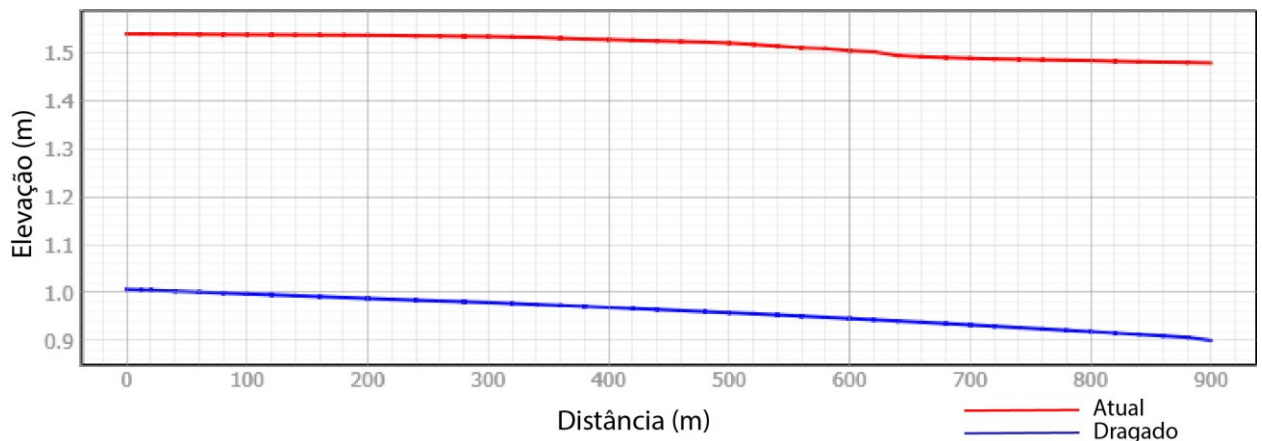


**Figura 9.** Perfil longitudinal da lâmina d'água nos cenários pré e pós-desassoreamento do Trecho 3.

#### V.1.2.5 PERFIL LONGITUDINAL – TRECHO 4

No Trecho 4 verifica-se redução moderada da elevação da lâmina d'água após a intervenção hidráulica. O cenário atual apresenta cotas relativamente elevadas e leve tendência de perda de declividade hidráulica no setor intermediário do trecho, indicando condição parcialmente influenciada pela presença de sedimentos acumulados no leito.

O cenário dragado demonstra comportamento mais regular e cotas inferiores ao longo de toda a extensão modelada, refletindo aumento da capacidade de escoamento após a regularização geométrica do canal. Embora os rebaixamentos observados sejam menores em relação aos trechos inferiores, os resultados ainda evidenciam ganho hidráulico relevante decorrente da dragagem proposta.

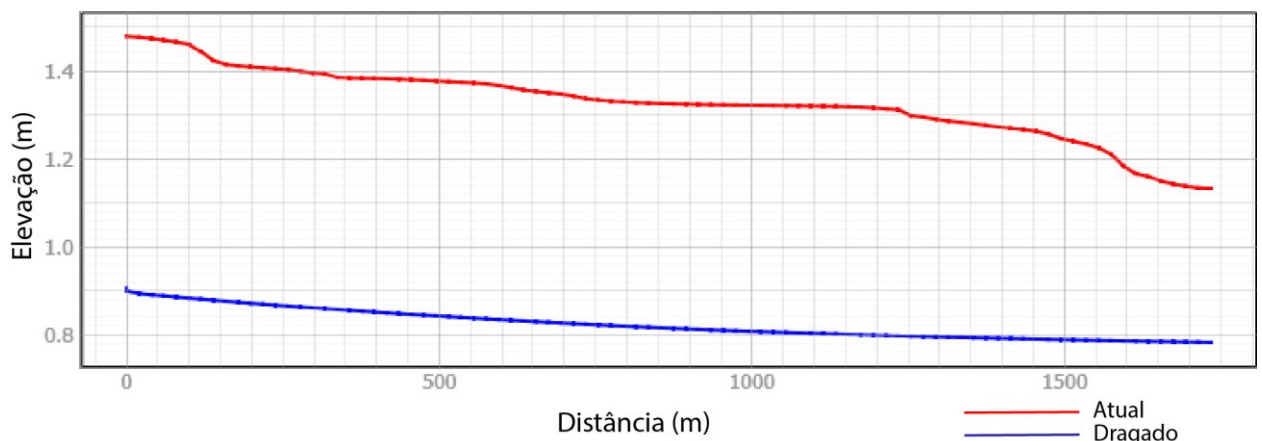


**Figura 10.** Perfil longitudinal da lâmina d'água nos cenários pré e pós-desassoreamento do Trecho 4.

### V.1.2.6 PERFIL LONGITUDINAL – TRECHO 5

O Trecho 5 apresenta redução gradual e contínua das cotas hidráulicas após o desassoreamento. O cenário atual evidencia comportamento típico de setor sujeito à deposição sedimentar progressiva, com superfície livre posicionada em cotas mais elevadas e presença de trechos com redução da declividade hidráulica.

Após a intervenção, o cenário dragado apresenta perfil longitudinal mais uniforme e hidraulicamente eficiente, indicando melhora da continuidade do fluxo ao longo do canal. Embora as diferenças entre os cenários sejam mais suaves em determinados segmentos do trecho, o rebaixamento sistemático da superfície livre demonstra que a dragagem contribui para a redução das perdas de carga e para a melhoria geral das condições de escoamento do Rio Paulo Lopes.



**Figura 11.** Perfil longitudinal da lâmina d'água nos cenários pré e pós-desassoreamento do Trecho 5.

## VI PROJETO EXECUTIVO DE DESASSOREAMENTO

O presente capítulo apresenta o detalhamento técnico das intervenções propostas para o desassoreamento do trecho do Rio Paulo Lopes, com base no diagnóstico realizado. O projeto

executivo contempla a definição dos trechos de intervenção, seções de referência, métodos construtivos, estimativa de volumes e diretrizes operacionais.

Os dados topobatimétricos possibilitaram a análise global do sistema fluvial, sem detalhar pontos específicos para o desassoreamento. Portanto, o projeto executivo de desassoreamento propõe a regularização do leito fluvial em diferentes trechos de modo a maximizar a capacidade hidráulica da calha fluvial contemplada no trecho em avaliação, assim como diretrizes gerais para pontos específicos de estrangulamentos do escoamento e ações para manejo do sedimento transportado pelo curso hídrico.

## VI.1 DELIMITAÇÃO DOS TRECHOS DE INTERVENÇÃO

A delimitação dos trechos de intervenção foi realizada a partir da integração entre os levantamentos topográficos, batimétricos e os produtos derivados da modelagem hidráulica desenvolvida no software HEC-RAS. O trecho total analisado, com aproximadamente 6,9 km de extensão ao longo do Rio Paulo Lopes, foi compartimentado em cinco setores principais de intervenção (T1 a T5), considerando critérios hidráulicos, geomorfológicos e operacionais observados ao longo da calha fluvial.

A definição dos limites entre os trechos considerou a variação longitudinal das condições de escoamento, mudanças na geometria do canal, intensidade dos processos de assoreamento, presença de estrangulamentos hidráulicos e comportamento da lâmina d'água. Essa compartimentação permitiu individualizar os setores com maior necessidade de intervenção e estabelecer critérios específicos para a recomposição hidráulica de cada segmento do canal.

Como suporte técnico à delimitação e ao detalhamento executivo das intervenções, foram elaborados pontos de estaqueamento ao longo de toda a extensão do trecho estudado, espaçados a cada 20 metros. Esses pontos serviram como referência geométrica para o controle longitudinal do canal e para a extração sistemática de informações altimétricas e hidráulicas do modelo.

O estaqueamento foi cruzado com os Modelos Digitais do Terreno (MDT), com os perfis batimétricos e com os resultados da modelagem hidráulica no HEC-RAS, permitindo avaliar localmente as diferenças entre os cenários atual e dragado. A integração dessas informações subsidiou diretamente a definição das seções de intervenção, possibilitando identificar os setores com maior perda de capacidade hidráulica, maiores espessuras sedimentares e maiores elevações da lâmina d'água no cenário atual.

A utilização de estaqueamento contínuo também proporcionou maior precisão na definição geométrica das seções de dragagem, na estimativa volumétrica do material a ser removido e na espacialização dos trechos prioritários de intervenção. Além disso, o método estabeleceu uma

base de referência compatível com futuras etapas de locação de obra, fiscalização e acompanhamento executivo das intervenções propostas.

### VI.1.1 PRANCHAS EXECUTIVAS DE INTERVENÇÃO

O projeto executivo de desassoreamento foi complementado pela elaboração de sete pranchas técnicas contendo o detalhamento planialtimétrico dos trechos de intervenção, elaboradas a partir da integração entre ortomosaicos obtidos por aerolevanteamento, levantamento topobatimétrico, modelagem digital do terreno e definição das seções hidráulicas de projeto. As pranchas têm como objetivo fornecer subsídios para a locação em campo das intervenções, acompanhamento da execução das obras e conferência dos parâmetros geométricos adotados para cada segmento do canal.

Cada prancha apresenta o croqui de localização do trecho, ortomosaico de alta resolução, estaqueamento longitudinal com intervalos de 20 metros, curvas de nível derivadas do levantamento topobatimétrico, delimitação da área de intervenção, perfil longitudinal do canal e seção típica de dragagem adotada para o respectivo setor. Complementarmente, são apresentadas tabelas contendo as cotas das estacas utilizadas na definição geométrica da calha e informações técnicas referentes à extensão do trecho, escala cartográfica e parâmetros de projeto.

A Prancha 01 contempla o Trecho 1, com extensão aproximada de 180 m e largura de fundo projetada de 1,0 m, representando o segmento inicial da intervenção e detalhando a regularização geométrica da calha em setor de menor largura hidráulica.

A Prancha 02 corresponde ao Trecho 2, com extensão aproximada de 500 m e largura de fundo de 3,0 m, abrangendo segmento com desenvolvimento linear mais pronunciado e importante concentração de depósitos sedimentares identificados durante o levantamento de campo.

A Prancha 03 apresenta o Trecho 3, com extensão aproximada de 790 m e largura de fundo projetada de 4,0 m. Neste setor são representadas interferências de infraestrutura viária e travessias existentes, permitindo avaliar a compatibilização entre as obras de desassoreamento e os elementos estruturais implantados sobre a calha fluvial.

A Prancha 04 detalha o Trecho 4, com aproximadamente 900 m de extensão e largura de fundo de 5,0 m, abrangendo setor urbano do canal caracterizado por baixa declividade longitudinal e elevada influência de ocupações marginais sobre a dinâmica hidráulica local.

As Pranchas 05, 06 e 07 (única) correspondem ao Trecho 5, subdividido em três segmentos operacionais em função de sua extensão total. O Trecho 5/1 possui aproximadamente 560 m de extensão, o Trecho 5/2 aproximadamente 1.180 m e o Trecho 5/3 aproximadamente 2.820 m, os três adotando largura de fundo projetada de 12,0 m. Esses

segmentos representam a porção mais ampla da calha estudada, onde predominam processos deposicionais associados à baixa energia do fluxo e ao desenvolvimento de barras sedimentares marginais e centrais.

Em conjunto, as pranchas executivas constituem o principal documento gráfico do projeto, permitindo a visualização integrada das condições atuais do canal, da geometria proposta para o desassoreamento e da distribuição espacial das intervenções previstas ao longo do trecho estudado.

### VI.1.2 SETORIZAÇÃO HIDRÁULICA E HIDROSEDIMENTOLÓGICA

A setorização em cinco trechos traduz a resposta hidráulica e sedimentar do canal ao longo do eixo de intervenção. A geometria de todos os trechos considerou uma seção típica adequada de acordo com as condições morfológicas. Para a declividade das margens foi definido como critério geral a adoção da proporção 2H:1V a fim de evitar condições geotécnicas e hidráulicas adversas. A declividade longitudinal foi determinada para cada trecho a partir da regularização do leito a fim de remover obstruções ao longo do eixo longitudinal da calha fluvial.

Os Trechos 1 a 4 apresentam volumes unitários menores e função principal de transição geométrica, correção de fundo e recomposição progressiva da declividade longitudinal. O Trecho 5 concentra a maior parcela do volume estimado, com 75.353,52 m<sup>3</sup>, equivalente a 88,94% do total modelado, indicando maior acúmulo de material sedimentar e maior necessidade de regularização da seção hidráulica nesse segmento (Quadro 1). O maior acumulado de volume no trecho 5 se dá principalmente pela geometria da calha fluvial possuir maiores dimensões que nos trechos de montante, devendo ser avaliado a condição em campo de bancos de sedimentos que indiquem a necessidade da regularização do leito.

**Quadro 1.** Síntese da setorização, geometria e participação volumétrica do desassoreamento.

Trecho	Extensão (m)	Estacas	Largura típica (m)	Declividade (%)	Volume (m <sup>3</sup> )	Part. (%)
1	180	0–9	1	0,094	292,54	0,35%
2	500	9–34	3	0,02	1.591,86	1,88%
3	780	34–73	4	0,013	2.813,19	3,32%
4	900	73–118	5	0,004	4.671,05	5,51%
5	4.560	118–346	12	0,023	75.353,52	88,94%
<b>TOTAL</b>	<b>6.920</b>	-	-	-	<b>84.722,16</b>	<b>100,00%</b>

As características geométricas, hidráulicas e volumétricas individuais de cada trecho de intervenção encontram-se sintetizadas no Anexo A, permitindo a avaliação integrada das condições locais de assoreamento e das respectivas soluções de regularização propostas.

## VI.2 SEÇÕES TÍPICAS DE INTERVENÇÃO

As seções de intervenção do canal foram estabelecidas de modo a garantir a capacidade hidráulica adequada, respeitando a geometria natural do rio e evitando intervenções excessivas, dando prioridade pra áreas antropizadas, onde o risco oferecido por eventos de inundação é mais representativo. As profundidades de escavação deverão considerar os dados batimétricos levantados e os resultados obtidos com a modelagem do canal.

Os critérios de recomposição da seção consideram alinhamento do eixo, cotas de fundo, taludes, transições entre trechos e tratamento de setores sensíveis. A geometria adotada evita mudanças bruscas de declividade, concentra o corte no material sedimentar excedente e estabelece fundo regularizado compatível com a capacidade hidráulica pretendida.

### VI.2.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A DEFINIÇÃO DAS SEÇÕES TÍPICAS DE INTERVENÇÃO

A definição das seções de intervenção propostas no presente estudo considerou a integração entre os levantamentos topográficos e batimétricos realizados ao longo do Rio Paulo Lopes, associados aos Modelos Digitais do Terreno (MDT), aos perfis longitudinais e à modelagem hidráulica desenvolvida no software HEC-RAS.

Entretanto, é importante destacar que levantamentos batimétricos em canais naturais apresentam limitações inerentes à própria dinâmica operacional de aquisição de dados em ambientes fluviais, especialmente em trechos com elevada presença de vegetação marginal, variações abruptas de profundidade, baixa coluna d'água ou dificuldade de acesso operacional. Nessas condições, a densidade da nuvem de pontos obtida em determinadas seções pode não representar integralmente toda a geometria hidráulica da calha fluvial.

Em função dessas limitações, determinados pontos isolados identificados nos modelos topobatimétricos podem representar estrangulamentos virtuais do fluxo, decorrentes de descontinuidades locais da nuvem de pontos ou de limitações pontuais de aquisição dos dados, não necessariamente correspondendo a restrições hidráulicas reais da calha natural. Dessa forma, tais singularidades não foram tratadas individualmente como elementos condicionantes exclusivos das intervenções propostas.

Visando garantir coerência hidráulica e efetividade operacional ao projeto de desassoreamento, adotou-se abordagem baseada na definição de seções típicas de intervenção e na utilização de declividades longitudinais médias para cada trecho analisado. Essa metodologia permitiu estabelecer geometrias hidráulicas mais uniformes e compatíveis com o comportamento natural do sistema fluvial, buscando a regularização do leito e o melhoramento global das condições de escoamento ao longo do canal.

A adoção de perfis médios longitudinais também contribuiu para minimizar descontinuidades hidráulicas locais e evitar a supervalorização de irregularidades pontuais decorrentes do processo de levantamento. Como resultado, as intervenções propostas priorizam

a recomposição funcional da capacidade hidráulica do Rio Paulo Lopes, em vez da simples correção individualizada de feições pontuais isoladas.

## VI.2.2 AVALIAÇÃO DOS SETORES DE ACUMULAÇÃO SEDIMENTAR E GARGALOS HIDRÁULICOS

A avaliação integrada das ortoimagens, dos levantamentos topobatimétricos e dos resultados da modelagem hidráulica permitiu identificar setores com maior tendência à deposição sedimentar ao longo do trecho estudado do Rio Paulo Lopes. Os principais pontos de acumulação encontram-se associados a segmentos de baixa declividade longitudinal, mudanças locais de geometria da calha, estreitamentos hidráulicos e presença de vegetação marginal que reduz a capacidade efetiva de escoamento do canal.

Os resultados obtidos indicam que os Trechos 1, 2 e 5 concentram os depósitos sedimentares mais expressivos ao longo da área modelada, caracterizados pela formação de barras sedimentares marginais e centrais, redução da profundidade útil do canal e elevação progressiva da lâmina d'água no cenário atual. Esses setores apresentam maior propensão à perda de competência hidráulica durante eventos de precipitação intensa, favorecendo processos de remanso e extravasamento para as áreas adjacentes.

De forma complementar, embora não tenham sido individualmente evidenciadas no levantamento batimétrico, observa-se por meio das ortoimagens utilizadas como apoio ao projeto que as travessias associadas às obras de arte especiais localizadas na Rua José Pereira da Silva e na Rua Santa Catarina também promovem constrições localizadas ao fluxo hídrico (Figuras 12 e 13). Essas estruturas contribuem para a redução da velocidade de escoamento, comprometimento da capacidade hidráulica da calha e intensificação dos processos deposicionais em seus trechos de influência.



Figura 12. Estrutura de travessia localizada na Rua José Pereira da Silva. Datum: SIRGAS2000 UTM Zona 22S.



**Figura 13.** Estrutura de travessia localizada na Rua Santa Catarina. Datum: SIRGAS2000 UTM Zona 22S.

Sob o ponto de vista hidráulico, considera-se tecnicamente favorável o aprofundamento controlado da seção do canal sob essas travessias, visando ampliar a capacidade de passagem das vazões e reduzir os efeitos de estrangulamento atualmente existentes. Recomenda-se que sejam realizadas limpezas periódicas e aprofundamento do calado na região central da calha fluvial, sempre observando as condições de estabilidade e proteção dos encabeçamentos, fundações e demais elementos estruturais associados às obras de arte especiais.

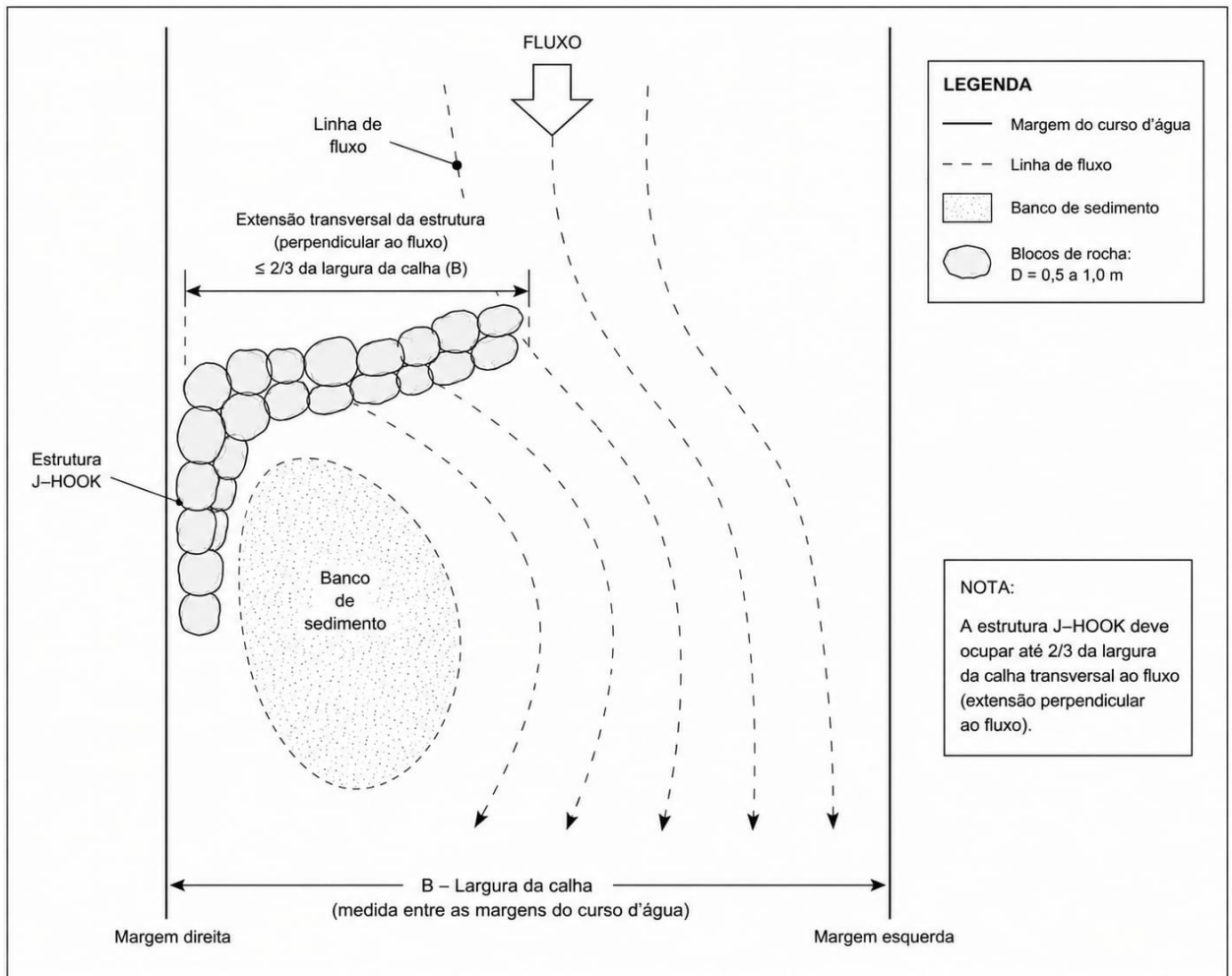
A execução dessas intervenções deve ser realizada de forma controlada e compatibilizada com avaliação estrutural específica das travessias existentes, especialmente nos pontos de maior proximidade entre o leito dragado e os elementos de fundação. Recomenda-se ainda que as atividades sejam orientadas e acompanhadas por equipe de engenharia com conhecimento das condições estruturais atuais das obras, de modo que as ações de desassoreamento proporcionem ganhos hidráulicos efetivos sem comprometer a integridade das estruturas existentes ou induzir processos erosivos localizados e descalçamentos.

### VI.2.3 ESTRUTURAS DE MANUTENÇÃO HIDRÁULICA TIPO J-HOOK

Com o objetivo de aumentar a estabilidade hidráulica do canal após as intervenções de desassoreamento e reduzir a necessidade de manutenções corretivas recorrentes ao longo do trecho estudado, propõe-se a implantação pontual de estruturas hidráulicas do tipo J-Hook em setores específicos do Rio Paulo Lopes com maior tendência à deposição sedimentar.

As estruturas tipo J-Hook consistem em dispositivos de deflexão hidráulica implantados transversalmente ao fluxo, compostos por blocos de rocha de maior porte dispostos de forma parcialmente transversal à calha fluvial. Sua principal função é direcionar o fluxo principal para o centro do canal, promovendo aumento localizado da velocidade de escoamento e redução da deposição sedimentar junto às margens e setores de menor energia hidráulica.

A Figura 14 apresenta o croqui em planta conceitual da estrutura tipo J-Hook proposta para o presente estudo. Observa-se que a estrutura é implantada de forma parcialmente transversal ao fluxo, ocupando até aproximadamente 2/3 da largura hidráulica da calha. Essa configuração busca promover redirecionamento controlado das linhas de fluxo, reduzindo a tendência de deposição sedimentar imediatamente a jusante da estrutura.

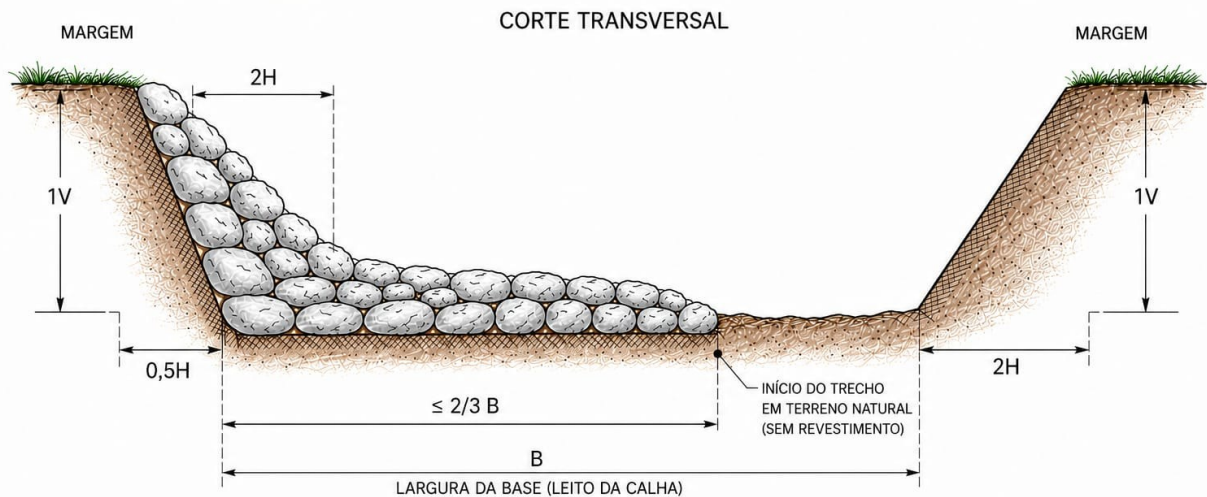


**Figura 14.** Croqui em planta da estrutura hidráulica tipo J-Hook proposta para controle de deposição sedimentar.

A geometria proposta busca evitar bloqueio excessivo do escoamento e minimizar riscos de instabilidade hidráulica durante eventos de maior vazão. O posicionamento da estrutura favorece a concentração do fluxo principal em direção ao eixo hidráulico do canal, aumentando localmente a competência de transporte do sistema e reduzindo a formação de bancos sedimentares marginais.

Complementarmente, a Figura 15 apresenta o detalhamento transversal conceitual da escavação e do engastamento da estrutura no leito e nas margens do canal. O sistema prevê implantação parcial de revestimento rochoso associado ao engastamento dos blocos no terreno natural, visando aumentar a estabilidade hidráulica da estrutura e reduzir processos erosivos localizados.

## DETALHE DE ESCAVAÇÃO E ENGASTAMENTO NO LEITO E MARGEM



H = ALTURA DA LÂMINA D'ÁGUA (PROJETO)  
 B = LARGURA DA BASE (LEITO DA CALHA)  
 2/3 B = EXTENSÃO MÁXIMA DO REVESTIMENTO DE PEDRAS  
 1V:2H = INCLINAÇÃO DOS TALUDES (VERTICAL:HORIZONTAL)

### OBSERVAÇÕES:

- AS PEDRAS DEVEM SER BEM TRAVADAS ENTRE SI.
- O ENGASTAMENTO DEVE GARANTIR ESTABILIDADE CONTRA EROSIÃO.
- O REVESTIMENTO COM PEDRAS OCUPA ATÉ 2/3 DA LARGURA DA CALHA.
- O TRECHO FINAL SERÁ EM TERRENO NATURAL (SEM REVESTIMENTO).

**Figura 15.** Detalhe transversal da estrutura tipo J-Hook com engastamento no leito e nas margens da calha fluvial.

As estruturas deverão ser executadas com blocos rochosos de dimensões variando aproximadamente entre 0,50 m e 1,00 m de diâmetro, devidamente travados entre si, de forma a garantir estabilidade hidráulica e resistência aos esforços de arraste. O sistema também prevê engastamento parcial dos blocos no leito e nas margens, buscando aumentar a resistência à erosão localizada e evitar deslocamentos estruturais durante eventos extremos.

No corte transversal proposto, os taludes laterais mantêm inclinação aproximada de 1:2 (vertical:horizontal), compatível com condições geométricas de estabilidade hidráulica e operacionalidade de manutenção. O revestimento em pedra é previsto apenas em parte da seção hidráulica, mantendo trecho complementar em terreno natural, com o objetivo de preservar parcialmente as características morfológicas naturais do canal.

Sob o ponto de vista hidráulico, as estruturas tipo J-Hook apresentam potencial para reduzir a recorrência de deposições sedimentares nos setores mais críticos do canal, promovendo maior concentração do fluxo principal e aumentando a eficiência hidráulica local. Dessa forma, sua utilização tende a reduzir a frequência de futuras intervenções de dragagem corretiva, tornando as manutenções mais pontuais e operacionalmente mais eficientes.

As estruturas propostas possuem caráter complementar às intervenções de desassoreamento previstas no presente estudo, devendo sua implantação definitiva ser compatibilizada com avaliação hidráulica executiva específica e com análise detalhada das condições locais de estabilidade do leito e das margens.

### VI.3 MÉTODOS EXECUTIVOS

As intervenções serão realizadas preferencialmente por escavação mecanizada com uso de escavadeiras hidráulicas, podendo ser complementadas por dragagem em trechos com lâmina d'água permanente. Inclui-se a remoção de sedimentos, galharias e vegetação obstrutiva.

### VI.4 ESTIMATIVA DE VOLUMES

A quantificação do material sedimentar foi realizada a partir da modelagem geométrica e hidráulica do canal no software HEC-RAS, utilizando perfis transversais obtidos no levantamento topobatimétrico executado na área de estudo. A estimativa volumétrica corresponde à diferença entre a geometria atual do leito e a seção hidráulica regularizada proposta para o trecho analisado. O volume estimado de material a ser removido corresponde a aproximadamente 84.722,16 m<sup>3</sup>, distribuídos ao longo de 6.920 metros de intervenção.

Considerando as características granulométricas do material sedimentar e as condições operacionais previstas para escavação, carga, transporte e disposição final, foi adotado fator de empolamento igual a 1,30 para conversão do volume in situ em volume transportado. Dessa forma, o volume estimado de 84.722,16 m<sup>3</sup> de material sedimentar no leito corresponde a aproximadamente 110.138,80 m<sup>3</sup> de material empolado para fins de transporte, bota-espera e disposição final. A adoção desse fator visa compatibilizar as estimativas volumétricas com as condições reais de movimentação do material durante a execução das obras.

Com o objetivo de incorporar incertezas inerentes aos levantamentos topobatimétricos, às variações locais da geometria da calha e às limitações operacionais associadas à modelagem hidráulica em canais naturais, adotou-se margem técnica de segurança de 3% sobre o volume total estimado de material sedimentar a ser removido. A adoção desse fator busca garantir maior compatibilidade entre os quantitativos estimados em projeto e as condições efetivamente observadas durante a execução das intervenções, reduzindo riscos de subdimensionamento operacional e insuficiência volumétrica das frentes de desassoreamento.

Dessa forma, o volume total estimado de material a ser removido, já considerando a margem técnica de segurança adotada no estudo, corresponde a aproximadamente 87.342,43 m<sup>3</sup>. Aplicando-se o fator de empolamento previsto para as operações de carga, transporte e disposição final, o volume empolado estimado para movimentação do material dragado totaliza aproximadamente 113.545,16 m<sup>3</sup>.

## VI.5 DESTINAÇÃO DE MATERIAL

O material removido será conduzido inicialmente para bota-espera, quando necessário, para drenagem, estabilização e segregação de resíduos. A destinação final ocorrerá em bota-fora devidamente licenciado, autorizado ou ambientalmente adequado, conforme a natureza do material.

## VI.6 EQUIPAMENTOS E LOGÍSTICA

Os serviços utilizam escavadeiras hidráulicas de braço longo, caminhões basculantes e dragagem mecanizada nos setores com lâmina d'água permanente. Os acessos utilizam preferencialmente vias já antropizadas, reduzindo interferências ambientais e evitando supressão desnecessária de vegetação.

## VI.7 CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

O cronograma físico considera as condições hidrológicas predominantes do período, priorizando a execução das atividades em meses de menor vazão e menor probabilidade de eventos extremos.

Para a estimativa operacional dos serviços de carga e transporte, adotou-se Distância Média de Transporte (DMT) máxima de 3 km para deslocamento do material dragado até as áreas de bota-fora. O valor considerado possui caráter referencial e foi utilizado para compatibilização preliminar dos custos operacionais, produtividade dos equipamentos e estimativa de tempo de execução das atividades de carga, transporte e disposição final do material removido.

As quantidades horárias de equipamentos, mão de obra técnica e estruturas operacionais apresentadas na planilha orçamentária correspondem à estimativa de produtividade operacional necessária para execução das atividades previstas ao longo do cronograma físico da obra. Os quantitativos de horas foram distribuídos considerando as diferentes etapas executivas do empreendimento, incluindo mobilização, dragagem, carga, transporte, disposição final, monitoramento e suporte técnico operacional, não representando necessariamente operação contínua e simultânea dos equipamentos durante todo o período de execução da obra.

O levantamento orçamentário cobrindo a execução dos serviços e a utilização de insumos levou como base os valores tabelados no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e no Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO). A planilha orçamentária está disponível em anexo a este documento.

### VI.7.1 AVALIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E PERÍODO RECOMENDADO PARA EXECUÇÃO DAS OBRAS

A dinâmica hidrológica do Rio Paulo Lopes encontra-se diretamente condicionada ao regime pluviométrico característico da região litorânea de Santa Catarina, marcado pela

ocorrência frequente de precipitações ao longo do ano e pela influência de eventos convectivos intensos, especialmente durante os meses de verão.

A análise das médias mensais de precipitação demonstra que os maiores acumulados pluviométricos concentram-se entre os meses de janeiro e março, período em que as chuvas médias variam entre aproximadamente 186 mm e 264 mm mensais. Em contrapartida, os menores acumulados ocorrem entre junho e agosto, com precipitações médias variando entre aproximadamente 97 mm e 111 mm mensais. A Tabela 1 apresenta os valores médios mensais de precipitação considerados para a avaliação hidrológica da área de estudo.

**Tabela 1.** Médias mensais de precipitação utilizadas na avaliação pluviométrica da área de estudo.

Mês	Chuva Média (mm)
Janeiro	264
Fevereiro	233
Março	186
Abril	115
Maio	136
Junho	111
Julho	97
Agosto	97
Setembro	155
Outubro	158
Novembro	155
Dezembro	171

Essa sazonalidade pluviométrica influencia diretamente o comportamento hidráulico do Rio Paulo Lopes, especialmente no que se refere à mobilização de sedimentos, aumento da vazão e elevação da lâmina d'água durante eventos hidrológicos críticos. Em períodos de maior precipitação, observa-se aumento significativo do potencial de transporte sólido do sistema fluvial, favorecendo processos de erosão marginal, remobilização sedimentar e deposição em setores de baixa competência hidráulica.

Considerando as características hidráulicas do trecho estudado e os volumes sedimentares previstos para remoção, recomenda-se que as obras de desassoreamento sejam executadas preferencialmente entre os meses de junho e agosto. A adoção dessa janela operacional reduz o risco de ocorrência de eventos hidrológicos intensos durante a execução das intervenções, proporcionando melhores condições operacionais para escavação, remoção e disposição do material dragado.

A execução das obras durante períodos de menor precipitação também minimiza o potencial de carreamento do material sedimentar mobilizado para trechos situados a jusante da

intervenção, condição particularmente relevante em sistemas fluviais de baixa declividade, como o Rio Paulo Lopes. Essa medida contribui para evitar deposições secundárias, assoreamento induzido em setores inferiores do canal e aumento temporário da turbidez da água.

Além dos benefícios hidráulicos e operacionais, a programação das atividades para períodos hidrológicamente mais estáveis favorece o controle ambiental das intervenções, reduz os riscos associados à instabilidade das frentes de trabalho e melhora a eficiência global das operações de desassoreamento propostas no presente estudo.

## VII DIRETRIZES AMBIENTAIS E DE MONITORAMENTO

### VII.1 MONITORAMENTO DO MEIO FÍSICO

Deverá ser realizado acompanhamento das margens, taludes, acessos e áreas de disposição, com registro de erosões, escorregamentos, ravinamentos, carreamento de sedimentos e necessidade de correções. Recomenda-se o controle topobatimétrico das seções executadas, visando confirmar se o volume de material no leito não sofreu mudanças significativas.

### VII.2 QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTOS

Durante a execução, adota-se monitoramento visual e, quando tecnicamente indicado, laboratorial da qualidade da água, especialmente quanto à turbidez, presença de óleos/graxas, sólidos suspensos e alterações decorrentes da movimentação de sedimentos. A caracterização de sedimentos será avaliada quando houver suspeita de contaminação ou exigência do órgão competente.

### VII.3 MEIO BIÓTICO E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS

A supressão de vegetação é limitada ao estritamente necessário para execução e segurança da obra, priorizando a remoção de espécies exóticas, indivíduos tombados ou materiais que efetivamente obstruam o escoamento. Áreas alteradas por acessos, bota-espera ou operação de equipamentos serão recuperadas por regularização, estabilização e revegetação, quando aplicável.

### VII.4 COMUNICAÇÃO SOCIOAMBIENTAL

Adota-se que a Prefeitura Municipal de Paulo Lopes mantenha comunicação com a comunidade local sobre objetivo da intervenção, período de execução, eventuais restrições temporárias de acesso e benefícios esperados quanto à mitigação de riscos. Também deve ser disponibilizado canal para registro de dúvidas, reclamações e ocorrências durante a obra.

## VIII CONCLUSÃO

A análise integrada dos dados topográficos, batimétricos, hidrológicos e hidráulicos do trecho estudado do Rio Paulo Lopes demonstrou que o canal apresenta comprometimento significativo de sua capacidade de escoamento em decorrência do assoreamento progressivo, da deposição sedimentar, da presença de galharias e vegetação obstrutiva no leito e da ocorrência de restrições hidráulicas localizadas associadas a estruturas de travessia. A baixa declividade característica do trecho, associada ao aporte contínuo de sedimentos provenientes das áreas de drenagem contribuintes, favorece a formação de remansos hidráulicos, a redução da competência de transporte do fluxo e a elevação gradual da lâmina d'água, intensificando a suscetibilidade a alagamentos e transbordamentos nas áreas urbanizadas adjacentes.

A caracterização das microbacias de contribuição permitiu compreender os processos responsáveis pelo aporte hídrico e sedimentar ao sistema fluvial, evidenciando que a convergência dos fluxos superficiais para o trecho urbano do Rio Paulo Lopes contribui diretamente para a manutenção dos processos deposicionais observados ao longo da calha.

Os resultados obtidos por meio da modelagem hidráulica realizada no software HEC-RAS evidenciaram que a geometria atual do canal apresenta perda expressiva de seção hidráulica ao longo dos setores analisados. A regularização geométrica proposta promove redução consistente da elevação da lâmina d'água, melhora do gradiente hidráulico longitudinal e aumento da eficiência de escoamento do sistema fluvial, indicando ganho hidráulico efetivo após as intervenções projetadas.

A compartimentação do trecho em cinco setores operacionais permitiu individualizar os segmentos com maior necessidade de intervenção, possibilitando compatibilizar critérios hidráulicos, geomorfológicos e executivos na definição das seções de dragagem. A utilização de estaqueamento contínuo, associada ao cruzamento entre MDTs, perfis batimétricos e resultados hidráulicos, forneceu suporte técnico consistente para a delimitação das áreas prioritárias e para a estimativa volumétrica do material sedimentar acumulado, estimado em aproximadamente 84.722,16 m<sup>3</sup>, ou 87.342,43 m<sup>3</sup> considerando a margem técnica de segurança de 3%, ao longo de cerca de 6,9 km de intervenção.

A avaliação dos setores de acumulação sedimentar permitiu identificar os principais pontos de deposição e os gargalos hidráulicos responsáveis pela redução da capacidade de escoamento do canal, com destaque para as travessias localizadas na Rua José Pereira da Silva e na Rua Santa Catarina, onde intervenções de manutenção periódica e aprofundamento controlado do leito poderão contribuir para a melhoria do desempenho hidráulico sem comprometer a estabilidade das estruturas existentes.

Complementarmente às intervenções de desassoreamento, propôs-se a implantação pontual de estruturas hidráulicas do tipo J-Hook em setores estratégicos do canal, visando aumentar a estabilidade hidráulica local, direcionar o fluxo principal e reduzir a recorrência de

deposições sedimentares marginais. Essas estruturas apresentam potencial para minimizar futuras demandas de manutenção corretiva, promovendo maior eficiência hidráulica e operacional ao sistema fluvial após a conclusão das obras.

Além da definição das intervenções hidráulicas, o estudo estabeleceu diretrizes executivas para a dragagem, transporte e disposição final dos sedimentos removidos, incluindo a definição de seções típicas de intervenção, logística operacional, distância máxima de transporte adotada para o bota-fora, cronograma físico-financeiro e período preferencial de execução das obras, priorizando os meses historicamente menos chuvosos da região.

A elaboração das pranchas executivas permitiu consolidar graficamente todas as informações de projeto, fornecendo base técnica para locação em campo, fiscalização e acompanhamento das obras, garantindo rastreabilidade entre os levantamentos realizados, a modelagem hidráulica e as intervenções propostas.

Diante do cenário diagnosticado, conclui-se que o desassoreamento proposto constitui medida tecnicamente justificada e necessária para recuperação da funcionalidade hidráulica do Rio Paulo Lopes, contribuindo diretamente para a mitigação dos riscos hidrológicos associados ao assoreamento, para a melhoria das condições de drenagem e escoamento e para o aumento da resiliência da infraestrutura urbana frente a eventos hidrológicos extremos. As intervenções propostas apresentam fundamentação técnica consistente, compatibilidade com as condições geomorfológicas e hidráulicas locais e potencial efetivo para restabelecer a capacidade operacional do canal ao longo do trecho estudado.

---

## IX RESPONSÁVEL TÉCNICO

As informações prestadas são de responsabilidade do técnico abaixo assinado:

---

Jonatas Monteiro da Silva Avelino  
Geólogo – CREA RS215058

## X BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13133:2021. **Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

BRASIL. **Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021**. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Diário Oficial da União: seção extra, Brasília, DF, ano 159, n. 61-F, p. 2, 1 abr. 2021.

CHOW, V. T. **Open-Channel Hydraulics**. New York: McGraw-Hill, 1959.

SANTA CATARINA. **Decreto Estadual nº 1.006, de 3 de junho de 2025**. Regulamenta dispositivos relativos às intervenções de interesse de proteção e defesa civil. Florianópolis: Governo do Estado de Santa Catarina, 2025.

SANTA CATARINA. **Lei nº 19.179, de 7 de janeiro de 2025**. Dispõe sobre medidas de melhoramento fluvial de interesse de proteção e defesa civil no Estado. Diário Oficial do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC, n. 22.426-A, 8 jan. 2025.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural. **Regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais do Estado de Santa Catarina: volume 1 – texto**. Florianópolis: Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural; Secretaria de Estado de Desenvolvimento Sustentável, 2006. 143 p. (Estudos dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos para o Estado de Santa Catarina e Apoio para sua Implementação. Relatório Técnico 676-BAM-SEC-RT-P042, Revisão 0/B).

SECRETARIA DE ESTADO DA PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA. **Instrução Normativa IN-18-SPDC, de 6 de agosto de 2025**. Florianópolis: SPDC, 2025.

SECRETARIA DE ESTADO DA PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA. **Instrução Normativa IN-19-SPDC, de 6 de agosto de 2025**. Florianópolis: SPDC, 2025.

TUCCI, Carlos E. M. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1995.

U.S. Army Corps of Engineers. **HEC-RAS – Hydrologic Engineering Center River Analysis System**. Software para modelagem hidráulica de canais e sistemas fluviais. Davis, California, 2026.



## XI ANEXO A – TABELA DE CARACTERIZAÇÃO DOS TRECHOS DE INTERVENÇÃO

Trecho	Comprimento (m)	Estaca inicial	Estaca final	Largura típica (m)	Cota montante - Cenário atual (m)	Cota montante - Cenário dragado (m)	Cota jusante - Cenário atual (m)	Cota jusante - Cenário dragado (m)	Declividade - Cenário atual (m/m)	Declividade - Cenário dragado (m/m)	Elev. Lâmina d'água montante - Cenário atual (m)	Elev. Lâmina d'água montante - Cenário dragado (m)	Elev. Lâmina d'água jusante - Cenário atual (m)	Elev. Lâmina d'água jusante - Cenário dragado (m)	Volume Dragado (m³)	Volume Dragado (%)
1	180	0	9	1	1,42	0,96	0,94	0,79	0,0027	0,00094	1,72	1,32	1,69	1,20	292,544922	0,35%
2	500	9	34	3	0,94	0,79	1,13	0,69	-0,0004	0,00020	1,69	1,20	1,56	1,06	1591,85742	1,88%
3	780	34	73	4	1,13	0,69	0,59	0,59	0,00068	0,00013	1,56	1,06	1,54	1,01	2813,18555	3,32%
4	900	73	118	5	0,59	0,59	0,73	0,55	-0,000148	0,00004	1,54	1,01	1,48	0,90	4671,04688	5,51%
5	4560	118	346	12	0,73	0,55	0,16	-0,51	0,00012	0,00023	1,48	0,90	1,13	0,78	75353,5223	88,94%
<b>TOTAL</b>															<b>84722,16</b>	<b>100%</b>

---

XII ANEXO B – ART