



ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
SECRETARIA DE MOBILIDADE DE INFRAESTRUTURA – SEMOBI
DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E DE RODOVIAS DO ESPÍRITO SANTO -
DER-ES

PESQUISAS, LEVANTAMENTOS E ESTUDOS PARA ELABORAÇÃO DE
ESTUDO TÉCNICO PRELIMINAR E ANTEPROJETO DE
ENGENHARIA

PROJETO: Anteprojeto de Engenharia para minimização dos impactos dos alagamentos no município de Ibiraçu/ES

TRECHO: Rio Taquaraçu / Córrego Afluente – Ibiraçu/ES

VOLUME 1 – RELATÓRIO DO ANTEPROJETO



ABRIL / 2026

**PESQUISAS, LEVANTAMENTOS E ESTUDOS PARA ELABORAÇÃO DE
ESTUDO TÉCNICO PRELIMINAR E ANTEPROJETO DE
ENGENHARIA**

PROJETO: Anteprojeto de Engenharia para minimização dos impactos dos
alagamentos no município de Ibiraçu/ES

TRECHO: Rio Taquaraçu / Córrego Afluente – Ibiraçu/ES

VOLUME 1 – RELATÓRIO DO ANTEPROJETO

1 SUMÁRIO

1	SUMÁRIO	3
2	APRESENTAÇÃO	5
3	MAPA DE SITUAÇÃO.....	6
4	ESTUDOS.....	7
4.1	Estudos Topográficos.....	7
4.1.1	Marcos Topográficos	7
4.1.2	Rede de marcos geodésicos	9
4.1.3	Poligonais de apoio	14
4.1.4	Ponto de detalhe ou irradiações	17
4.1.5	Nivelamento Geométrico	17
4.2	Concepção das alternativas de intervenção.....	32
4.2.1	Premissas para elaboração dos cenários de intervenção	32
4.2.2	Intervenções do Cenário A	39
4.2.3	Simulação dos cenários de intervenção	52
4.2.4	Resultados da Modelagem Hidrodinâmica - Cenário A	55
4.2.5	Resultados da Modelagem Hidrodinâmica - Cenário B	72
4.2.6	Comparação entre cenários A e B.....	89
4.2.7	Resumo das intervenções considerando o Cenário B	90
4.3	Estudos Geológicos.....	104
4.3.11	Introdução.....	104
4.3.12	Situação Geográfica	104
4.3.13	Topografia e Geologia	104
4.3.14	Litologia	106
4.3.15	Geomorfologia	108
4.3.16	Pedologia.....	109
4.3.17	Hidrogeologia.....	111
4.3.18	Unidade de Conservação	112
4.3.19	Clima	112
4.3.20	Vegetação e uso do solo	113

4.4	Estudos Geotécnicos.....	117
4.4.11	Estudo das margens dos rios	117
4.4.12	Estudo de materiais	144
4.5	Análise físico-química.....	151
5	PROJETOS.....	156
5.1	Projeto de canalização em: galerias, paredes de concreto, gabião e/ou similares	156
5.2	Projeto Geométrico	156
5.2.11	Córrego Afluente (Rio Perobas).....	156
5.2.12	Rio Taquaraçu	157
5.3	Projeto Estrutural.....	166
5.3.11	Documentos de Referência e Ferramentas computacionais	166
5.3.12	Condições iniciais	166
5.3.13	Memória de Cálculo	167
5.4	Projeto de Terraplanagem.....	172
5.4.11	Seção com muro de concreto	173
5.4.12	Seção em Solo Grampeado.....	173
5.4.13	Seção de canal aberto	173
5.4.14	Análise de projeto	173
5.4.15	Parâmetros e considerações	173
5.4.16	Destinação de resíduos	174
5.4.17	Resultados obtidos	174
5.5	Obras de Arte Especiais.....	177
5.6	Recomendações de Medidas não estruturais	178
5.7	Projeto de desapropriações.....	179
5.7.11	Avaliação dos custos das construções	179
5.7.12	Quantidades	183
6	ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA	189
7	TERMO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA	192
8	TERMO DE ENCERRAMENTO.....	193

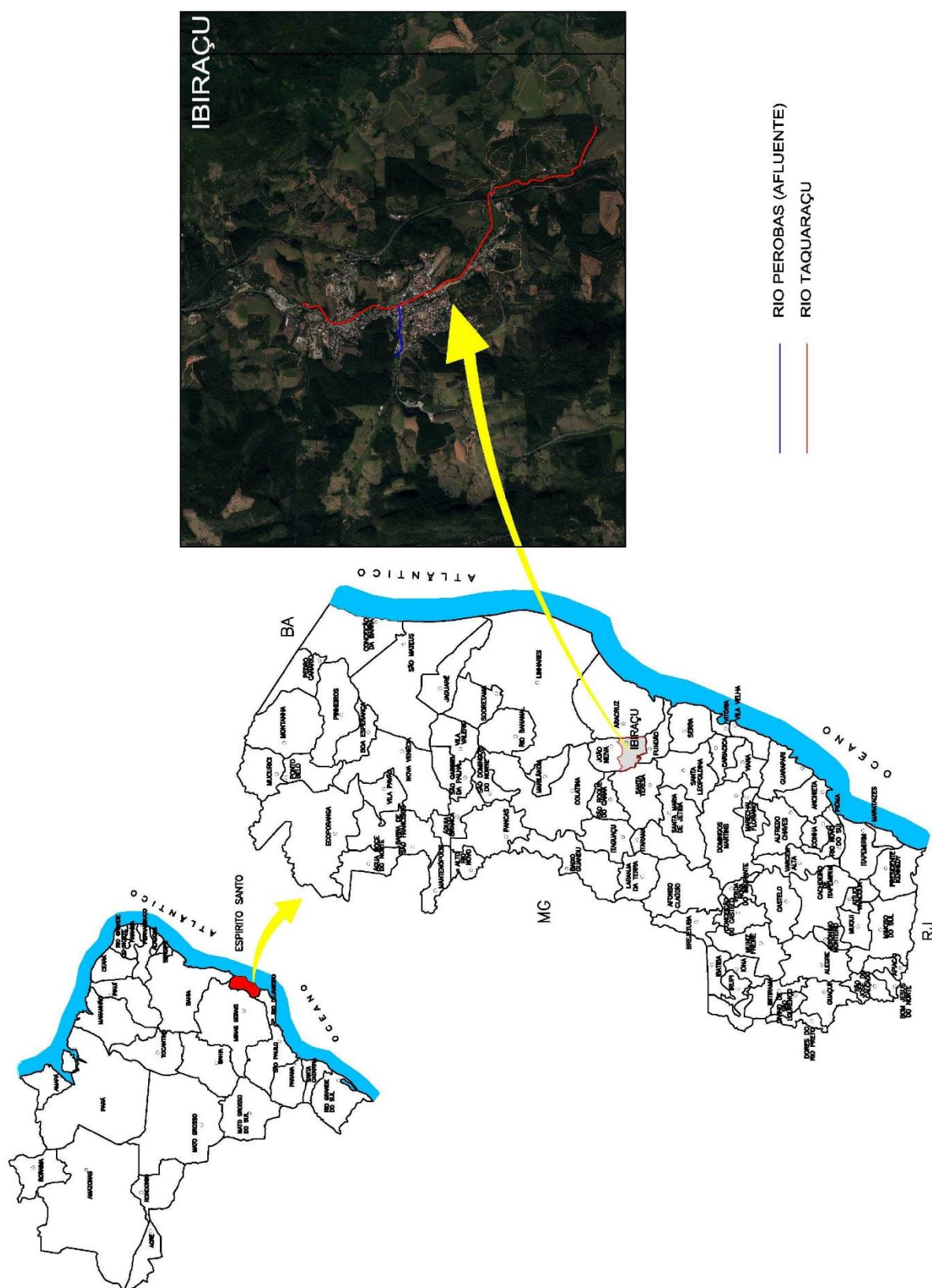
2 APRESENTAÇÃO

A O Consórcio Consultor SR-1 PROSUL/QUADRANTE VIAPONTE, apresenta para o Departamento de Edificações e de Rodovias do Estado do Espírito Santo DER-ES, o **Volume 1 Relatório do Anteprojeto**, referente a Pesquisas, Levantamentos e Estudos para Elaboração de Estudo Técnico Preliminar e Anteprojeto de Engenharia para minimização dos impactos dos alagamentos no município de Ibiracú/ES.

Vitória (ES), Abril de 2026.

GUIDO PAULO SIMM
Eng° Civil – CREA-PR 7769D/PR

3 MAPA DE SITUAÇÃO



4 ESTUDOS

4.1 Estudos Topográficos

Os Estudos Topográficos foram elaborados de acordo com as orientações contidas nas IS 204 e IS 205 do DNIT. Basicamente estes estudos foram possíveis devido a utilização de equipamentos topográficos digitais, como estação total, associados aos softwares de Posição para elaboração de projetos.

Os serviços topográficos realizados podem ser resumidos conforme detalhamento abaixo:

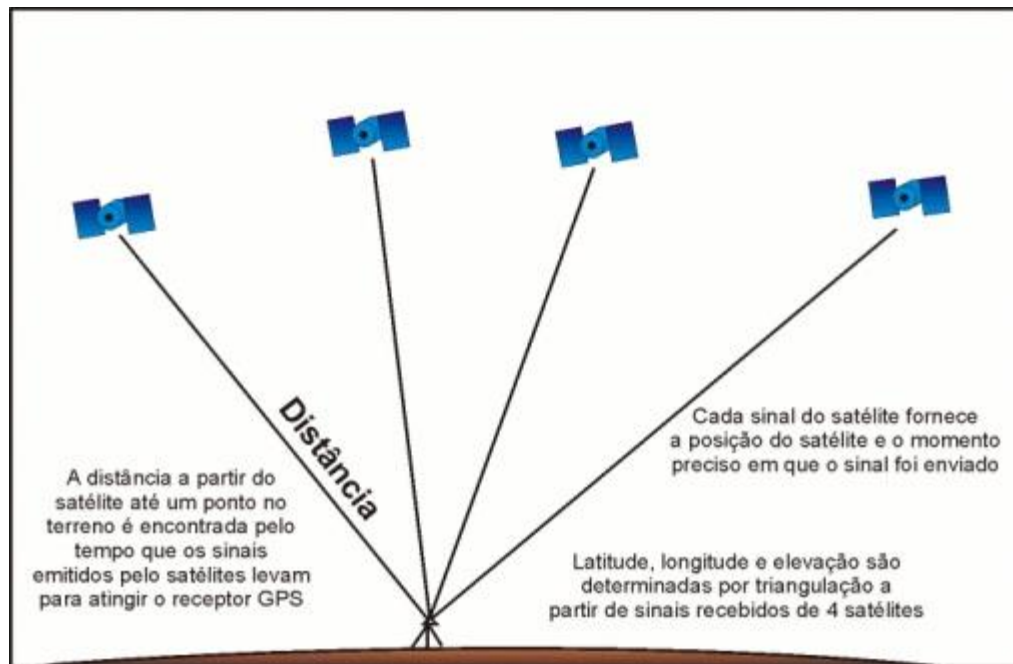
- Base de apoio topográfico;
- Poligonal de apoio;
- Locação e nivelamento;
- Levantamento cadastral.

4.1.1 Marcos Topográficos

Na região do projeto foi necessário a implantação de marcos geodésicos, para georreferenciamento do Levantamento Topográfico Planialtimétrico Cadastral.

O método de posicionamento utilizado para implantação dos marcos foi o relativo estático, em que o aparelho receptor GPS Leica 1200 ficou estacionado sob um marco geodésico pertencente ao Sistema Geodésico Brasileiro - SGB por cerca de 4 (quatro) horas e o receptor Geomax ZGP800 em cada base por cerca de 1 (uma) hora, em locais apropriados e estratégicos para a recepção de sinais dos satélites e para o apoio da poligonal.

Figura 1 - Representação da captação de sinais dos satélites



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Após a coleta de dados em campo foi realizada a transferência dos dados (observáveis) que estavam armazenados em cartões de memória no GPS para a execução do pós-processamento.

Os Marcos Geodésicos tiveram como linha de base a estação de referência (BASE) SAT 93758(CEFE). Essa estação pertence ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), homologado pelo IBGE e está disponibilizada no site do IBGE (www.ibge.gov.br).

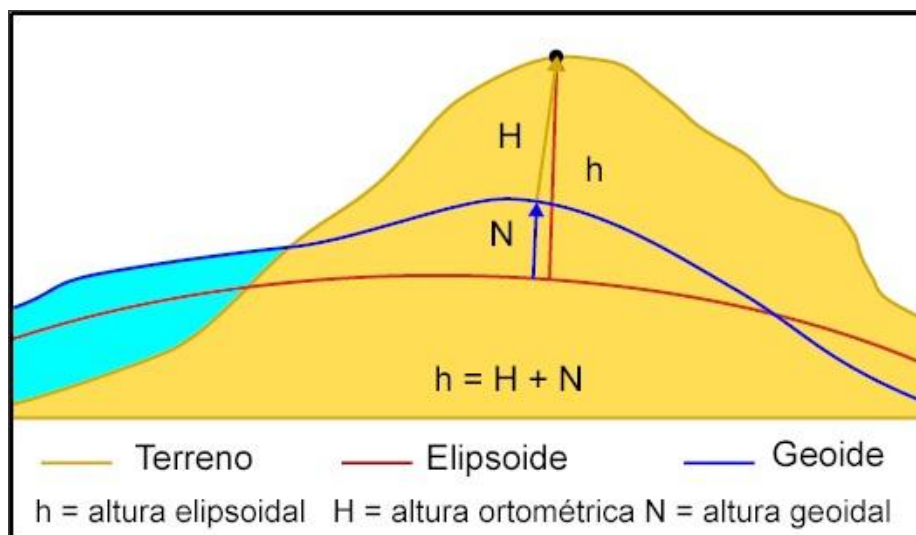
As coordenadas dos marcos geodésicos são geradas a partir dos vetores dos satélites, do receptor na estação base e os receptores (par) simultâneo, gerando assim, graus de liberdade afim de que se possa fazer o ajustamento da rede geodésica pelo Método dos Mínimos Quadrados - MMQ.

Para obtenção das coordenadas do eixo Z utilizou-se a Altitude Ortométrica (H), calculada a partir da Altura Geoidal ou Ondulação Geoidal (N) e da Altitude Elipsoidal (h).

Através do software livre MAPGEO (IBGE) é obtida a ondulação geoidal (N) advindo da interpolação dos dados maregráficos e gravimétricos do IBGE. A Altitude Elipsoidal (h) é obtida do processamento do rastreamento dos pontos com GPS Geodésico.

Tendo estas informações, torna-se possível o cálculo da Altitude Ortométrica dos pontos através da seguinte fórmula: $H = h - N$; (onde: H = Altura Ortométrica, N = Ondulação Geoidal, h = Altitude Elipsoidal).

Figura 2 - Esquema representativo da altitude Elipsoidal Ortométrica e ondulação Geoidal



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Como produto final obteve-se a monografia dos marcos geodésicos implantados em coordenadas no sistema SIRGAS 2000 na projeção UTM (Este (X) e Norte (Y)) fuso UTM e suas respectivas Altitudes Ortométricas (H).

Tabela 1 - Coordenadas e cotas dos marcos geodésicos

PONTO	E(X)	N(Y)	H(Z)
LUG20	358.049,922	7.805.555,281	24,978
LUG21	357.704,423	7.805.524,913	26,094
LUG39	356.967,704	7.808.781,301	35,390
LUG40	356.828,995	7.809.041,245	46,284
LUG43	356.200,493	7.806.713,280	30,983
LUG44	356.316,426	7.806.519,738	34,905

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

4.1.2 Rede de marcos geodésicos

Seguem as monografias dos marcos implantados.

DER-ES		LUGARE ENGENHARIA		LUGARE	
Monografia de Marco Geodésico de Apoio Imediato					
Nome do Vértice		LUG20		Município/UF	
				IBIRAÇU / ES	
Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000			Elipsóide de Revolução: GRS 80		
Sistema de Projeção Geodésico		Desvio Padrão(σ)		Sistema de Projeção Plano Topográfico Local (PTL)	
Lat. (Φ)	19° 50' 27.21589" S	0,0009		X	358049,922
Long. (λ)	40° 21' 19.99128" W	0,0009		Y	780555,281
Sistema de Projeção UTM, Fuso 24 Sul, MC: -39°		Desvio Padrão(σ)		Data de coleta das observáveis	
Este (E)	358049,869	0,0009		08/11/2019	
Norte (N)	780555,276	0,0009		Ponto de Origem do PTL: LUG21	
Fator de Escala (K)		0,99984905		Ponto de Referência do PTL: LUG20	
Convergência Meridiana		0° 27' 36.593"		Referência de Nível do PTL: 18,483m	
Altitude Elipsoidal (h)		17,363		Pontos Intervisíveis	Az. UTM
Ondulação Geoidal (N)		-7,57		LUG21	264°58'37"
Altitude Ortométrica (H)		24,978			346,831
Foto (s):					
   					
Localização: O marco está localizado as margens da Rodovia ES-257 no bairro SÃO BENEDITO.					
Descrição: Chapa de alumínio fixada em um marco de concreto em formato trapezoidal com a inscrição LUG20.					
Itinerário:					
Observação: Todas as medidas estão expressas em metros, exceto quando indicado.					

DER-ES		LUGARE ENGENHARIA		LUGARE	
Monografia de Marco Geodésico de Apoio Imediato					
Nome do Vértice		LUG21		Município/UF IBIRAÇU / ES	
Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000			Elipsóide de Revolução: GRS 80		
Sistema de Projeção Geodésico		Desvio Padrão(σ)		Sistema de Projeção Plano Topográfico Local (PTL)	
Lat. (Φ)	19° 50' 28.11303" S	0,0008		X	357704,423
Long. (λ)	40° 21' 31.87301" W	0,0009		Y	7805524,913
Sistema de Projeção UTM, Fuso 24 Sul, MC: -39°		Desvio Padrão(σ)		Data de coleta das observáveis 08/11/2019	
Este (E)	357704,423	0,0009		Ponto de Origem do PTL: LUG21	
Norte (N)	7805524,913	0,0008		Ponto de Referência do PTL: LUG20	
Fator de Escala (K)		0,99985027		Referência de Nível do PTL: 18,483m	
Convergência Meridiana		0° 27' 40.648"		Pontos Intervisíveis	Az. UTM DH (Dist. Horiz.)
Altitude Elipsoidal (h)		18,483		LUG20	84°58'37" 346,831
Ondulação Geoidal (N)		-7,56			
Altitude Ortométrica (H)		26,094			
Foto (s):					
   					
Localização: O marco está localizado as margens da Rodovia ES-257 no bairro SAO BENEDITO.					
Descrição: Chapa de alumínio fixada em um marco de concreto em formato trapezoidal com a inscrição LUG21.					
Itinerário:					
Observação: Todas as medidas estão expressas em metros, exceto quando indicado.					

DER-ES		LUGARE ENGENHARIA		LUGARE	
Monografia de Marco Geodésico de Apoio Imediato					
Nome do Vértice		LUG39		Município/UF	IBIRAÇU / ES
Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000			Elipsóide de Revolução: GRS 80		
Sistema de Projeção Geodésico		Desvio Padrão(σ)		Sistema de Projeção Plano Topográfico Local (PTL)	
Lat. (Φ)	19° 48' 42.02670" S	0,0019		X	356967,704
Long. (λ)	40° 21' 56.28544" W	0,0019		Y	7808781,301
Sistema de Projeção UTM, Fuso 24 Sul, MC: -39°		Desvio Padrão(σ)		Data de coleta das observáveis	08/11/2019
Este (E)	356967,834	0,0019		Ponto de Origem do PTL: LUG21	
Norte (N)	7808780,812	0,0019		Ponto de Referência do PTL: LUG20	
Fator de Escala (K)		0,99985287		Referência de Nível do PTL: 18,483m	
Convergência Meridiana		0° 27' 46.559"		Pontos Intervisíveis	Az. UTM
Altitude Elipsoidal (h)		27,742		LUG40	331°54'55"
Ondulação Geoidal (N)		-7,57			
Altitude Ortométrica (H)		35,390			
Foto (s):					
  					
Localização: O marco está localizado as margens da Rodovia BR-101 no bairro PEDRA BRANCA.					
Descrição: Chapa de alumínio fixada em um marco de concreto em formato trapezoidal com a inscrição LUG39.					
Itinerário:					
Observação: Todas as medidas estão expressas em metros, exceto quando indicado.					

		LUGARE ENGENHARIA		LUGARE	
Monografia de Marco Geodésico de Apoio Imediato					
Nome do Vértice		LUG40		Município/UF	
				IBIRACU / ES	
Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000			Elipsóide de Revolução: GRS 80		
Sistema de Projeção Geodésico		Desvio Padrão(σ)		Sistema de Projeção Plano Topográfico Local (PTL)	
Lat. (Φ)	19° 48' 33.53715" S	0,0019		X	356828,995
Long. (λ)	40° 22' 00.97906" W	0,0019		Y	7809041,245
Sistema de Projeção UTM, Fuso 24 Sul, MC: -39°		Desvio Padrão(σ)		Data de coleta das observáveis	
				08/11/2019	
Este (E)	356829,149	0,0019		Ponto de Origem do PTL: LUG21	
Norte (N)	7809040,719	0,0019		Ponto de Referência do PTL: LUG20	
Fator de Escala (K)		0,99985336		Referência de Nível do PTL: 18,483m	
Convergência Meridiana		0° 27' 47.960"		Pontos Intervisíveis	Az. UTM
				LUG39	151°54'55"
Altitude Elipsoidal (h)		38,635		294,637	
Ondulação Geoidal (N)		-7,57			
Altitude Ortométrica (H)		46,284			
Foto (s):					
  					
Localização: O marco está localizado as margens da Rodovia BR-101 no bairro PEDRA BRANCA.					
Descrição: Chapa de alumínio fixada em um marco de concreto em formato trapezoidal com a inscrição LUG40.					
Itinerário:					
Observação: Todas as medidas estão expressas em metros, exceto quando indicado.					

4.1.3 Poligonais de apoio

Para execução do levantamento topográfico cadastral da faixa foram necessárias a implantação de 2 (duas) poligonais de apoio para o trecho. As poligonais serviram de ponto de partida para cálculo das irradiações (pontos de detalhe) e servirão como amarração e locação do mesmo durante a fase de obras.

A seguir é demonstrada a sequência da poligonal de apoio.

Poligonal 01: LUG02, LUG01, LUG03, LUG04, LUG05, LUG06, LUG07, LUG08, LUG09, LUG10, LUG11, LUG12, LUG13, LUG14, LUG15, LUG16, LUG17, LUG18, LUG19, LUG20.

Poligonal 02: LUG20, LUG21, LUG22, LUG23, LUG24, LUG25, LUG26, LUG27, LUG28, LUG29, LUG30, LUG31, LUG32, LUG33, LUG34, LUG35, LUG36, LUG37, LUG38, LUG39.

ESTAÇÃO	ÂNGULO HORIZ	AZIMUTE	DISTÂNCIA	COORD.NORTE	COORD.ESTE	COTA	DESCRIÇÃO
LUG02		57°14'41.0"					
LUG01	12°08'58.0"	249°23'37.9"	221.055	7804357.787	359376.434	10.259	
LUG03	187°12'54.5"	256°36'31.5"	171.828	7804279.990	359169.519	13.051	ESTACAO
LUG04	232°03'04.5"	308°39'34.6"	109.187	7804240.195	359002.360	27.192	ESTACAO
LUG05	152°43'39.5"	281°23'11.8"	51.425	7804308.405	358917.099	24.693	ESTACAO
LUG06	198°56'17.5"	300°19'27.7"	183.177	7804318.558	358866.686	25.212	ESTACAO
LUG07	166°19'28.0"	286°38'54.7"	175.860	7804411.044	358708.569	24.438	ESTACAO
LUG08	196°52'15.0"	303°31'08.3"	87.382	7804461.429	358540.079	22.636	ESTACAO
LUG09	225°05'22.5"	348°36'28.8"	102.795	7804509.684	358467.227	23.397	ESTACAO
LUG10	164°49'27.0"	333°25'54.2"	125.562	7804610.456	358446.922	23.236	ESTACAO
LUG11	210°31'52.0"	3°57'44.8"	143.759	7804722.761	358390.762	22.695	ESTACAO
LUG12	144°55'18.5"	328°53'01.8"	90.459	7804866.179	358400.696	25.776	ESTACAO
LUG13	222°35'23.5"	11°28'23.5"	121.321	7804943.624	358353.949	30.833	ESTACAO
LUG14	130°20'51.0"	321°49'13.1"	136.776	7805062.524	358378.080	31.840	ESTACAO
LUG15	214°51'10.5"	356°40'22.4"	181.067	7805170.042	358293.534	30.377	ESTACAO
LUG16	153°49'11.5"	330°29'32.7"	128.499	7805350.807	358283.025	31.494	ESTACAO
LUG17	206°38'58.5"	357°08'29.8"	130.257	7805462.641	358219.734	28.006	ESTACAO
LUG18	98°12'24.0"	275°20'52.0"	74.511	7805592.739	358213.238	24.613	ESTACAO
LUG19	148°10'13.0"	243°31'02.8"	99.576	7805599.684	358139.051	25.754	ESTACAO
LUG20				7805555.281	358049.922	24.978	ESTACAO

DADOS DO FECHAMENTO

Perímetro:.....	2334.4960		
	ERROS	TOLERÂNCIAS	
Angular:.....	-0°00'28"	0°00'44"	Erro Distribuído
Relativo:.....	1:66672	1:10000	Erro Distribuído
Linear:.....	0.0350		
Eixo Norte:.....	-0.0300		
Eixo Este:.....	0.0181		
Azimuth:.....	148°57'06"		
Altimétrico:.....	0.0479	0.0306	Erro Distribuído

ESTAÇÃO	ÂNGULO HORIZ	AZIMUTE	DISTÂNCIA	COORD.NORTE	COORD.ESTE	COTA	DESCRIÇÃO
LUG20		264°58'37.0"					
LUG21	159°32'19.5"	244°30'56.2"	13.643	7805524.913	357704.423	26.094	
LUG22	244°40'53.0"	309°11'48.7"	202.016	7805519.043	357692.108	26.919	ESTACAO
LUG23	178°44'22.5"	307°56'11.1"	597.387	7805646.718	357535.561	26.326	ESTACAO
LUG24	217°59'37.5"	345°55'48.4"	127.098	7806013.992	357064.437	29.328	ESTACAO
LUG25	148°29'28.0"	314°25'16.1"	162.970	7806137.281	357033.541	28.012	ESTACAO
LUG26	205°33'31.5"	339°58'47.2"	158.549	7806251.351	356917.153	27.784	ESTACAO
LUG27	271°09'38.5"	71°08'25.3"	93.209	7806400.323	356862.877	27.932	ESTACAO
LUG28	87°10'45.0"	338°19'10.0"	266.395	7806430.453	356951.088	27.381	ESTACAO
LUG29	105°06'36.0"	263°25'45.7"	90.952	7806678.010	356852.680	27.284	ESTACAO
LUG30	260°20'17.5"	343°46'02.9"	269.614	7806667.602	356762.331	27.102	ESTACAO
LUG31	181°26'56.5"	345°12'59.2"	287.943	7806926.474	356686.970	29.379	ESTACAO
LUG32	176°31'55.5"	341°44'54.5"	225.472	7807204.893	356613.501	28.638	ESTACAO
LUG33	191°07'44.0"	352°52'38.3"	202.591	7807419.026	356542.890	29.020	ESTACAO
LUG34	228°32'43.0"	41°25'21.0"	228.103	7807620.060	356517.772	30.651	ESTACAO
LUG35	162°56'12.5"	24°21'33.3"	242.698	7807791.107	356668.696	32.839	ESTACAO
LUG36	165°30'46.0"	9°52'19.1"	204.957	7808012.205	356768.805	35.006	ESTACAO
LUG37	196°27'53.0"	26°20'11.9"	381.089	7808214.133	356803.947	32.006	ESTACAO
LUG38	152°18'43.5"	358°38'55.2"	225.684	7808555.674	356973.026	33.206	ESTACAO
LUG39				7808781.301	356967.704	35.390	ESTACAO

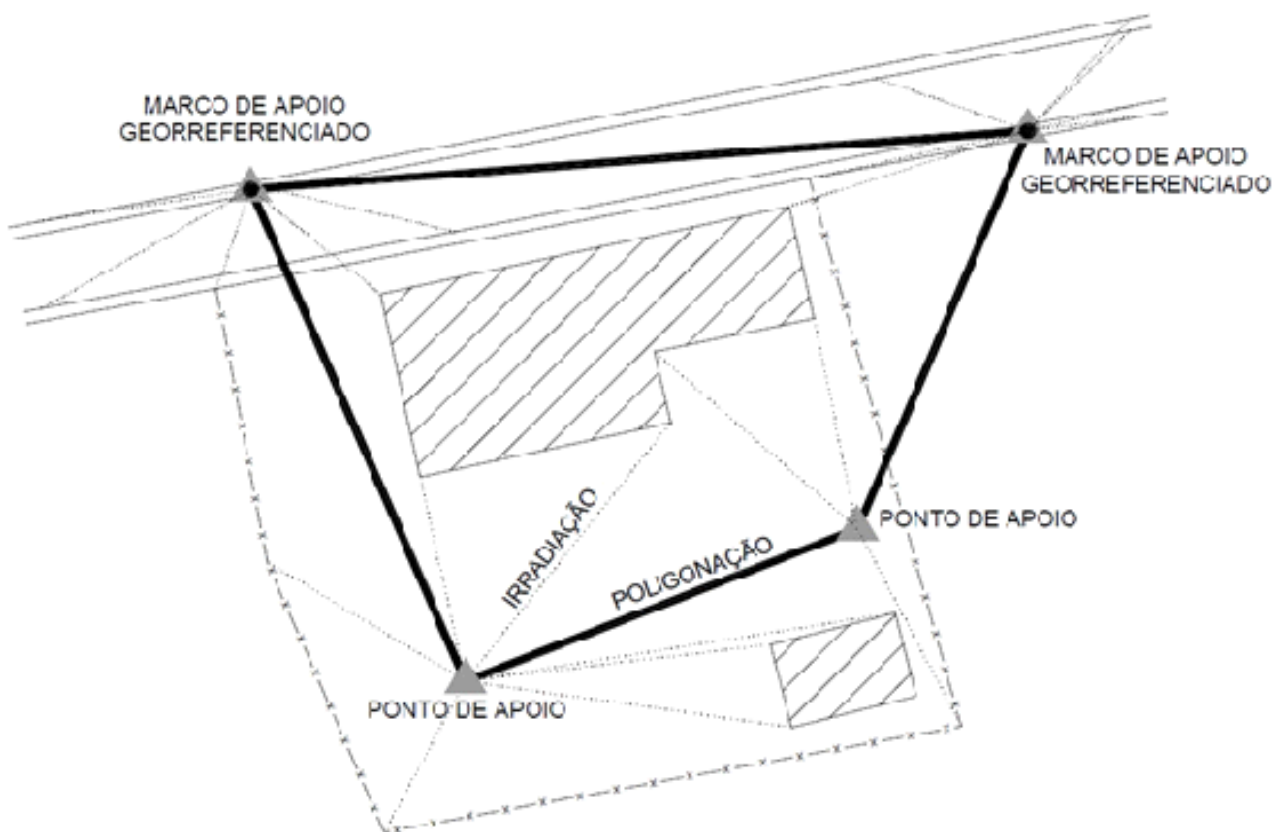
DADOS DO FECHAMENTO

Perímetro:.....	3980.3707		
	ERROS	TOLERÂNCIAS	
Angular:.....	-0°00'05"	0°00'44"	Erro Distribuído
Relativo:.....	1:27049	1:10000	Erro Distribuído
Linear:.....	0.1471		
Eixo Norte:.....	-0.0821		
Eixo Este:.....	-0.1221		
Azimuth:.....	236°03'49"		
Altimétrico:.....	-0.0007	0.0399	Erro Distribuído

4.1.4 Ponto de detalhe ou irradiações

Após a implantação dos marcos geodésicos e cálculos das poligonais de apoio é possível estacionar e nivelar a estação total Leica TS06 sobre estes pontos e efetuar as medições dos pontos de detalhe, que são efetivamente o objetivo do levantamento topográfico. Com as medidas de ângulos e distâncias (coordenadas polares) coletadas são calculadas as coordenadas cartesianas ou retangulares (irradiações). Como todos os pontos de apoio já estão amarrados entre si e conectados à uma base de apoio georreferenciada, são obtidas as coordenadas retangulares ou cartesianas georreferenciadas de todos os pontos irradiados a partir desta estação.

Figura 3 - Ilustração dos métodos utilizados



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

4.1.5 Nivelamento Geométrico

Foi realizado nivelamento geométrico com contranivelamento, o qual é apresentado na a seguir.

Tabela 2 - Nivelamento Geométrico.

PV	Leituras		Cálculo	
	RÉ	VANTE	PR	Cota
LUG2	0,973		12,194	11,221
SAPO		0,958		11,236
SAPO	3,598		14,834	11,236
LUG3		1,778		13,056
SAPO		0,160		14,674
SAPO	3,690		18,364	14,674
SAPO		0,183		18,181
SAPO	3,675		21,856	18,181
SAPO		0,177		21,679
SAPO	3,694		25,373	21,679
SAPO		0,261		25,112
SAPO	3,551		28,663	25,112
SAPO		2,280		26,383
SAPO	0,847		27,230	26,383
SAPO		0,602		26,628
SAPO	1,837		28,465	26,628
LUG4		1,265		27,200
LUG4	1,265		28,465	27,200
SAPO		3,087		25,378
SAPO	0,622		26,000	25,378
LUG5		1,305		24,695
SAPO		1,768		24,232
SAPO	1,365		25,597	24,232
LUG6		0,379		25,218
SAPO		1,618		23,979
SAPO	0,603		24,582	23,979
LUG7		0,147		24,435
SAPO		0,918		23,664
SAPO	0,772		24,436	23,664
SAPO		1,527		22,909
SAPO	1,107		24,016	22,909
LUG8		1,386		22,630
LUG9		0,618		23,398
LUG9	1,409		24,807	23,398
LUG10		1,572		23,235
LUG10	1,035		24,270	23,235
LUG11		1,572		22,698
LUG11	2,076		24,774	22,698
SAPO		0,043		24,731

PV	Leituras		Cálculo	
	RÉ	VANTE	PR	Cota
SAPO	3,090		27,821	24,731
LUG12		2,046		25,775
SAPO		0,063		27,758
SAPO	3,538		31,296	27,758
LUG13		0,460		30,836
SAPO		0,032		31,264
SAPO	2,825		34,089	31,264
LUG14		2,249		31,840
LUG14	0,442		32,282	31,840
LUG15		1,909		30,373
LUG15	1,198		31,571	30,373
SAPO		0,608		30,963
SAPO	1,938		32,901	30,963
LUG16		1,415		31,486
SAPO		2,263		30,638
SAPO	0,256		30,894	30,638
LUG17		2,898		27,996
SAPO		3,861		27,033
SAPO	0,183		27,216	27,033
SAPO		2,665		24,551
SAPO	1,814		26,365	24,551
LUG18		1,764		24,601
LUG19		0,625		25,740
LUG19	1,246		26,986	25,740
LUG20		2,021		24,965
LUG20	0,059		25,024	24,965
SAPO		2,821		22,203
SAPO	1,295		23,498	22,203
SAPO		0,588		22,910
SAPO	2,751		25,661	22,910
SAPO		1,048		24,613
SAPO	3,609		28,222	24,613
LUG21		2,147		26,075
LUG22		1,324		26,898
LUG22	0,960		27,858	26,898
SAPO		1,652		26,206
SAPO	0,857		27,063	26,206
LUG23		0,755		26,308
SAPO		1,223		25,840
SAPO	1,321		27,161	25,840

PV	Leituras		Cálculo	
	RÉ	VANTE	PR	Cota
SAPO		1,364		25,797
SAPO	1,402		27,199	25,797
SAPO		1,426		25,773
SAPO	1,768		27,541	25,773
SAPO		0,615		26,926
SAPO	2,328		29,254	26,926
SAPO		0,219		29,035
SAPO	1,116		30,151	29,035
LUG24		0,844		29,307
LUG25		2,157		27,994
LUG25	0,379		28,373	27,994
LUG26		0,608		27,765
LUG26	1,409		29,174	27,765
LUG27		1,259		27,915
LUG27	0,264		28,179	27,915
LUG28		0,812		27,367
LUG28	0,208		27,575	27,367
SAPO		1,984		25,591
SAPO	1,340		26,931	25,591
SAPO		1,228		25,703
SAPO	2,424		28,127	25,703
LUG29		0,858		27,269
LUG29	1,603		28,872	27,269
LUG30		1,782		27,090
LUG30	0,946		28,036	27,090
SAPO		1,494		26,542
SAPO	1,803		28,345	26,542
SAPO		0,668		27,677
SAPO	2,017		29,694	27,677
LUG31		0,325		29,369
LUG31	1,336		30,705	29,369
SAPO		1,717		28,988
SAPO	1,211		30,199	28,988
LUG32		1,560		28,639
LUG32	1,428		30,067	28,639
SAPO		1,670		28,397
SAPO	1,651		30,048	28,397
LUG33		1,032		29,016
LUG33	1,229		30,245	29,016
SAPO		1,570		28,675

PV	Leituras		Cálculo	
	RÉ	VANTE	PR	Cota
SAPO	2,244		30,919	28,675
LUG34		0,271		30,648
LUG34	1,253		31,901	30,648
SAPO		1,047		30,854
SAPO	2,103		32,957	30,854
LUG35		0,116		32,841
LUG35	1,280		34,121	32,841
SAPO		1,202		32,919
SAPO	1,980		34,899	32,919
SAPO		0,882		34,017
SAPO	1,968		35,985	34,017
LUG36		0,974		35,011
LUG36	0,745		35,756	35,011
SAPO		2,113		33,643
SAPO	0,900		34,543	33,643
SAPO		2,061		32,482
SAPO	1,425		33,907	32,482
LUG37		1,898		32,009
LUG37	0,670		32,679	32,009
SAPO		2,079		30,600
SAPO	1,470		32,070	30,600
SAPO		1,169		30,901
SAPO	2,284		33,185	30,901
SAPO		0,754		32,431
SAPO	1,768		34,199	32,431
LUG38		1,000		33,199
SAPO		1,088		33,111
SAPO	2,211		35,322	33,111
SAPO		0,582		34,740
SAPO	2,169		36,909	34,740
LUG39		1,522		35,387
SAPO		1,119		35,790
SAPO	2,289		38,079	35,790
SAPO		0,137		37,942
SAPO	3,481		41,423	37,942
SAPO		0,264		41,159
SAPO	3,781		44,940	41,159
SAPO		0,403		44,537
SAPO	2,193		46,730	44,537
LUG40		0,446		46,284

PV	Leituras		Cálculo	
	RÉ	VANTE	PR	Cota
LUG31	1,464		30,833	29,369
LUG41		1,464		29,369
LUG41	1,421		30,790	29,369
SAPO		1,002		29,788
SAPO	1,588		31,376	29,788
SAPO		1,037		30,339
SAPO	1,373		31,712	30,339
LUG42		1,053		30,659
LUG42	1,079		31,738	30,659
LUG43		0,759		30,979
SAPO		0,573		31,165
SAPO	3,969		35,134	31,165
LUG44		0,229		34,905
LUG44	0,234		35,139	34,905
SAPO		2,846		32,293
SAPO	0,172		32,465	32,293
LUG43		1,478		30,987
LUG42		1,802		30,663
LUG42	1,084		31,747	30,663
SAPO		1,526		30,221
SAPO	1,131		31,352	30,221
SAPO		1,847		29,505
SAPO	1,114		30,619	29,505
LUG41		1,247		29,372
LUG41	1,339		30,711	29,372
LUG31		1,338		29,373
LUG40	0,464		46,748	46,284
SAPO		3,214		43,534
SAPO	0,221		43,755	43,534
SAPO		3,652		40,103
SAPO	0,428		40,531	40,103
SAPO		3,632		36,899
SAPO	0,550		37,449	36,899
LUG39		2,057		35,392
LUG39	0,634		36,026	35,392
SAPO		2,606		33,420
SAPO	0,359		33,779	33,420

PV	Leituras		Cálculo	
	RÉ	VANTE	PR	Cota
LUG38		0,573		33,206
LUG38	0,101		33,307	33,206
SAPO		2,328		30,979
SAPO	1,519		32,498	30,979
SAPO		1,999		30,499
SAPO	2,325		32,824	30,499
LUG37		0,808		32,016
LUG37	2,098		34,114	32,016
SAPO		0,958		33,156
SAPO	2,554		35,710	33,156
LUG36		0,696		35,014
LUG36	0,958		35,972	35,014
SAPO		2,365		33,607
SAPO	0,766		34,373	33,607
LUG35		1,522		32,851
LUG35	0,674		33,525	32,851
SAPO		2,310		31,215
SAPO	1,199		32,414	31,215
SAPO		1,432		30,982
SAPO	0,652		31,634	30,982
LUG34		0,975		30,659
SAPO		2,440		29,194
SAPO	1,279		30,473	29,194
LUG33		1,441		29,032
LUG33	1,139		30,171	29,032
SAPO		1,819		28,352
SAPO	1,789		30,141	28,352
LUG32		1,481		28,660
LUG32	1,581		30,241	28,660
SAPO		1,549		28,692
SAPO	1,823		30,515	28,692
LUG31		1,117		29,398
LUG31	0,143		29,541	29,398
SAPO		2,989		26,552
SAPO	1,537		28,089	26,552
LUG30		0,967		27,122
LUG30	1,829		28,951	27,122
LUG29		1,648		27,303
LUG29	0,748		28,051	27,303
SAPO		2,180		25,871

PV	Leituras		Cálculo	
	RÉ	VANTE	PR	Cota
SAPO	1,104		26,975	25,871
SAPO		0,971		26,004
SAPO	1,995		27,999	26,004
LUG28		0,594		27,405
LUG28	0,629		28,034	27,405
LUG27		0,081		27,953
LUG27	1,307		29,260	27,953
LUG26		1,457		27,803
LUG26	0,968		28,771	27,803
LUG25		0,739		28,032
LUG25	1,556		29,588	28,032
LUG24		0,243		29,345
LUG24	0,031		29,376	29,345
SAPO		2,949		26,427
SAPO	0,797		27,224	26,427
SAPO		1,462		25,762
SAPO	1,423		27,185	25,762
SAPO		1,443		25,742
SAPO	1,887		27,629	25,742
LUG23		1,285		26,344
LUG23	1,350		27,694	26,344
SAPO		1,001		26,693
SAPO	1,419		28,112	26,693
LUG22		1,176		26,936
LUG22	1,314		28,250	26,936
LUG21		2,137		26,113
LUG21	0,025		26,138	26,113
SAPO		3,133		23,005
SAPO	0,982		23,987	23,005
SAPO		1,968		22,019
SAPO	1,642		23,661	22,019
SAPO		1,292		22,369
SAPO	2,928		25,297	22,369
LUG20		0,307		24,990
LUG20	2,032		27,022	24,990
LUG19		1,256		25,766
LUG19	0,593		26,359	25,766
LUG18		1,732		24,627
SAPO		1,935		24,424
SAPO	2,176		26,600	24,424

PV	Leituras		Cálculo	
	RÉ	VANTE	PR	Cota
SAPO		0,255		26,345
SAPO	3,592		29,937	26,345
LUG17		1,913		28,024
SAPO		0,075		29,862
SAPO	3,154		33,016	29,862
LUG16		1,498		31,518
SAPO		1,789		31,227
SAPO	0,505		31,732	31,227
LUG15		1,318		30,414
LUG15	1,548		31,962	30,414
LUG14		0,082		31,880
LUG14	2,264		34,144	31,880
LUG13		3,269		30,875
LUG13	0,231		31,106	30,875
SAPO		3,890		27,216
SAPO	0,064		27,280	27,216
LUG12		1,465		25,815
SAPO		3,812		23,468
SAPO	0,849		24,317	23,468
LUG11		1,598		22,719
SAPO		1,550		22,767
SAPO	1,612		24,379	22,767
LUG10		1,112		23,267
LUG10	1,492		24,759	23,267
LUG9		1,325		23,434
LUG9	0,617		24,051	23,434
LUG8		1,380		22,671
SAPO		1,215		22,836
SAPO	1,585		24,421	22,836
SAPO		0,859		23,562
SAPO	1,453		25,015	23,562
LUG7		0,539		24,476
SAPO		1,757		23,258
SAPO	2,245		25,503	23,258
LUG6		0,245		25,258
SAPO		1,249		24,254
SAPO	1,797		26,051	24,254
LUG5		1,314		24,737
SAPO		0,621		25,430
SAPO	3,071		28,501	25,430
LUG4		1,259		27,242

PV	Leituras		Cálculo	
	RÉ	VANTE	PR	Cota
LUG4	0,718		27,960	27,242
SAPO		2,160		25,800
SAPO	2,402		28,202	25,800
SAPO		0,938		27,264
SAPO	0,417		27,681	27,264
SAPO		3,597		24,084
SAPO	0,350		24,434	24,084
SAPO		3,400		21,034
SAPO	0,506		21,540	21,034
SAPO		2,833		18,707
SAPO	0,479		19,186	18,707
SAPO		3,835		15,351
SAPO	0,447		15,798	15,351
LUG3		2,716		13,082
SAPO		0,293		15,505
SAPO	3,749		19,254	15,505
SAPO		0,897		18,357
SAPO	2,438		20,795	18,357
SAPO		3,316		17,479
SAPO	0,498		17,977	17,479
SAPO		3,875		14,102
SAPO	0,573		14,675	14,102
SAPO		2,759		11,916
SAPO	0,775		12,691	11,916
LUG2		1,437		11,254

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Tabela 3 - Cotas Niveladas.

VÉRTICE	ALTITUDE ORTOMÉTRICA
LUG02	11,238
LUG03	13,069
LUG04	27,221
LUG05	24,716
LUG06	25,238
LUG07	24,456
LUG08	22,651
LUG09	23,416

VÉRTICE	ALTITUDE ORTOMÉTRICA
LUG10	23,251
LUG11	22,709
LUG12	25,795
LUG13	30,856
LUG14	31,860
LUG15	30,394
LUG16	31,502
LUG17	28,010
LUG18	24,614
LUG19	25,753
LUG20	24,978
LUG21	26,094
LUG22	26,917
LUG23	26,326
LUG24	29,326
LUG25	28,013
LUG26	27,784
LUG27	27,934
LUG28	27,386
LUG29	27,286
LUG30	27,106
LUG31	29,384
LUG32	28,650
LUG33	29,024
LUG34	30,654
LUG35	32,846
LUG36	35,013
LUG37	32,013
LUG38	33,203
LUG39	35,390
LUG40	46,284
LUG41	29,371
LUG42	30,661
LUG43	30,983
LUG44	34,905

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Figura 4 – Levantamento Topográfico.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 5 – Levantamento Topográfico.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 6 – Levantamento Topográfico.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 7 – Levantamento Topográfico.



Fonte: Autor, 2019.

4.2 Concepção das alternativas de intervenção

4.2.1 Premissas para elaboração dos cenários de intervenção

Em fase inicial deste estudos, foi indicada a necessidade de avaliação de quatro cenários de simulação, tomando como referência aqueles apresentados no estudo prévio, denominado Projeto Executivo de Engenharia que conterà as intervenções necessárias para minimização dos impactos dos alagamentos nos municípios de Ibirajuba e João Neiva” (Lugare Engenharia, 2021). No total o estudo de 2021 avaliou 9 cenários, cujas diferenças entre eles estavam na combinação das intervenções, que incluíram:

- ✓ a limpeza do Rio Perobas (Afluente);
- ✓ dragagem do Rio Taquaraçu;
- ✓ implantação de gabião no Rio Taquaraçu;
- ✓ implantação de concreto armado no Rio Taquaraçu;
- ✓ retirada do barramento de jusante;
- ✓ implantação de galeria alternativa.

Tanto a dragagem quanto à implantação de gabião foram modelados no estudo da Lugare Engenharia com a largura maior que a encontrada em campo, e os cenários foram nomeados como:

- Cenário 01: Situação atual. Dados e objetos existentes como observados em campo. Topografia, pontes e barramento como encontrados atualmente.
- Cenário 02: Dragagem. O rio Taquaraçu após serviço de dragagem do trecho modelado. Nesse cenário o rio Perobas (Afluente¹) foi simulado em situação após a limpeza do canal.
- Cenário 03: Gabião. O Rio Taquaraçu após serviço de implantação de gabião do trecho modelado. Como no cenário anterior, o rio Perobas foi simulado em situação após a limpeza do canal.
- Cenário 04: Gabião e sem barramento. O Rio Taquaraçu após serviço de implantação de gabião do trecho modelado e sem o barramento localizado na região de jusante.

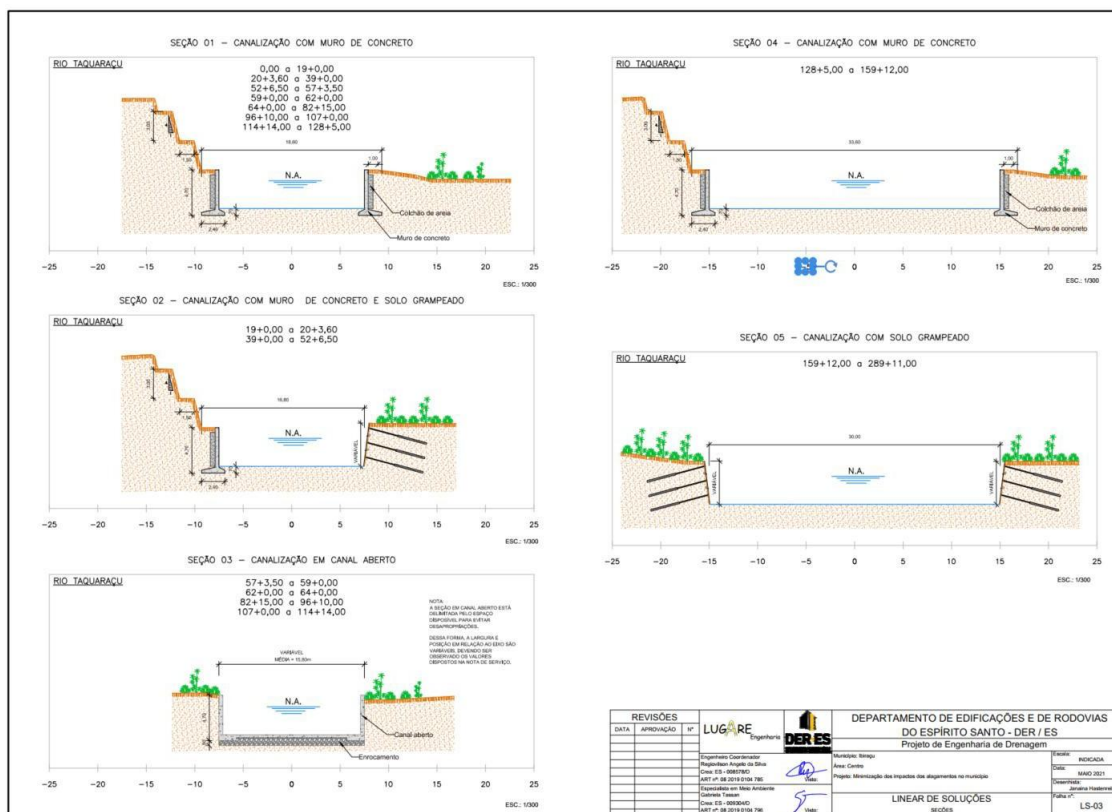
- Cenário 05: Galeria alternativa, gabião instalado no Rio Taquaraçu e limpeza do Rio Perobas.
- Cenário 06: Galeria alternativa, gabião instalado no Rio Taquaraçu, limpeza do Rio Perobas e com a retirada do barramento de jusante.
- Cenário 07: Concreto armado e sem barramento. O Rio Taquaraçu após serviço de implantação de concreto armado do trecho modelado e sem o barramento localizado na região de jusante.
- Cenário 08: Galeria alternativa, concreto armado instalado no Rio Taquaraçu e limpeza do Rio Perobas.
- Cenário 09: Galeria alternativa, concreto armado instalado no Rio Taquaraçu, limpeza do Rio Perobas e com a retirada do barramento de jusante.

Dentro as soluções avaliadas, o estudo de 2021 indicou o cenário 09 como solução de projeto, após discussão com a fiscalização. De acordo com informações do estudo de 2021 “a porção a montante da confluência com o Rio Perobas, o Rio Taquaraçu foi simulado com a largura de 15 m e, a jusante da confluência, de 30 m. A implantação de gabião considerou padronização da inclinação do fundo do talvegue, sendo 0,0019 a montante da confluência e 0,0015 a jusante da confluência.”

“Na simulação do rio Perobas limpo foi utilizado rugosidade de 0,040. No rio Taquaraçu, os valores de Manning usados pelos autores foram de 0,030 para dragagem, 0,027 para gabião e 0,012 para o concreto armado. O estudo também propôs uma galeria dupla (3x3 m cada) para desviar o escoamento do Afluente, iniciando na rotatória localizada na BR 101 até a região menos urbanizada, ao sul do centro de Ibirapu, ainda na Av. Getúlio Vargas.” Essa medida também foi proposta pelo estudo do INPH (2010).

Assim, para o projeto de canalização do rio Taquaraçu foram adotadas seções de canal aberto, com fundo do rio revestido, e largura variando entre 15 e 30 metros, conforme apresentado no projeto geométrico. Em alguns locais, dentro do intervalo previsto para a implantação da solução de concreto projetado (canal aberto), foi previsto o estreitamento da seção para uma largura mínima de até 14 metros a fim de evitar a realização de algumas desapropriações. Para o Afluente foi prevista a

execução de limpeza e para as ruas Conde D'Eu e Av. Getúlio Vargas a execução da galeria de concreto, conforme solução apresentada no cenário 09. As soluções e seções citadas nos referidos intervalos são apresentadas no Volume 02 do estudo mencionado. A Figura 1 mostra uma imagem com as intervenções propostas ao longo do rio Taquaruçu, e a Tabela 1 apresenta um resumo destas.



Fonte: Lugare Engenharia (2021)

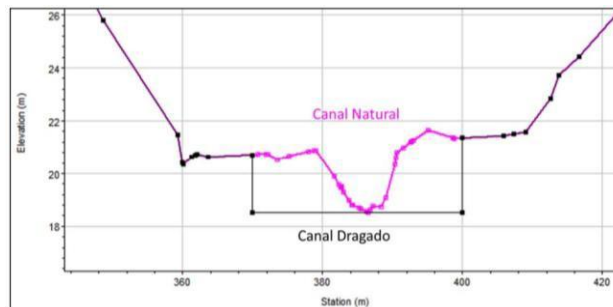
Conforme se observa, o Cenário 9 propôs a instalação de canal aberto com largura de 15 m em boa parte do rio Taquaruçu, desde seu extremo de montante, antes de entrar na área mais densamente urbanizada, até a próximo à rua dos Beijaflores. Após este ponto, é proposta canalização com 30 m de largura, até região cerca de 300 m a jusante da confluência do rio da Prata no rio Taquaruçu. Não foi possível identificar uma altura de calha fixada para essas intervenções, apenas largura de canal. Mediante uma leitura detalhada do relatório, e análise dos arquivos de modelagem é possível identificar que estas foram bastante variáveis, embora o projeto gráfico indique uma altura de 4,70 m para o canal em concreto, conforme apresentado na Figura 1. Por exemplo, é mencionada seção executada em solo grampeado com

canal de altura de 7,5 metros (entre estacas Est 19+0,00 à E 20+3,60 e entre E39+0,00 à E49+0,00), altura de 4,5 metros (entre estacas E49+0,00 à E52+6,50 e E159+12,00 à E289+11,00), sendo essas regiões dentro do perímetro urbano de Ibirapu. O referido estudo também apresenta seções como a da Figura 2, que tem apenas 2m de altura. A análise dos arquivos de modelagem também não permitiu identificar alturas de referência que tenham sido avaliadas durante a simulação, desta forma, se conclui que as alturas propostas no estudo de 2021 seriam variáveis e adequadas ao local onde seria executada a obra.

Tabela 1 – Seções propostas para o rio Taquaruçu no estudo da Lugare Engenharia em 2021

Descrição	Estacas	Projeto gráfico
Canalização com Muro de concreto, com vão livre de 15,00m entre as paredes do muro de contenção.	- 0+0,00 à 19+0,00: - 20+3,60 à 39+0,00: - 52+6,50 à 57+3,50: - 59+0,00 à 62+0,00: - 64+0,00 à 82+15,00: - 96+10,00 à 107+0,00: - 114+14,00 à 128+5,00:	SEÇÃO 01 – CANALIZAÇÃO COM MURO DE CONCRETO RIO TAQUARUÇU 0,00 à 19+0,00 20+3,60 à 39+0,00 52+6,50 à 57+3,50 59+0,00 à 62+0,00 64+0,00 à 82+15,00 96+10,00 à 107+0,00 114+14,00 à 128+5,00
Canalização com Muro de concreto do lado esquerdo e Solo grampeado no lado direito, com vão livre de 15,00m entre as paredes das contenções.	- 19+0,00 à 20+3,60: - 39+0,00 à 52+6,50:	SEÇÃO 02 – CANALIZAÇÃO COM MURO DE CONCRETO E SOLO GRAMPEADO RIO TAQUARUÇU 19+0,00 à 20+3,60 39+0,00 à 52+6,50
Canalização em Canal Aberto, com vão livre médio de 15,00m entre as paredes da contenção. Concreto projetado	- 57+3,50 à 59+0,00: - 62+0,00 à 64+0,00: - 82+15,00 à 96+10,00: - 107+0,00 à 114+14,00:	SEÇÃO 03 – CANALIZAÇÃO EM CANAL ABERTO RIO TAQUARUÇU 57+3,50 à 59+0,00 62+0,00 à 64+0,00 82+15,00 à 96+10,00 107+0,00 à 114+14,00 NOTA: A largura do canal aberto desta seção é de 15,00m, sendo 10,00m de largura útil e 2,50m de largura de margem em cada lado. DESA FORMAS, A LARGURA E PROFUNDIDADE DO CANAL ABERTO SÃO UNIFORMES, DE ACORDO COM O PROJETO DE DRENAGEM, EXIBIDOS NA NOTHA DE DETALHE.
Canalização com Muro de concreto, com vão livre de 30,00m entre as paredes do muro de contenção.	128+5,00 à 159+12,00:	SEÇÃO 04 – CANALIZAÇÃO COM MURO DE CONCRETO RIO TAQUARUÇU 128+5,00 à 159+12,00
Canalização com Solo Grampeado, com vão livre de 30,00m entre as paredes do muro de contenção.	- 159+12,00 à 289+11,00:	SEÇÃO 05 – CANALIZAÇÃO COM SOLO GRAMPEADO RIO TAQUARUÇU 159+12,00 à 289+11,00

Figura 2 – Seções de canal indicada para o rio Taquaruçu após intervenção



Fonte: Lugare Engenharia (2021).

4.2.1.1 Diretrizes técnicas para intervenções alternativas no presente e dos cenários de intervenção

Para o desenvolvimento deste estudo, seria necessário a caracterização de pelo menos quatro cenários alternativos de intervenção nos trechos de rio para redução das inundações considerando o cenário futuro de uso e ocupação do solo, envolvendo ações de limpeza, dragagem e aumento de seção transversal, mudança de revestimento da seção transversal, retificação de trechos de rio. Os parágrafos a seguir sintetizam o resultado de tomadas de decisão com a equipe de acompanhamento do desenvolvimento deste estudo.

Ao longo do desenvolvimento desse novo contrato, foi apresentada uma sugestão de cenários a serem simulados e, a partir dela, foram realizadas diversas análises acompanhadas de reuniões de acompanhamento com a apresentação de resultados parciais. Um dos cenários avaliados, de forma preliminar, incluiu a possibilidade de implantação de reservatórios offline, que receberiam águas extravasadas dos rios durante as cheias, funcionando como amortecedores do escoamento a montante das áreas urbanas. Foi realizado um exercício de identificação preliminar de áreas com potencial para dispor tais estruturas, onde se verificou que o município de Ibirapu possui algumas regiões disponíveis para tal finalidade, especialmente em áreas já inundáveis ao longo dos próprios rios Taquaruçu e Afluente. No total foram identificadas 7 regiões com potencial de armazenamento, todas a montante da área urbana do município de Ibirapu, em região onde não existem informações topobatemétricas disponíveis. Embora o controle do

escoamento em reservatórios se apresente como uma intervenção promissora, de acordo com análises iniciais, verificou-se que para a simulação destes havia dificuldades adicionais, pois os locais identificados estão a montante da área atualmente contemplada nos estudos e, com isso, não há levantamento de seções transversais nesses trechos. Desta forma, seria necessário utilizar aproximações com base em dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) ou de Terreno (MDT), exigindo mais esforço para a inclusão e a simulação dessas estruturas com informações simplificadas, o que poderia inclusive resultar em conclusões equivocadas.

Também foi avaliado, de forma preliminar, o efeito da remoção de uma antiga estrutura de barragem localizada à aproximadamente 3,5 km da zona urbana de Ibirajú. Essa análise preliminar indicou que existe um efeito deste barramento, que contribui para as inundações na área urbana, especialmente pelo fato de ela estar localizada à cerca de 600 m a jusante da confluência do rio da Prata, cuja bacia hidrográfica representa cerca de 40% da área de contribuição até a seção junto à barragem. O ingresso da contribuição do escoamento do rio da Prata, de forma isolada, já exerce influência no escoamento proveniente da região urbana do município de Ibirajú. Desta forma foi discutida a viabilidade de remoção da estrutura da barragem, que não tem qualquer função operacional. Não foi avaliado, no entanto, os potenciais impactos a jusante da barragem, uma vez realizada a sua remoção, porque não existem seções topobatemétricas a jusante.

Estes resultados preliminares foram apresentados e discutidos em reunião. Ao longo das reuniões de acompanhamento ficou evidente que o estudo de 2021 apresentava incertezas, e que a implementação das medidas de mitigação indicadas no estudo original possivelmente não resultaria no efeito desejado, além de envolverem desafios significativos de execução e viabilidade construtiva. A equipe de acompanhamento ressaltou que a implementação de seções com larguras estabelecidas naquela ocasião implicaria em um elevado número de desapropriações, e intervenções com outras estruturas, que não haviam sido previstas anteriormente. Ademais, uma análise dos resultados obtidos na modelagem hidráulica do estudo de 2021 mostrou que as seções simuladas ainda produziam inundações ao longo de boa parte da extensão do rio Taquaruçu. Também, se verificou, por meio de análises preliminares, que se as condições de escoamento do rio Taquaruçu fossem

adequadas, os efeitos de represamento das águas do córrego Afluentes seriam bastante reduzidos e, portanto, a galeria de desvio proposta no Cenário 9 do estudo de 2021 poderia ser desnecessária. Esse foi um ponto chave, pois a implantação da galeria de desvio acarretaria em diversas intervenções no centro do município de Ibiraçu.

Foi ressaltado, também, que o estudo anterior não contemplou a readequação das obras de transposição de talvegue (pontes, pontilhões, passarelas, etc.) à geometria das intervenções propostas nos canais de drenagem, e a manutenção das características atuais destas resulta em gargalos ao escoamento. Assim, destacou-se a importância de representar tanto a situação atual com as obras de transposição de talvegue existente, quanto avançar em uma análise que contemple a adequação destas estruturas, minimizando os seus efeitos sobre o escoamento.

Como resultado dessas discussões iniciais foram realizados os seguintes encaminhamentos para a concepção dos cenários alternativos de intervenção:

- a) Utilização de canal aberto com seção retangular para o trecho do rio Taquaruçu, com revestimento em concreto especialmente junto à área mais urbanizada. Após o trecho urbano foi avaliada a possibilidade de utilização de gabião como revestimento para o canal, em função de custos.
- b) Necessidade de avaliar o efeito de obstruções hidráulicas causadas pela presença de elementos como pontes e outras estruturas, para avaliar o quanto elas agravam o problema das inundações no município.
- c) Necessidade de limitar a largura da intervenção na seção transversal do trecho de rio, em razão da presença de elevado número de edificações às margens do rio Taquaruçu. A equipe de acompanhamento do DER/ES ficou encarregada de realizar este levantamento de pontos críticos e fornecer as informações para dar prosseguimento às análises.
- d) Necessidade de limitar a altura da intervenção na seção transversal do trecho de rio, por questões de segurança. Assim, foi definido que, dentro do possível, seria mantida a altura máxima do canal de drenagem em 5 m.
- e) Remoção da barragem a jusante do município de Ibiraçu, em razão do resultado positivo na redução dos níveis de água a montante na área urbana

de Ibirajú. Foi discutido também que a jusante da barragem não existe assentamentos urbanos, apenas propriedades rurais, sem ocupação das margens do rio Taquaruçu, e há uma ampliação na largura do canal logo após a região da barragem, o que contribui para dissipar e amortecer o escoamento.

- f) Eliminação do critério do período de recorrência da chuva de projeto para dimensionamento hidráulico. Esta decisão decorre das limitações impostas para a largura de seção do canal do rio Taquaruçu; assim, em função da seção hidráulica “possível” de ser instalada em cada trecho, é avaliado se há inundação ou não, para os diferentes períodos de recorrência considerados neste estudo. Se quantifica, portanto, o quanto um cenário com seção limitada pode contribuir para o controle das inundações em eventos com diferentes TRs. Como exemplo, alguns trechos podem ficar bem dimensionados para um TR de 10 anos, enquanto outros para um TR de 25 anos, e assim por diante.
- g) Redução do número de cenários de intervenções a serem avaliados. Foi acordado que apenas dois cenários seriam factíveis de serem elaborados com base nas condições discutidas de a) a e). Assim, foram elaborados dois cenários alternativos de intervenções: Cenário A e Cenário B

4.2.2 Intervenções do Cenário A

O Cenário A considera intervenção nas larguras de calha do rio Taquaruçu de acordo com os levantamentos de campo da equipe do DER. Assim, foi criada uma geometria com trechos de canal que obedecem a largura limite, e a profundidade do canal é alterada até o limite de profundidade máxima de 5 m, dentro do possível. Esse critério evita ao máximo possível as desapropriações. Para fins de elaboração de geometria do sistema para modelagem no HEC- RAS foram consideradas as intervenções descritas a seguir.

Rio Taquaruçu

A largura de calha do canal do rio Taquaruçu foi limitada à disponibilidade de espaço existente (indicada pela equipe de acompanhamento do DER), sendo que para o cumprimento destas diretrizes o rio Taquaruçu foi dividido em quatro trechos,

conforme apresentado na Figura 2. A Tabela 2 mostra as larguras definidas para os quatro trechos ao longo do rio Taquaruçu.

Assim, a geometria foi elaborada considerando canal aberto, de seção retangular, revestido em concreto armado ao longo do rio Taquaruçu desde a seção de montante (~km 210 da BR101) até junto à zona mais urbanizada (após rua das Tulipas) – EST 0+0,0 até EST 127+16,767 do levantamento topográfico do estudo de 2021 (Trechos 1 e 2). A partir desta estaca, foi mantida a seção retangular de canal aberto, mas considerado o revestimento em gabião, até a seção da barragem localizada a jusante do município de Ibirajú, visando a minimização dos custos (Trechos 3 e 4). Em todos os casos, foi realizada uniformização da declividade de fundo do rio Taquaruçu.

As larguras previamente definidas foram ajustadas à calha do rio Taquaruçu, considerando a borda de extravasamento do canal, especialmente na região urbana, e a altura da seção foi variável em razão da variabilidade da profundidade do canal natural do rio. Essa medida evitou a formação de muros laterais na seção proposta, com consequente fragmentação da paisagem e interrupção nos elementos de transposição de talvegue (esse efeito ocorreu na proposta do estudo realizado em 2021). Esse processo de ajustamento realizado neste estudo demandou grande esforço em fase anterior à modelagem, pois foi realizado de maneira manual, utilizando uma planilha auxiliar, exemplificado na Figura 4 para duas seções do rio Taquaruçu. Destaca-se também que este processo foi realizado mais de uma vez, em razão de adequações necessárias ao longo das simulações, especialmente em razão da altura muito variável da seção natural do rio Taquaruçu. Considerando a limitação de altura de canal de 5 m, uma primeira construção de geometrias foi realizada com seções com altura de 4,5 m – limitada a 5 m; essa limitação, no entanto, produziu depressões e degraus em várias seções do rio, provocando descontinuidades na declividade de fundo; por exemplo, o fundo do rio a jusante em cota mais alta que de montante.

Figura 3 – Indicação dos segmentos de trechos do rio Taquaruçu e córrego Afluente.

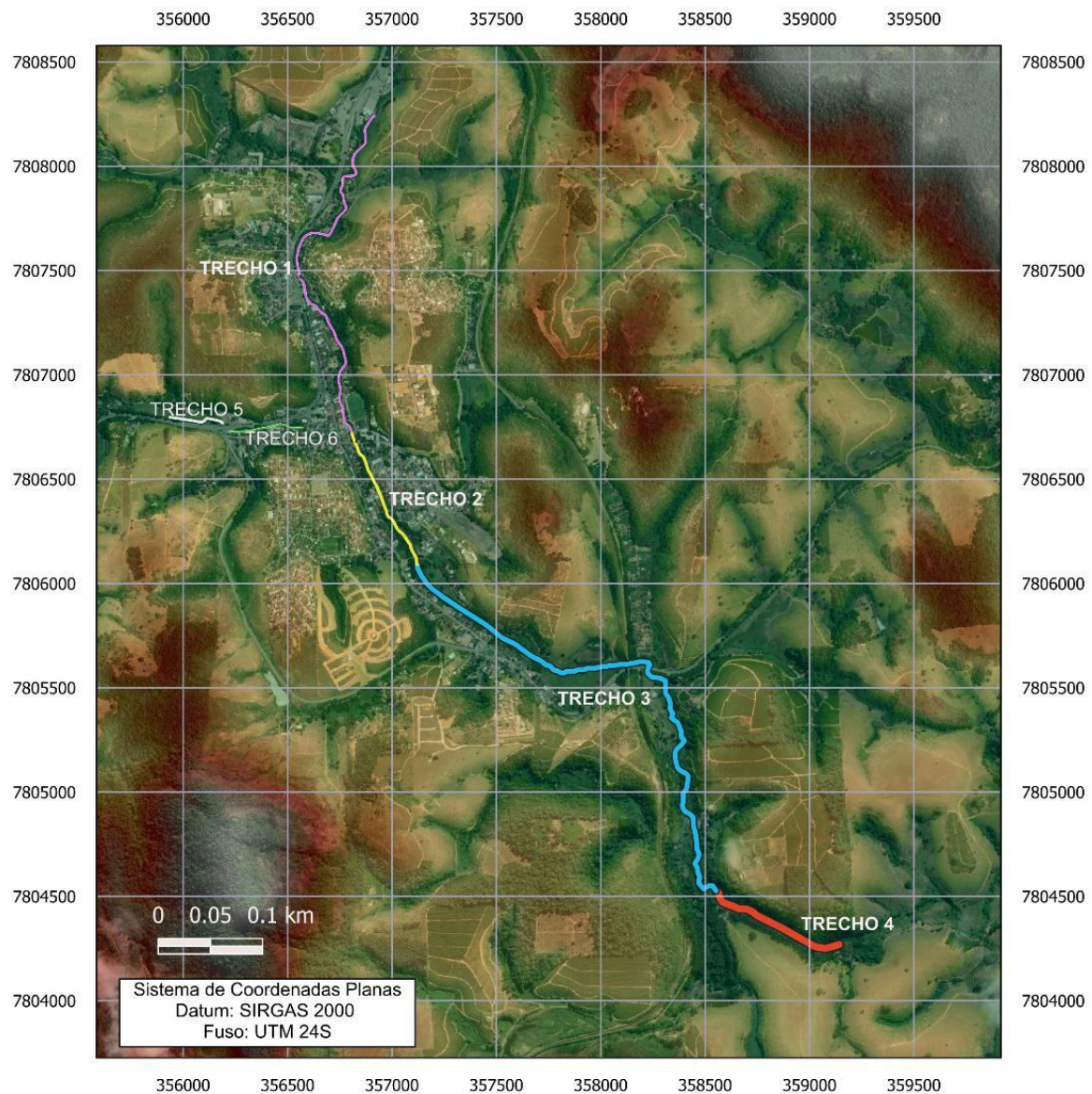


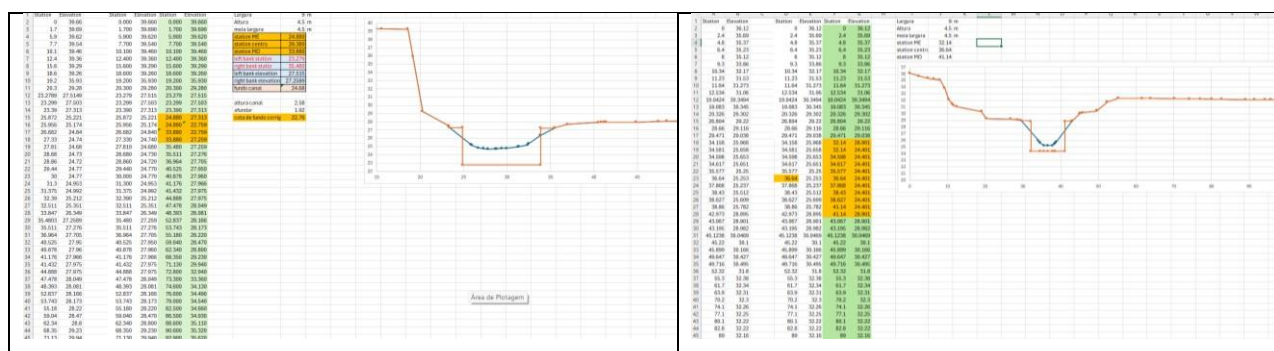
Tabela 2 – Largura de seções propostas para o rio Taquaruçu no Cenário A

Segmento	Largura da seção (m)	Descrição	Material de revestimento do canal
Trecho 1	9,0	Edificações confinando a calha do rio Taquaruçu e obras de transposição de talvegue – largura máxima livre de 9 m	Concreto
Trecho 2	13,2	Edificação confinando a calha do rio – largura máxima livre de 13,2 m	Concreto
Trecho 3	30,0	Pontes e pontilhões com possibilidade de adequação hidráulica – sem restrição de largura	Gabião
Trecho 4	40,0	Remoção da barragem a jusante de Ibiraçu	Gabião

Também, como será descrito nos resultados, as intervenções aumentaram muito a velocidade do escoamento no canal, e uma das alternativas adotadas para minimizar este problema foi reduzir a declividade do fundo do canal a montante do centro de Ibiraçu, e priorizando a aplicação de seções menos profundas junto a esta área central. Esse procedimento resultou em canais com altura superior a 5 m em região onde há menor urbanização, mas permitiu limitar velocidades à no máximo 5,5 m.s-1. A velocidade foi uma preocupação adicional durante a montagem das geometrias de canal, tendo em vista que, embora não haja normas técnicas no Brasil fornecendo diretrizes quanto a este valor, sabe-se que valores superiores acima de 5 m.s-1 demandam cuidados com a segurança e uso de concreto especial², de forma a evitar a erosão e abrasão.

Para os dois cenários, o eixo do rio foi tomado como referência para o ajustamento da largura das seções, mas entende-se que durante a execução das obras o eixo pode ser desviado em função da presença de diferentes elementos que causam interferências. A cada ajuste as seções eram inseridas na geometria de simulação do HEC-RAS para posterior simulação com os hidrogramas. Nas mudanças de seções foram criadas transição com larguras crescente, visando uma melhor representação da geometria e melhores condições para o funcionamento hidráulico. Esta estratégia foi aplicada na ampliação de 9 para 13,2 m, 13,2 m para 30 m, e 30 m para 40 m.

Figura 4 – Processo de ajustamento da seção de canalização à seção natural do rio



Neste Cenário A foram mantidas as características das 10 estruturas de transposição de talvegue presentes na região (pontes, pontilhões, passarelas), indicadas na Figura 5. Algumas informações para a representação destes elementos foram adicionadas ao modelo hidráulico com base em levantamento de campo, realizado pela equipe de acompanhamento do DER (o modelo já representava esses elementos com base nas informações do levantamento topográfico realizados no estudo de 2021, sendo estas revisadas). Da Figura 6 até a Figura 15 são apresentadas as principais características destas seções, juntamente com levantamento fotográfico fornecido pela equipe de acompanhamento do DER. Na Figura 15 é apresentado também um conjunto de 3 galerias celulares de 3x2m instaladas sob a ES257, que poderiam atuar como uma espécie de “ladrão” do escoamento do rio Taquaruçu durante cheias maiores. No entanto, a julgar pela cota de instalação destas estruturas, é mais provável que elas sejam utilizadas como sistema de passagem de fauna sob a rodovia.

Figura 5 – Indicação da localização das obras de transposição de talvegue ao longo do rio Taquaruçu

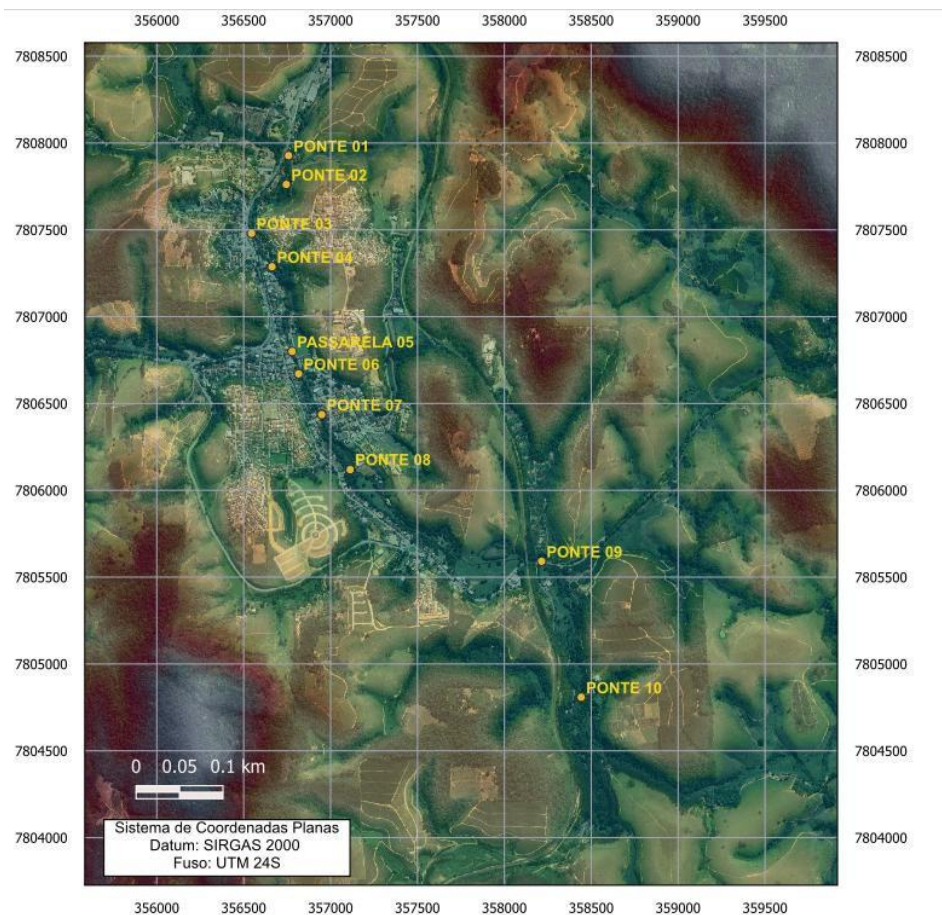


Figura 6 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 1

PONTE 1	
	
Largura = 2,95 m Extensão = 11,1 m Cabeceiras nas margens do rio Taquaruçu	

Figura 7 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 2

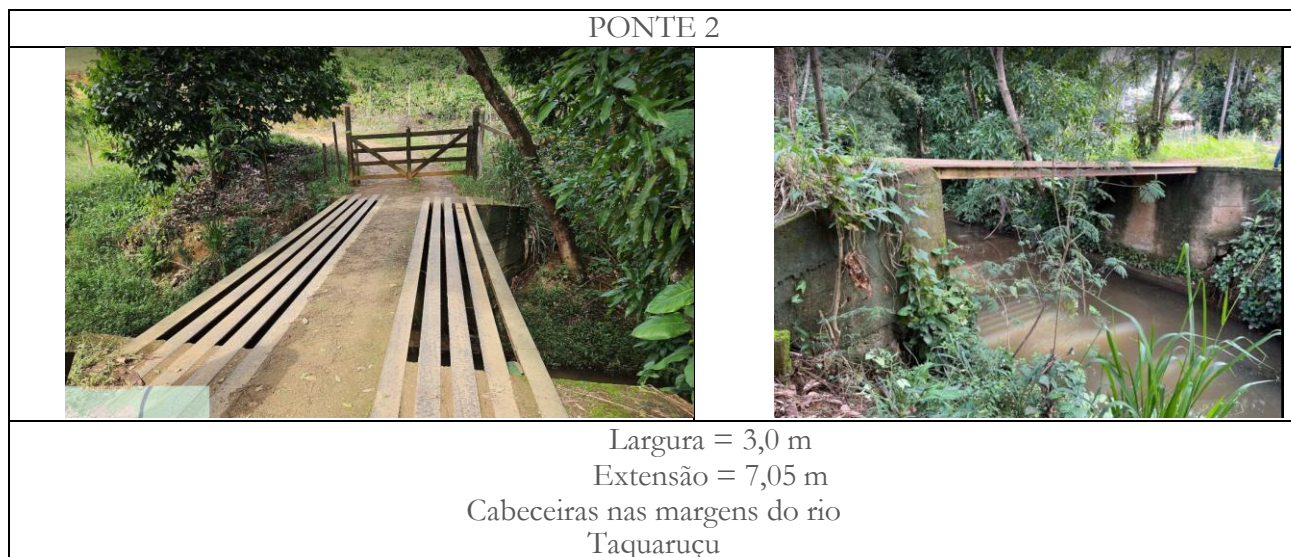


Figura 8 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 3



Figura 9 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 4



Figura 10 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PASSARELA



Figura 11 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 6



Figura 12 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 7

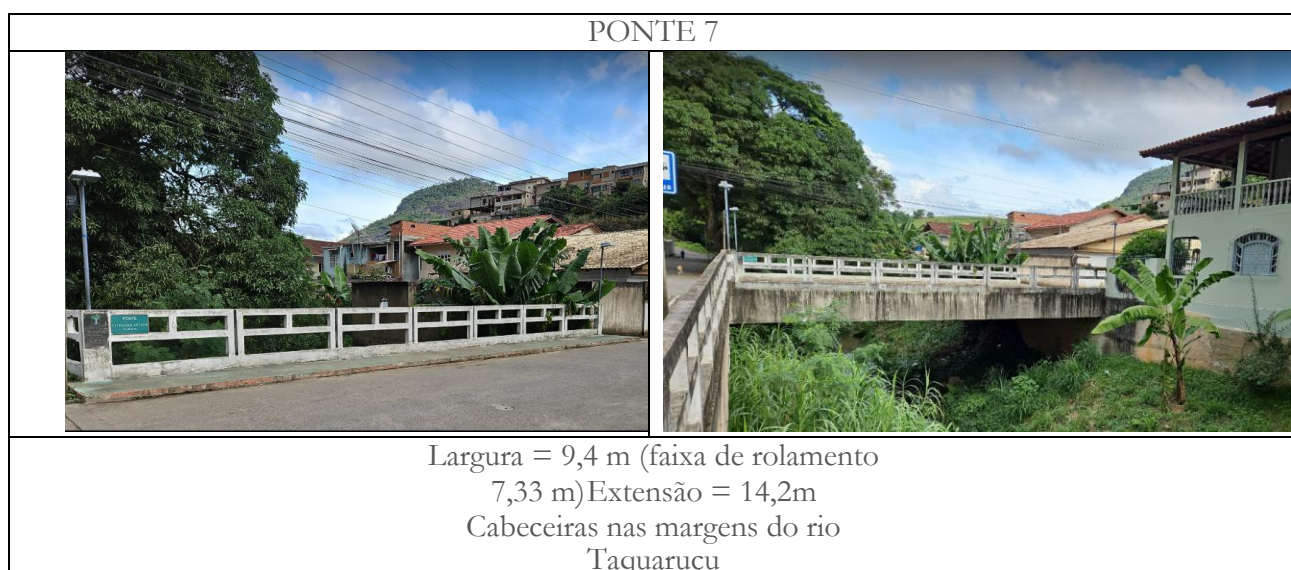


Figura 13 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 8



Figura 14 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 10

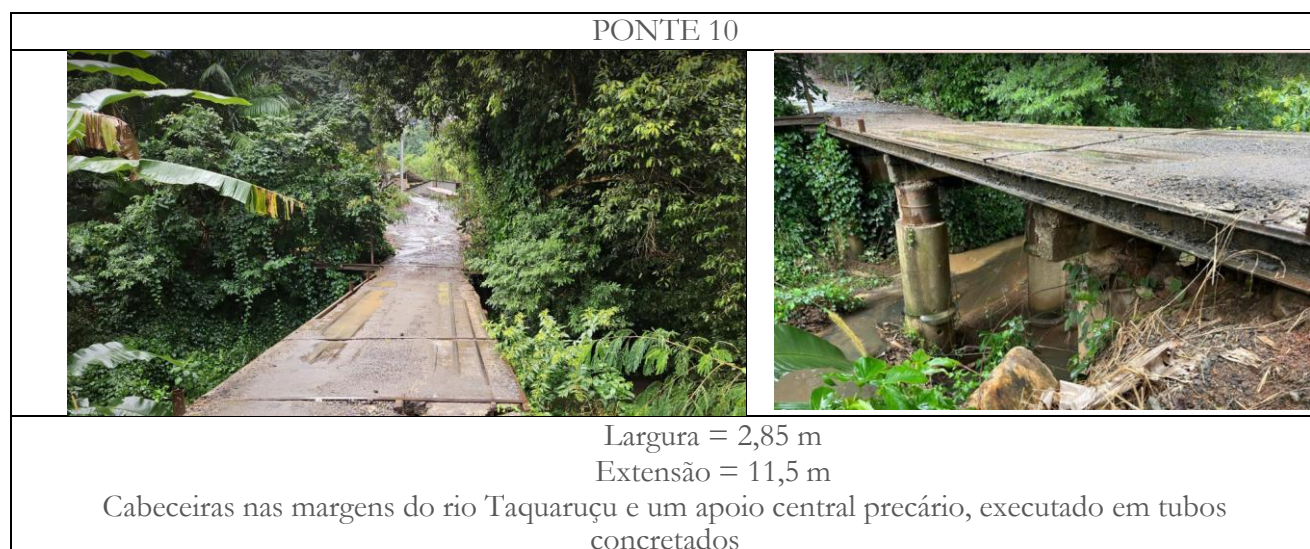


Figura 15 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 9

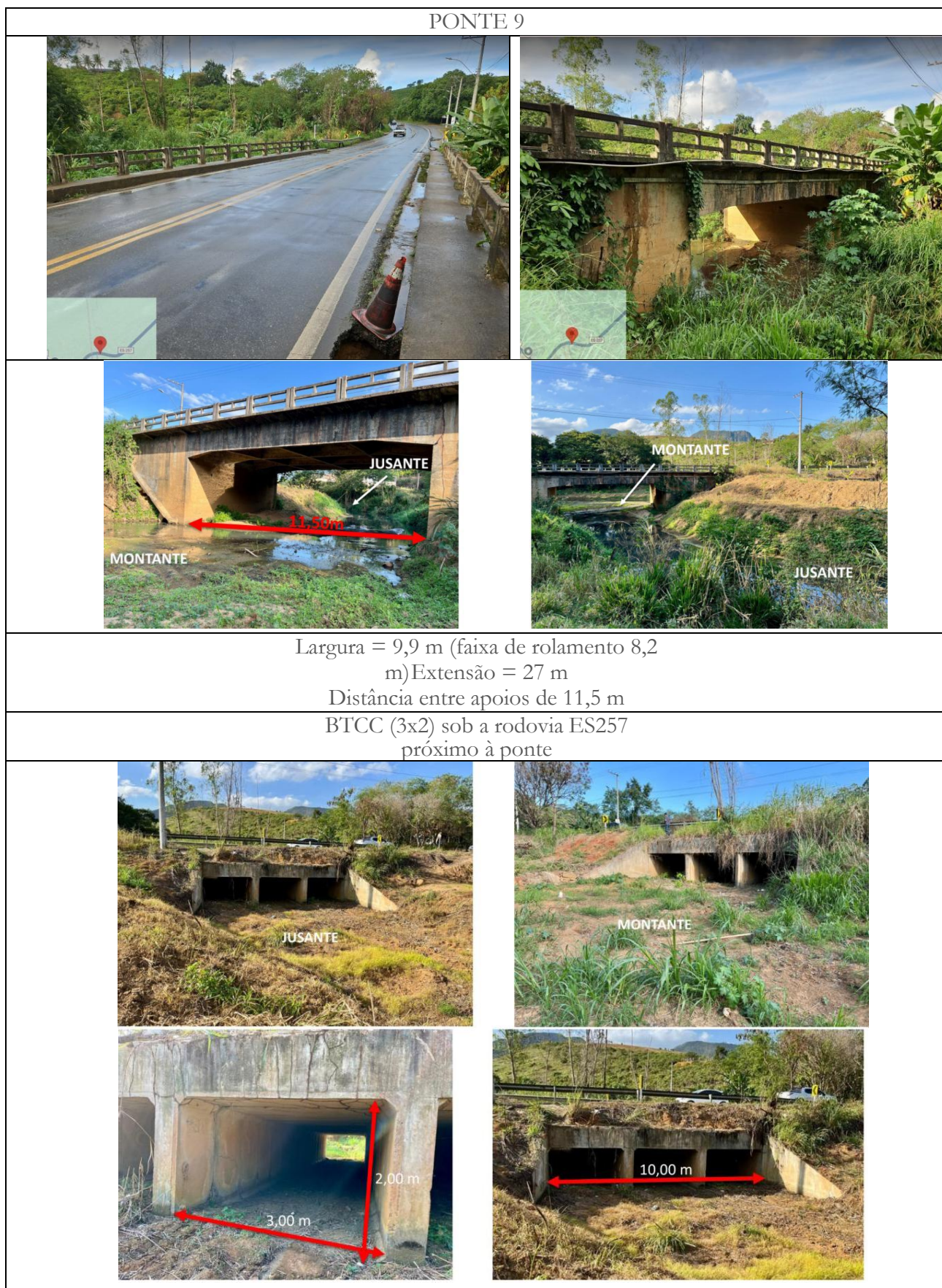


Figura 16 – Vista da seção do rio Taquaruçu imediatamente a jusante da barragem a ser retirada



Córrego Afluyente

O córrego Afluyente teve seu curso fragmentado em dois segmentos, para fins de intervenção, sendo um a montante da BR101 (Trecho 5) e outro entre a BR101 e centro de Ibraçu (Trecho 6), conforme apresentado na Figura 2. As intervenções propostas para estes dois trechos contemplam seções retangulares de canal aberto com revestimento em gabião no Trecho 5 e em concreto no Trecho 6, além da uniformização da declividade de fundo dos canais (Tabela 3).

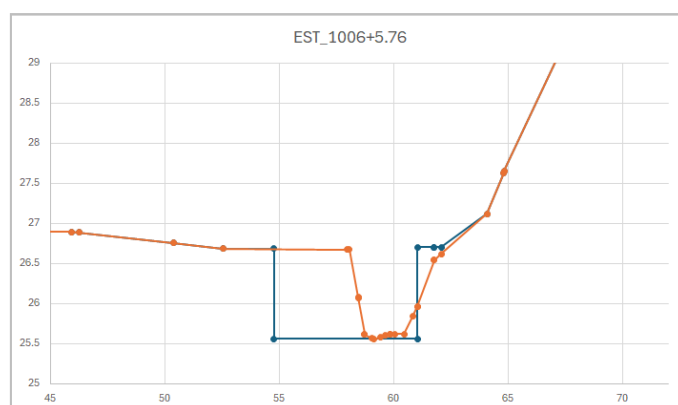
Tabela 3 – Largura de seções propostas para o córrego Afluyente no Cenário A

Segmento	Largura da seção (m)	Descrição	Material de revestimento do canal
Trecho 5	7,0	Largura limitada em razão do Trecho 6	Gabião
Trecho 6	7,0	Edificação confinando a calha do rio – largura máxima livre de 7 m	Concreto

No Trecho 5 é apresentada a possibilidade de ampliação da largura de calha do canal em direção à sua margem esquerda, região que é naturalmente inundável, onde não existem edificações – a margem direita é limitada pela presença da BR101. Neste cenário foi mantida a seção de galeria na transposição da BR101. A Figura 17 mostra um exemplo de ajustamentorealizado para a seção da Estaca 1006+5,76, onde

a largura do canal é ampliada de cerca de 3 m para 7 m em direção à margem esquerda. Embora haja mais espaço para a ampliação da largura do canal, o valor de 7 m foi tomado como referência limite para este processo, pois corresponde ao limite possível de intervenção na largura do córrego na região do Trecho 6 - desta forma não há estrangulamento na seção de jusante.

Figura 17 – Processo de ajustamento da seção de canalização à seção natural do rio no córrego Afluente – Trecho 5



A adequação proposta para estes dois trechos permite ampliar a capacidade hidráulica de condução do escoamento da água, tendo em vista que, especialmente as seções do córrego no Trecho 6 são bastante irregulares, com canais rasos, e geometrias de seção natural em “V”. Ademais, o extremo de jusante passa sob edificações no centro do município de Ibirapu, em região onde não há levantamento topobatimétrico disponível. A última seção levantada está junto à edificação existente sobre o leito do curso d’água, e depois é apresentada uma seção junto ao rio Taquaruçu na foz do Afluente, sob as edificações, sendo que esta seção tem formato aproximadamente retangular com 7 m de largura. Desta forma, a solução avaliada permite uma adequação em termos constância de geometria, correção de irregularidade de fundo, e redução de rugosidade no Trecho 6, embora seja necessário levantamento detalhado das interferências prováveis ao escoamento nesta região na ocasião da realização dos projetos básicos. Estas interferências podem ser causadas por elementos como fundações, pilares, entre outros, o que não foi possível representar nestas análises, em razão da indisponibilidade de informações.

A geometria do Cenário A foi avaliada durante a modelagem com o HEC-RAS para os hidrogramas de projeto com os diferentes períodos de recorrência, sendo verificado o potencial deste cenário quanto à redução das cheias, por meio da análise

das cotas atingidas pela água e respectivas áreas inundadas, bem como indicadores hidráulicos de vazões máximas e velocidade do escoamento no canal. O cenário de referência (doravante denominado apenas como Cenário de Referência), para fins de verificação da efetividade das medidas avaliadas, corresponde àquele apresentado para a condição atual (seções dos rios simuladas no ajustamento do modelo hidráulico) apresentado no relatório 02 para o mesmo período de recorrência.

Não estão sendo consideradas as avaliações de medidas como limpeza que demanda manutenção constante, dragagem sem estabilização das margens em função das características de desenvolvimento urbano sobre o canal, ou uso de gabiões na área urbana, pois estes aumentam muito a rugosidade. Essas medidas foram avaliadas no estudo anterior, e indicaram baixa efetividade.

4.2.3 Simulação dos cenários de intervenção

4.2.3.1 Parametrização do modelo hidráulico

Toda a preparação do modelo hidráulico de simulação seguiu os procedimentos apresentados no Relatório do *Produto 02 - Modelagem hidrodinâmica de inundações, focada na preparação do modelo e primeiras simulações para cenário atual de uso e ocupação do solo e sem intervenções nos trechos de rio*. Além das seções transversais, pontes e outros elementos representados no HEC-RAS, também são dados de entrada do software os coeficientes de Manning dos canais e das áreas passíveis de inundação, além de coeficientes de descargas, e outros parâmetros computacionais de modelagem.

Inicialmente, os coeficientes de rugosidade de Manning para planície de inundação foram determinados a partir de recomendações técnicas do USGS (1989)³, que sugere que deve ser identificada uma rugosidade de referência para o tipo de curso d'água, e a esta devem ser adicionados sucessivos coeficientes de rugosidade, de forma a representar outros efeitos reguladores do escoamento, sendo mantidos os valores inicialmente definidos e apresentados no relatório anterior (0,125). Para trechos de canalização em concreto foi adotada a rugosidade de 0,02⁴, e para os trechos com canalização em gabião o valor de 0,035⁵, visto que não foram pré-determinados os diâmetros das pedras no interior da estrutura do gabião. Ambos os

valores são ligeiramente superiores àqueles utilizados no estudo de 2021, que foram de 0,012 e 0,027 – sendo estes valores normalmente indicados para superfícies novas e em bom estado de conservação. No caso das rugosidades adotadas neste estudo, destaca-se que elas buscam representar os efeitos de elementos que não estão sendo considerados na modelagem, por falta de informação como, por exemplo, a utilização de concreto projetado, deposição de sedimentos ao longo da vida útil, presença de vegetação, resíduos sólidos, formação de biofilme, falta de manutenção, manutenção de pilares de edificações na calha dorio, entre outros.

Parâmetros hidráulicos também incluíram a definição de informações para a modelagem das pontes com indicação do coeficiente de vertedor em caso de submersão, que foi definido em 1,76, conforme recomendação manual do HEC-RAS para as características das pontes modeladas. Também, a abordagem utilizada para modelagem do escoamento nas pontes para vazões que não atingiram a cota da geratriz inferior da ponte (low flow) foi baseada na equação de energia e momento. Para vazões que superaram a cota superior da ponte (high flow), foi utilizado o método de pressão e vazão sobre a ponte. Essas escolhas foram realizadas com base em testes iniciais com vazões em regime permanente, buscando a estabilidade numérica do modelo, coerência dos resultados no processo de validação indireta, e recomendações do próprio manual do HEC-RAS.

Também foram definidos os parâmetros computacionais do modelo para a modelagem em regime não permanente. Assim, foi considerado escoamento em fluxo misto, uma vez identificadas transições de fluxo (subcrítico e supercrítico) durante fases iniciais de simulação em regime permanente (as tabelas fornecidas com os indicadores hidráulicos de cada cenário apresentam o número de Froude). O valor de Theta durante a fase de aquecimento (warm up) foi de 0,6, e durante a simulação ele foi mantido em 0,8. Para o passo de tempo durante as simulações foi selecionada a opção “variável” para o cumprimento da condição de estabilidade de Courant (adjust time step based on Courant), e os intervalos de tempo variaram entre um mínimo de 0,313 segundos até um máximo de 20 segundos.

Durante as diferentes simulações, foi verificada a necessidade de adição de seções transversais em alguns trechos para fins de estabilidade numérica do modelo - identificado com base nos avisos do próprio HEC-RAS. A adição de novas seções foi

realizada por interpolação, sendo que em alguns segmentos houve necessidade de representação de seções a cada 2 m, especialmente no Cenário A, na região de aproximação de elementos como pontes.

4.2.3.2 Simulação do escoamento em regime não permanente

Para fins de simulação foram considerados os hidrogramas de projeto para o cenário futuro de uso e ocupação do solo, correspondentes às chuvas de projeto com período de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Os hidrogramas determinados para as sub-bacias Taquaruçu- Montante e Perobas apresentadas no Relatório 1 para o CN-II foram incluídos no modelo HEC-RAS como condições de contorno de montante do rio Taquaruçu, e o hidrograma da sub-bacia Afluente foi a condição de contorno de montante do córrego Afluente. Os hidrogramas das sub-bacias I a VII do rio Taquaruçu, córrego Sapateiro e rio da Prata foram incluídos no modelo como vazões laterais, seguindo os mesmos critérios apresentados no Relatório do *Produto 02 - Modelagem hidrodinâmica de inundações, focada na preparação do modelo e primeiras simulações para cenário atual de uso e ocupação do solo e sem intervenções nos trechos de rio*. Para inicialização do modelo (Warm up) foi utilizada uma vazão de base de $0,25 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ no rio Taquaruçu e de $0,1 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ no córrego Afluente, estimadas a partir de modelagem inicial em regime permanente, buscando identificar uma vazão que, sem comprometer a estabilidade do modelo, pudesse reproduzir a condição de cotas baixas observada durante visita de campo realizada no início do mês de Dezembro de 2023 - data precedida por dias secos.

Para melhor organização dos resultados das simulações, foram criados diferentes “plan” de simulação no HEC-RAS, um para cada cenário de hidrogramas a ser simulado, sempre utilizando a mesma configuração geométrica de rios, seções transversais, pontes, entre outros. Os parâmetros de hidráulicos e computacionais de cada cenário de intervenção foram mantidos inalterados. Foram realizadas, portanto, 12 simulações, considerando os 6 hidrogramas de projetos e os 2 cenários de intervenção.

4.2.4 Resultados da Modelagem Hidrodinâmica - Cenário A

Os resultados obtidos para o Cenário A são apresentados em três eixos: hidrogramas propagados, perfil longitudinal, mapeamento de inundações, e indicadores hidráulicos.

Os hidrogramas para uso e ocupação do solo futuro propagados nos canais de drenagem são apresentados em diferentes seções dos cursos d'água simulados. Na sequência, são apresentados os perfis longitudinais do rio Taquaruçu e córrego Afluente com as cotasmáximas obtidas para os diferentes hidrogramas de projeto, considerando a geometria do Cenário A. As cotas destes perfis são comparadas com aquelas obtidas para os resultados das seções atuais, considerando hidrogramas que têm mesmo período de recorrência, mas que correspondem à atual condição de urbanização (diagnóstico).

As lâminas de água modeladas e a área de inundação para cada período de recorrência são apresentadas na sequência em forma de mapas, juntamente com uma superposição de zonas inundáveis. Por fim, são apresentados os principais indicadores hidráulicos relacionados ao resultado da modelagem, incluindo altura máxima da água no canal, velocidades médias, vazões máximas, e indicativo de condições do escoamento número dado pelo número de Froude.

4.2.4.1 Hidrogramas propagados em pontos de interesse

Os hidrogramas propagados em algumas seções do rio Taquaruçu e córrego Afluente são apresentados desde a Figura 18 até a Figura 24. As seções escolhidas para este detalhamento correspondem àquelas já tomadas como referência na apresentação dos resultados do *Relatório do Produto 02 - Modelagem hidrodinâmica de inundações, focada na preparação do modelo e primeiras simulações para cenário atual de uso e ocupação do solo e sem intervenções nos trechos de rio*. Os hidrogramas permitem avaliar a evolução das cheias provocadas pelos hidrogramas de projeto ao longo dos rios, e as contribuições dos tributários das sub-bacias.

Figura 18 – Hidrogramas de projeto propagados no rio Taquaruçu, segmento de montante, junto à Estaca 26+9,251 – Região entre ruas Josué Fiorotti e Luiza Pauletti Piol – Cenário A

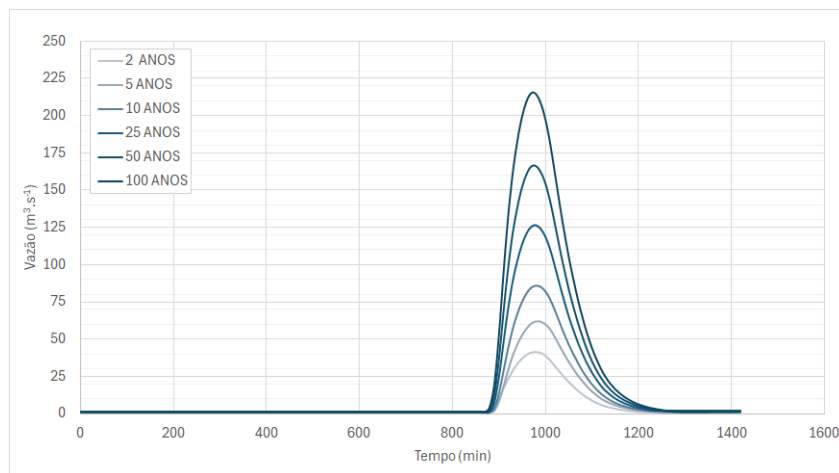


Figura 19 – Hidrogramas de projeto propagados no rio Taquaruçu, segmento de montante, junto à Estaca 88+14,981 – Região central junto ao Estádio Marcos José Campagnaro – Cenário A

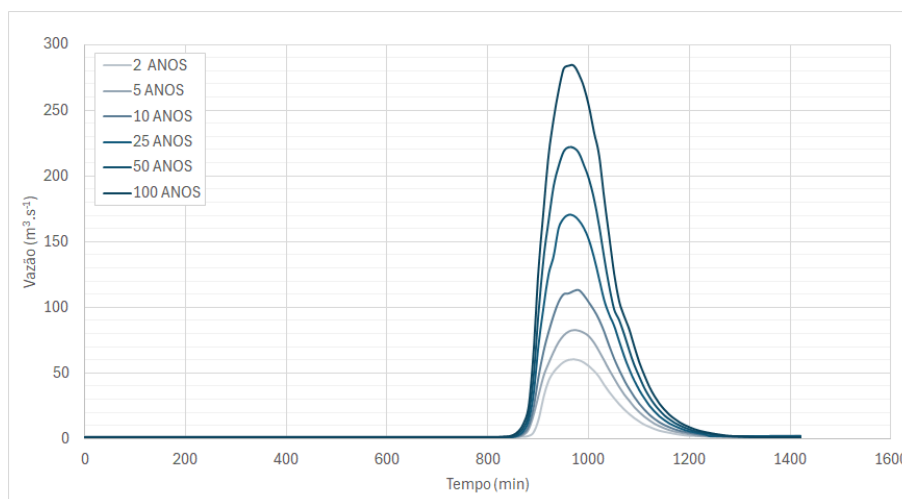


Figura 20 – Hidrogramas de projeto propagados no rio Taquaruçu, segmento de jusante, junto à Estaca 150+12,710 – Região logo a jusante da área urbanizada antes do entroncamento da Rodovia Paulo Renato Rodrigues e a ES-257 – Cenário A

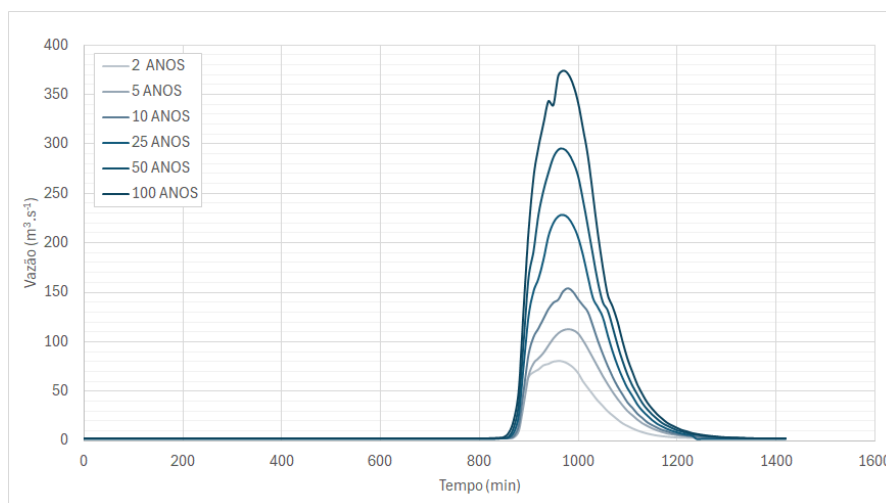


Figura 21 – Hidrogramas de projeto propagados no rio Taquaruçu, segmento de jusante, junto à Estaca 269+17,515 – Região logo a jusante da confluência do rio da Prata com o rio Taquaruçu – Cenário A

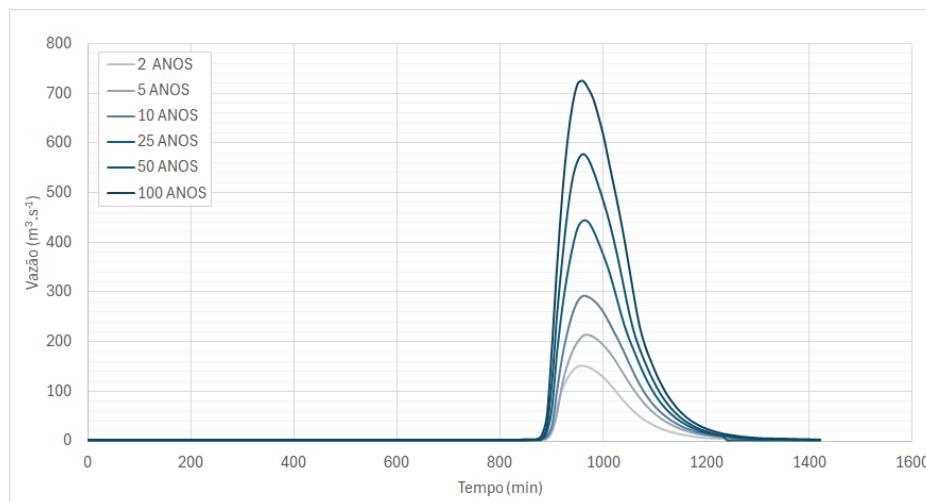


Figura 22 – Hidrogramas de projeto propagados no córrego Afluyente, segmento de jusante, junto à Estaca 1013+13.0189 – Região logo a montante da galeria sob a BR-101 – Cenário A

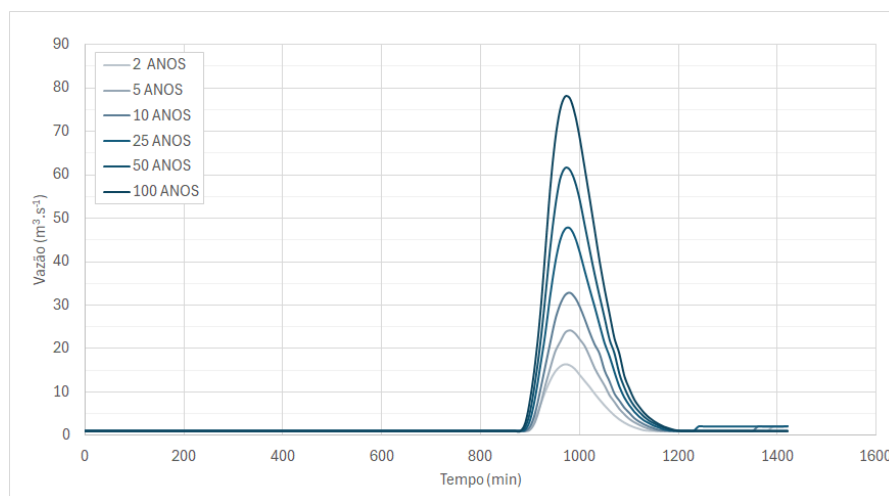


Figura 23 – Hidrogramas de projeto propagados no córrego Afluyente, segmento de jusante, junto à Estaca 1025+12.772 – Região intermediária entre a galeria da BR-101 e entrada do córrego sob as edificações – Cenário A

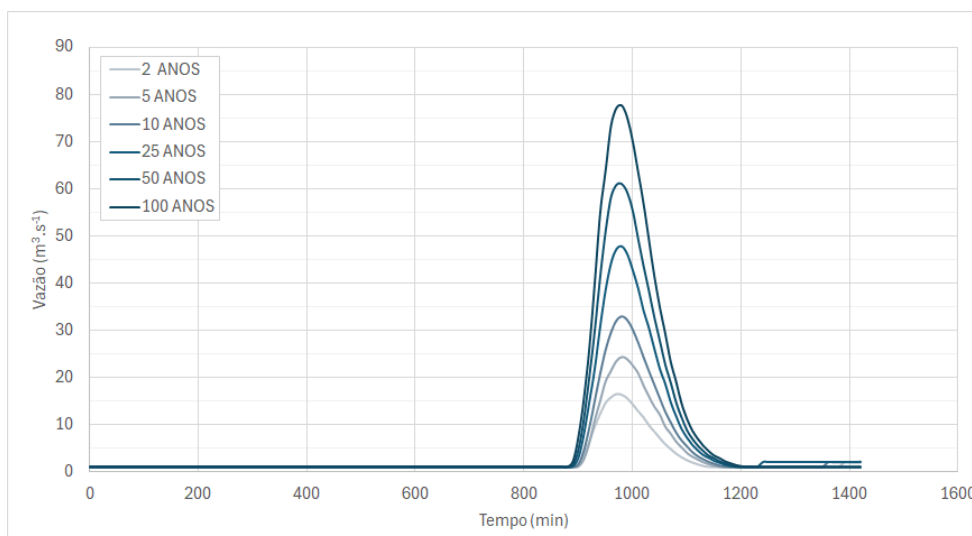
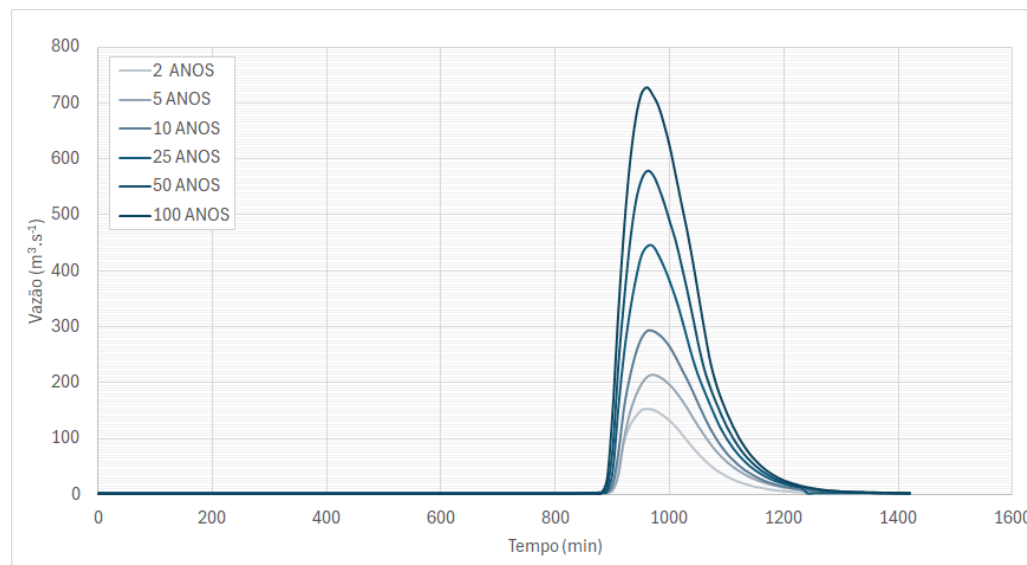


Figura 24 – Hidrogramas de projeto propagados a jusante da barragem removida do rio Taquaruçu – Cenário A



4.2.4.2 Perfil longitudinal com cota máxima atingida para as vazões de projeto

O perfil longitudinal do rio Taquaruçu é apresentado na Figura 25, com as cotas máximas atingidas pela água durante a simulação dos hidrogramas de projeto do cenário de ocupação futuro para os diferentes períodos de recorrência. Os valores de cota indicam os máximos registros obtidos durante a simulação, sem que necessariamente eles tenham ocorrido no mesmo intervalo de tempo. De maneira análoga, a Figura 26 mostra o resultado ao longo do córrego Afluyente. Nestas figuras é possível observar o efeito das estruturas de transposição de talvegue e edificações (linhas cinza na vertical), que provocam elevação da linha da água a montante da estrutura, em razão do represamento de água e aumento da área inundável a montante.

A Figura 27 mostra uma comparação entre o resultado obtido para o Cenário A (linha tracejada para cada TR) e o Cenário de Referência (linha contínua) para o rio Taquaruçu, enquanto a Figura 28 mostra os resultados para o córrego Afluyente. Para facilitar a análise visual, as cotas para mesmo período de recorrência são indicadas por linhas de mesma cor. Nestas duas imagens é possível identificar a uniformização de declividade do fundo da calha do rio Taquaruçu e córrego Afluyente, bem como a necessidade de aprofundamento para inserção do canal de geometria retangular, especialmente ao longo do rio Taquaruçu. O aprofundamento da calha do rio

Taquaruçu a montante da confluência com o córrego Afluentes é da ordem de 2,7 m (variando de 3,7 a 2,0 m de montante para jusante), e a jusante o aprofundamento médio foi bastante uniforme, com média de 2,0 m. No córrego Afluentes o aprofundamento do canal foi pequeno, com média de 20 cm, em razão apenas das irregularidades de fundo. Não foi realizado nenhum tipo de aprofundamento além das cotas de fundo de canal oriundos do levantamento topográfico, pois, de outra forma, se criariam zonas de retenção de água a montante da galeria da BR101 ou a montante das edificações.

Tomando o período de recorrência de 25 anos, em comparação com o Cenário de Referência, no Cenário A foi possível reduzir, em média, 2,4 m a cota máxima atingida pela água no trecho montante do rio Taquaruçu, enquanto a jusante este valor foi de 3,8 m.

Deve-se destacar que boa parte deste resultado positivo deveu-se ao aprofundamento do canal do rio Taquaruçu, e não necessariamente à intervenção da canalização proposta, em razão da limitação de largura – especialmente na região de montante. Na região de jusante do rio Taquaruçu observa-se melhores condições de escoamento, em virtude da subtração da barragem. Para o Afluentes, a redução média foi de 1,0 m a montante da BR101, e a jusante da BR101 foi possível reduzir em cerca de 2,0 m a cota atingida pela água. Neste caso, a melhoria nas condições de drenagem acompanhada do aprofundamento da calha do rio Taquaruçu se refletiu um menor efeito de represamento das águas do córrego Afluentes.

Figura 25 – Perfil longitudinal do rio Taquaruçu, segmentos de montante e jusante com indicação das cotas máximas atingidas pela água durante a simulação dos hidrogramas de projeto para o futuro com os períodos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos –Cenário A

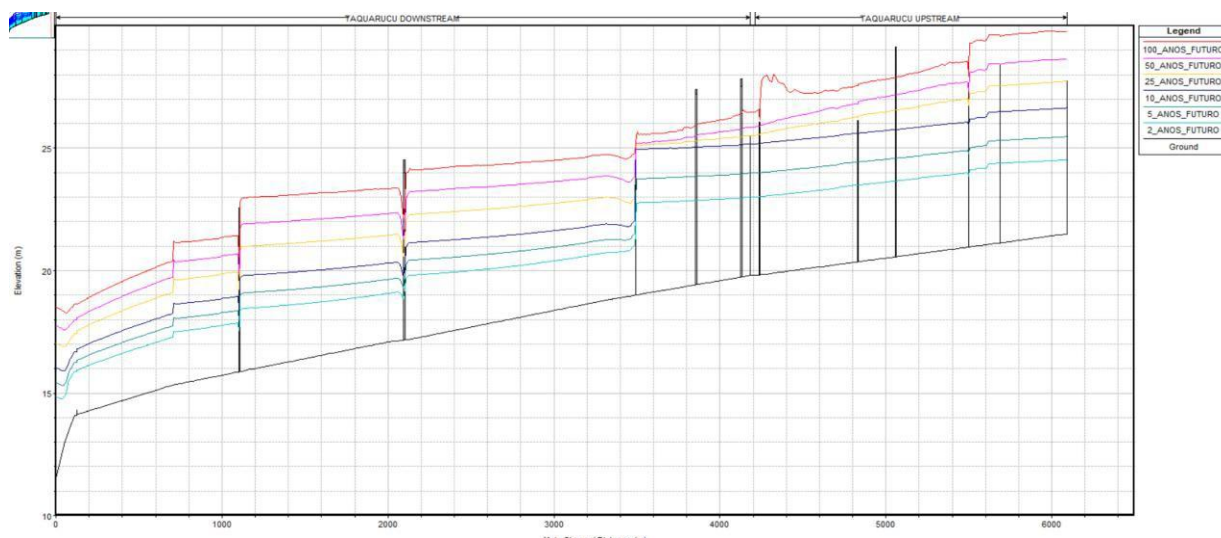


Figura 26 – Perfil longitudinal do córrego Afluente com indicação das cotas máximas atingidas pela água durante a simulação dos hidrogramas de projeto para o futuro com os períodos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos – Cenário A.

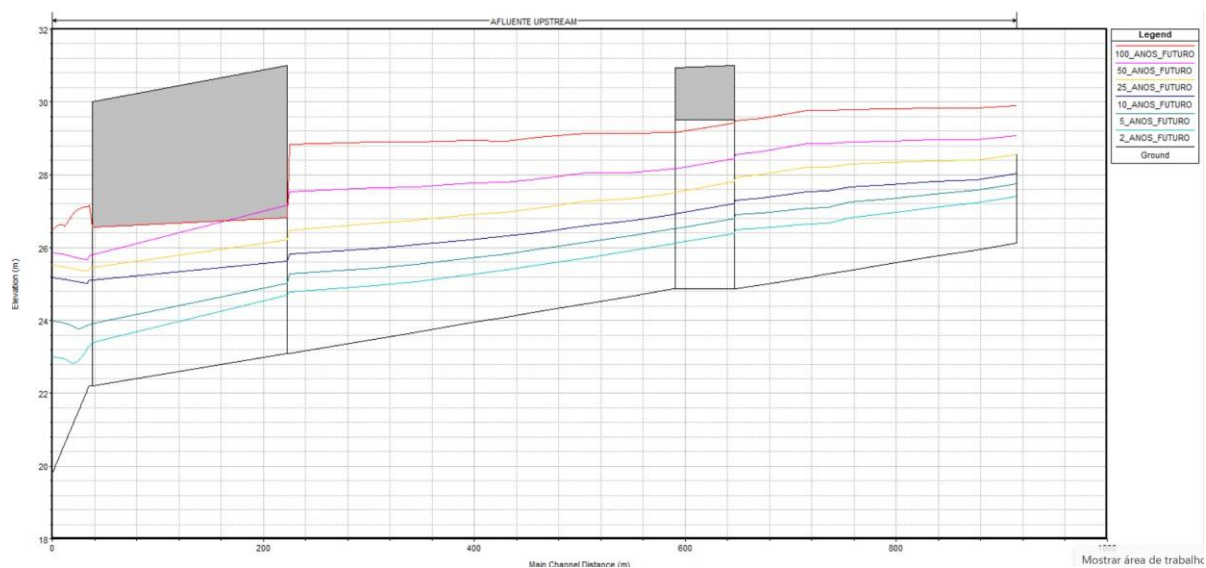


Figura 27 – Comparação entre perfil longitudinal do rio Taquaruçu com indicação das cotas máximas atingidas pela água durante a simulação dos hidrogramas de projeto para atual (Cenário de Referência) e futuro (Cenário A) com os períodos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos

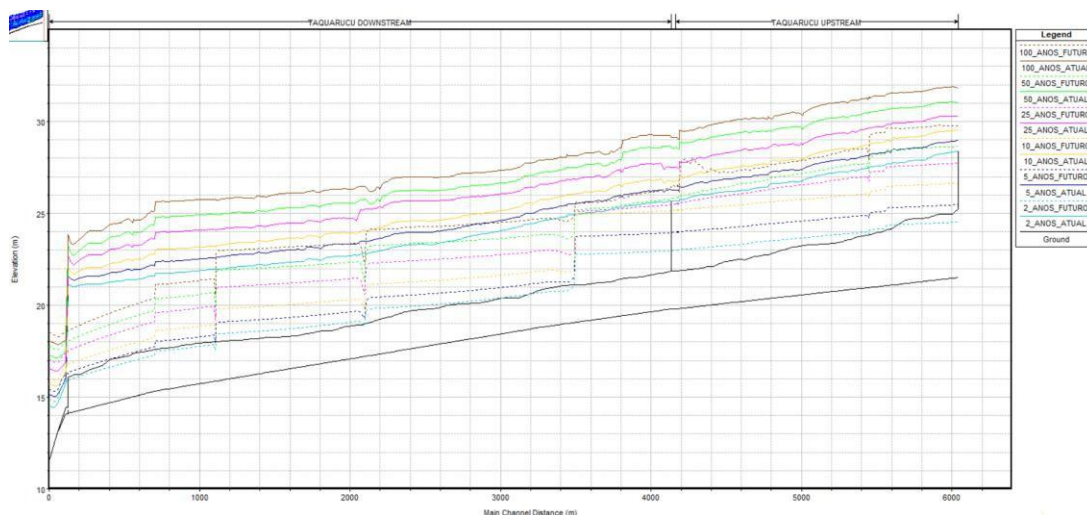
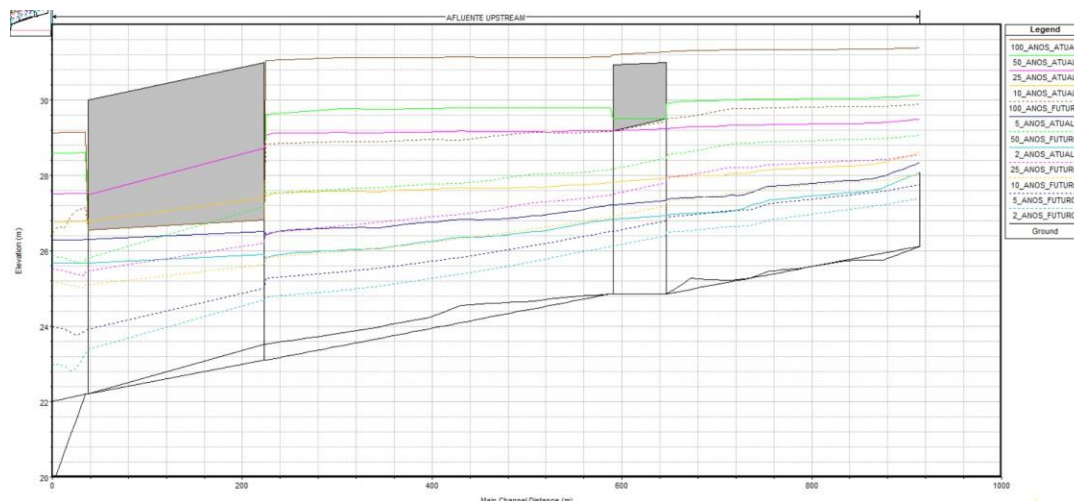


Figura 28 – Comparação entre perfil longitudinal do córrego Afluyente com indicação das cotas máximas atingidas pela água durante a simulação dos hidrogramas de projeto para atual (Cenário de Referência) e futuro (Cenário A) com os períodos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos



4.2.4.3 Mapeamento das áreas inundáveis para os hidrogramas de projeto

Da Figura 29 até a Figura 34 são apresentados os mapas das áreas de inundação ao longos dos rios Taquaruçu e córrego Afluyente nos trechos simulados, para os hidrogramas de projeto com períodos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos. As lâminas máximas d'água (em metros) obtidas por meio das simulações hidrodinâmicas foram sobrepostas a imagens de satélite (Google Earth) para facilitar

a visualização espacial das zonas inundadas. Em todas as imagens a escala utilizada para representação das lâminas de água varia entre 0 e 7 m. Nestas figuras também são apresentados os limites dos bairros propostos pelo Instituto Jones dos Santos (2013), juntamente com a nomenclatura sugerida, uma vez que o município de Ibiraçu não dispõe de lei aprovada que oficializa limites de bairros.

Figura 29 – Área de inundação para hidrogramas com período de recorrência de 2 anos ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluente – Cenário A

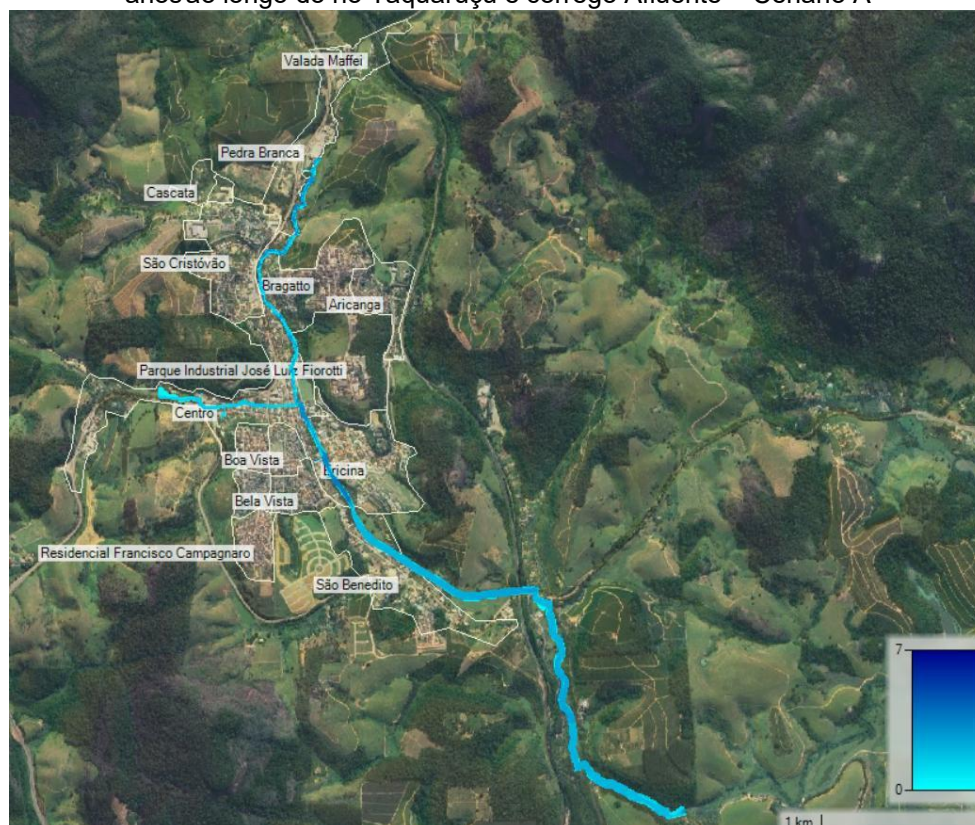


Figura 30 – Área de inundação para hidrogramas com período de recorrência de 5 anos ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluentes – Cenário A

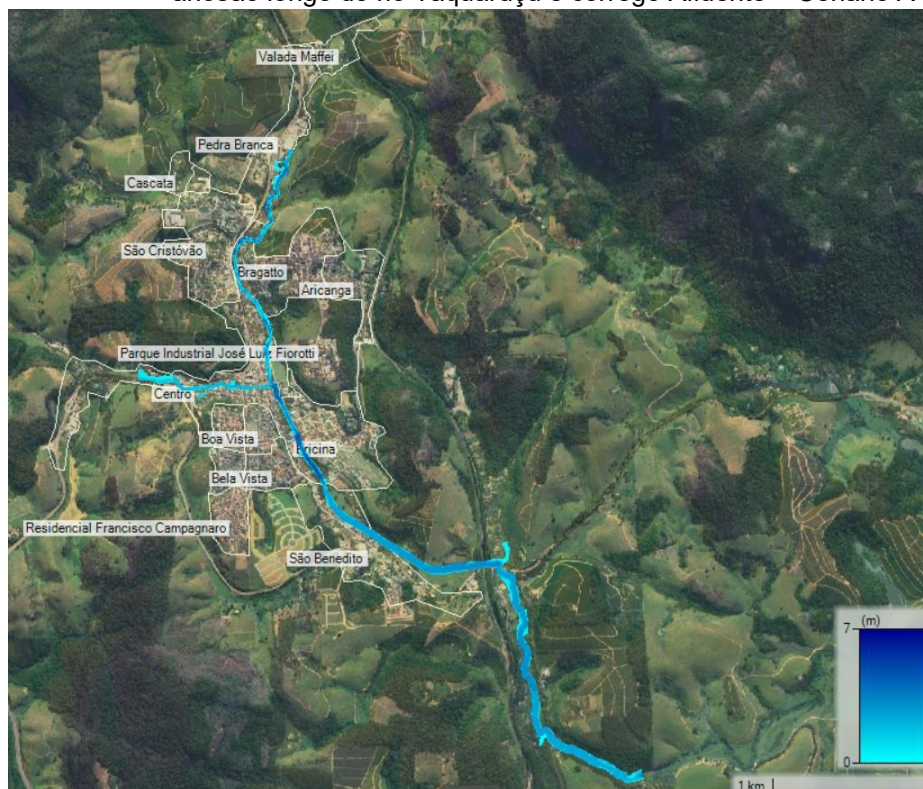


Figura 31 – Área de inundação para hidrogramas com período de recorrência de 10 anos ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluentes – Cenário A

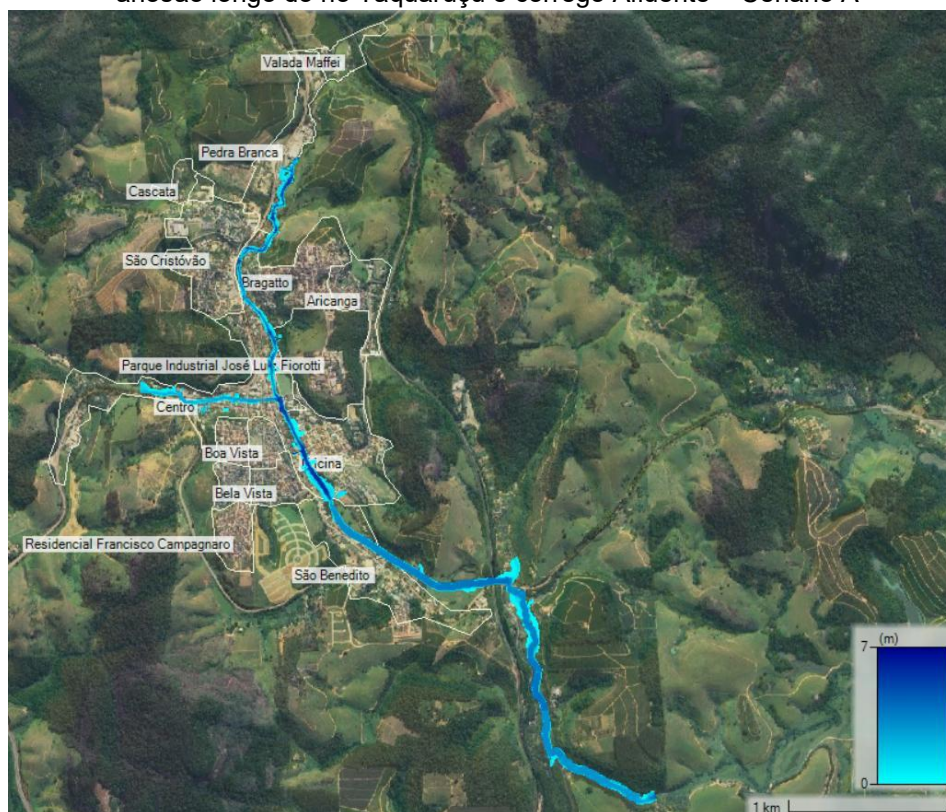


Figura 32 – Área de inundação para hidrogramas com período de recorrência de 25 anos ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluente – Cenário A

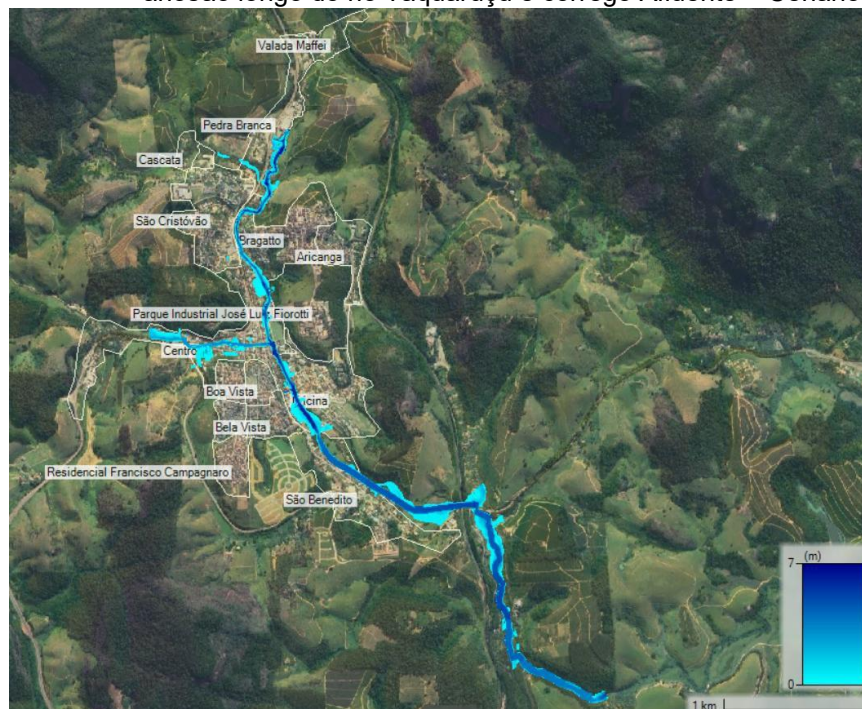


Figura 33 – Área de inundação para hidrogramas com período de recorrência de 50 anos ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluente – Cenário A

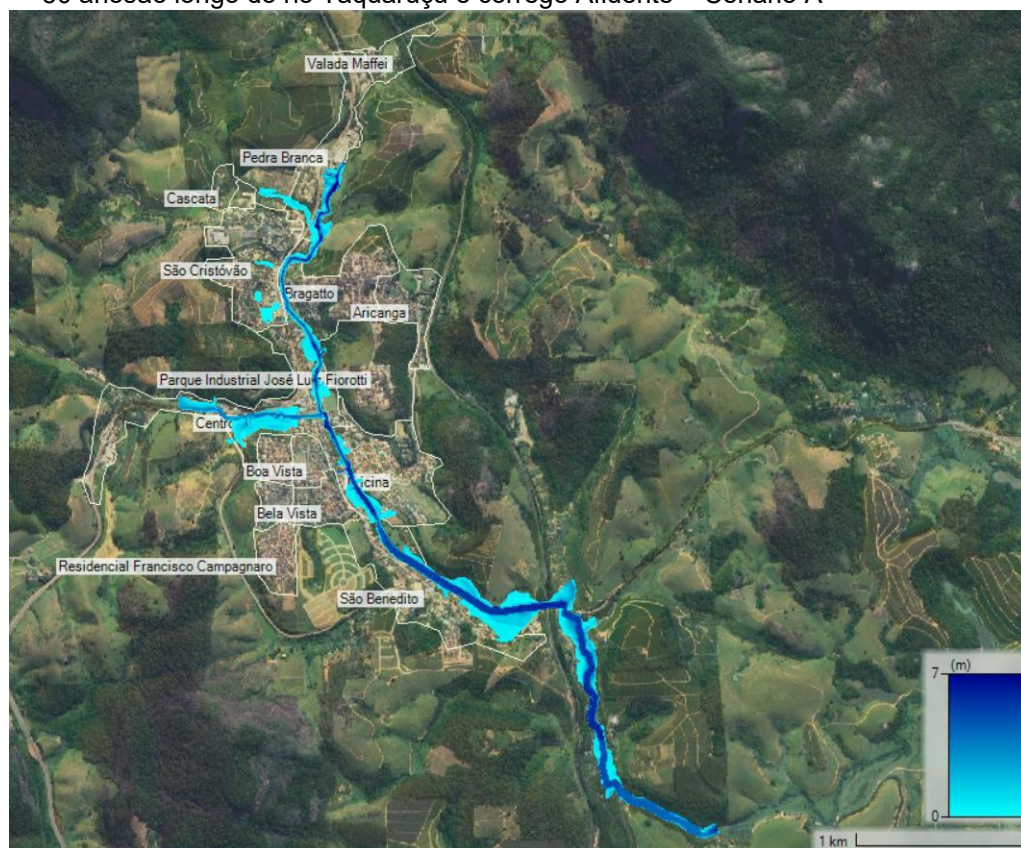
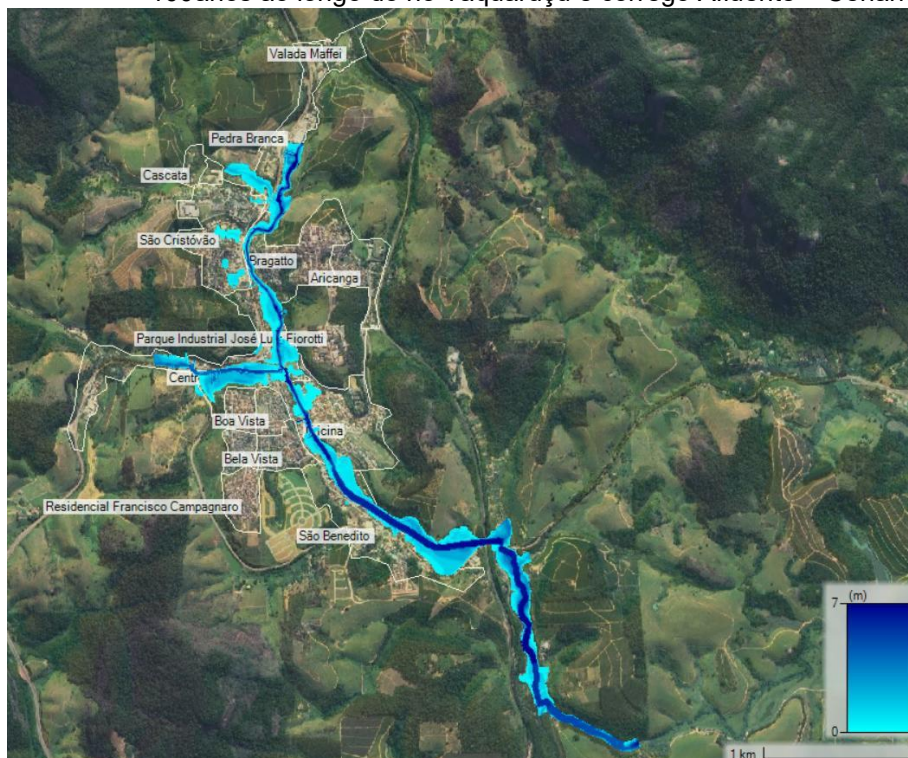


Figura 34 – Área de inundação para hidrogramas com período de recorrência de 100anos ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluyente – Cenário A



A Figura 35 mostra a superposição das áreas de inundação para os diferentes períodos de recorrência analisados ao longo dos rios Taquaruçu e córrego Afluyente, na extensão contemplada na simulação. A Figura 36 mostra com maior detalhe a superposição das manchas de inundação na região mais urbanizada do município de Ibiraçu, especialmente junto à confluência dos córregos Afluyente e rio Taquaruçu.

Figura 35 – Área de inundação para hidrogramas com período de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluente, mostrando a superposição dos limites das manchas de inundação – Cenário A

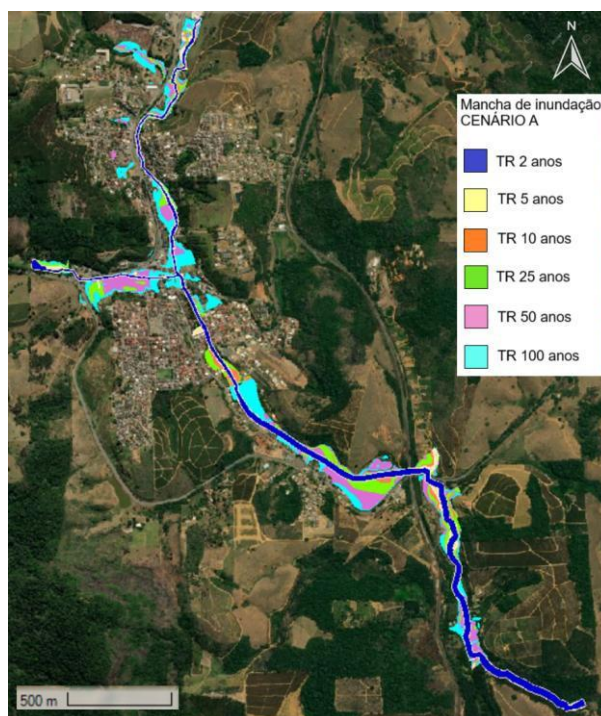
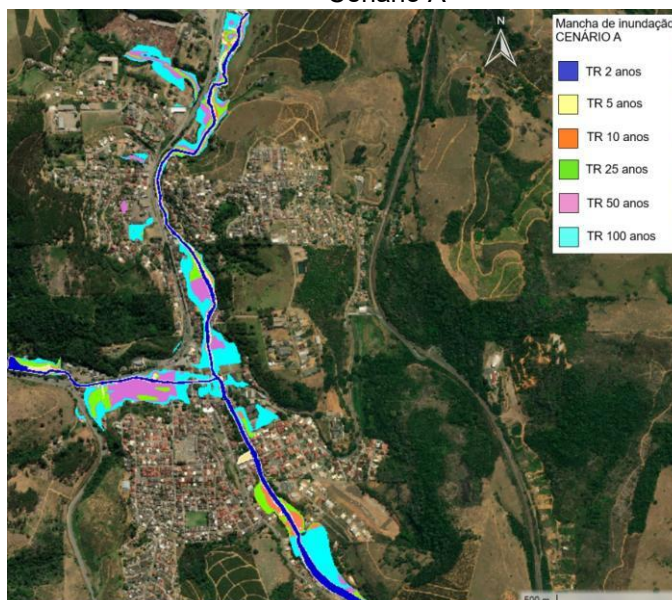


Figura 36 – Área de inundação para hidrogramas com período de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos, mostrando a superposição dos limites das manchas de inundação junto à região de confluência do córrego Afluente ao rio Taquaruçu – Cenário A



4.2.4.4 Indicadores hidráulicos do Cenário A

A Tabela 4 mostra um resumo dos principais indicadores hidráulicos obtidos durante a modelagem do Cenário A, segmentando o rio Taquaruçu em dois trechos, um a montante e outro a jusante da confluência com o córrego Afluyente. Da mesma forma, o córrego Afluyente é apresentado nesta tabela, de forma segmentada entre a região a montante da galeria da BR101 e um trecho a jusante desta travessia.

Tabela 4 – Resumo dos principais indicadores hidráulicos de vazões máximas, lâminas máximas de águas no canal, velocidades médias no canal e número de Froude ao longo dos segmentos do rio Taquaruçu e córrego Afluyente registrados durante a simulação dos hidrogramas de projeto para o futuro com os períodos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos - Cenário A

PERÍODO DE RECORRÊNCIA DE 2 ANOS				
	Vazão (m ³ .s ⁻¹)	Lâmina(m)	Velocidade (m.s ⁻¹)	Froude
Taquaruçu - Montante do Afluyente	59,75	3,3	2,13	0,38
Taquaruçu - Jusante do Afluyente	152,43	3,76	4,95	1,62
Afluyente - Montante BR101	16,50	1,63	2,04	0,55
Afluyente - Jusante BR101	16,43	1,68	0,54	0,54
PERÍODO DE RECORRÊNCIA DE 5 ANOS				
	Vazão (m ³ .s ⁻¹)	Lâmina(m)	Velocidade (m.s ⁻¹)	Froude
Taquaruçu - Montante do Afluyente	82,58	4,23	2,25	0,36
Taquaruçu - Jusante do Afluyente	215,60	4,75	5,04	1,44
Afluyente - Montante BR101	24,30	2,04	2,30	0,55
Afluyente - Jusante BR101	24,26	2,17	0,52	0,52
PERÍODO DE RECORRÊNCIA DE 10 ANOS				
	Vazão (m ³ .s ⁻¹)	Lâmina(m)	Velocidade (m.s ⁻¹)	Froude
Taquaruçu - Montante do Afluyente	113,98	5,40	2,41	0,36

Taquaruçu - Jusante do Afluente	294,31	5,96	5,02	1,27
Afluente - Montante BR101	32,97	2,45	2,36	0,54
Afluente - Jusante BR101	32,89	2,72	0,51	0,51
PERÍODO DE RECORRÊNCIA DE 25 ANOS				
	Vazão (m ³ ,s ⁻¹)	Lâmina (m)	Velocidade (m,s ⁻¹)	Froude
Taquaruçu - Montante do Afluente	170,17	6,48	3,30	0,48
Taquaruçu - Jusante do Afluente	449,49	6,13	4,99	1,05
Afluente - Montante BR101	47,91	3,08	2,40	0,49
Afluente - Jusante BR101	47,75	3,38	0,51	0,51
PERÍODO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS				
	Vazão (m ³ ,s ⁻¹)	Lâmina (m)	Velocidade (m,s ⁻¹)	Froude
Taquaruçu - Montante do Afluente	221,90	7,38	4,05	0,55
Taquaruçu - Jusante do Afluente	579,10	6,24	5,04	0,95
Afluente - Montante BR101	61,43	3,70	2,39	0,43
Afluente - Jusante BR101	60,94	4,43	0,47	0,47
PERÍODO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS				
	Vazão (m ³ ,s ⁻¹)	Lâmina (m)	Velocidade (m,s ⁻¹)	Froude
Taquaruçu - Montante do Afluente	398,61	8,56	6,27	0,77
Taquaruçu - Jusante do Afluente	729,41	7,08	5,14	0,87
Afluente - Montante BR101	77,77	4,64	2,42	0,36
Afluente - Jusante BR101	77,48	5,75	0,40	0,40

Com base nas informações apresentadas, é possível identificar lâminas máximas de água que variam entre 3,3 m (TR 2 anos) e 8,6 (TR 100 anos) no rio Taquaruçu - máximos valores ocorrem no trecho a montante da confluência do

córrego Afluyente para períodos de recorrência igual e superior a 25 anos, e a jusante para recorrências entre 2 e 10 anos. No córrego Afluyente as lâminas de água varia entre 1,6 m (TR 2 anos) e 3,8 m (TR 100 anos), com valores maiores sempre no extremo de jusante. Em geral os valores de velocidade estiveram dentro dos limites esperados para canais de drenagem, no entanto, são observados valores de velocidade acima de 4 m.s^{-1} em para o trecho do rio Taquaruçu, especialmente na região de interferência dos elementos de transposição de talvegue que provocam estrangulamentos ao escoamento e aumento da velocidade imediatamente a jusante. No geral o escoamento é subcrítico, no entanto, há transição de regime para supercrítico nas regiões de elevada velocidade, e foi identificada a formação de ressalto hidráulico na região da confluência do córrego Afluyente com o rio Taquaruçu.

Com relação à capacidade hidráulica instaladas para os diferentes períodos de recorrência, a Figura 37 mostra a estimativa ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluyente, considerando as intervenções do Cenário A. Esta figura mostra, em escala de cores, um indicativo da situação dos segmentos, onde: i) verde indica que a capacidade hidráulica do segmento atende ao período de recorrência do hidrograma de projeto; ii) amarelo indica que foi identificado, durante a modelagem que há extravasamento do canal principal em algumas regiões específicas; iii) salmão indica que há um aumento no número de ocorrências de extravasamento de calha, com ampliação da área afetada, em relação à indicação em amarelo; iv) marrom indica ampliação de regiões com extravasamento com relação à indicação em salmão; e v) indica que a totalidade, ou a maior parte do segmento tem extravasamento de calha principal.

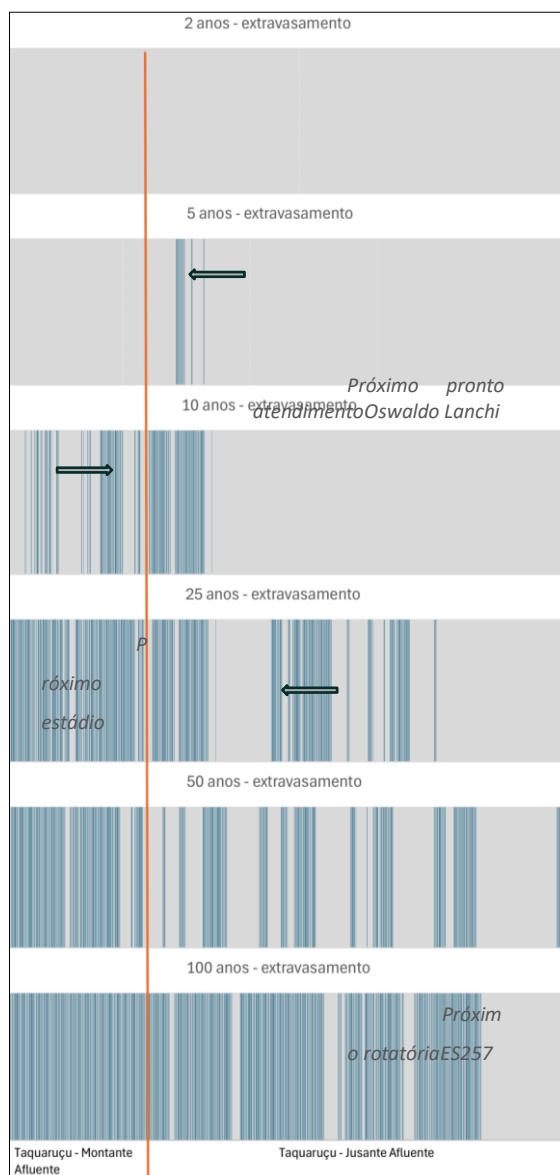
Observa-se que, como esperado, os maiores períodos de recorrência de projeto resultam nos maiores extravasamentos. Ainda, em razão das premissas que delinearam a elaboração das intervenções a serem avaliadas, limitadas especialmente pelo espaço físico, os segmentos dos cursos d'água têm capacidades hidráulicas diferentes, em termos de períodos de recorrência de projeto. De forma esquemática, a Figura 38 apresenta uma ideia da localização dos extravasamentos de calha ao longo do rio Taquaruçu – desde o extremo de montante até o local da barragem. Nesta figura, a confluência do córrego Afluyente no rio Taquaruçu é indicada pela linha vertical em vermelho, e pode ser tomada como referência para localizar a região central do

município de Ibirajú. As marcas azuis indicam seções de simulação do modelo hidráulico onde foram observados os extravasamentos (na figura são indicados alguns pontos notáveis como referência). Linhas azuis agrupadas em uma região indicam, em geral, problemas localizados, como a presença de pontes, entre outros.

Figura 37– Estimativa da capacidade hidráulica em termos de período de recorrência em segmentos dorio Taquaruçu e córrego Afluente, em relação aos hidrogramas de projeto futuro – Cenário A.

RIO/SEGMENTO	TR 2 anos	TR 5 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 50 anos	TR 100 anos	
Taquaruçu - Montante do Afluente							Fora da calha na maior parte do segmento
Taquaruçu - Jusante do Afluente							Fora da calha em várias regiões
Afluente - Montante BR101							Fora da calha em algumas regiões
Afluente - Jusante BR101							Fora da calha em pontos específicos
							Dentro da calha

Figura 38 – Esquema de indicação de extravasamento de calha ao longo do rio Taquaruçu – Cenário



4.2.5 Resultados da Modelagem Hidrodinâmica - Cenário B

Os resultados obtidos para o Cenário B são apresentados em três eixos: hidrogramas propagados, perfil longitudinal, mapeamento de inundações, e indicadores hidráulicos.

Os hidrogramas para uso e ocupação do solo futuro propagados nos canais de drenagem são apresentados em diferentes seções dos cursos d'água simulados. Na sequência, são apresentados os perfis longitudinais do rio Taquaruçu e córrego Afluente com as cotas máximas obtidas para os diferentes hidrogramas de projeto, considerando a geometria do Cenário B. As cotas destes perfis são comparadas com

aquelas obtidas para os resultados das seções atuais, considerando hidrogramas que têm mesmo período de recorrência, mas que correspondem à atual condição de urbanização (diagnóstico). As lâminas de água modeladas e a área de inundação para cada período de recorrência são apresentadas na sequência em forma de mapas, juntamente com uma superposição de zonas inundáveis. Por fim, são apresentados os principais indicadores hidráulicos relacionados ao resultado da modelagem, incluindo altura máxima da água no canal, velocidades médias, vazões máximas, e indicativo de condições do escoamento número dado pelo número de Froude.

4.2.5.1 Hidrogramas propagados em pontos de interesse

Os hidrogramas propagados em algumas seções do rio Taquaruçu e córrego Afluente são apresentados desde a Figura 39 até a Figura 45. As seções escolhidas para este detalhamento correspondem àquelas já tomadas como referência na apresentação dos resultados do *Relatório do Produto 02 - Modelagem hidrodinâmica de inundações, focada na preparação do modelo e primeiras simulações para cenário atual de uso e ocupação do solo e sem intervenções nos trechos de rio*. Os hidrogramas permitem avaliar a evolução das cheias provocadas pelos hidrogramas de projeto ao longo dos rios, e as contribuições dos tributários das sub-bacias.

Figura 39 – Hidrogramas de projeto propagados no rio Taquaruçu, segmento de montante, junto à Estaca 26+9,251 – Região entre ruas Josué Fiorotti e Luiza Pauletti Piol

– Cenário B

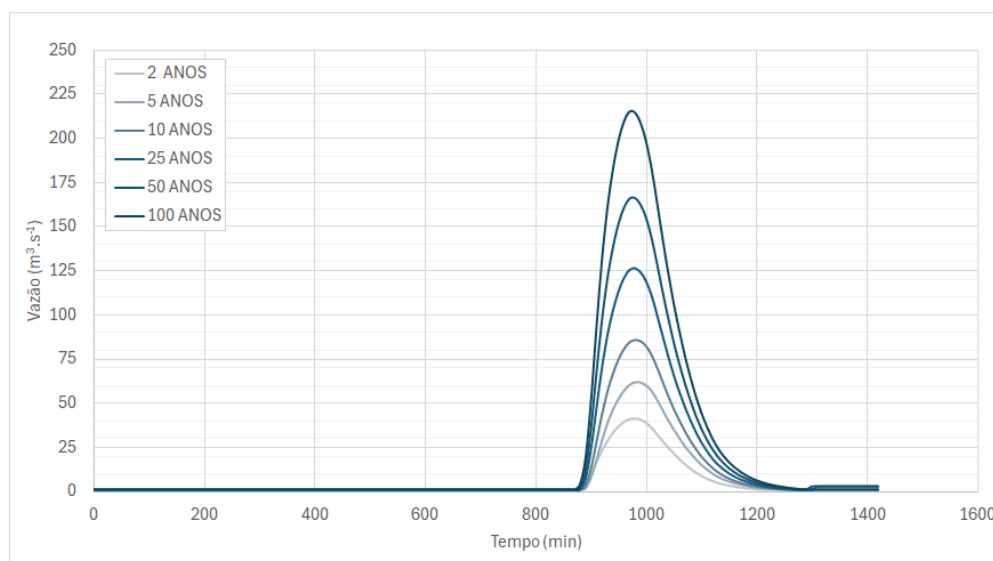


Figura 40 – Hidrogramas de projeto propagados no rio Taquaruçu, segmento de montante, junto à Estaca 88+14,981 – Região central junto ao Estádio Marcos José Campagnaro – Cenário B

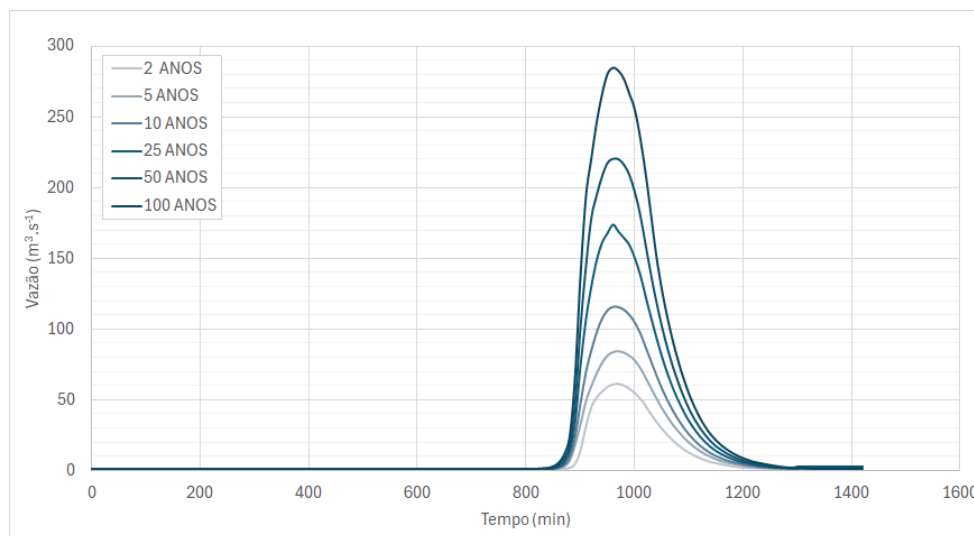


Figura 41 – Hidrogramas de projeto propagados no rio Taquaruçu, segmento de jusante, junto à Estaca 150+12,710 – Região logo a jusante da área urbanizada antes do entroncamento da Rodovia Paulo Renato Rodrigues e a ES-257 – Cenário B

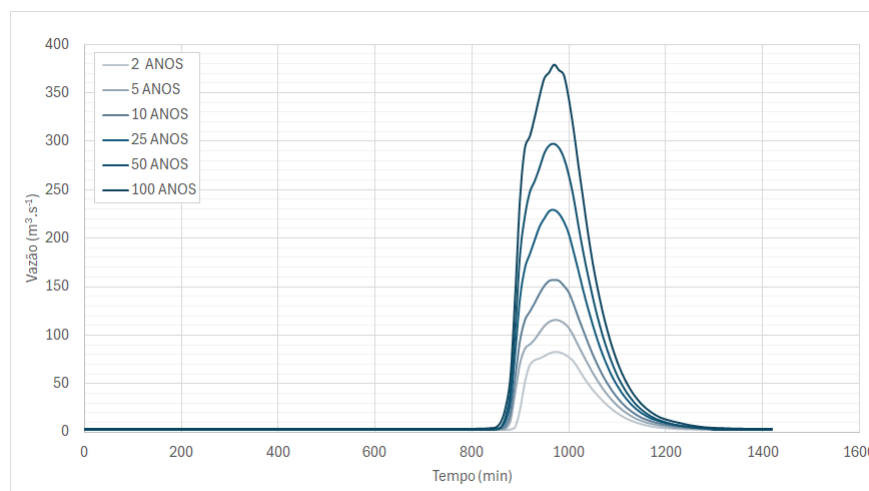


Figura 42 – Hidrogramas de projeto propagados no rio Taquaruçu, segmento de jusante, junto à Estaca 269+17,515 – Região logo a jusante da confluência do rio da Prata com o rio Taquaruçu – Cenário B

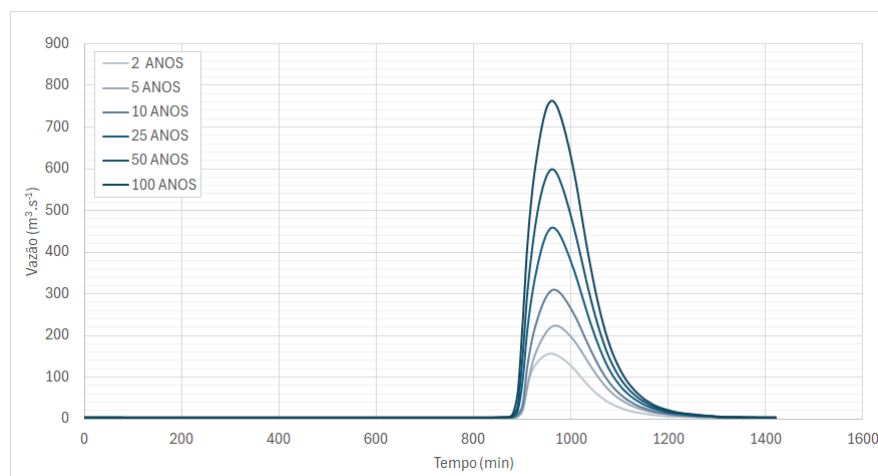


Figura 43 – Hidrogramas de projeto propagados no córrego Afluente, segmento de jusante, junto à Estaca 1013+13.0189 – Região logo a montante da galeria sob a BR-101 –Cenário B

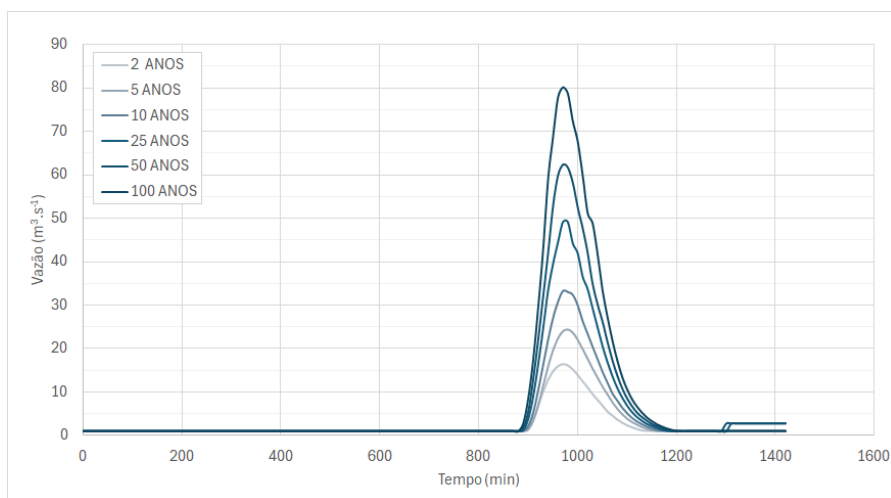


Figura 44 – Hidrogramas de projeto propagados no córrego Afluente, segmento de jusante, junto à Estaca 1025+12.772 – Região intermediária entre a galeria da BR-101 e entrada do córrego sob as edificações – Cenário B

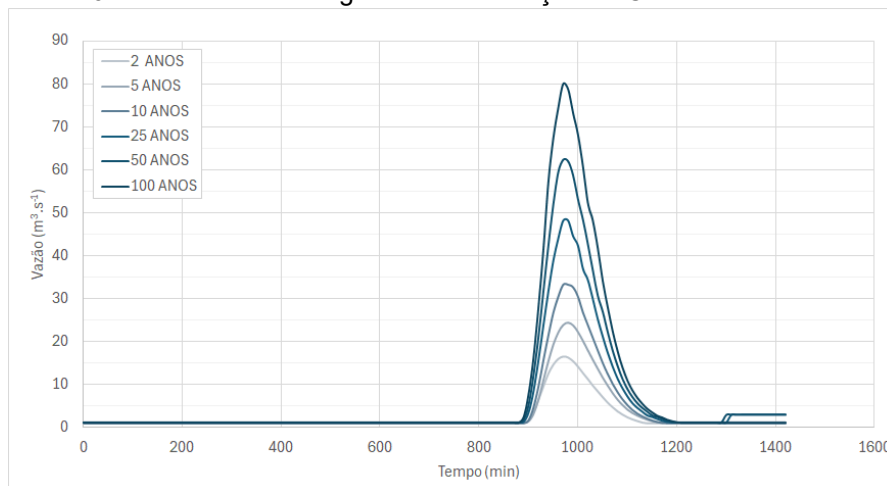
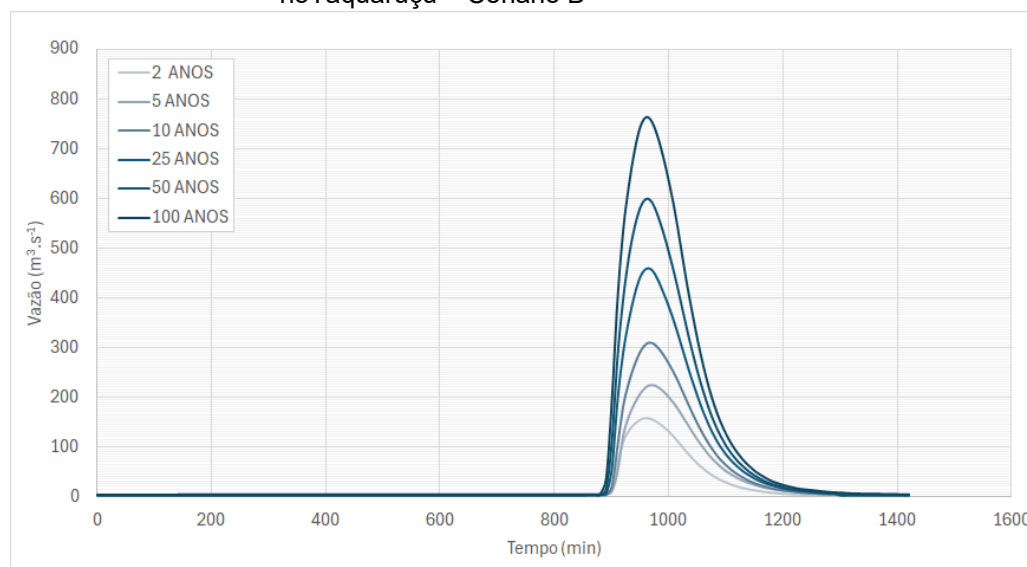


Figura 45 – Hidrogramas de projeto propagados a jusante da barragem removida do rio Taquaruçu – Cenário B



4.2.5.2 Perfil longitudinal com cota máxima atingida para as vazões de projeto

O perfil longitudinal do rio Taquaruçu é apresentado na Figura 46, com as cotas máximas atingidas pela água durante a simulação dos hidrogramas de projeto do cenário de ocupação futuro para os diferentes períodos de recorrência. Os valores de cota indicam os máximos registros obtidos durante a simulação, sem que necessariamente eles tenham ocorrido no mesmo intervalo

de tempo. De maneira análoga, a Figura 47 mostra o resultado ao longo do córrego Afluyente.

A Figura 48 mostra uma comparação entre o resultado obtido para o Cenário B (linha tracejada para cada TR) e o Cenário de Referência (linha contínua) para o rio Taquaruçu, enquanto a Figura 49 mostra os resultados para o córrego Afluyente. Para facilitar a análise visual, as cotas para mesmo período de recorrência são indicadas por linhas de mesma cor. Tomando o período de recorrência de 25 anos, em comparação com o Cenário de Referência, no Cenário B foi possível reduzir, em média, 3,0 m a cota máxima atingida pela água no trecho de montante do rio Taquaruçu, enquanto a jusante este valor foi de 4,1 m. Para o Afluyente, a redução média foi de 1,2 m a montante da BR101, e a jusante da BR101 foi possível reduzir em cerca de 1,6 m a cota atingida pela água. Neste cenário observam-se os efeitos positivos destacados com as intervenções avaliadas no Cenário A, somados à redução dos efeitos de estrangulamento das obras de transposição de talvegue.

Figura 46 – Perfil longitudinal do rio Taquaruçu, segmentos de montante e jusante com indicação das cotas máximas atingidas pela água durante a simulação dos hidrogramas de projeto para o futuro com os períodos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos –Cenário B.

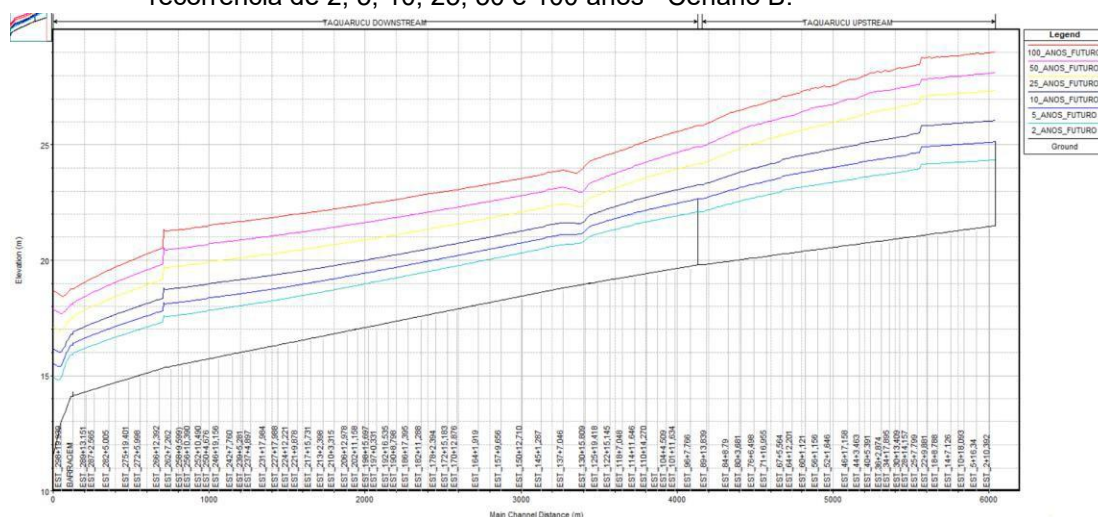


Figura 47 – Perfil longitudinal do córrego Afluente com indicação das cotas máximas atingidas pela água durante a simulação dos hidrogramas de projeto para o futuro com períodos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos – Cenário B.

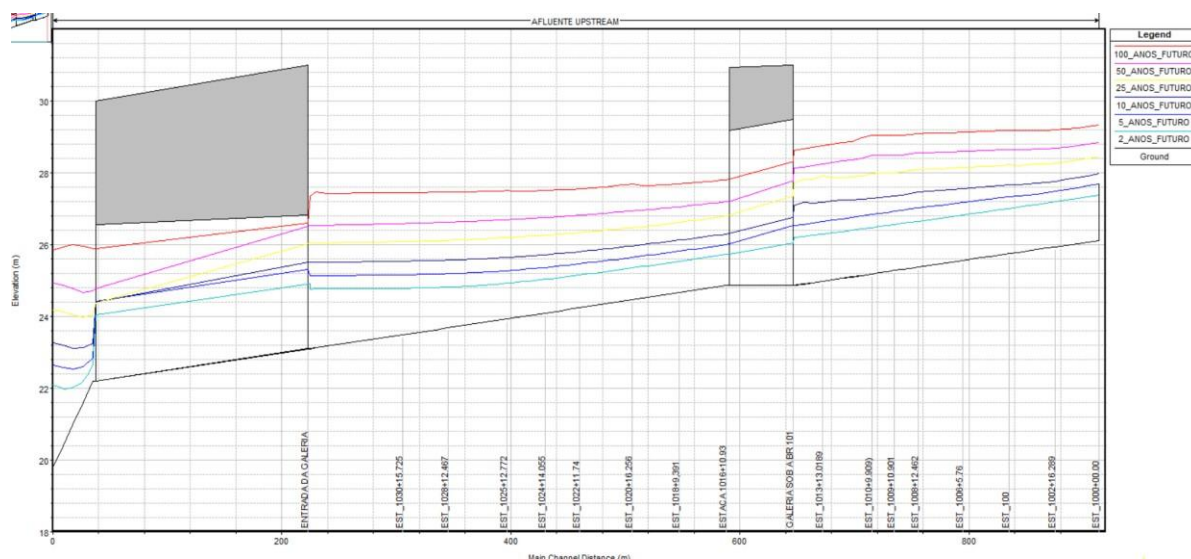


Figura 48 – Comparação entre perfil longitudinal do rio Taquaruçu com indicação das cotas máximas atingidas pela água durante a simulação dos hidrogramas de projeto para atual (Cenário de Referência) e futuro (Cenário B) com os períodos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos

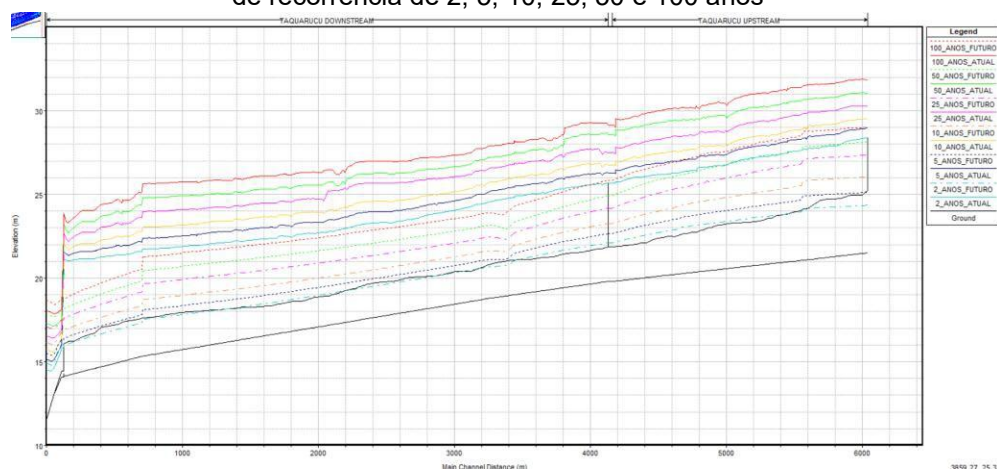
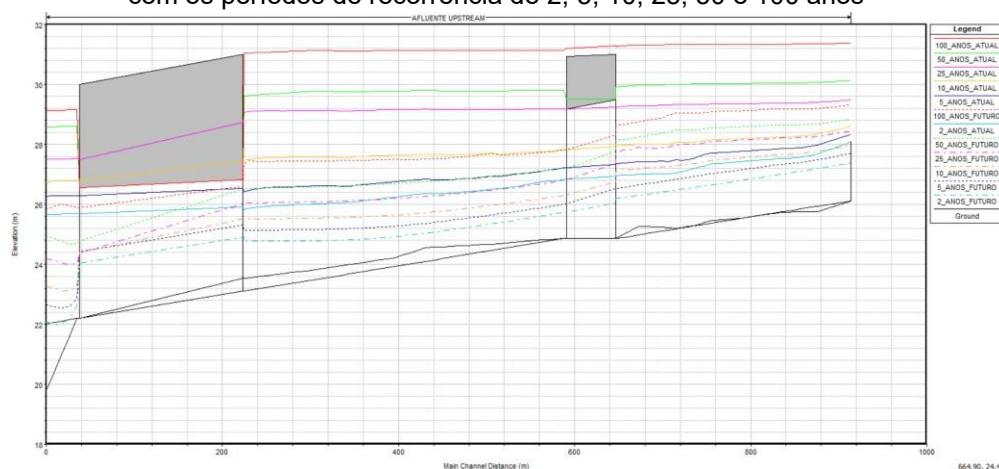


Figura 49 – Comparação entre perfil longitudinal do córrego Afluyente com indicação das cotas máximas atingidas pela água durante a simulação dos hidrogramas de projeto para atual (Cenário de Referência) e futuro (Cenário B) com os períodos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos



4.2.5.3 Mapeamento das áreas inundáveis para os hidrogramas de projeto

Da Figura 50 até a Figura 55 são apresentados os mapas das áreas de inundação ao longo dos rios Taquaruçue e córrego Afluyente nos trechos simulados, para os hidrogramas de projeto com períodos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Nesses mapas são apresentadas as lâminas de águas máximas (em metros), obtidas a partir das simulações, que estariam sobre o terreno. Para uma melhor visualização das áreas inundadas, foi utilizada uma imagem de satélite do Google Earth ao fundo do mapeamento.

Figura 50 – Área de inundação para hidrogramas com período de recorrência de 2 anos ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluente – Cenário B~.



Figura 51 – Área de inundação para hidrogramas com período de recorrência de 5 anos ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluente – Cenário B



Figura 52 – Área de inundação para hidrogramas com período de recorrência de 10 anos ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluente – Cenário B



Figura 53 – Área de inundação para hidrogramas com período de recorrência de 25 anos ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluente – Cenário B

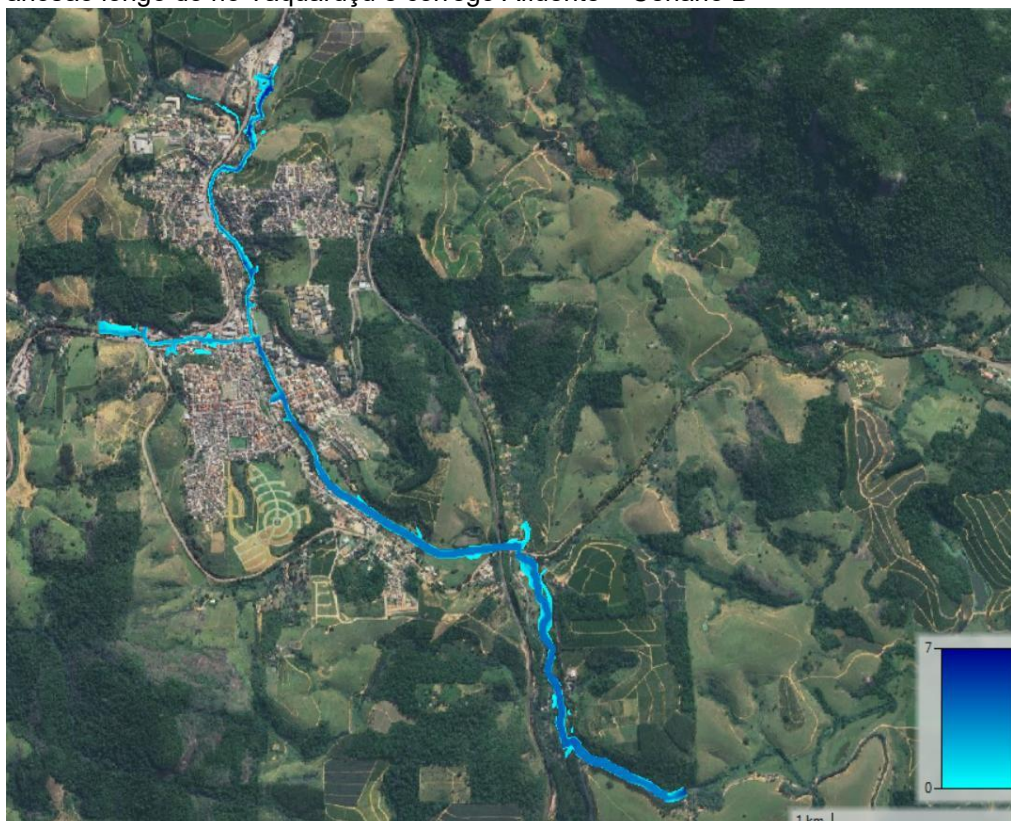


Figura 54 – Área de inundação para hidrogramas com período de recorrência de 50 anos ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluente – Cenário B

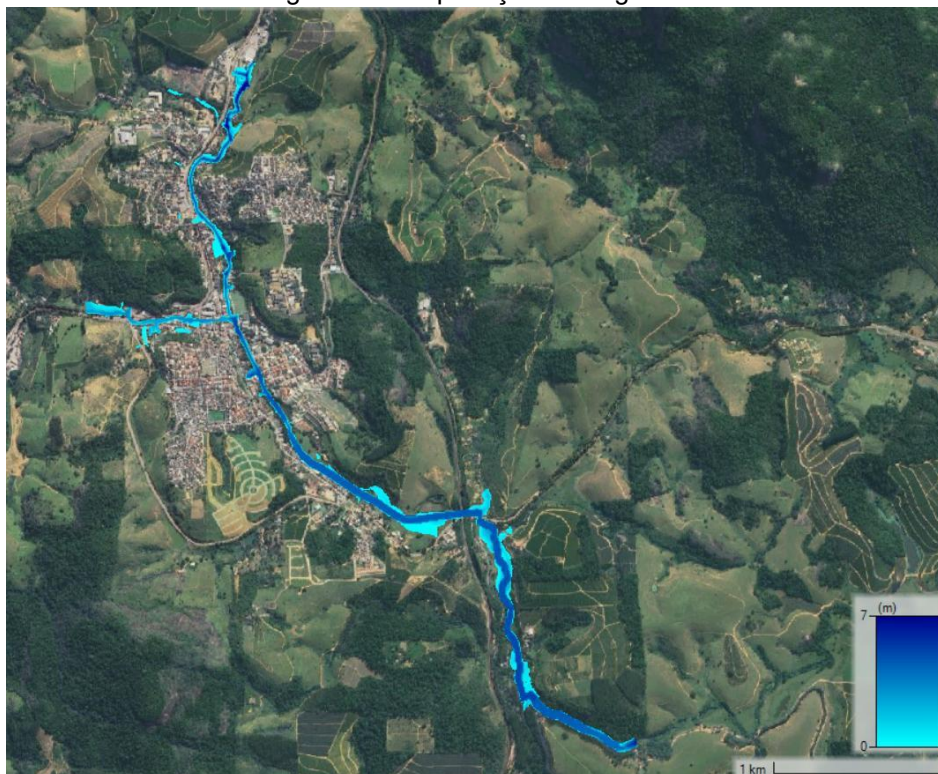
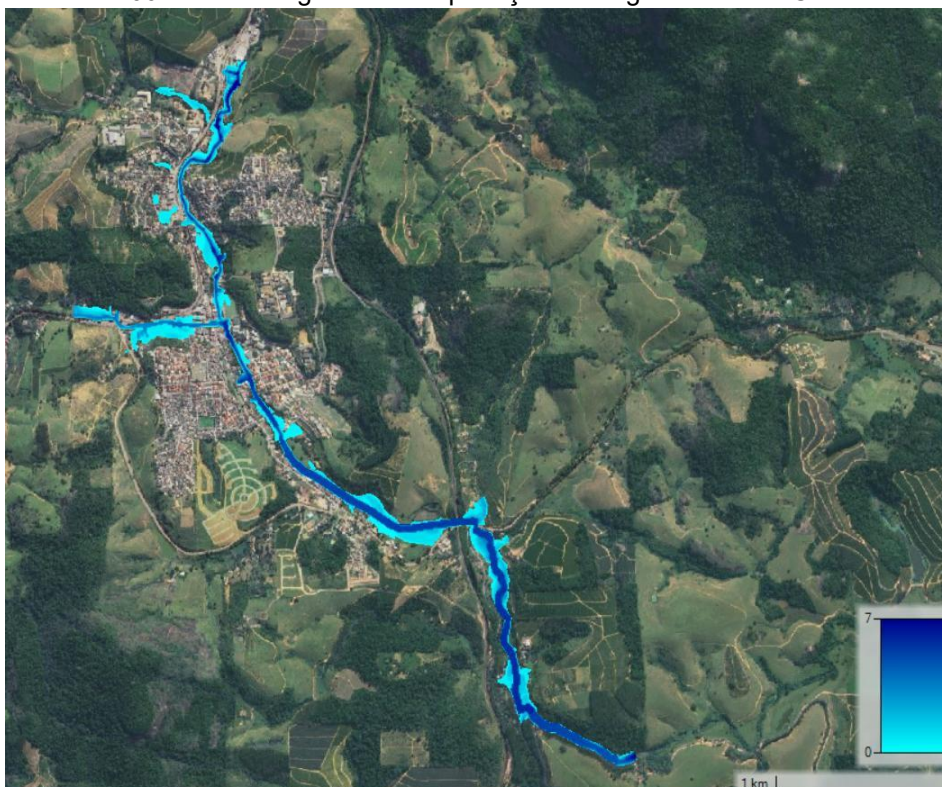


Figura 55 – Área de inundação para hidrogramas com período de recorrência de 100 anos ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluente – Cenário B



A Figura 56 mostra a superposição das áreas de inundação para os diferentes períodos de recorrência analisados ao longo dos rios Taquaruçu e córrego Afluyente, na extensão contemplada na simulação. A Figura 57 mostra com maior detalhe a superposição das manchas de inundação na região mais urbanizada do município de Ibiraçu, especialmente junto à confluência dos córregos Afluyente e rio Taquaruçu.

Figura 56 – Área de inundação para hidrogramas com período de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluyente, mostrando a superposição dos limites das manchas de inundação – Cenário B

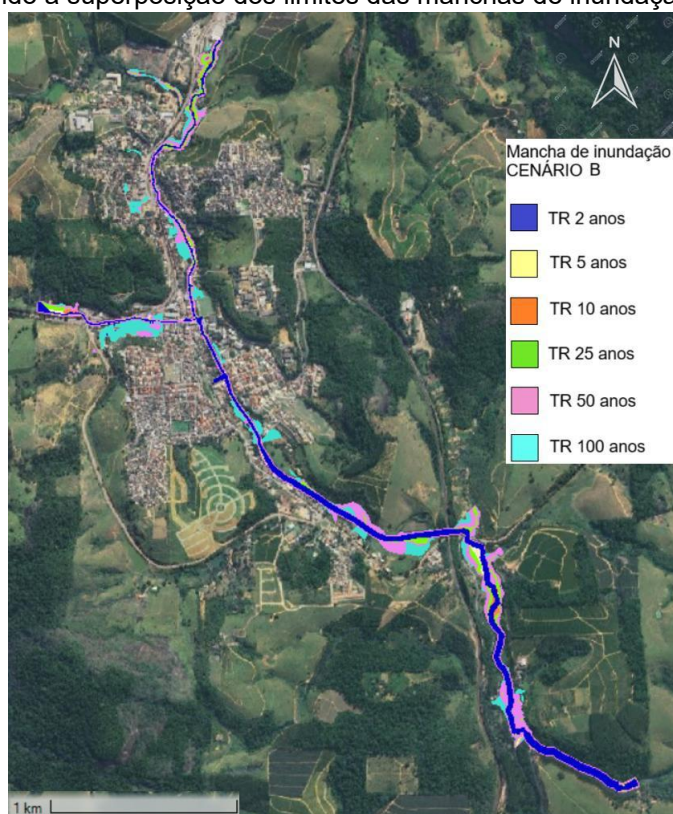
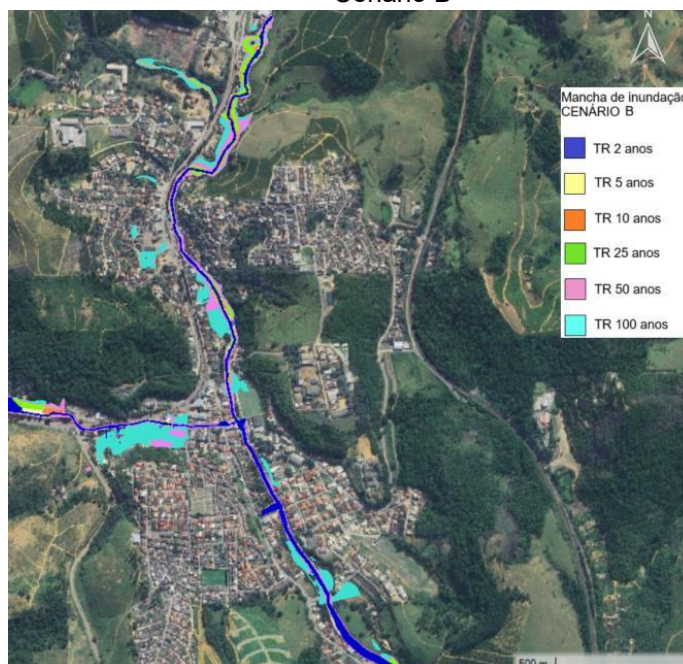


Figura 57 – Área de inundação para hidrogramas com período de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos, mostrando a superposição dos limites das manchas de inundação junto à região de confluência do córrego Afluyente ao rio Taquaruçu – Cenário B



4.2.5.4 Indicadores hidráulicos do Cenário B

A Tabela 5 mostra um resumo dos principais indicadores hidráulicos obtidos durante a modelagem do Cenário B, segmentando o rio Taquaruçu em dois trechos, um a montante e outro a jusante da confluência com o córrego Afluyente. Da mesma forma, o córrego Afluyente é apresentado nesta tabela, de forma segmentada entre a região a montante da galeria da BR101 e um trecho a jusante desta travessia.

Com base nas informações apresentadas, é possível identificar lâminas máximas de água que variam entre 3,0 m (TR 2 anos) e 7,7 (TR 100 anos) no rio Taquaruçu - máximos valores ocorrem no trecho a montante da confluência do córrego Afluyente para períodos de recorrência igual e superior a 10 anos, e a jusante para recorrências entre 2 e 5 anos. No córrego Afluyente as lâminas de água varia entre 1,4 m (TR 2 anos) e 4,4 m (TR 100 anos), com valores maiores sempre no extremo de jusante. Em geral, os valores de velocidade são elevados no segmentos do rio Taquaruçu, e superam os 5 m.s^{-1} . O escoamento é subcrítico, mas há transição de regime para supercrítico no segmento de jusante do rio Taquaruçu, para os eventos com 2, 5 e 10 anos de período de

recorrência. Há formação de ressalto hidráulico na região da confluência do córrego Afluyente com o rio Taquaruçu.

Com relação à capacidade hidráulica instaladas para os diferentes períodos de recorrência, a Figura 58 mostra a estimativa ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluyente, considerando as intervenções do Cenário B. Observa-se que, como esperado, os maiores períodos de recorrência de projeto resultam nos maiores extravasamentos. Ainda, em razão das premissas que delinearam a elaboração das intervenções a serem avaliadas, limitadas especialmente pelo espaço físico, os segmentos dos cursos d'água têm capacidades hidráulicas diferentes, em termos de períodos de recorrência de projeto. De forma esquemática, a Figura 59 apresenta uma ideia da localização dos extravasamentos de calha ao longo do rio Taquaruçu

– desde o extremo de montante até o local da barragem. Nesta figura, a confluência do córrego Afluyente no rio Taquaruçu é indicada pela linha vertical em vermelho, e pode ser tomada como referência para localizar a região central do município de Ibirajú. As marcas azuis indicam seções de simulação do modelo hidráulico onde foram observados os extravasamentos (na figura são indicados alguns pontos notáveis como referência). Linhas azuis agrupadas em uma região indicam, em geral, problemas localizados, como a presença de pontes, entre outros.

Figura 58– Estimativa da capacidade hidráulica em termos de período de recorrência em segmentos do rio Taquaruçu e córrego Afluyente, em relação aos hidrogramas de projeto futuro – Cenário B

RIO/SEGMENTO	TR 2 anos	TR 5 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 50 anos	TR 100 anos
Taquaruçu - Montante do Afluyente						
Taquaruçu - Jusante do Afluyente						
Afluyente - Montante BR101						
Afluyente - Jusante BR101						

Fora da calha na maior parte do segmento

Fora da calha em várias regiões

Fora da calha em algumas regiões

Fora da calha em pontos específicos

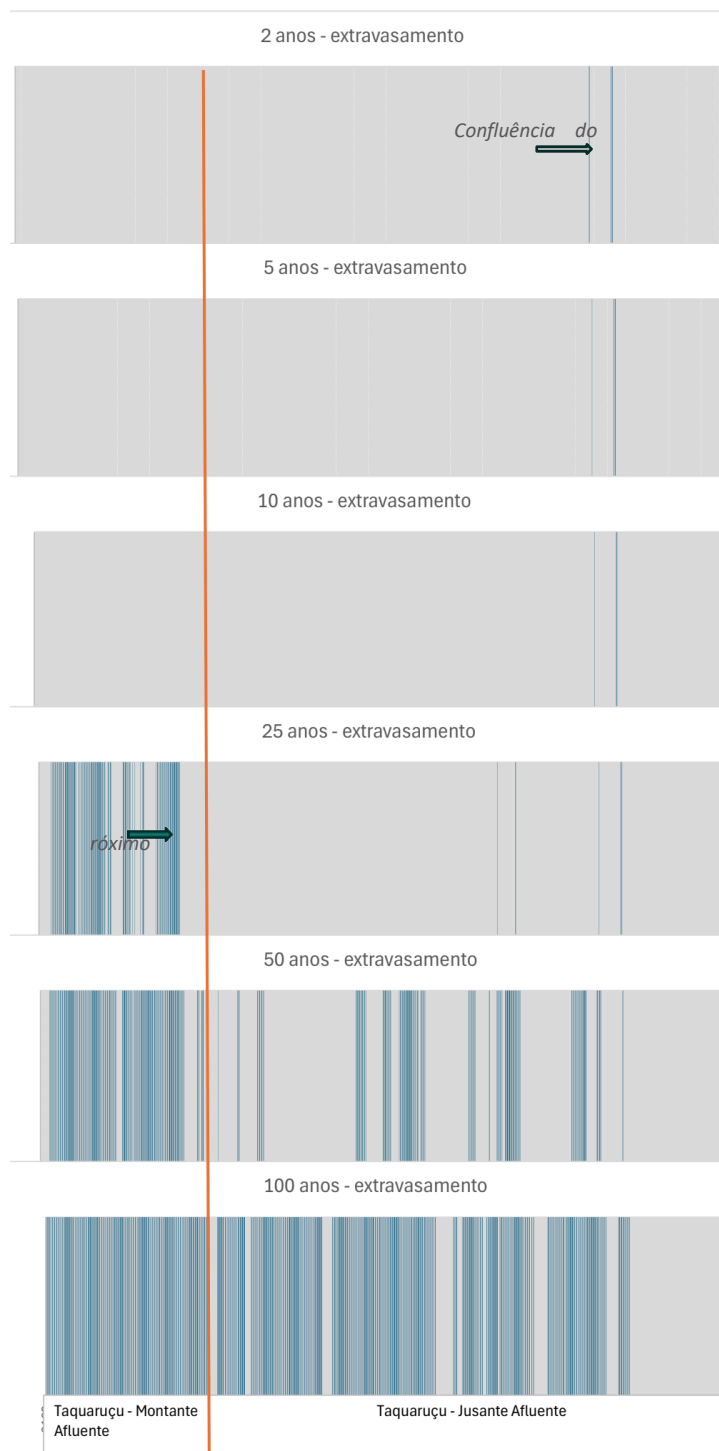
Dentro da calha

Tabela 5 – Resumo dos principais indicadores hidráulicos de vazões máximas, lâminas máximas de águas no canal, velocidades máximas e número de Froude ao longo dos segmentos do rio Taquaruçu e córrego Afluyente registrados durante a simulação dos hidrogramas de projeto para o futuro com os períodos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos - Cenário B

PERÍODO DE RECORRÊNCIA DE 2 ANOS				
	Vazão (m ³ .s ⁻¹)	Lâmina(m)	Velocidade (m.s ⁻¹)	Froude
Taquaruçu - Montante do Afluyente	61.48	3.09	2.94	0.62
Taquaruçu - Jusante do Afluyente	157.72	3.39	4.97	1.61
Afluyente - Montante BR101	16.50	1.35	1.88	0.54
Afluyente - Jusante BR101	16.46	1.67	0.93	0.93
PERÍODO DE RECORRÊNCIA DE 5 ANOS				
	Vazão (m ³ .s ⁻¹)	Lâmina(m)	Velocidade (m.s ⁻¹)	Froude
Taquaruçu - Montante do Afluyente	84.36	3.85	3.28	0.62
Taquaruçu - Jusante do Afluyente	224.92	3.99	5.05	1.42
Afluyente - Montante BR101	24.30	1.66	2.20	0.56
Afluyente - Jusante BR101	24.29	2.03	0.91	0.91
PERÍODO DE RECORRÊNCIA DE 10 ANOS				
	Vazão (m ³ .s ⁻¹)	Lâmina(m)	Velocidade (m.s ⁻¹)	Froude
Taquaruçu - Montante do Afluyente	115,99	4,76	3,70	0,63
Taquaruçu - Jusante do Afluyente	310,76	4,64	5,03	1,24
Afluyente - Montante BR101	33,20	2,28	2,43	0,58
Afluyente - Jusante BR101	33,24	2,41	0,88	0,88
PERÍODO DE RECORRÊNCIA DE 25 ANOS				
	Vazão (m ³ .s ⁻¹)	Lâmina(m)	Velocidade (m.s ⁻¹)	Froude

Taquaruçu - Montante do Afluente	174.03	6.03	4.40	0.67
Taquaruçu - Jusante do Afluente	460.07	5.58	4.97	1.03
Afluente - Montante BR101	53.60	2.92	2.52	0.52
Afluente - Jusante BR101	53.60	2.94	0.90	0.90
PERÍODO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS				
	Vazão (m ³ .s ⁻¹)	Lâmina(m)	Velocidade (m.s ⁻¹)	Froude
Taquaruçu - Montante do Afluente	220.81	6.78	4.78	0.75
Taquaruçu - Jusante do Afluente	600.37	6.35	5.22	0.94
Afluente - Montante BR101	62.74	3.30	2.74	0.51
Afluente - Jusante BR101	62.46	3.43	0.80	0.80
PERÍODO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS				
	Vazão (m ³ .s ⁻¹)	Lâmina(m)	Velocidade (m.s ⁻¹)	Froude
Taquaruçu - Montante do Afluente	283,78	7,71	5,06	0,82
Taquaruçu - Jusante do Afluente	763,36	7,15	5,36	0,86
Afluente - Montante BR101	80,45	3,86	3,05	0,50
Afluente - Jusante BR101	80,17	4,34	0,72	0,72

Figura 59 – Esquema de indicação de extravasamento de calha ao longo do rio Taquaruçu – Cenário B.



4.2.6 Comparação entre cenários A e B

A Figura 60 e a Figura 61 apresentam comparações das cotas máximas atingidas pela água ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluente para os hidrogramas de projeto de uso e ocupação do solo futuro com período de recorrência de 25 anos, para os Cenários A e B, além de incluir o resultado obtido para os hidrogramas de projeto de diagnóstico da atual condição de escoamento. Este período de recorrência foi tomado para análise, em razão de alinhamentos junto à equipe de acompanhamento, em que se destacou que seria desejável que as intervenções conseguissem mitigar os problemas das inundações em Ibiraçu considerando eventos de projeto com 25 anos de período de recorrência.

Nestas figuras é possível identificar as melhores condições de escoamento para o Cenário B, com a eliminação dos efeitos de estrangulamento provocado pelas pontes com vãos estreitos, especialmente a montante da Ponte 8 (rua das Tulipas). No trecho do rio Taquaruçu, a montante da confluência do córrego Afluente, a redução da cota máxima atingida pela água variou de 40 cm a 1,3 m, sendo as maiores reduções observadas justamente na região central do município de Ibiraçu. Logo a jusante, ainda no centro do município de Ibiraçu, o Cenário B teve cotas máximas cerca de 2,3 m inferiores às aquelas observadas para o Cenário A. No caso do córrego Afluente, observam-se também melhorias no Cenário B, com relação ao Cenário A, com reduções de até 80 cm nas cotas máximas, em razão da melhor condição de escoamento do Cenário A. As áreas de inundação também foram cerca de 50% inferiores no Cenário B, em comparação ao Cenário A.

Com relação às velocidades do escoamento, o Cenário B apresentou maiores valores, especialmente nos trechos de montante do rio Taquaruçu, onde para o período de recorrência de 10 anos a velocidade chegou a ser 53% superior. No córrego Afluente, o segmento a jusante da BR101, apresentou maior influência das melhorias do escoamento promovidas no Cenário B, onde a velocidade chegou a ser 80% superior, para um período de recorrência de 10 anos.

Figura 60 – Perfil longitudinal do rio Taquaruçu, segmentos de montante e jusante com indicação das cotas máximas atingidas pela água durante a simulação do hidrograma deprojeto para o futuro com o período de recorrência de 25 anos dos Cenários A e B, e hidrogramas e geometria da condição atual para mesmo período de recorrência

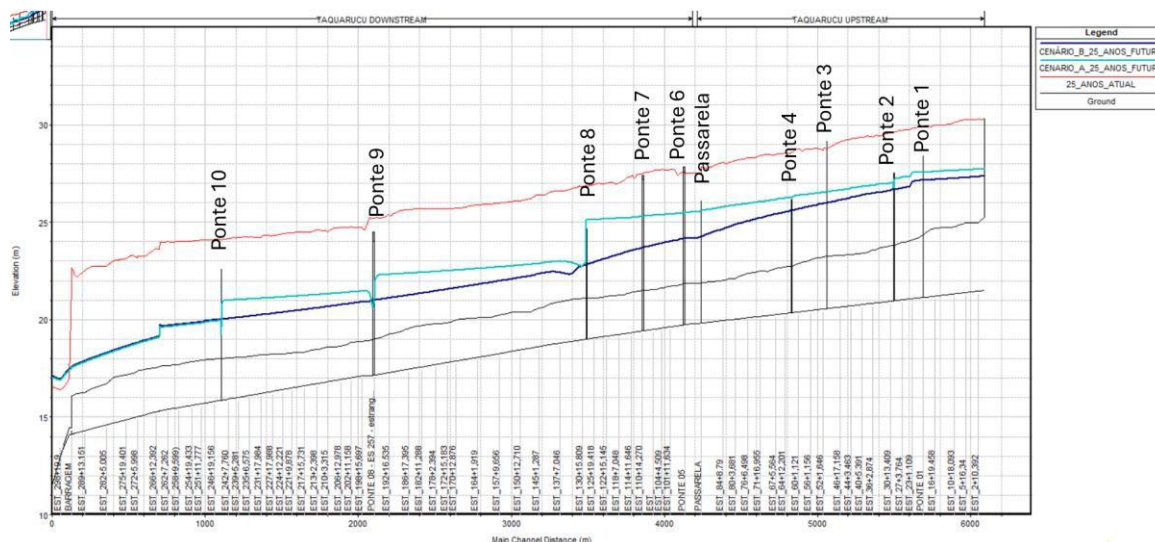
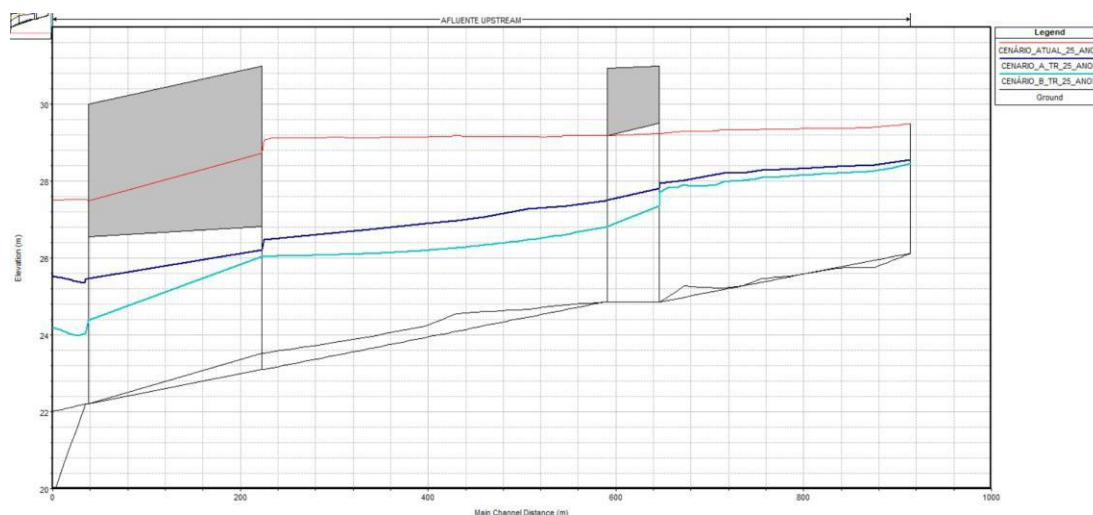


Figura 61 – Perfil longitudinal do córrego Afluente com indicação das cotas máximas atingidas pela água durante a simulação do hidrograma de projeto para o futuro com o período de recorrência de 25 anos dos Cenários A e B, e hidrogramas e geometria da condição atual para mesmo período de recorrência



4.2.7 Resumo das intervenções considerando o Cenário B

A Tabela 6 apresenta um resumo das intervenções nas seções transversais avaliadas no Cenário B, considerando as intervenções necessárias no rio Taquaruçu, enquanto a Tabela 7 apresenta as informações para o córrego Afluente. As tabelas indicam as estacas dos trechos das intervenções. As alturas das seções são variáveis

ao longo do rio Taquaruçu e córrego Afluyente, em razão da correção da declividade de fundo.

A declividade de fundo do rio Taquaruçu no trecho de montante foi uniformizada para 0,00090 m/m – desde a primeira estaca do levantamento até a zona de confluência do córrego Afluyente. No trecho de jusante desta conexão, o rio Taquaruçu teve declividade de 0.00115 m/m desde a confluência do córrego Afluyente até a estaca 137+0,46 (cerca de 866 m), seguida pela declividade de 0,00135 m/m (cerca de 2.566 m de extensão) até a estaca 265+0,384, e desde esta estaca até a barragem a declividade foi de 0,00208 m/m (cerca de 587 m) – a partir da seção da barragem foi mantida a declividade natural do rio, considerando as informações do levantamento topográfico realizado em estudo anterior.

O córrego Afluyente teve declividade de 0,00467 m/m no trecho a montante do cruzamento da BR101, seguido pela mesma declividade logo após a galeria de travessia da BR101, até a região imediatamente a montante da entrada do leito do córrego sob as casas. Deve-se observar que não existem informações de levantamento sob as edificações, e isso deve ser verificado durante a elaboração dos projetos básico e executivo. Assumiu-se, nestas análises, que a partir da seção de entrada do córrego Afluyente sob as edificações, é possível construir uma estrutura com declividade uniforme que permita o livre escoamento em direção ao rio Taquaruçu.

Tabela 6 – Seções propostas para o rio Taquaruçu no Cenário B.

Trecho / Entre estacas aproximadas / Descrição	Projeto gráfico aproximado
Trecho 1 0+0,00 à 94+2,87 Canalização com muro de concreto, com vão livre de 9,00m entre as paredes do muro de contenção* Altura variável em função da adequação da declividade de fundo – varia localmente	TRECHO 1 – CANALIZAÇÃO COM MURO DE CONCRETO
Trecho 2 94+2,87 à 127+16,767 Canalização com muro de concreto, com vão livre de 13,2 'm entre as paredes do muro de contenção* Altura variável em função da adequação da declividade de fundo – varia localmente	TRECHO 2 – CANALIZAÇÃO COM MURO DE CONCRETO

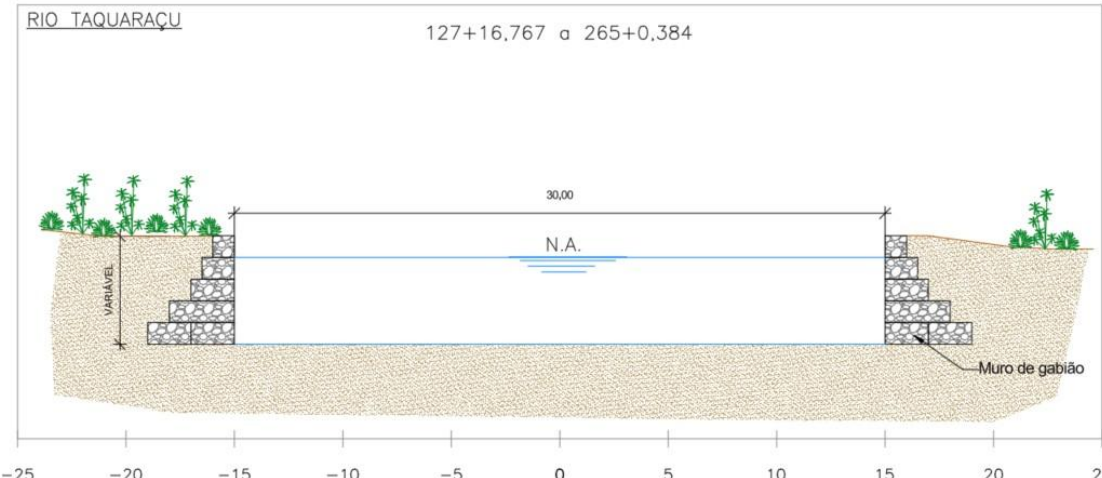
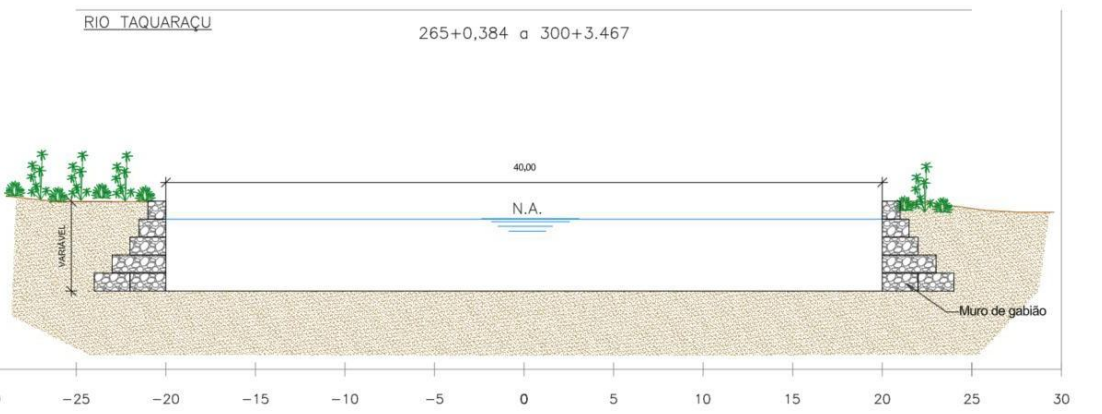
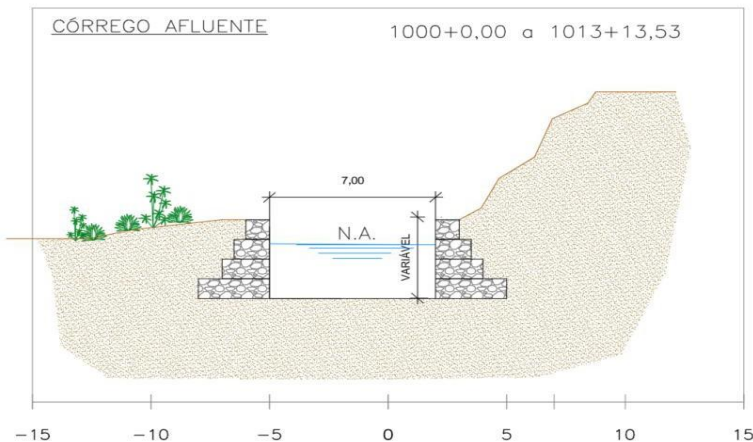
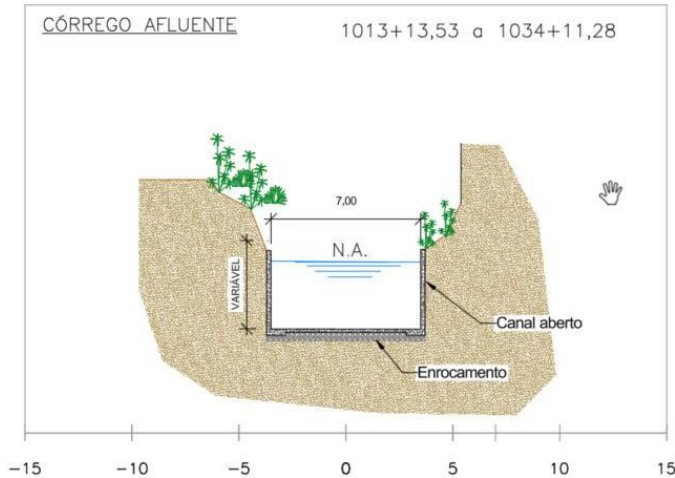
Trecho 3 127+16,767 à 265+0,384 (até rio da Prata) Canalização com muro de gabião, com vão livre de 30,0 m entre as paredes do muro de contenção Altura variável em função da adequação da declividade de fundo – varia localmente	TRECHO 3 – CANALIZAÇÃO COM MURO DE GABIÃO RIO TAQUARAÇU 127+16,767 a 265+0,384  30,00 N.A. Muro de gabião -25 -20 -15 -10 -5 0 5 10 15 20 25
Trecho 4 265+0,384 à 300+3.467 (até barragem a ser removida) Canalização com muro de gabião, com vão livre de 40,0 m entre as paredes do muro de contenção Altura variável em função da adequação da declividade de fundo – varia localmente	TRECHO 4 – CANALIZAÇÃO COM MURO DE GABIÃO RIO TAQUARAÇU 265+0,384 a 300+3.467  40,00 N.A. Muro de gabião -30 -25 -20 -15 -10 -5 0 5 10 15 20 25 30

Tabela 7 – Seções propostas para o córrego Afluente no Cenário B

Trecho / Entre estacas aproximadas / Descrição	Projeto gráfico aproximado
Trecho 5 1000+0,00 à 1013+13,53 (até BR101) Canalização com muro de gabião, com vão livre de 7,0 m entre as paredes do muro de contenção Altura variável em função da adequação da declividade de fundo – varia localmente	TRECHO 5 – CANALIZAÇÃO COM MURO DE GABIÃO  CÓRREGO AFLUENTE 1000+0,00 a 1013+13,53
Trecho 6 1015+0,00 à 1034+11,38 (avançando sob as edificações até a confluência com o rio Taquaruçu) Canalização em canal aberto de concreto, com vão livre de 7,00m entre as paredes do muro de contenção Altura variável em função da adequação da declividade de fundo – varia localmente	TRECHO 6 – CANALIZAÇÃO EM CANAL DE CONCRETO ABERTO  CÓRREGO AFLUENTE 1013+13,53 a 1034+11,28

As intervenções propostas no Cenário B também têm ação sobre a adequação de obras de arte especial (OAEs), como as pontes, que permitem a transposição dos talvegues. Neste sentido, desde a Figura 62 até a Figura 71 são apresentadas as obras de transposição de talvegue do rio Taquaruçu. O quadro inferior destas imagens indica a necessidade, ou não, de adequação da estrutura, uma vez que tenham sido realizadas as obras de canalização do rio Taquaruçu. Também é fornecida seção estimada para a nova estrutura, sendo que como critério para o projeto, se considerou a manutenção das cotas das OAEs. No caso do córrego Afluyente, a única OAE seria a galeria sob a BR101, que foi preservada inalterada durante as análises. A locação destas OAEs foi apresentada em detalhe na Figura 5, e a descrição destas estruturas está apresentada desde a Figura 6 até a Figura 15.

Figura 62 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 1

PONTE 1- 5757	
	
Largura = 2,95 m Extensão = 11,1 m Cabeceiras nas margens do rio Taquaruçu	
Adequação necessária em função de estrutura precária, e necessidade de aprofundamento do leito. A extensão de 11,1 m permite vencer a seção do canal a ser construído nessa região que é de 9 m, mas é necessário verificar as condições após a execução do aprofundamento da calha do rio Taquaruçu e instalação de gabião. Neste local, a estimativa é de : - extensão do canal no rio Taquaruçu – 9 m (considerar + aterros das cabeceiras) - cota inferior da mesa da ponte 28,1 m (atual) permite passar a cheia de 25 anos mas fica submersa para 100 anos. - cota de fundo do canal em aproximadamente 21,15 m - velocidade média cerca de 2,5 m.s⁻¹	

Figura 63 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 2

PONTE 2 - 5573	
	
Largura = 3,0 m Extensão = 7,05 m Cabeceiras nas margens do rio Taquaruçu	
Adequação necessária em função estrangulamento de seção, estrutura precária, e necessidade de aprofundamento do leito. A extensão de 7,05 m é inferior à largura do canal de 9 m. Também é necessário verificar as condições após a execução do aprofundamento da calha do rio Taquaruçu e instalação de gabião. Neste local, a estimativa é de : - extensão do canal no rio Taquaruçu – 9 m (considerar + aterros das cabeceiras) - cota inferior da mesa da ponte 27,32 m (atual) permite passar a cheia de 25 anos mas fica submersa para 100anos. - cota de fundo do canal em aproximadamente 20,97 m - velocidade média cerca de 3,4 m.s⁻¹	

Figura 64 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 3

PONTE 3 - 5134	
	
Largura = 4,45 m Extensão = 10,85 m Cabeceiras nas margens do rio Taquaruçu	
A extensão de 10,85 é maior que a largura do canal nesta região, no entanto, é possível que sejam necessárias adequações das fundações para compatibilizar com o aprofundamento do canal. A simulação foi realizada considerando a cota inferior da mesa atualmente existente, em 28,94 m. Neste local, a estimativa é de : - extensão do canal no rio Taquaruçu – 9 m (considerar + aterros das cabeceiras) - cota inferior da mesa da ponte 28,94 m (atual) permite passar a cheia de 25 anos mas fica submersa para 100anos. - cota de fundo do canal em aproximadamente 20,57 m - velocidade média cerca de 3,1 m.s⁻¹	

Figura 65 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 4

PONTE 4 - 4901	
	
Largura = 2,98 m Extensão = 8,84 m Cabeceiras nas margens do rio Taquaruçu	
Adequação necessária em função estrangulamento de seção, estrutura precária, e necessidade de aprofundamento do leito. A extensão de 8,84 m é inferior à largura do canal de 9 m. Também é necessário verificar as condições após a execução do aprofundamento da calha do rio Taquaruçu e instalação de gabião. Neste local, a estimativa é de : - extensão do canal no rio Taquaruçu – 9 m (considerar + aterros das cabeceiras) - cota inferior da mesa da ponte 26,76 m (atual) permite passar a cheia de 25 anos mas fica submersa para 100anos. - cota de fundo do canal em aproximadamente 20,35 m - velocidade média cerca de 3,2 m.s⁻¹	

Figura 66 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PASSARELA

PASSARELA – 4343	
	
Largura = 1,1 m Extensão = 13,4 m Cabeceiras nas margens do rio Taquaruçu	
A passarela tem extensão compatível com a largura de 9 m do canal, e cota suficiente para permitir a passagem da cheia de 25 anos, mas ficaria submersa para cheias de 100 anos. As simulações consideraram a cota de 25,92m a partir do levantamento topográfico fornecido para este estudo. Velocidade média do escoamento na região de 3,2 m/s.	

Figura 67 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 6

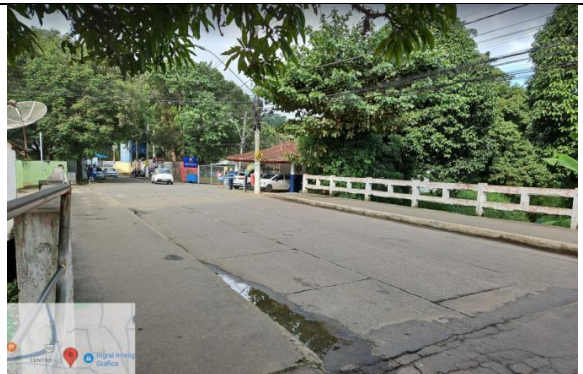
PONTE 6 - 4195	
	
Largura = 11,4 m (faixa de rolamento 7,33 m) Extensão = 16,2 m Cabeceiras nas margens do rio Taquaruçu	
A extensão de 16,2 é maior que a largura do canal nesta região, no entanto, é possível que sejam necessárias adequações das fundações para compatibilizar com o aprofundamento do canal. A simulação foi realizada considerando a cota inferior da mesa atualmente existente, em 28,94 m. Neste local, a estimativa é de : - extensão do canal no rio Taquaruçu – 13,2 m (considerar + aterros das cabeceiras) - cota inferior da mesa da ponte 27,54 m (atual) permite passar a cheia de 25 anos mas pode ficar submersa para 100 anos. - cota de fundo do canal em aproximadamente 19,75 m - velocidade média cerca de 4,7 m.s⁻¹	

Figura 68 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 7

PONTE 7 - 3928	
	
Largura = 9,4 m (faixa de rolamento 7,33 m) Extensão = 14,2m Cabeceiras nas margens do rio Taquaruçu	
A extensão de 14,2 é maior que a largura do canal nesta região, no entanto, é possível que sejam necessárias adequações das fundações para compatibilizar com o aprofundamento do canal. A simulação foi realizada considerando a cota inferior da mesa atualmente existente, em 28,94 m. Neste local, a estimativa é de : - extensão do canal no rio Taquaruçu – 13,2 m (considerar + aterros das cabeceiras) - cota inferior da mesa da ponte 27,2 m (atual) permite passar a cheia de 25 anos mas pode ficar submersa para 100 anos. - cota de fundo do canal em aproximadamente 19,43 m - velocidade média cerca de 4,8 m.s⁻¹	

Figura 69 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 8

PONTE 8 - 3561	
	
Largura = 3,02 m Extensão = 6,37 m Cabeceiras nas margens do rio Taquaruçu	
Adequação necessária em função estrangulamento de seção, estrutura precária, e necessidade de aprofundamento do leito. A extensão de 8,84 m é inferior à largura do canal de 9 m. Também é necessário verificar as condições após a execução do aprofundamento da calha do rio Taquaruçu e instalação de gabião. Neste local, a estimativa é de : - extensão do canal no rio Taquaruçu – 13,2 m (considerar + aterros das cabeceiras) - cota inferior da mesa da ponte 24,45 m (atual) permite passar a cheia de 25 anos mas pode ficar submersa para 100 anos. - cota de fundo do canal em aproximadamente 19 m - velocidade média cerca de 5,2 m.s⁻¹	

Figura 70 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 10

PONTE 10 -1229	
	
	Largura = 2,85 m Extensão = 11,5 m Cabeceiras nas margens do rio Taquaruçu e um apoio central precário, executado em tubos concretados Adequação necessária em função estrangulamento de seção, estrutura precária, e necessidade de aprofundamento do leito. A extensão de 11,5 m é inferior à largura do canal de 30 m. Também é necessário verificar as condições após a execução do aprofundamento da calha do rio Taquaruçu e instalação de gabião. Neste local, a estimativa é de : - extensão do canal no rio Taquaruçu – 30 m (considerar + aterros das cabeceiras) - cota inferior da mesa da ponte 22,38 m (atual) permite passar a cheia de 25 anos mas pode ficar submersa para 100 anos. - cota de fundo do canal em aproximadamente 15,86 m - velocidade média cerca de $1,9 \text{ m.s}^{-1}$

Figura 71 – Estrutura de transposição de talvegue existente ao longo do rio Taquaruçu – PONTE 9

PONTE 9 - 2179			
			
			
Largura = 9,9 m (faixa de rolamento 8,2 m) Extensão = 27 m Distância entre apoios de 11,5 m			
Adequação necessária em função estrangulamento de seção, e necessidade de aprofundamento do leito. A extensão de 11,5 m é inferior à largura do canal de 30 m. Também é necessário verificar as condições após a execução do aprofundamento da calha do rio Taquaruçu e instalação de gabião. Neste local, a estimativa é de: - extensão do canal no rio Taquaruçu – 30 m (considerar + aterros das cabeceiras) - cota inferior da mesa da ponte 24 m (atual) permite passar a cheia de 25 anos mas pode ficar submersa para 100 anos. - cota de fundo do canal em aproximadamente 17,15 m - velocidade média cerca de 2 m.s⁻¹ A simulação considerou vão livre, sem a presença de pilares de apoio. Com os pilares de apoio considerar velocidade de 2,5 m/s. As BTCC (3x2) sob a rodovia ES257 próximo à ponte, possivelmente usadas como passa- fauna não foram consideradas como elemento de drenagem.			

Portanto, verificou-se a necessidade de demolição e construção das pontes 01, 02, 04, 08 e 10, com readequação de suas dimensões conforme apresentado no projeto de OAE.

4.3 Estudos Geológicos

4.3.11 Introdução

A elaboração do presente estudo seguiu os direcionamentos apresentados na Instrução de Serviço nº 202 do DNIT, referente à Estudos Geológicos, além dos Critérios de Projeto do DER-ES.

Nesta etapa são desenvolvidas as seguintes atividades:

- Coleta e análise de dados;
- Interpretação de fotografias aéreas;
- Investigações de campo.

4.3.12 Situação Geográfica

O município de Ibirapu, localizado no Estado do Espírito Santo, região Sudeste do Brasil, não compõe a região metropolitana do Estado. Esse município, juntamente com João Neiva, Aracruz, Linhares, Rio Bananal e Sooretama compõem a Microrregião do Rio Doce.

Ibirapu possui extensão territorial de 201,248 km² e localiza-se a latitude 19° 49' 47" Sul e longitude: 40° 22' 29" Oeste. O município de Ibirapu tem como confrontante ao Norte o município de João Neiva, à Oeste a cidade de Santa Teresa, ao Sul o município de Fundão e à Leste a cidade de Aracruz. Ibirapu se situa a 11 km a Sul-Oeste de Aracruz, a maior cidade nos arredores.

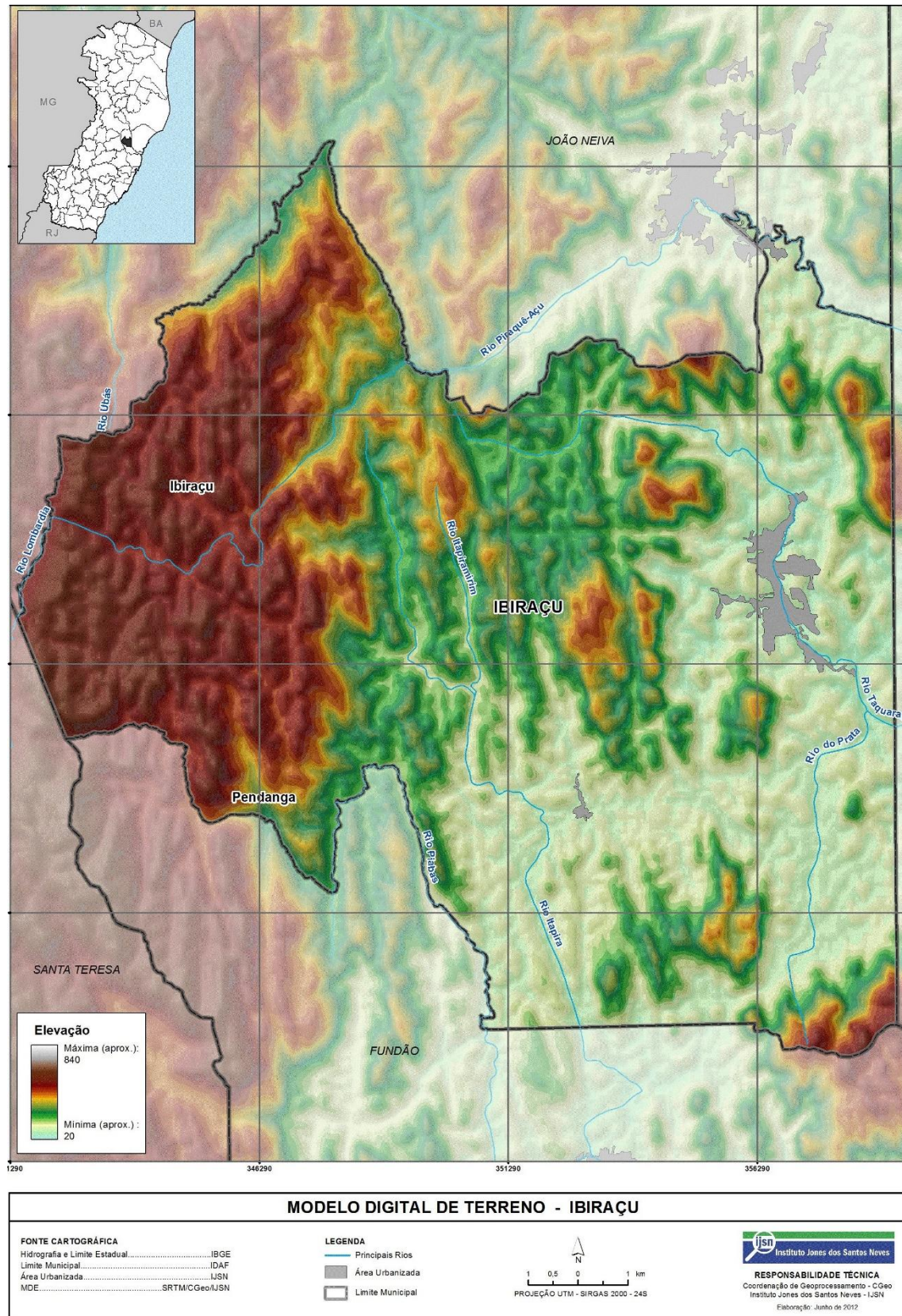
Segundo o IBGE, em 2010 Ibirapu contava com 24% de urbanização das vias públicas.

4.3.13 Topografia e Geologia

Ibirapu está geologicamente posicionado na escarpa da Serra Capixaba. Seu relevo é caracterizado pela transição das planícies litorâneas aos “mares de morros”. A sede está situada no fundo de um vale rodeado pelo Morro do Encantado, Monte Negro, Morro do Aricanga e Morro da Vargem.

As aglomerações urbanas estão situadas nas regiões mais baixas do município, no fundo de um vale, como mostra a Figura 8. As cotas variam aproximadamente entre 20m e 840m.

Figura 8 - Modelo Digital de Terreno - Ibiraçu.



Fonte: Instituto Jones dos Santos Neves, 2012.

4.3.14 Litologia

A Litologia da região apresenta o grupo Paraíba do Sul, Ataléia, Nova Venécia.

PARAÍBA DO SUL

Esse grupo corresponde à cobertura metassedimentar do Terreno Paraíba do Sul que é constituído por duas principais associações litológicas, as ortognaisses paleoproterozóicas de composição, predominantemente, granítica a granodiorítica e a sequência metassedimentar siliciclástica composta por gnaisses bandados e xistos pelíticos contendo lentes de mármore, calcissilicáticas e gonditos. As rochas desse Terreno Paraíba mostram uma xistosidade de médio ângulo de mergulho, deformada por dobras apertadas e abertas.

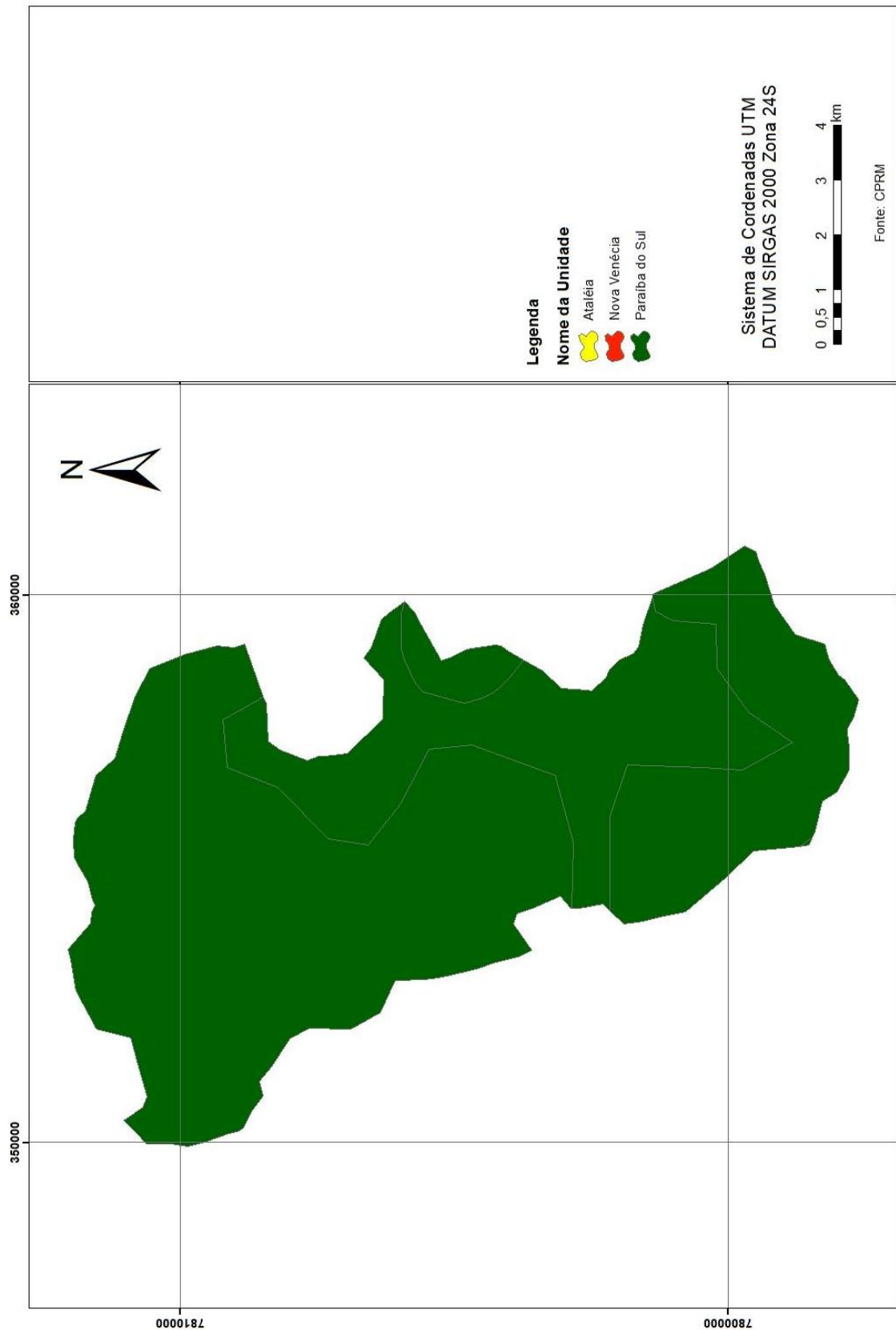
ATALÉIA

A Suíte Ataléia é composta de biotita granito e biotita-granada granito, do tipo S, foliados, correlacionáveis à Suíte G2 do Orógeno Araçuaí. Apresentam uma frande quantidade de xenólitos, restitos e restos de teto, com tamanhos os mais variados, de rochas do Complexo Nova Venécia, que a ela se associam.

COMPLEXO NOVA VENÉCIA

Paragnaisses aluminosos, migmatitos com intercalações de quartzitos e rochas calciossilicáticas – litotipos relacionados provavelmente à deposição em uma bacia de retroarco. São de cor cinza média, com granulação variável e conspícuo bandamento marcado por variação composicional.

Figura 9 - Mapa litológico do município de Ibirajú

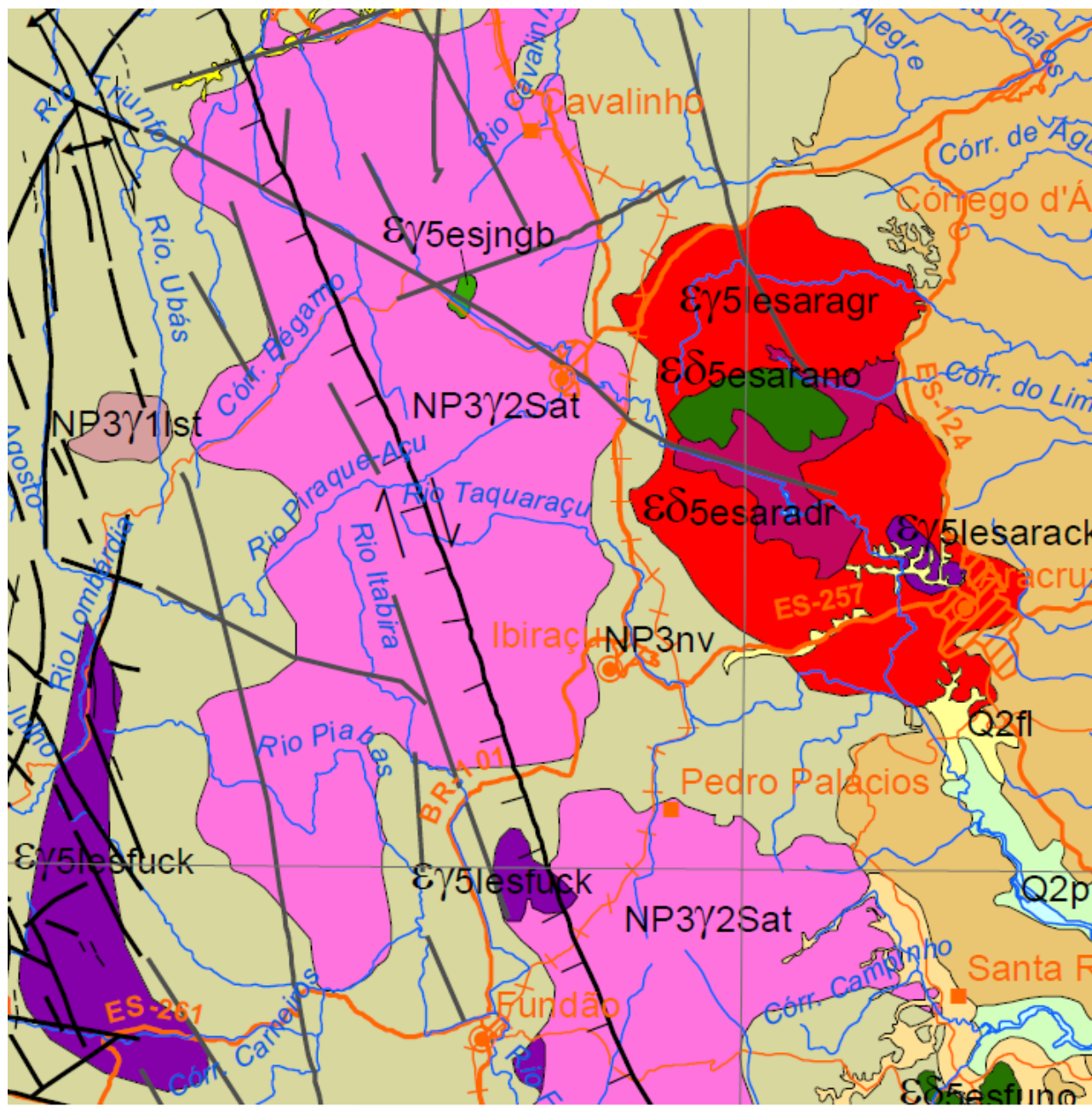


Fonte: CPRM, adaptado pelo autor, 2019.

4.3.15 Geomorfologia

A geomorfologia local apresenta as coberturas superficiais NP3nv, NP3γ2Sat, ξγ5lesaragr, ξδ5esarano e ξδ5esaradr, conforme mostra a Figura 10.

Figura 10 - Mapa geomorfológico da região em estudo



Fonte: Mapa Geológico do Estado do Espírito Santo – CPRM, 2018.

NP3nv

Originado no Éon Proterozóico, Era Neoproterozóica, Período Ediacariano. Pertence ao estágio Pré-Orogênico. Define-se como Complexo Nova Venécia - Sillimanita-granada-cordierita-biotita gnaiss bandado com intercalações de calcissilicáticas.

NP3y2Sat

Originado no Éon Proterozóico, Era Neoproterozóica, Período Ediacariano. Pertence ao estágio Sin-A Tardi-Orogênico. Granitoides pouco foliados, peraluminosos, calcialcalinos, de alto K, tipo Suíte Ataléia: granada-biotita granito Ataléia (at).

ξy5lesaragr

Originado no Éon Fanerozóico, Era Paleozóica, Período Cambriano. Pertence a Supersuíte Espírito Santo 3. Suíte Aracruz, Córrego Aricanga: granito (gr).

ξδ5esarano

Originado no Éon Fanerozóico, Era Paleozóica, Período Cambriano. Pertence a Supersuíte Espírito Santo 3. Suíte Aracruz, Córrego do Retiro: norito (no).

ξδ5esaradr

Originado no Éon Fanerozóico, Era Paleozóica, Período Cambriano. Pertence a Supersuíte Espírito Santo 3. Suíte Aracruz, Córrego Taquaral: diorito (dr).

4.3.16 Pedologia

O tipo predominante é o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, contudo também encontramos o Latossolo Amarelo Coeso.

Apresentamos adiante os mapas pedológicos das bacias de estudo.

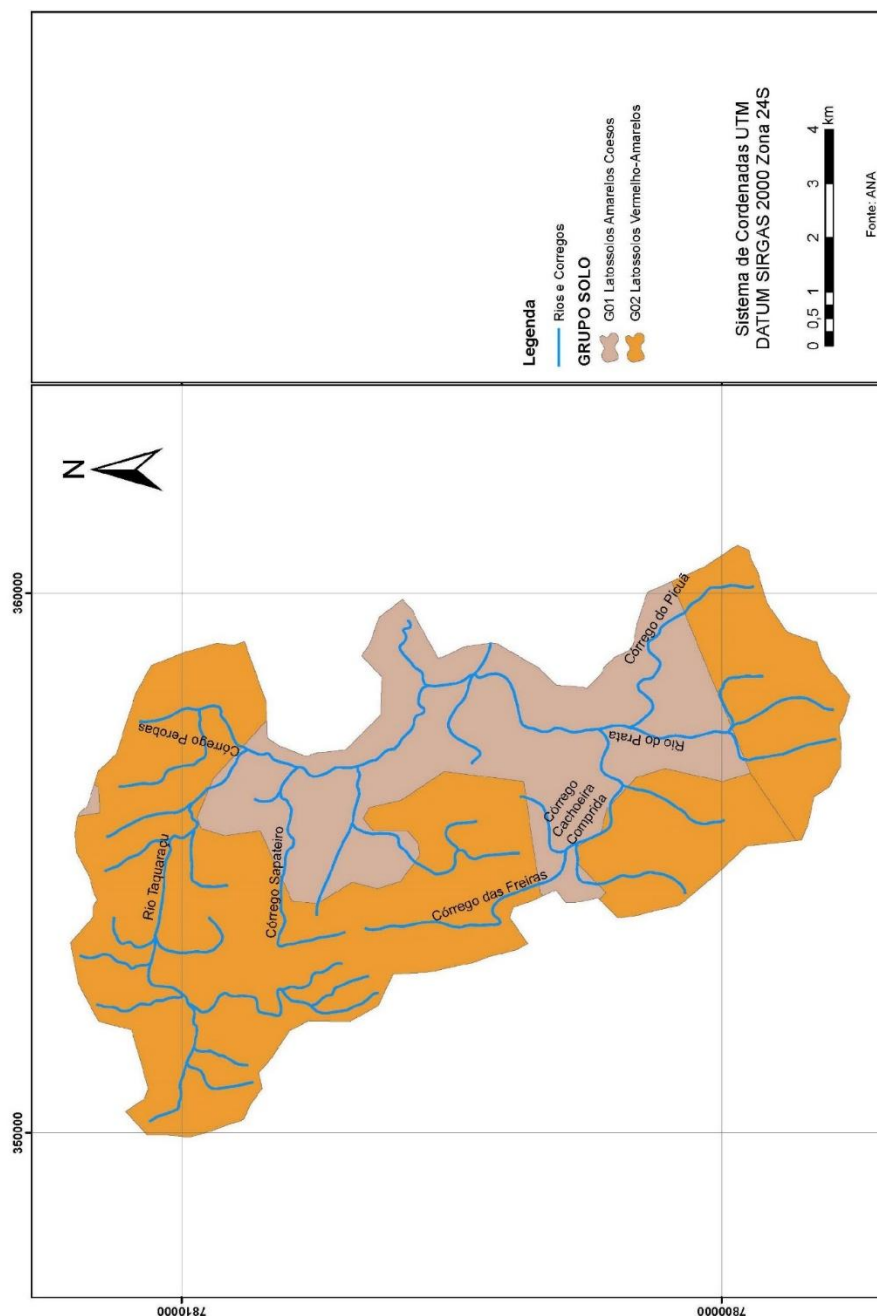
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO

São os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos Típicos. Os latossolos são materiais muito alterados, constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A. na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA).

LATOSSOLO AMARELO COESO

São Latossolos Amarelos Distrocoesos Típicos. Os latossolos, como já dito, são materiais muito alterados. Os Latossolos Amarelos são solos com matiz 7,5YR ou mais amarelo na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA). Distrocoesos são solos com saturação por bases baixa ($V < 50\%$) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA) e apresentando caráter coeso dentro de 150cm da superfície do solo.

Figura 11 - Mapa pedológico das bacias de estudo de Ibiracú.



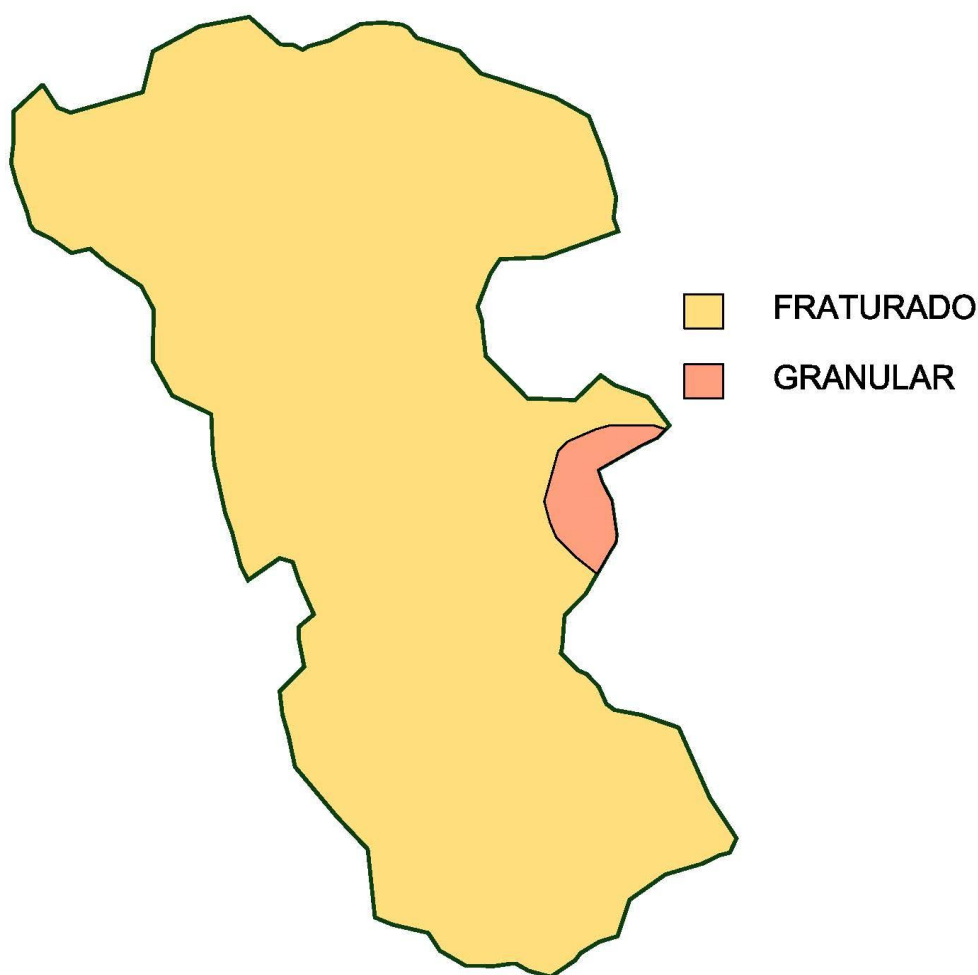
Fonte: ANA, adaptado pelo autor, 2019.

4.3.17 Hidrogeologia

Ibiraçu

A hidrogeologia da bacia do Rio Taquaraçu é composta em sua maioria por aquífero fraturado com pequena contribuição de aquífero granular. O aquífero fraturado possui água armazenada nas fraturas interconectadas das rochas enquanto o aquífero granular possui água armazenada nos espaços entre os grãos de rocha ou solo. A classe de caracterização hidráulica dos aquíferos da região é a classe quatro que tem vazão baixa e utilização para fornecimento de água para suprimento do abastecimento local.

Figura 12 - Hidrogeologia da região em estudo.



Fonte: Autor, com dados do CPRM, 2019.

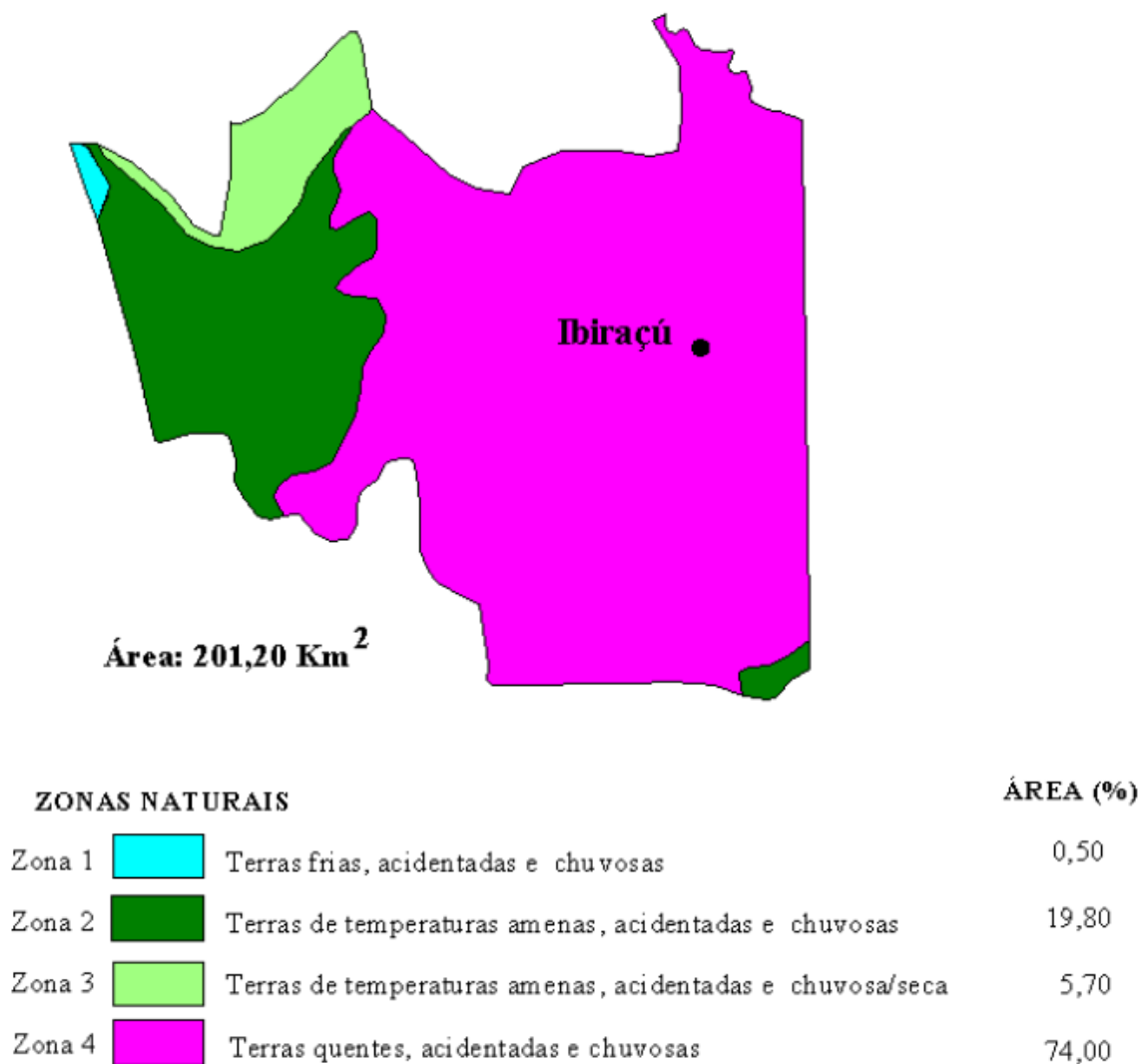
4.3.18 Unidade de Conservação

Possui a Área de Relevante Interesse Ecológico Morro da Vargem – ARIE Morro da Vargem. O objetivo dessa unidade é manter os ecossistemas naturais de importância regional e regular o uso dessas áreas.

4.3.19 Clima

O clima em Ibiracú é Tropical (Quente e Úmido) com normais de seca entre os meses de maio e agosto. O estudo de zonas naturais do Incaper apresenta a média das temperaturas para cada zona do município, além de indicar os meses seco, chuvoso e parcialmente seco.

Figura 13 - Zonas naturais do município de Ibiracú



Fonte: SEPLAN, 1999.

Figura 14 - Principais características das zonas naturais de Ibirapu

ZONAS	Temperatura		Relevo	Água												
	média min. mês mais frio (°C)	média máx. mês mais quente (°C)	Declividade	Nº meses secos ²	Meses secos, chuvosos/secos e secos ³											
					J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Zona 1: Terras Frias, Acidentadas e Chuvosas 	7,3 – 9,4	25,3 - 27,8	> 8%	3,0	U	U	U	U	P	P	P	S	P	U	U	U
Zona 2: Terras de Temperaturas Amenas, Acidentadas e Chuvosas 	9,4 - 11,8	27,8 - 30,7	> 8%	2,5	U	P	U	U	U	P	P	P	P	U	U	U
Zona 3: Terras de Temperaturas Amenas, Acidentadas e Transição Chuvosa/Seca 	9,4 - 11,8	27,8 - 30,7	> 8%	4,5	U	U	U	U	P	S	S	S	S	U	U	U
Zona 4: Terras Quentes, Acidentadas e Chuvosas 	11,8 - 18,0	30,7 - 34,0	> 8%	2,5	U	P	U	U	U	P	P	P	P	U	U	U

¹ Fonte: Mapa de Unidades Naturais(EMCAPA/NEPUT, 1999);

² Cada 2 meses parcialmente secos são contados como um mês seco;

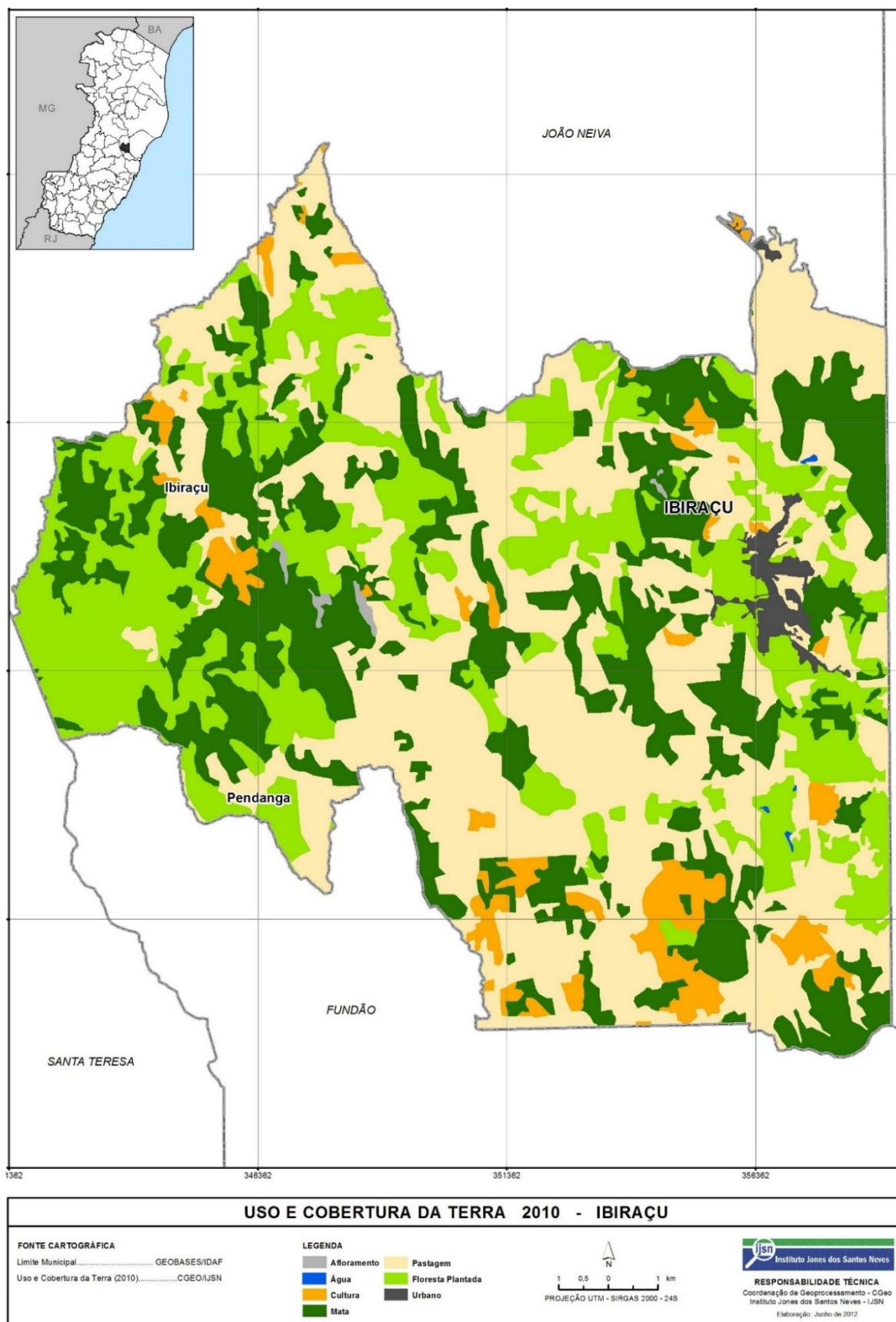
³ U – chuvoso; S – seco; P- parcialmente seco.

Fonte: SEPLAN, 1999.

4.3.20 Vegetação e uso do solo

Para o município de Ibirapu, a cobertura vegetal nativa é a Mata Atlântica, porém atualmente há apenas alguns focos remanescentes nos altos dos morros e parques. A floresta deu lugar aos monocultivos de Café, Eucalipto e à Bovinocultura, potências da economia municipal. Nas proximidades do aglomeramento urbano, grande parte da vegetação encontrada é mata natural ou floresta plantada, havendo pouca ocorrência de culturas nessa área, conforme mostra a Figura 15. Há também alguns pontos de pastagem.

Figura 15 - Mapa de Uso e Ocupação do solo - Ibirapu.

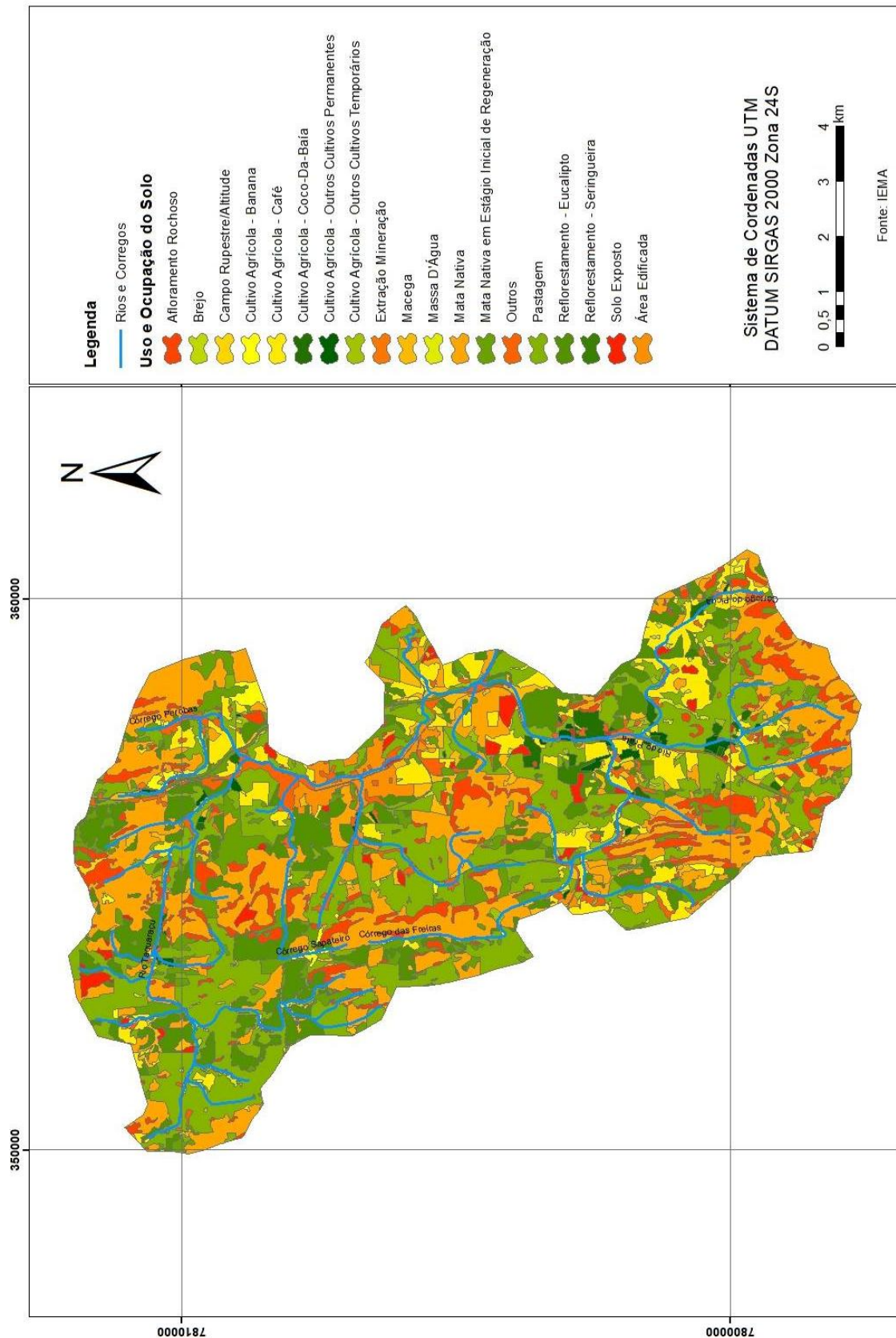


Fonte: Instituto Jones dos Santos Neves, 2012.

O IBGE identifica uma arborização de vias públicas em torno de 63% para o município de Ibiraçu.

Após a definição das bacias hidrográficas realizou-se uma análise mais direcionada à região de estudo. O mapa de uso e ocupação do solo da região das bacias de Ibiraçu é mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Uso e ocupação do solo nas bacias de estudo no município de Ibirajó



Fonte: IEMA, adaptado pelo autor, 2019.

4.4 Estudos Geotécnicos

Os estudos geotécnicos têm como objetivo detalhar as condições geotécnicas, visando à caracterização dos materiais.

Os estudos geotécnicos foram divididos nas seguintes etapas:

- a) Estudos das margens dos rios;
- b) Estudo de materiais.

4.4.11 Estudo das margens dos rios

Os estudos das margens dos rios abrangem a realização dos furos de sondagem SPT a serem apresentados posteriormente. A delimitação foi realizada considerando as soluções propostas neste relatório.

Os furos de sondagem SPT foram locados nas margens dos rios, já que em nenhuma das alternativas propostas o leito dos rios será revestido, o que torna a investigação nos bordos mais relevante do que no leito do rio.

A sondagem rotativa não será realizada em função do seu não Sondagem SPT

Foram realizados furos de sondagem SPT do dia 22/09/2020 à 30/09/2020. No relatório fotográfico são apresentadas as fotos tiradas durante a execução do serviço.

4.4.11.1.1 Coordenadas dos furos de sondagem

Tabela 4 – Coordenadas dos furos de sondagem.

Nome	Long_X	Latit_Y	Profundidade do furo
SP-01	356.548,00	7.807.499,00	10,45
SP-02	356.754,00	7.806.880,00	4,80
SP-03	356.911,00	7.806.487,00	10,45
SP-04	357.244,00	7.805.928,00	10,45
SP-05	357.870,00	7.805.586,00	7,00
SP-06	358.460,00	7.804.821,00	4,70
SP-07	358.645,00	7.804.428,00	3,10
SP-08	356.495,00	7.806.752,00	10,45
SP-09	356.411,00	7.806.714,00	1,80
SP-10	356.782,00	7.806.628,00	9,50
SP-11	357.049,00	7.806.109,00	2,70

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

4.4.11.1.2 Furos radiados

Os SP's radiados, expostos na tabela a seguir, seguiram um padrão de deslocamento de 2,5m do furo principal, em uma linha continua paralelo ao leito do rio e a avenida.

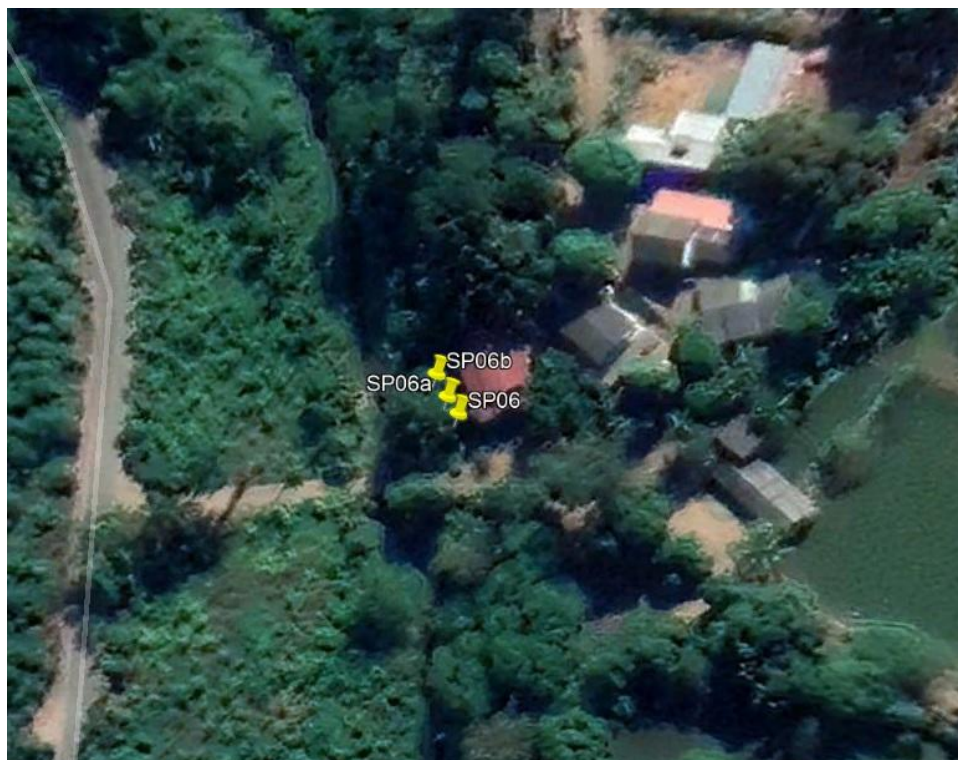
Tabela 5 – Furos radiados

Nome	Profundidade do furo
SP-06A	5,00
SP-06B	4,10
SP-07A	1,30
SP-07B	5,00
SP-09A	4,35
SP-11A	2,80
SP-11B	3,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A seguir são apresentadas as figuras com a posição dos furos radiados.

Figura 17 - Furos radiados SP-06b e SP-06a



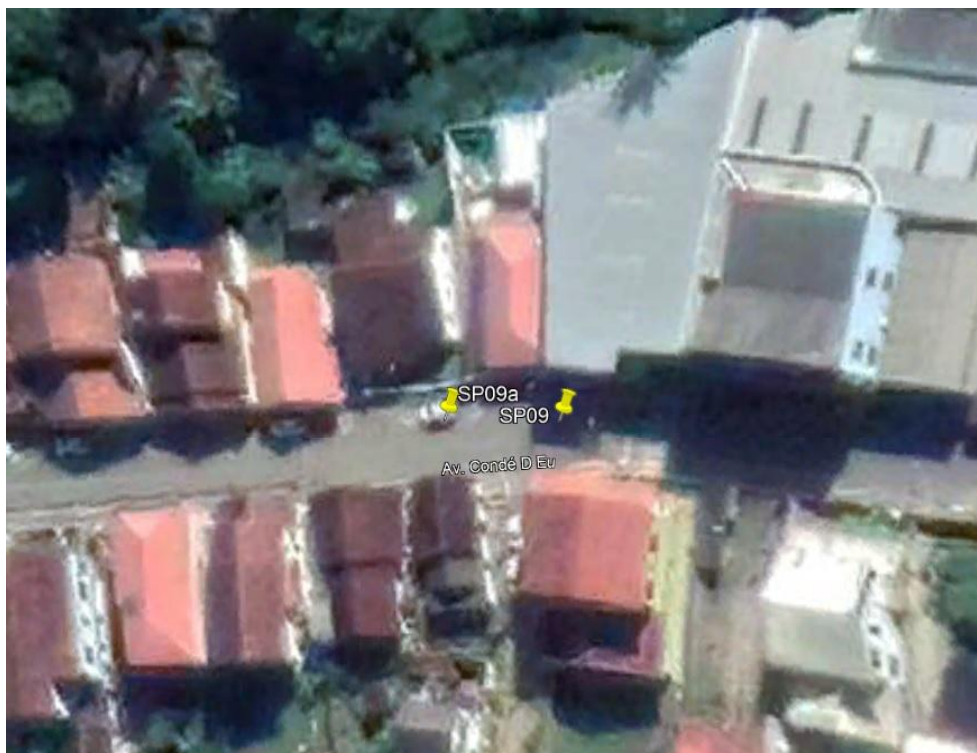
Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor, 2020.

Figura 18 - Furos radiados SP-07a e SP-07b



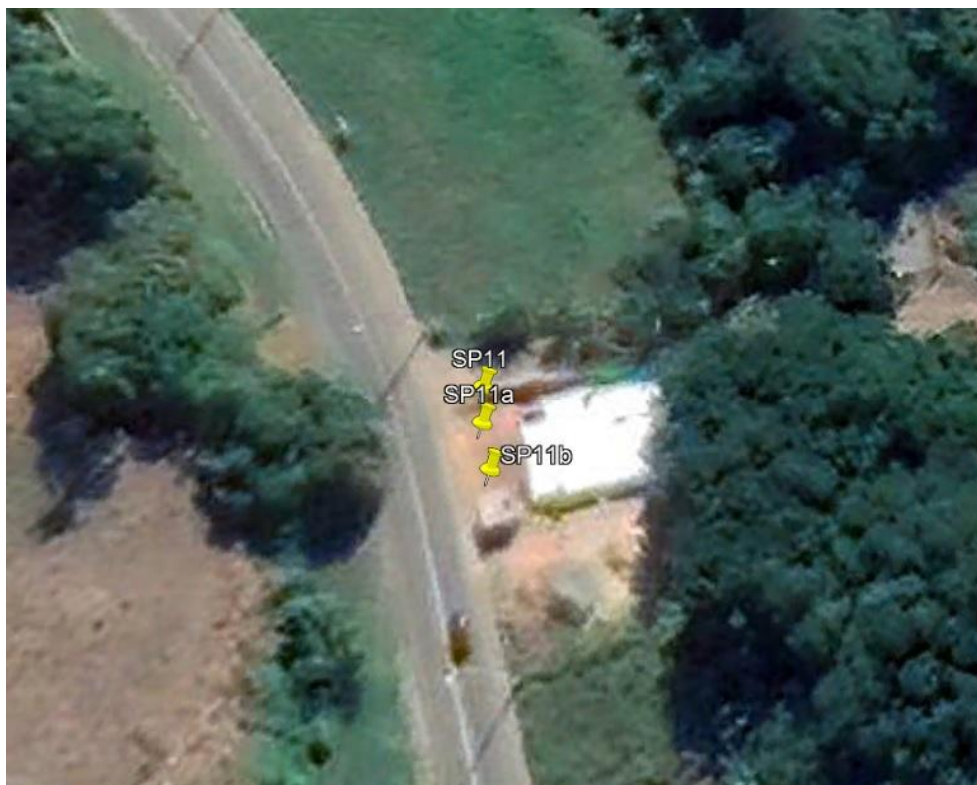
Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor, 2020.

Figura 19 - Furo radiado SP-09a



Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor, 2020.

Figura 20 - Furos radiados SP-11a e SP-11b



Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor, 2020.

4.4.11.1.3 Sondagem a percussão (SPT)

Foram executados **18 (dezoito)** furos de sondagem a percussão – SPT, obedecendo a Norma Brasileira – NBR Nº 6484/2001 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, perfazendo um total de **100,95 metros** perfurados.

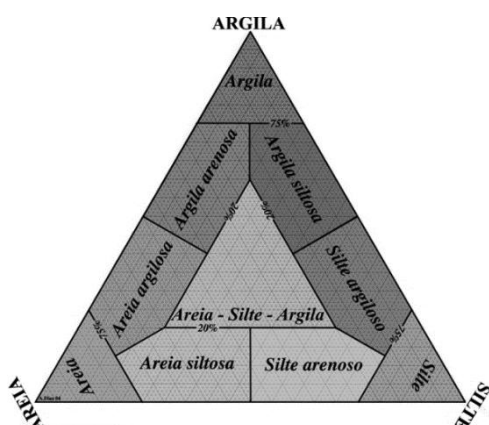
Para esta operação foi utilizado um amostrador padrão interno de 34,9 mm e externo de 50,8 mm, martelo peso de 65 kg e queda de 75 cm, revestimento com diâmetro de 2 1/2" e comprimento de pelo menos 3 metros.

O ensaio de penetração e amostragem SPT foi executado, a cada metro e na transição de cada camada. O (nSPT) é o número de golpes para fazer os 30 cm do barrilete amostrador, após uma penetração inicial de 15 cm.

Em cada penetração realizada foram obtidas as amostras daquela cota, sendo submetidas à classificação tátil/visual e armazenadas por 15 dias, quando solicitadas pelo empreendedor.

4.4.11.1.4 Metodologia descritiva

Foi realizada, durante a fase de campo, a classificação pedológica do solo. Foram identificados e descritos as principais características sedimentares do material investigado, definindo as classes de solos e suas subdivisões, segundo os seguintes critérios: i) origem do solo; ii) composição textural sedimentológica; iii) cor predominante.



Classificação	Diâmetro dos grãos
Bloco de Rocha	$d > 1000$
Matação	$200 < d < 1000$
Seixo	$60 < d < 200$
Grânulo	$2 < d < 60$
Areia grossa	$0,6 < d < 2$
Areia média	$0,2 < d < 0,6$
Areia fina	$0,06 < d < 0,2$
Silte	$0,002 < d < 0,06$
Argila	$d < 0,002$

Diâmetro em mm

Diagrama ternário de classificação textural adotado para o estudo, tabela de granulometria utilizada na classificação granulométrica dos sedimentos.

A classificação textural do solo obedeceu a critérios observados em campo especificados abaixo. Para os solos são descritos as características sedimentares, de acordo com cada estrato:

i) composição textura → avaliação tátil-visual e descrição em campo das proporções de areia, silte e argila, obtidos no amostrador. Por vezes, também é possível caracterizar o material durante a lavagem, ao analisar os elementos retidos na peneira de lavagem;

ii) granulometria principal e secundária → indicação da variação granulométrica dos elementos observados na fração areia, de acordo com a sua predominância;

iii) cor → indicação das cores características/predominantes;

4.4.11.1.5 Resultados

										Empresa: LUGARE ENGENHARIA LTDA EPP Obra: CANALIZAÇÃO Local: AV. JOÃO ALVES DA MOTA JÚNIOR, IBIRAÇU - ES																		
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	NA Inic.	NA Final	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem										Nº SG.28.20									
									Furo SP 01					Cota 0,000														
									SPT - Standart Penetration Test					Camadas - Classificação dos solos														
3.0	Trado Helicoidal	-5			5	7	1	2,75	Argila arenosa, média à grossa, cor vermelha										30 cm finais									
					4	4	2												30 cm iniciais									
					3	4	3																					
					2	2	4		Argila arenosa, fina à média, cor amarelo																			
					3	5	5		5,00																			
					3	4	6		6,25										Argila silto arenosa, cor variegada									
					4	4	7																					
					2	2	8												Silte arenoso, grosso à granular, cor variegada									
					4	4	9		8,75																			
					6	7	10		10,45										Silte arenoso, fino à médio, cor variegada									
	CA	-10					11	10,45	↑ Limite de Sondagem																			
							12																					
							13																					
							14																					
							15																					
							16																					
							17																					
							18																					
							19																					
							20																					
							21																					
							22																					
							23																					
							24																					
							25																					
							26																					
							27																					
							28																					
							29																					
							30																					
							31																					
							32																					
							33																					
							34																					
							35																					
							36																					
							37																					
							38																					
Nível d'água					Amostrador					Revestimento Ø 2 3/8 "					Data de execução													
NA Inic. m					Ø interno 1 3/8 "					Peso 65,0 kg					Início 23/09/2020													
NA Final 4,35 m 24/09/2020					Ø externo 2 "					Altura de queda 75,0 cm					término 23/09/2020													
Obs: Coordenadas UTM: 356548 mE / 7807499 mS ***.Perda d'água total em 7,00m ***																												

Empresa: LUGARE ENGENHARIA LTDA EPP Obra: CANALIZAÇÃO Local: RUA GUILHERME MODENESSI, IBIRAÇU - ES															
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	NA Inic.	NA Final	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem		Nº SG.28.20				
									Furo SP 02	Cota 0,000	30 cm finais 30 cm iniciais 1020304050				
3.0	Trado Helicoidal	-5			2	2	1	2,75	Resto de construção (aterro)						
	CA				2	2	2								
					10	18	3		Areia, grossa à granular, cor cinza. Solte arenoso, fino à médio, com alteração de rocha, cor variegada						
					2	3	4	4,00							
							5	4,80	↑ Impenetrável à Percussão 10 min lavagem 10 min lavagem 10 min lavagem						
							6								
							7								
							8								
							9								
							10								
							11								
							12								
							13								
							14								
							15								
							16								
							17								
							18								
							19								
							20								
							21								
							22								
							23								
							24								
							25								
							26								
							27								
							28								
							29								
							30								
							31								
							32								
							33								
							34								
							35								
							36								
							37								
							38								
Nível d'água					Amostrador		Revestimento Ø 2 3/8 "		Data de execução						
NA Inic.	m				Ø interno	1 3/8 "	Peso	65,0	kg	Início 22/09/2020					
NA Final	2,70 m		23/09/2020		Ø externo	2 "	Altura de queda	75,0	cm	término 22/09/2020					
Obs: Coordenadas UTM: 354732 mE / 7814220 mS															

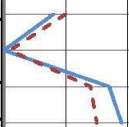
										Empresa: LUGARE ENGENHARIA LTDA EPP Obra: CANALIZAÇÃO Local: RUA DOS PESCADORES, IBIRAÇU - ES	
Revestimento 3.0 Método cravação Trado Helicoidal Cota relação R.N. -5 NA Inic. NA Final Índice de SPT iniciais/30cm 2 Índice SPT finais/30cm 3 Amostras 1 Prof. Camadas (m) 1,25 Relatório de Sondagem Furo SP 03 Cota 0,000 SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos 30 cm finais 30 cm iniciais 10 20 30 40											
Areia argilosa, média à grossa, cor marrom 2 3 Areia, grossa à granular, cor cinza 7 9 Silte arenoso, grosso à granular, cor amarelo 6 11 Silte arenoso, fino à médio, cor variegada 8 13 ↑ Limite de Sondagem 11 14 1,25 3,00 5,75 10,45 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38											
Nível d'água 0,70 Amostrador Ø interno 1 3/8 " Ø externo 2 " Revestimento Ø 2 3/8 " Peso 65,0 kg Altura de queda 75,0 cm Data de execução Início 22/09/2020 término 22/09/2020											
Obs: Coordenadas UTM: 356911 mE / 7806487 mS											

										Empresa: LUGARE ENGENHARIA LTDA EPP Obra: CANALIZAÇÃO Local: PRÓXIMO A AV. GETÚLIO VARGAS, IBIRAÇU - ES		
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	NA Inic.	NA Final	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem		Nº SG.28.20	
									Furo SP 04	Cota 0,000	30 cm finais 30 cm iniciais	
									SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos		0 10 20 30 40 5	
3,0	Trado Helicoidal	-5			4	4	1	3,75	Argila arenosa, média à grossa, cor amarelo (aterro)			
					5	7	2					
					2	2	3					
					6	8	4					
					2	2	5					
					4	4	6					
					2	2	7					
					3	4	8					
					3	4	9					
					4	4	10					
							11	10,45	Alteração de rocha			
							12		↑ Limite de Sondagem			
							13					
							14					
							15					
							16					
							17					
							18					
							19					
							20					
							21					
							22					
							23					
							24					
							25					
							26					
							27					
							28					
							29					
							30					
							31					
							32					
							33					
							34					
							35					
							36					
							37					
							38					
Nível d'água					Amostrador			Revestimento Ø 2 3/8 "		Data de execução		
NA Inic. m					Ø interno 1 3/8 "			Peso 65,0 kg		Início 23/09/2020		
NA Final 3,40 m 24/09/2020					Ø externo 2 "			Altura de queda 75,0 cm		término 23/09/2020		
Obs: Coordenadas UTM: 357244 mE / 7805928 mS ***Perca d'água parcial em 2,25m ***												

Empresa: LUGARE ENGENHARIA LTDA EPP Obra: CANALIZAÇÃO Local: PRÓXIMO A AV. GETÚLIO VARGAS, IBIRAÇU - ES										
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	NA Inic.	NA Final	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem N° SG.28.20	
									Furo SP 05	Cota 0,000
3,0	Trado Helicoidal	-5			2	2	1	0,80	Argila pouco arenosa, fina à média, cor amarela	
					6	8	2	1,75	Argila pouco arenosa, fina, com detrito vegetal, cor cinza	
	CA				1/30	1	3	3,00	Areia, grossa à granular, cor cinza	
2					2	4				
					8	9	5		Silte arenoso, fino, cor amarelo	
					24	32	6	6,25		
					5/0		7	7,00	Alteração de rocha	
							8			
							9		↑ Impenetrável à Percussão	
							10		10 min lavagem	
							11		10 min lavagem	
							12		10 min lavagem	
							13			
							14			
							15			
							16			
							17			
							18			
							19			
							20			
							21			
							22			
							23			
							24			
							25			
							26			
							27			
							28			
							29			
							30			
							31			
							32			
							33			
							34			
							35			
							36			
							37			
							38			

Nível d'água		Amostrador		Revestimento Ø 2 3/8 "		Data de execução	
NA Inic.	m	Ø interno	1 3/8 "	Peso	65,0 kg	Início 24/09/2020	
NA Final	0,70 m 25/09/20020	Ø externo	2 "	Altura de queda	75,0 cm	término 24/09/2020	

Obs: Coordenadas UTM: 357870 mE / 7805586 mS

Empresa: LUGARE ENGENHARIA LTDA EPP Obra: CANALIZAÇÃO Local: PRÓXIMO A BARRAGEM PEDRO PALÁCIOS, IBIRAÇU - ES																			
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	NA Inic.	NA Final	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem		Nº SG.28.20								
									Furo	SP 06	Cota	0,000							
									SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos		30 cm finais 30 cm iniciais								
											10	20	30	40					
3,0	Trado Helicoidal	CA	-5		10	8	1	1,25	Argila arenosa, grossa à granular, cor amarela. Aterro.										
					1/30	1	2												
					14	17	3												
					15	19	4												
							5												
							6												
							7												
							8												
							9												
							10												
							11												
							12												
							13												
							14												
							15												
							16												
							17												
							18												
							19												
							20												
							21												
							22												
							23												
							24												
							25												
							26												
							27												
							28												
							29												
							30												
							31												
							32												
							33												
							34												
							35												
							36												
							37												
							38												
Nível d'água					Amostrador					Revestimento Ø 2 3/8 "					Data de execução				
NA Inic. m					Ø interno 1 3/8 "					Peso 65,0 kg					Início 28/09/2020				
NA Final 2,28 m 29/09/2020					Ø externo 2 "					Altura de queda 75,0 cm					término 28/09/2020				
Obs: Coordenadas UTM: 358460 mE / 7804821 mS																			

										Empresa: LUGARE ENGENHARIA LTDA EPP Obra: CANALIZAÇÃO Local: PRÓXIMO A BARRAGEM PEDRO PALÁCIOS, IBIRAÇU - ES									
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	NA Inic.	NA Final	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem					Nº SG.28.20					
									Furo SP 06A Cota 0,000					SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos					
3.0	Trado Helicoidal	-5			7	9	1	1,00	Argila arenosa, grossa à granular, cor amarela.					30 cm finais					
					2	2	2	2,25	Aterro					30 cm iniciais					
	C.A.				2	2	3	3,25	Areia, grossa à granular, cor cinza										
					7	8	4		Turfa, cor escura										
		-10			5/0		5	5,00	Silte arenoso, grosso à granular, cor variegada										
							6		↑ Impenetrável à Percussão										
		-15					7		10 min lavagem										
							8		10 min lavagem										
		-20					9		10 min lavagem										
							10												
		-25					11												
							12												
		-30					13												
							14												
		-35					15												
							16												
							17												
							18												
							19												
							20												
							21												
							22												
							23												
							24												
							25												
							26												
							27												
							28												
							29												
							30												
							31												
							32												
							33												
							34												
							35												
							36												
							37												
							38												
Nível d'água					Amostrador					Revestimento Ø 2 3/8 "					Data de execução				
NA Inic. m					Ø interno 1 3/8 "					Peso 65,0 kg					Início 28/09/2020				
NA Final 2,45 m 30/09/2020					Ø externo 2 "					Altura de queda 75,0 cm					término 29/09/2020				
Obs: Coordenadas UTM: mE / mS *** Perca d'água parcial em 3m ***																			

										Empresa: LUGARE ENGENHARIA LTDA EPP Obra: CANALIZAÇÃO Local: PRÓXIMO A BARRAGEM PEDRO PALÁCIOS, IBIRAÇU - ES																																					
<table border="1"> <tr> <th colspan="10">Relatório de Sondagem</th> <th colspan="2">Nº SG.28.20</th> </tr> <tr> <td colspan="10"> Furo SP 06B Cota 0,000 SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos </td> <td colspan="2"> 30 cm finais 30 cm iniciais </td> </tr> <tr> <td colspan="10"> Argila arenosa, média à grossa, cor vermelha. Aterro Areia, grossa à granular, cor cinza Turfa, cor escura ↑ Impenetrável a Percussão 10 min lavagem 10 min lavagem 10 min lavagem </td> <td colspan="2"> </td> </tr> </table>												Relatório de Sondagem										Nº SG.28.20		Furo SP 06B Cota 0,000 SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos										30 cm finais 30 cm iniciais		Argila arenosa, média à grossa, cor vermelha. Aterro Areia, grossa à granular, cor cinza Turfa, cor escura ↑ Impenetrável a Percussão 10 min lavagem 10 min lavagem 10 min lavagem											
Relatório de Sondagem										Nº SG.28.20																																					
Furo SP 06B Cota 0,000 SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos										30 cm finais 30 cm iniciais																																					
Argila arenosa, média à grossa, cor vermelha. Aterro Areia, grossa à granular, cor cinza Turfa, cor escura ↑ Impenetrável a Percussão 10 min lavagem 10 min lavagem 10 min lavagem																																															
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	NA Inic.	NA Final	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)																																							
3.0	C.A. Trado Helicoidal	-5			7	8	1	1,00																																							
					2	2	2																																								
					2	2	3	2,75																																							
					20/10		4	4,10																																							
							5																																								
							6																																								
							7																																								
							8																																								
							9																																								
							10																																								
							11																																								
							12																																								
							13																																								
							14																																								
							15																																								
							16																																								
							17																																								
							18																																								
							19																																								
							20																																								
							21																																								
							22																																								
							23																																								
							24																																								
							25																																								
							26																																								
							27																																								
							28																																								
							29																																								
							30																																								
							31																																								
							32																																								
							33																																								
							34																																								
							35																																								
							36																																								
							37																																								
							38																																								

Nível d'água					Amostrador			Revestimento Ø 2 3/8 "		Data de execução	
NA Inic.	m				Ø interno 1 3/8 "		Peso 65,0 kg		Início 29/09/2020		
NA Final	2,60	m	30/09/2020		Ø externo 2 "		Altura de queda 75,0 cm		término 29/09/2020		
Obs: Coordenadas UTM: mE / mS											

Empresa: LUGARE ENGENHARIA LTDA EPP Obra: CANALIZAÇÃO Local: PRÓXIMO A BARRAGEM PEDRO PALÁCIOS, IBIRAJU - ES										
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	NA Inic.	NA Final	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem N° SG.28.20	
									Furo SP 07	Cota 0,000
3,0	Tráfego Hidráulico	-5			2	2	1	1,50	SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos	
					1/30	1			30 cm finais 30 cm iniciais	
					20/5		2	3,10	Argila arenosa, grossa à granular, cor amarela Areia pouco argilosa, grossa à granular, com detrito vegetal, cor escura	
							3		↑ Impenetrável a Percussão 10 min lavagem 10 min lavagem 10 min lavagem	
							4			
							5			
							6			
							7			
							8			
							9			
							10			
							11			
							12			
							13			
							14			
							15			
							16			
							17			
							18			
							19			
							20			
							21			
							22			
							23			
							24			
							25			
							26			
							27			
							28			
							29			
							30			
							31			
							32			
							33			
							34			
							35			
							36			
							37			
							38			
Nível d'água					Amostrador		Revestimento Ø 2 3/8 "		Data de execução	
NA Inic. m					Ø interno 1 3/8 "		Peso 65,0 kg		Início 25/09/2020	
NA Final 0,90 m 26/09/2020					Ø externo 2 "		Altura de queda 75,0 cm		término 25/09/2020	
Obs: Coordenadas UTM: 358645 mE / 7804428 mS										

[illegible]

										Empresa: LUGARE ENGENHARIA LTDA EPP Obra: CANALIZAÇÃO Local: PRÓXIMO A BARRAGEM PEDRO PALÁCIOS, IBIRAÇU - ES									
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	NA Inic.	NA Final	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem					Nº SG.28.20					
									Furo SP 07B Cota 0,000					SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos					
3,0	Trado Helicoidal	CA	-5		4	4	1	1,78	Argila arenosa, média à grossa, cor amarela					30 cm finais					
					2	2	2		Argila pouco arenosa, fino, cor escura					30 cm iniciais					
					3	3	3												
					19	22	4		Turfa com detrito vegetal										
					5/0		5		Silte arenoso, grossa à granular, cor variegada										
							6	4,50	↑ Impenetrável a Percussão										
							7	5,00	10 min lavagem										
							8		10 min lavagem										
							9		10 min lavagem										
							10												
							11												
							12												
							13												
							14												
							15												
							16												
							17												
							18												
							19												
							20												
							21												
							22												
							23												
							24												
							25												
							26												
							27												
							28												
							29												
							30												
							31												
							32												
							33												
							34												
							35												
							36												
							37												
							38												
Nível d'água					Amostrador					Revestimento Ø 2 3/8 "					Data de execução				
NA Inic. m					Ø interno 1 3/8 "					Peso 65,0 kg					Início 25/09/2020				
NA Final 2,60 m 26/09/2020					Ø externo 2 "					Altura de queda 75,0 cm					término 25/09/2020				
Obs: Coordenadas UTM: mE / mS																			

										Empresa: LUGARE ENGENHARIA LTDA EPP Obra: CANALIZAÇÃO Local: PRÓXIMO À ROD. GOV. MÁRCIO COVAS, IBIRAÇU - ES																		
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	NA Inic.	NA Final	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem										Nº SG.28.20									
									Furo SP 08 Cota 0,000										30 cm finais 30 cm iniciais									
SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos									10 20 30 40																			
3.0	Trado Helicoidal	-5			3	5	1		Aterro. Areia argilosa, média à grossa, cor marrom																			
					2	3	2	1,25	Turfa arenosa, média, a grossa, cor escura, com detrito vegetal																			
					5	4	3	2,75	Argila silto arenosa, fina à média, cor variegada																			
					3	5	4	4,00																				
					2	2	5																					
					4	5	6		Silte arenoso, média à grossa, cor variegada																			
					4	4	7																					
					24	31	8	7,75																				
					8	12	9																					
					8	10	10	10,45	Silte arenoso, grossa à granular, cor variegada																			
	↑ Limite de Sondagem																											
</																												

[illegible]

										Empresa: LUGARE ENGENHARIA LTDA EPP Obra: CANALIZAÇÃO Local: AV. CONDE D'EU, IBIRAÇU - ES	
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	NA Inic.	NA Final	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem		Nº SG.28.20
									Furo SP 09A	Cota 0,000	
3.0	Trado Helicoidal	-5			2	2	1	0,40	SPT - Standard Penetration Test		30 cm finais 30 cm iniciais
					9	7	2	Camadas - Classificação dos solos			
	CA				24	31	3	3,00	Asfalto		
					18	11/15	4	4,35	Argila arenosa, fina à médio, cor amarela		
							5		Areia silto argilosa, grossa à granular, cor amarela		
							6		↑ Impenetrável a Percussão		
							7		10 min lavagem		
							8		10 min lavagem		
							9		10 min lavagem		
							10				
							11				
							12				
							13				
							14				
							15				
							16				
							17				
							18				
							19				
							20				
							21				
							22				
							23				
							24				
							25				
							26				
							27				
							28				
							29				
							30				
							31				
							32				
							33				
							34				
							35				
							36				
							37				
							38				

Nível d'água		Amostrador		Revestimento Ø 2 3/8 "		Data de execução	
NA Inic.	m	Ø interno	1 3/8 "	Peso	65,0 kg	Início 30/09/2020	
NA Final	m 30/09/2020	Ø externo	2 "	Altura de queda	75,0 cm	término 30/09/2020	

Obs: Coordenadas UTM: mE / mS

Empresa: LUGARE ENGENHARIA LTDA EPP Obra: CANALIZAÇÃO Local: AV. GETÚLIO VARGAS, IBIRAÇU - ES										
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	NA Inic.	NA Final	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem N° SG.28.20	
									Furo SP 10	Cota 0,000
3,0	Trado Hitecoida	-5	Não foi encontrado N.A.		6	6	1	0,50	Asfalto	
					12	18	2	1,50	Argila arenosa, fina à média, cor variegada	
					16	24	3	3,00	Silte arenoso, grosso à granular, cor variegado	
					13	21	4		Alteração de rocha	
					20/5		5			
					26	36	6			
					35	42	7			
					37/20		8			
					11	11/15	9	9,50		
							10			
				11						
				12						
				13						
				14						
				15						
				16						
				17						
				18						
				19						
				20						
				21						
				22						
				23						
				24						
				25						
				26						
				27						
				28						
				29						
				30						
				31						
				32						
				33						
				34						
				35						
				36						
				37						
				38						

Nível d'água		Amostrador		Revestimento Ø 2 3/8 "		Data de execução	
NA Inic.	m	Ø interno	1 3/8 "	Peso	65,0 kg	Início 24/09/2020	
NA Final	m 25/09/2020	Ø externo	2 "	Altura de queda	75,0 cm	término 24/09/2020	
Obs: Coordenadas UTM: 356782 mE / 7806628 mS							

Empresa: LUGARE ENGENHARIA LTDA EPP Obra: CANALIZAÇÃO Local: AV. GETÚLIO VARGAS, IBIRAÇU - ES										
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	NA Inic.	NA Final	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem N° SG.28.20	
									Furo SP 11	Cota 0,000
2.0	Hélio Helicoidal	-5			15	18	1	1,10	Argila arenosa, fina à média, cor vermelha	30 cm finais
					16	24	2	2,00	Argila arenosa, fina à média, cor amarela	30 cm iniciais
							3	2,70	Alteração de rocha	
							4		↑ Impenetrável à Percussão	
							5		10 min lavagem	
							6		10 min lavagem	
							7		10 min lavagem	
							8			
							9			
							10			
							11			
							12			
							13			
							14			
							15			
							16			
							17			
							18			
							19			
							20			
							21			
							22			
							23			
							24			
							25			
							26			
							27			
							28			
							29			
							30			
							31			
							32			
							33			
							34			
							35			
							36			
							37			
							38			
Nível d'água					Amostrador			Revestimento Ø 2 3/8 "		Data de execução
NA Inic. m					Ø interno 1 3/8 "			Peso 65,0 kg		Início 29/09/2020
NA Final m 30/09/2020					Ø externo 2 "			Altura de queda 75,0 cm		término 29/09/2020
Obs: Coordenadas UTM: 357049 mE / 7806109 mS										

										Empresa: LUGARE ENGENHARIA LTDA EPP Obra: CANALIZAÇÃO Local: AV. GETÚLIO VARGAS, IBIRAÇU - ES						
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	NA Inic.	NA Final	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem		Nº SG.28.2020					
									Furo SP 11A	Cota 0,000	30 cm finais 30 cm iniciais					
										SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos	0	10	20	30	40	50
2.0	Tubo Helicoidal				13	16	1	1,25	Argila arenosa, fina à média, cor vermelho							
					14	18	2	2,80	Alteração de rocha							
		-5					3		↑ Impenetrável à Percussão							
							4		10 min lavagem							
							5		10 min lavagem							
							6		10 min lavagem							
							7									
							8									
							9									
		-10					10									
							11									
							12									
							13									
							14									
							15									
		-15					16									
							17									
							18									
							19									
							20									
		-20					21									
							22									
							23									
							24									
							25									
		-25					26									
							27									
							28									
							29									
							30									
		-30					31									
							32									
							33									
							34									
		-35					35									
							36									
							37									
							38									
Nível d'água					Amostrador		Revestimento Ø 2 3/8 "		Data de execução							
NA Inic. m					Ø interno 1 3/8 "		Peso 65,0 kg		Início 29/09/2020							
NA Final m 30/09/2020					Ø externo 2 "		Altura de queda 75,0 cm		término 29/09/2020							
Obs: Coordenadas UTM: mE / mS																

Empresa: LUGARE ENGENHARIA LTDA EPP Obra: CANALIZAÇÃO Local: AV. GETÚLIO VARGAS, IBIRAÇU - ES										
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	NA Inic.	NA Final	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem N° SG.28.2020	
									Furo SP 11B	Cota 0,000
3,0	Tubo Helicoidal	-5			14	16	1	1,75 3,00	Argila arenosa, fina à média, cor vermelho	
					15	18	2			
					5/0		3			
							4			
							5			
							6			
							7			
							8			
							9			
							10			
							11			
							12			
							13			
							14			
							15			
							16			
							17			
							18			
							19			
							20			
							21			
							22			
							23			
							24			
							25			
							26			
							27			
							28			
							29			
							30			
							31			
							32			
							33			
							34			
							35			
							36			
							37			
							38			
Nível d'água					Amostrador		Revestimento Ø 2 3/8 "		Data de execução	
NA Inic. m					Ø interno 1 3/8 "		Peso 65,0 kg		Início 29/09/2020	
NA Final m 30/09/2020					Ø externo 2 "		Altura de queda 75,0 cm		término 29/09/2020	
Obs: Coordenadas UTM: mE / mS										

A sondagem SPT realizada objetivou a caracterização e a determinação da resistência do material do subsolo, que servirá de suporte para as soluções apresentadas no presente projeto.

O furo de sondagem SP-01 foi executado nas margens do rio Taquaraçu até a profundidade de 10,45m, apresentando um perfil de solo composto predominantemente de solos finos com a presença de uma fração arenosa. Nos primeiros 2,75m do furo, o solo encontrado é uma argila arenosa mole a média de cor vermelha. A camada seguinte, com 2,25m apresentou uma argila arenosa mole a muito mole de cor amarela. Abaixo, foi encontrada uma camada com 1,25m de espessura composta por uma argila silto-arenosa de cor variegada de consistência mole. As camadas de solo seguinte, são classificadas como silte arenoso de fofo a pouco compacto. Nesse furo de sondagem não foi encontrada rocha e o nível d'água final foi obtido na profundidade de 4,50m.

O furo SP-02 atingiu uma profundidade de 4,80m sendo o furo impenetrável à percussão, o que demonstra a presença de rocha abaixo desta profundidade. Esse furo apresentou uma camada inicial de 2,75m composta de um aterro com resíduos de construção. Abaixo da camada de aterro, foi identificada uma camada de areia grossa a granular de cor cinza com espessura de 1,25m. Essa areia é compacta no início da camada e fofo no fim, local onde ocorre a transição desse tipo de solo para um solo de alteração de rocha classificado como um silte arenoso de cor variegada com espessura de 0,80m, localizado acima da rocha encontrada. Esse furo de sondagem apresentou o nível d'água final na profundidade de 2,75m.

O furo SP-03, assim como o furo SP-01 atingiu uma profundidade de 10,45m, não sendo observada a essa profundidade a presença de rocha. Esse perfil de solo tem início com uma camada de 1,25m de uma areia argilosa, média a grossa, de cor marrom, fofo. Abaixo dessa camada, foi encontrada uma camada de 1,75m de areia, grossa a granular, de cor cinza, variando de fofo a medianamente compacta. Seguindo em profundidade o furo de sondagem, foi observada a predominância de um solo silto-arenoso medianamente compacto variando de amarelo a variegado.

O furo de sondagem SP-04 apresenta uma camada inicial de 3,75m de espessura de aterro composta por um solo argilo-arenoso, médio a mole, amarelo, seguido de uma camada de 4,5m de uma areia fofo, grossa a granular, de cor escura. Abaixo dessas camadas, há uma camada de alteração de rocha que se estende até a profundidade de 10,45m onde o furo foi interrompido. Assim, para esse furo não foi observada a presença

de rocha, mas a presença do solo de alteração de rocha é um indicador da presença de rocha em uma profundidade maior. Para esse furo foi observado o nível d'água em 3,75m de profundidade.

O furo SP-05 apresenta um perfil composto por uma camada inicial de argila pouco arenosa variando de muito mole a média com 1,75m de espessura, seguida de uma camada de areia fofa, de grossa a granular, de cor cinza com 1,25m de espessura. Abaixo dessas camadas o perfil apresenta uma camada de 3,25m de espessura de um silte arenoso variando de fofo a compacto nas proximidades da mudança do tipo de solo, onde é observada a presença de alteração de rocha. Para esse furo foi encontrado rocha a 7,00m de profundidade e um nível d'água alto, a 0,80m de profundidade.

O furo SP-06 se assemelha com o furo SP-05, de maneira que as camadas de solo variam de uma argila arenosa no início para uma areia seguida de um solo silto-arenoso e um solo de alteração de rocha, até que é atingida a rocha. A partir desse furo, foram irradiados os furos SP-06A e SP-06B, também com perfil de solo semelhante ao descrito no furo SP-05. Diferentemente, no SP-06A foi encontrada uma camada de 1,00m de espessura de turfa, de cor escura, entre as camadas de areia e silte-arenoso. No furo SP-06B essa camada de turfa antecede a rocha. Esses furos indicam a presença de rocha variando de 4,0 a 5,0m de profundidade e nível d'água próximo de 2,50m de profundidade.

O furo SP-07 apresenta um perfil de solo com uma camada inicial de 1,50m de argila arenosa muito mole seguida de uma camada de areia pouco argilosa fofa com a presença de detrito vegetal. O furo irradiado SP-07A apresenta um perfil de solo bem parecido com o furo SP-07. Para esses furos, foi encontrado rocha a uma profundidade entre 1,30 e 3,00m e o nível d'água a 1,00m. O furo irradiado SP-07B apresentou um perfil de solo marcado por um solo argilo-arenoso variando de muito mole a mole, seguida de uma camada de turfa contendo detrito vegetal e logo após uma camada de solo silto-arenoso. Para o furo SP-06A a rocha foi encontrada na profundidade de 5,00m e o nível d'água um pouco mais baixo em relação aos furos SP-07 e SP-07A, com profundidade próxima de 3,0m.

O furo SP-08 atingiu uma profundidade de 10,45m com uma camada inicial de aterro sobre um solo mole composta de uma camada de turfa e abaixo dela uma camada de argila silto-arenosa. Abaixo dessa camada, verificou-se a presença de um solo silto-

arenoso de fofo a compacto. Nesse furo não verificou-se a presença de rocha e o nível d'água obtido apresentou-se bem aflorado, logo abaixo do aterro.

O furo SP-09 apresentou um solo argilo-arenoso muito mole logo abaixo da camada de asfalto, com a presença de rocha a 1,80m. O furo SP-09A irradiado, apresentou uma camada de areia silto-argilosa logo abaixo dessa camada de argila arenosa. Para esse furo verificou-se a presença de rocha mais abaixo, com 4,35m de profundidade.

O furo SP-10, assim como outros furos descritos é composto por uma camada inicial de um solo argilo-arenoso, seguido de um solo silto-arenoso medianamente compacto, e uma camada de alteração de rocha imediatamente acima da rocha encontrada. Nesse furo, identificou-se a presença de rocha a 9,50m e não foi verificada a presença do nível d'água.

O furo SP-11, é composto por uma camada de argila arenosa rija seguida de uma camada de 0,70m de alteração de rocha. Os furos irradiados SP-11A e SP-11B apresentaram um perfil de solo muito parecido com o do furo SP-11. Para esses furos foi identificada rocha em uma profundidade aproximada de 3,0m e em nenhum deles foi identificada a presença do nível d'água.

A partir da análise dos furos de sondagem observou-se a predominância de solos argilo-arenosos. Na maior parte dos furos esses solos foram classificados com consistência variando de muito mole a média, com exceção do furo SP-11, que apresentou uma camada inicial de uma argila-arenosa rija. Em alguns furos observou-se uma distribuição típica das camadas de solo, com uma camada inicial de solo argilo-arenoso seguido por camadas de solos arenosos, silto-arenosos e de alteração de rocha, até a profundidade da rocha. A profundidade das rochas encontradas mostrou-se variável, assim como o nível d'água. Além disso, em alguns perfis, observou-se a presença de turfas.

As características de solo apresentadas acima são típicas de solos residuais tropicais, sendo estes resultantes da decomposição das rochas em seu lugar de origem. Esse aspecto pode ser justificado pela presença de uma camada de solo de alteração de rocha observada em diversos furos SPT, localizada imediatamente acima da rocha.

De acordo com a classificação litológica apresentada em relatórios anteriores, a região é marcada pela presença do grupo Paraíba do Sul que é constituído por duas principais associações litológicas, as ortognaisses paleoproterozóicas de composição,

predominantemente, granítica a granodiorítica e a sequência metassedimentar siliciclástica composta por gnaiss bandados e xistos pelíticos contendo lentes de mármore, calcissilicáticas e gonditos.

Os solos residuais de gnaiss apresentam quartzo, feldspato e mica, compondo a fração grossa do solo. A fração fina dos solos residuais de gnaiss, é composta essencialmente pela caulinita. Solos arenosos são comuns em solos residuais formados de rochas ácidas como o gnaiss. Alguns solos de gnaiss mais desenvolvidos apresentam textura silto-arenosa, com fração de argila muito reduzida.

Outra característica marcante dos solos residuais é sua heterogeneidade, fator também observado em grande parte dos furos de sondagem aqui apresentados. Assim, a atuação do intemperismo nas rochas resulta em um perfil de alteração composto por: solo maduro, solo jovem e rocha alterada.

O solo maduro, também chamado laterítico, não apresenta qualquer estrutura remanescente da rocha mãe, é mais homogêneo e com maior teor de argila, geralmente de coloração alaranjada, avermelhada, amarela e marrom. Nas sondagens analisadas observou-se a predominância de uma camada inicial de um solo argilo-arenoso em sua maioria nas cores vermelha e amarela.

O solo jovem, também chamado saprolítico, apresenta feições estruturais da rocha mãe, menor teor de argila e preservação das estruturas remanescentes. Em granitos e gnaisses, os horizontes de solo residual jovem tendem a ser não-plásticos. Assim, nas sondagens analisadas, observou-se a presença de solos arenosos e silto-arenosos imediatamente abaixo das camadas de solo argilo-arenosos.

A origem das turfas por sua vez pode ser explicada pela impregnação de matéria orgânica e transformação carbonífera desses materiais de origem vegetal.

4.4.12 Estudo de materiais

As ocorrências de materiais a serem utilizadas em possíveis obras de intervenção foram cadastradas tendo em vista a quantidade e o volume disponível dos materiais procurando-se a indicação de ocorrências que ostentem características geotécnicas satisfatórias e volumes suficientes, conciliada à otimização das distâncias de transporte.

4.4.12.1 Pedreira Três Irmãos

A pedreira Três Irmãos está localizada na rodovia ES-259 no município de João Neiva - ES, nas coordenadas geográficas: 19°44'7.99"S e 40°22'43.55"O e está situada a 11,8km do município de Ibiraçu.

Pedreira – P1	Localização	Licença
TRÊS IRMÃOS GRANITOS EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO LTDA	Rodovia ES-259, JOÃO NEIVA - ES	LO 250/2015

Figura 21 – Pedreira Três Irmãos



Fonte: Autor, 2020.

Foram realizados ensaios em 02 amostras da Pedreira Três Irmãos:

- ✓ Compactação;
- ✓ Índice de Suporte Califórnia;
- ✓ Granulometria.

Os resultados dos ensaios são apresentados no Volume 3B.

4.4.12.2 Pedreira Aracruz

A pedreira Aracruz está localizada na rodovia Ibiraçu x Aracruz, km 10 no município de Aracruz, nas coordenadas geográficas: 19°49'13.15"S e 40°17'38.95"O e está situada a 9,5km do município de Ibiraçu. Tem como telefones de contato: (27) 3256-1514 / (27) 3256-4440 / (27) 3256-1563 / (27) 3256-1082, e e-mail: vendas@pedreiraaracruz.com.br.

Pedreira – P2	Localização	Licença
----------------------	--------------------	----------------

PEDREIRA ARACRUZ LTDA	Rodovia Ibiraçu x Aracruz, km 10 - Aracruz - ES	LO 192/2020
-----------------------	---	-------------

Figura 22 – Pedreira Aracruz



Fonte: Autor, 2020.

Foram realizados os seguintes ensaios:

- ✓ Granulometria;
- ✓ Compactação;
- ✓ Índice Suporte Califórnia;
- ✓ Expansão;
- ✓ Abrasão Los Angeles;
- ✓ Índice de forma.

4.4.12.3 Areal Recla

O areal Recla, Areia e Argila, está localizado na Fazenda Jaboti, Zona Rural de Vila do Riacho, no município de Aracruz - ES, nas coordenadas geográficas: 19°40'55.53"S e 39°58'0.22"O, e encontra-se a 56,0 km do município de Ibiraçu.

Areal	Localização	Licença
RECLA, AREIA E ARGILA LTDA	FAZENDA JABOTI, S/N, VILA DO RIACHO, ARACRUZ - ES	LO 275/2008

Figura 23 – Areal – Inscrição Estadual.



Fonte: Autor, 2020.

Figura 24– Areal.



Fonte: Autor, 2020.

Foram realizados os seguintes ensaios:

- ✓ Granulometria;
- ✓ Ensaio Equivalente de areia;
- ✓ Determinação de impurezas orgânicas.

4.4.12.4 Areal Pedramix

O areal comercial Pedramix está localizado na Av. Filogônio Peixoto, 1130, Loja A, Bairro Aviso, Linhares - ES, nas coordenadas geográficas 19°24'26.52"S e 40° 3'19.87"O. O areal encontra-se a 65,0km de distância em estrada pavimentada do município de Ibirapu.

Areal – A2	Localização	Licença
AREPEDRA BORLINI LTDA	AV. FILOGÔNIO PEIXOTO, Nº 1130, LOJA A, BAIRRO AVISO. LINHARES – ES	L.O – GCA/SLM/ Nº 79/2013 / CLASSE IV

Figura 25 - Placa de funcionamento do Areal Arepedra



Fonte: Autor, 2020.

Figura 26 - Areal Arepedra.



Fonte: Autor, 2020.

Foram realizados os seguintes ensaios:

- ✓ Granulometria;
- ✓ Ensaio Equivalente de Areia;
- ✓ Determinação de impurezas orgânicas.

4.5 Análise físico-química

Nos dias 27 e 28 de outubro foi realizada a coleta de material para a realização os ensaios físico-químicos. Os ensaios a serem realizados são:

Amostra 230759 - Sedimento			
Amostra	Prazo de entrega de Relatório Analítico:		
Sedimento - CONAMA 454	22 Dias úteis à partir do recebimento da amostra		
Análise	LQ	Método de Referência	Método Normalizado 2
Granulometria (F*)			
Areia Fina (0,25 a 0,125mm)*	1 g/kg	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)
Areia Grossa (1,0 a 0,5mm)*	1 g/kg	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)
Areia Média (0,5 a 0,25mm)*	1 g/kg	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)
Areia Muito Fina (0,125 a 0,062mm)*	1 g/kg	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)
Areia Muito Grossa (2 a 1mm)*	1 g/kg	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)
Argila (0,00394 a 0,0002 mm)*	1 g/kg	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)
Silte (0,062 a 0,00394mm)*	1 g/kg	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)
Areia Muito Grossa (> 2 mm)*	1 g/kg	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)
Areia Total (2,0 a 0,062mm)*	1 g/kg	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)	EMBRAPA (1997) e IAC-Boletim Técnico 106 (2009)
2-Metilnaftaleno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
4,4'-DDD (p,p'-DDD)	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
4,4'-DDE (p,p'-DDE)	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
4,4'-DDT (p,p'-DDT)	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Acenafeno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Acenafileno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Antraceno	1,00 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Benzo(a)antraceno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Benzo(a)pireno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Criseno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Dibenzo(a,h)antraceno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Dieldrin	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Endrin	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Fenantreno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Fluoranteno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Fluoreno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
HPA Total	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Lindano (gama-BHC ou gama-HCH)	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Naftaleno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D

Análise	LQ	Método de Referência	Método Normalizado 2
Pireno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Bifenilas Policloradas Totais (PCB)	1 µg/kg	POP-CR-007	US EPA, 8082A
Arsênio Total	0,05 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Cádmio Total	0,05 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Chumbo Total	0,5 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Cobre Total	0,05 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Cromo Total	0,5 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Fósforo Total	0,5 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Mercúrio Total	0,05 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Níquel Total	0,5 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Zinco Total	0,5 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Nitrogênio Kjeldahl	10,00 mg/kg	POP-FQ-084	EMBRAPA, Manual de Métodos de Análise de Solo, 2017
Carbono Orgânico Total	0,20 %	POP-FQ-109	POP-FQ-109
Critério de Conformidade: Sem Critério de Conformidade			
NOTAS: LQ = Limite de Quantificação. Os LQ's acima apresentados, podem variar de acordo com as interferências da matriz. Parâmetros sem especificações ou VMP (Valor Máximo Permitido). * Análise(s) realizada(s) por laboratório terceiro.			

Amostra 230881 - Sedimento			
Amostra	Prazo de entrega de Relatório Analítico:		
Sedimento - CONAMA 420	12 Dias úteis à partir do recebimento da amostra		
Análise	LQ	Método de Referência	Método Normalizado 2
2,4,6-Triclorofenol	10 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
4,4'-DDD (p,p'-DDD)	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
4,4'-DDE (p,p'-DDE)	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
4,4'-DDT (p,p'-DDT)	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Aldrin	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Antraceno	1,00 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Benzo(a)antraceno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Benzo(a)pireno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Benzo(g,h,i)perileno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Benzo(k)fluoranteno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
beta-BHC (beta-HCH)	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D

Análise	LQ	Método de Referência	Método Normalizado 2
Cresóis (o-Cresol + m-Cresol + p-Cresol)	10 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Criseno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Di(2-etilhexil)ftalato (Bis(2-etilhexil)ftalato)	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Dibenzo(a,h)antraceno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Dieldrin	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Dimetilftalato	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Di-n-butilftalato	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Endrin	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Fenantreno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Fenol	10 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Hexaclorobenzeno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Indeno(1,2,3-cd)pireno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Lindano (gama-BHC ou gama-HCH)	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Naftaleno	1 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
Pentaclorofenol	10 µg/kg	POP-CR-001	US EPA, 8270D
1,1,2-Tricloroetano	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
1,2,3-Triclorobenzeno	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
1,2,4-Triclorobenzeno	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
1,2-Diclorobenzeno	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
1,2-Dicloroetano	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
1,3,5-Triclorobenzeno	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
1,3-Diclorobenzeno	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
1,4-Diclorobenzeno	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
Benzeno	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
Cloreto de Metileno (Diclorometano)	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
Cloreto de Vinila	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
Clorobenzeno	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
Clorofórmio	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
Estireno	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
Etilbenzeno	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
Tetracloreto de Carbono	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
Tetracloroetano (Tetracloroetileno)	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
Tolueno	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
Xilenos (o-Xileno + m-Xileno + p-Xileno)	10 µg/kg	POP-CR-002	US EPA, 8260B
Bifenilas Policloradas Totais (PCB)	1 µg/kg	POP-CR-007	US EPA, 8082A
Antimônio Total	0,5 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Arsênio Total	0,05 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A

Análise	LQ	Método de Referência	Método Normalizado 2
Bário Total	0,5 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Cádmio Total	0,05 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Chumbo Total	0,5 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Cobalto Total	0,5 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Cobre Total	0,05 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Cromo Total	0,5 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Mercúrio Total	0,05 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Molibdênio Total	0,50 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Níquel Total	0,5 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Prata Total	0,5 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Selênio Total	0,5 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Zinco Total	0,5 mg/kg	POP-FQ-081	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 / US EPA, 3051A
Critério de Conformidade: Sem Critério de Conformidade			
NOTAS: LQ = Limite de Quantificação. Os LQ's acima apresentados, podem variar de acordo com as interferências da matriz. Parâmetros sem especificações ou VMP (Valor Máximo Permitido).			

5 PROJETOS

5.1 Projeto de canalização em: galerias, paredes de concreto, gabião e/ou similares

Para a elaboração do projeto de canalização foram observados os resultados referentes a avaliação do cenário já apresentada neste relatório.

Assim, para o projeto de canalização do rio Taquaraçu foram adotadas as soluções de Muro de concreto, Muro Gabião e Canal aberto com seção de largura variando entre 9 e 40 metros, conforme apresentado no projeto geométrico.

Para o Córrego Afluyente é previsto soluções com Canal aberto e Muro Gabião com larguras de 7,0m.

As soluções e seções citadas nos referidos intervalos são apresentadas no Volume 02. Os detalhamentos das seções de concreto armado serão apresentadas no item de projeto estrutural.

Para as soluções de muro de concreto armado e solo grampeado o fundo do rio foi mantido com o seu estado natural, de forma a mitigar os efeitos hidráulicos e ambientais nos corpos d'água impactados. Entretanto para a solução em canal aberto, devido a própria concepção da solução, o fundo do rio foi revestido.

5.2 Projeto Geométrico

Para o presente projeto, o Projeto Geométrico tem por objetivo definir os pontos do eixo do leito do córrego e do rio regularizados, e a partir das seções de projeto, definir a localização dos bordos de projeto.

Dessa forma, foram definidos alinhamento centrais, sempre que possível coincidindo com o local em que hoje se encontra o eixo do rio. Os alinhamentos seguem o estaqueamento convencional, com 1 estaca a cada 20m.

5.2.11 Córrego Afluyente (Rio Perobas)

Para o Córrego Afluyente (Rio Perobas), o alinhamento inicia-se na estaca 1000+0,00, findando na estaca 1034+11,380.

O projeto para o córrego afluyente apresenta dois tipos de seções.

- ✓ 1000+0,00 à 1013+13,53: Canalização com Muro Gabião, com vão livre de 7,00m entre as paredes do muro de contenção.
- ✓ 1013+13,53 À 1034+11,28: Canalização em Canal Aberto, com vão livre de 7,00m entre as paredes das contenções.

5.2.12 Rio Taquaraçu

Para o Rio Taquaraçu, o alinhamento inicia-se na estaca 0+0,00, findando na estaca 297+4,936.

O projeto para o Rio Taquaraçu tem quatro tipos de seções.

- ✓ 0+0,00 À 97+0,00: Canalização com Muro de concreto, com vão livre de 9,00m entre as paredes do muro de contenção.
- ✓ 97+0,00 À 128+7,90: Canalização com Muro de concreto, com vão livre de 13,20m entre as paredes do muro de contenção.
- ✓ 128+7,90 À 265+0,00: Canalização com Muro Gabião, com vão livre de 30,00m entre as paredes da contenção.
- ✓ 265+0,00 À 297+4,936: Canalização com Muro Gabião, com vão livre de 40,00m entre as paredes do muro de contenção.

A tabela abaixo apresenta as coordenadas do eixo de projeto para o Rio Taquaraçu.

Tabela 6 - Coordenadas do eixo regularizado do Rio Taquaraçu

Estaca	Norte	Este
0+0,000	7.808.243,687	356.917,389
1+0,000	7.808.228,973	356.903,842
2+0,000	7.808.214,260	356.890,295
2+6,471 PI	7.808.209,499	356.885,912
3+0,000	7.808.197,115	356.880,466
4+0,000	7.808.178,807	356.872,416
4+9,495 PI	7.808.170,115	356.868,594
5+0,000	7.808.159,663	356.869,648
6+0,000	7.808.139,764	356.871,654
7+0,000	7.808.119,864	356.873,661
7+6,750 PI	7.808.113,149	356.874,338
8+0,000	7.808.103,723	356.865,025
9+0,000	7.808.089,496	356.850,968
10+0,000	7.808.075,269	356.836,912
10+17,828 PI	7.808.062,587	356.824,381
11+0,000	7.808.060,565	356.823,589
12+0,000	7.808.041,944	356.816,292
12+13,155 PI	7.808.029,696	356.811,492
13+0,000	7.808.023,057	356.813,159
14+0,000	7.808.003,658	356.818,029
15+0,000	7.807.984,260	356.822,899
16+0,000	7.807.964,862	356.827,768
16+2,901 PI	7.807.962,048	356.828,475
16+17,296 PI	7.807.954,436	356.816,259
17+0,000	7.807.954,268	356.813,559
18+0,000	7.807.953,026	356.793,598

Estaca	Norte	Este
19+0,000	7.807.951,785	356.773,637
19+1,439 PI	7.807.951,696	356.772,200
19+12,838 PI	7.807.942,842	356.765,021
20+0,000	7.807.935,681	356.764,940
20+19,713 PI	7.807.915,969	356.764,720
21+0,000	7.807.915,696	356.764,631
22+0,000	7.807.896,673	356.758,457
22+18,574 PI	7.807.879,006	356.752,723
23+0,000	7.807.877,796	356.753,478
24+0,000	7.807.860,831	356.764,070
24+6,224 PI	7.807.855,552	356.767,366
25+0,000	7.807.842,206	356.770,781
26+0,000	7.807.822,830	356.775,739
27+0,000	7.807.803,454	356.780,696
27+0,265 PI	7.807.803,197	356.780,762
27+15,308 PI	7.807.788,536	356.777,396
28+0,000	7.807.785,259	356.774,038
29+0,000	7.807.771,289	356.759,726
30+0,000	7.807.757,319	356.745,414
30+9,735 PI	7.807.750,518	356.738,447
31+0,000	7.807.741,232	356.734,073
32+0,000	7.807.723,139	356.725,550
33+0,000	7.807.705,046	356.717,028
34+0,000	7.807.686,953	356.708,505
35+0,000	7.807.668,860	356.699,982
35+0,200 PI	7.807.668,679	356.699,897
36+0,000	7.807.674,037	356.680,836
37+0,000	7.807.679,449	356.661,582
38+0,000	7.807.684,861	356.642,328
39+0,000	7.807.690,274	356.623,074
39+1,462 PI	7.807.690,669	356.621,667
40+0,000	7.807.679,071	356.607,205
41+0,000	7.807.666,559	356.591,603
42+0,000	7.807.654,046	356.576,000
42+4,336 PI	7.807.651,334	356.572,618
43+0,000	7.807.636,437	356.567,774
44+0,000	7.807.617,417	356.561,589
45+0,000	7.807.598,398	356.555,404
46+0,000	7.807.579,378	356.549,219
46+12,881 PI	7.807.567,129	356.545,236
47+0,000	7.807.560,071	356.546,170
48+0,000	7.807.540,244	356.548,793
49+0,000	7.807.520,416	356.551,416
50+0,000	7.807.500,589	356.554,039
51+0,000	7.807.480,762	356.556,662

Estaca	Norte	Este
51+17,105 PI	7.807.463,805	356.558,906
52+0,000	7.807.461,239	356.560,246
53+0,000	7.807.443,510	356.569,503
53+17,191 PI	7.807.428,271	356.577,460
54+0,000	7.807.425,555	356.578,177
54+11,101 PI	7.807.414,822	356.581,012
55+0,000	7.807.405,955	356.581,762
55+16,513 PI	7.807.389,501	356.583,153
56+0,000	7.807.386,316	356.584,573
57+0,000	7.807.368,050	356.592,720
57+9,899 PI	7.807.359,010	356.596,752
58+0,000	7.807.351,312	356.603,293
58+16,623 PI	7.807.338,645	356.614,056
59+0,000	7.807.337,142	356.617,080
60+0,000	7.807.328,240	356.634,990
60+8,195 PI	7.807.324,593	356.642,329
61+0,000	7.807.314,868	356.649,022
61+11,606 PI	7.807.305,308	356.655,603
62+0,000	7.807.300,600	356.662,552
62+19,324 PI	7.807.289,761	356.678,550
63+0,000	7.807.289,215	356.678,948
63+14,181 PI	7.807.277,756	356.687,302
64+0,000	7.807.272,217	356.689,086
65+0,000	7.807.253,180	356.695,216
65+8,953 PI	7.807.244,658	356.697,961
66+0,000	7.807.235,465	356.704,087
67+0,000	7.807.218,823	356.715,179
67+0,318 PI	7.807.218,558	356.715,356
68+0,000	7.807.200,240	356.722,554
69+0,000	7.807.181,626	356.729,870
69+15,275 PI	7.807.167,410	356.735,457
70+0,000	7.807.163,372	356.737,912
71+0,000	7.807.146,284	356.748,303
72+0,000	7.807.129,195	356.758,694
72+17,166 PI	7.807.114,528	356.767,613
73+0,000	7.807.111,756	356.768,203
74+0,000	7.807.092,195	356.772,371
75+0,000	7.807.072,634	356.776,540
75+14,001 PI	7.807.058,941	356.779,458
76+0,000	7.807.053,918	356.776,177
77+0,000	7.807.037,171	356.765,243
78+0,000	7.807.020,425	356.754,309
78+9,284 PI	7.807.012,651	356.749,233
79+0,000	7.807.001,967	356.748,406
80+0,000	7.806.982,027	356.746,862

Estaca	Norte	Este
80+16,046 PI	7.806.966,028	356.745,624
81+0,000	7.806.962,193	356.746,583
82+0,000	7.806.942,791	356.751,437
82+13,910 PI	7.806.929,297	356.754,812
83+0,000	7.806.923,258	356.754,024
84+0,000	7.806.903,426	356.751,436
85+0,000	7.806.883,594	356.748,848
85+4,544 PI	7.806.879,088	356.748,259
86+0,000	7.806.865,134	356.754,904
87+0,000	7.806.847,076	356.763,502
87+8,623 PI	7.806.839,291	356.767,209
88+0,000	7.806.827,934	356.766,527
88+8,868 PI	7.806.819,082	356.765,995
89+0,000	7.806.808,070	356.767,627
90+0,000	7.806.788,287	356.770,560
90+6,238 PI	7.806.782,116	356.771,475
91+0,000	7.806.769,429	356.776,806
91+3,540 PI	7.806.766,165	356.778,178
92+0,000	7.806.756,551	356.791,538
92+5,155 PI	7.806.753,540	356.795,722
93+0,000	7.806.741,744	356.804,735
93+0,167 PI	7.806.741,611	356.804,837
94+0,000	7.806.722,609	356.810,517
95+0,000	7.806.703,447	356.816,246
96+0,000	7.806.684,285	356.821,974
96+1,293 PI	7.806.683,047	356.822,345
97+0,000	7.806.665,530	356.828,912
98+0,000	7.806.646,803	356.835,933
98+7,822 PI	7.806.639,479	356.838,679
99+0,000	7.806.629,291	356.845,351
100+0,000	7.806.612,559	356.856,307
101+0,000	7.806.595,827	356.867,263
101+4,623 PI	7.806.591,960	356.869,796
102+0,000	7.806.577,349	356.874,590
103+0,000	7.806.558,346	356.880,826
103+17,430 PI	7.806.541,785	356.886,261
104+0,000	7.806.539,549	356.887,528
105+0,000	7.806.522,149	356.897,390
106+0,000	7.806.504,750	356.907,251
107+0,000	7.806.487,350	356.917,113
107+19,445 PI	7.806.470,433	356.926,701
108+0,000	7.806.469,918	356.926,908
109+0,000	7.806.451,356	356.934,353
110+0,000	7.806.432,793	356.941,798
110+18,673 PI	7.806.415,462	356.948,750

Estaca	Norte	Este
111+0,000	7.806.414,232	356.949,247
112+0,000	7.806.395,693	356.956,752
112+19,057 PI	7.806.378,029	356.963,903
113+0,000	7.806.377,141	356.964,221
114+0,000	7.806.358,311	356.970,961
114+8,041 PI	7.806.350,741	356.973,671
115+0,000	7.806.339,078	356.976,316
115+15,954 PI	7.806.323,519	356.979,844
116+0,000	7.806.320,640	356.982,687
117+0,000	7.806.306,413	356.996,743
117+18,953 PI	7.806.292,930	357.010,064
118+0,000	7.806.292,025	357.010,589
119+0,000	7.806.274,726	357.020,628
120+0,000	7.806.257,428	357.030,667
120+8,166 PI	7.806.250,365	357.034,765
121+0,000	7.806.242,126	357.043,260
122+0,000	7.806.228,201	357.057,616
122+6,248 PI	7.806.223,851	357.062,101
123+0,000	7.806.212,429	357.069,759
124+0,000	7.806.195,816	357.080,895
124+11,873 PI	7.806.185,954	357.087,506
125+0,000	7.806.178,308	357.090,262
126+0,000	7.806.159,494	357.097,045
126+13,086 PI	7.806.147,183	357.101,482
127+0,000	7.806.141,234	357.105,005
128+0,000	7.806.124,025	357.115,195
128+5,514 PI	7.806.119,280	357.118,005
129+0,000	7.806.104,905	357.119,798
130+0,000	7.806.085,059	357.122,273
130+18,700 PI	7.806.066,503	357.124,587
131+0,000	7.806.065,384	357.125,249
132+0,000	7.806.048,175	357.135,440
133+0,000	7.806.030,966	357.145,630
134+0,000	7.806.013,757	357.155,820
135+0,000	7.805.996,547	357.166,011
135+13,291 PI	7.805.985,111	357.172,782
136+0,000	7.805.980,677	357.177,817
137+0,000	7.805.967,458	357.192,826
138+0,000	7.805.954,239	357.207,834
139+0,000	7.805.941,020	357.222,843
140+0,000	7.805.927,801	357.237,852
140+10,944 PI	7.805.920,567	357.246,064
141+0,000	7.805.916,149	357.253,970
142+0,000	7.805.906,392	357.271,428
143+0,000	7.805.896,635	357.288,886

Estaca	Norte	Este
144+0,000	7.805.886,878	357.306,345
145+0,000	7.805.877,121	357.323,803
146+0,000	7.805.867,364	357.341,262
147+0,000	7.805.857,607	357.358,720
147+3,842 PI	7.805.855,732	357.362,074
148+0,000	7.805.846,552	357.375,371
149+0,000	7.805.835,188	357.391,829
150+0,000	7.805.823,825	357.408,287
151+0,000	7.805.812,461	357.424,745
152+0,000	7.805.801,098	357.441,204
152+11,243 PI	7.805.794,710	357.450,456
153+0,000	7.805.789,013	357.457,106
154+0,000	7.805.776,001	357.472,294
155+0,000	7.805.762,989	357.487,483
155+13,953 PI	7.805.753,911	357.498,079
156+0,000	7.805.750,858	357.503,299
157+0,000	7.805.740,761	357.520,563
158+0,000	7.805.730,663	357.537,826
159+0,000	7.805.720,565	357.555,090
160+0,000	7.805.710,467	357.572,354
161+0,000	7.805.700,369	357.589,617
162+0,000	7.805.690,272	357.606,881
163+0,000	7.805.680,174	357.624,145
164+0,000	7.805.670,076	357.641,408
165+0,000	7.805.659,978	357.658,672
166+0,000	7.805.649,881	357.675,936
167+0,000	7.805.639,783	357.693,200
168+0,000	7.805.629,685	357.710,463
169+0,000	7.805.619,587	357.727,727
170+0,000	7.805.609,490	357.744,991
171+0,000	7.805.599,392	357.762,254
172+0,000	7.805.589,294	357.779,518
173+0,000	7.805.579,196	357.796,782
173+17,228 PI	7.805.570,498	357.811,653
174+0,000	7.805.570,884	357.814,398
175+0,000	7.805.573,673	357.834,202
176+0,000	7.805.576,461	357.854,007
177+0,000	7.805.579,249	357.873,812
178+0,000	7.805.582,038	357.893,616
179+0,000	7.805.584,826	357.913,421
180+0,000	7.805.587,614	357.933,226
181+0,000	7.805.590,403	357.953,030
182+0,000	7.805.593,191	357.972,835
183+0,000	7.805.595,979	357.992,640
184+0,000	7.805.598,768	358.012,444

Estaca	Norte	Este
185+0,000	7.805.601,556	358.032,249
186+0,000	7.805.604,344	358.052,054
187+0,000	7.805.607,133	358.071,858
188+0,000	7.805.609,921	358.091,663
189+0,000	7.805.612,709	358.111,468
190+0,000	7.805.615,498	358.131,272
191+0,000	7.805.618,286	358.151,077
192+0,000	7.805.621,074	358.170,882
193+0,000	7.805.623,862	358.190,686
193+3,339 PI	7.805.624,328	358.193,993
194+0,000	7.805.619,104	358.209,814
195+0,000	7.805.612,833	358.228,805
195+7,664 PI	7.805.610,430	358.236,082
196+0,000	7.805.598,807	358.231,947
197+0,000	7.805.579,965	358.225,243
197+3,030 PI	7.805.577,110	358.224,227
198+0,000	7.805.563,336	358.234,140
198+11,765 PI	7.805.553,787	358.241,012
199+0,000	7.805.551,339	358.248,875
200+0,000	7.805.545,395	358.267,971
201+0,000	7.805.539,450	358.287,067
202+0,000	7.805.533,506	358.306,163
202+3,224 PI	7.805.532,548	358.309,241
203+0,000	7.805.515,965	358.311,780
204+0,000	7.805.496,195	358.314,806
205+0,000	7.805.476,425	358.317,832
206+0,000	7.805.456,656	358.320,858
207+0,000	7.805.436,886	358.323,884
208+0,000	7.805.417,116	358.326,910
209+0,000	7.805.397,346	358.329,936
210+0,000	7.805.377,577	358.332,962
210+19,719 PI	7.805.358,084	358.335,946
211+0,000	7.805.357,843	358.336,090
212+0,000	7.805.340,659	358.346,322
213+0,000	7.805.323,475	358.356,555
214+0,000	7.805.306,291	358.366,788
215+0,000	7.805.289,107	358.377,021
216+0,000	7.805.271,923	358.387,254
217+0,000	7.805.254,739	358.397,487
217+1,540 PI	7.805.253,417	358.398,275
218+0,000	7.805.236,803	358.390,226
219+0,000	7.805.218,804	358.381,506
220+0,000	7.805.200,805	358.372,787
221+0,000	7.805.182,806	358.364,067
221+16,616 PI	7.805.167,852	358.356,823

Estaca	Norte	Este
222+0,000	7.805.164,543	358.357,532
223+0,000	7.805.144,988	358.361,727
224+0,000	7.805.125,433	358.365,921
224+7,977 PI	7.805.117,634	358.367,594
225+0,000	7.805.109,533	358.376,478
226+0,000	7.805.096,058	358.391,258
227+0,000	7.805.082,584	358.406,038
227+11,358 PI	7.805.074,931	358.414,431
228+0,000	7.805.066,445	358.412,798
229+0,000	7.805.046,806	358.409,018
230+0,000	7.805.027,166	358.405,238
231+0,000	7.805.007,527	358.401,458
232+0,000	7.804.987,887	358.397,678
233+0,000	7.804.968,248	358.393,898
234+0,000	7.804.948,608	358.390,119
234+14,127 PI	7.804.934,735	358.387,449
235+0,000	7.804.930,185	358.391,161
236+0,000	7.804.914,687	358.403,802
237+0,000	7.804.899,189	358.416,444
238+0,000	7.804.883,691	358.429,086
238+3,955 PI	7.804.880,626	358.431,586
239+0,000	7.804.864,905	358.434,794
240+0,000	7.804.845,309	358.438,793
241+0,000	7.804.825,713	358.442,792
242+0,000	7.804.806,117	358.446,792
243+0,000	7.804.786,521	358.450,791
244+0,000	7.804.766,925	358.454,790
245+0,000	7.804.747,328	358.458,789
246+0,000	7.804.727,732	358.462,789
247+0,000	7.804.708,136	358.466,788
247+0,235 PI	7.804.707,906	358.466,835
248+0,000	7.804.689,228	358.460,370
249+0,000	7.804.670,328	358.453,829
249+5,001 PI	7.804.665,602	358.452,193
250+0,000	7.804.651,406	358.457,033
251+0,000	7.804.632,476	358.463,488
251+12,361 PI	7.804.620,777	358.467,477
252+0,000	7.804.613,187	358.468,345
253+0,000	7.804.593,316	358.470,617
254+0,000	7.804.573,446	358.472,889
254+16,325 PI	7.804.557,227	358.474,743
255+0,000	7.804.554,699	358.477,412
256+0,000	7.804.540,946	358.491,932
256+6,907 PI	7.804.536,197	358.496,947
256+19,592 PI	7.804.538,571	358.509,408

Estaca	Norte	Este
257+0,000	7.804.538,891	358.509,660
258+0,000	7.804.554,625	358.522,007
258+11,092 PI	7.804.563,351	358.528,855
259+0,000	7.804.562,405	358.537,712
259+1,950 PI	7.804.562,197	358.539,652
260+0,000	7.804.545,712	358.547,002
261+0,000	7.804.527,446	358.555,146
262+0,000	7.804.509,179	358.563,291
263+0,000	7.804.490,913	358.571,436
263+10,941 PI	7.804.480,920	358.575,891
264+0,000	7.804.477,946	358.584,448
265+0,000	7.804.471,381	358.603,340
266+0,000	7.804.464,815	358.622,231
267+0,000	7.804.458,250	358.641,123
268+0,000	7.804.451,685	358.660,015
269+0,000	7.804.445,119	358.678,906
270+0,000	7.804.438,554	358.697,798
271+0,000	7.804.431,989	358.716,690
271+6,256 PI	7.804.429,935	358.722,599
272+0,000	7.804.423,701	358.734,848
273+0,000	7.804.414,629	358.752,672
274+0,000	7.804.405,558	358.770,497
275+0,000	7.804.396,486	358.788,321
276+0,000	7.804.387,415	358.806,145
277+0,000	7.804.378,343	358.823,970
278+0,000	7.804.369,271	358.841,794
279+0,000	7.804.360,200	358.859,618
280+0,000	7.804.351,128	358.877,442
281+0,000	7.804.342,056	358.895,267
282+0,000	7.804.332,985	358.913,091
283+0,000	7.804.323,913	358.930,915
283+1,729 PI	7.804.323,129	358.932,456
284+0,000	7.804.312,102	358.947,024
285+0,000	7.804.300,031	358.962,971
286+0,000	7.804.287,960	358.978,918
287+0,000	7.804.275,890	358.994,865
288+0,000	7.804.263,819	359.010,811
289+0,000	7.804.251,748	359.026,758
290+0,000	7.804.239,678	359.042,705
290+1,182 PI	7.804.238,964	359.043,647
291+0,000	7.804.246,900	359.060,710
292+0,000	7.804.255,335	359.078,844
293+0,000	7.804.263,769	359.096,979
294+0,000	7.804.272,204	359.115,113
295+0,000	7.804.280,638	359.133,248

Estaca	Norte	Este
295+3,683 PI	7.804.282,191	359.136,587
296+0,000	7.804.286,634	359.152,288
297+0,000	7.804.292,079	359.171,532
297+4,936	7.804.293,423	359.176,282

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

5.3 Projeto Estrutural

5.3.11 Documentos de Referência e Ferramentas computacionais

O projeto em estudo seguiu os direcionamentos das seguintes normas:

- ✓ NBR 6118/2014 - PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO;
- ✓ NBR 6122/2019 - PROJETO E EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES;
- ✓ NBR 9782/2015 - AÇÕES EM ESTRUTURAS PORTUÁRIAS, MARÍTIMAS OU FLUVIAIS - Esta norma foi descontinuada pela ABNT, porém nesse documento foi usado como referência bibliográfica.

A análise estrutural e detalhamentos das estruturas foi executada com o auxílio dos softwares:

- ✓ Ftool Versão 4.0 Professional – Análise estrutural;
- ✓ TQS versão 18.21 – Análise estrutural e dimensionamento de estruturas de concreto armado e protendido.
- ✓ P Calc versão 1.4 - dimensionamento à flexo compressão
- ✓ Calculadora de peças a flexão simples - Flexcisor versão 2.4.0

5.3.12 Condições iniciais

As soluções adotadas ao longo do curso levaram em consideração as condições de contorno encontradas como avanço de edificações e outras benfeitorias na caixa fluvial, custos de desapropriação e outras interferências físicas.

Foram observadas as interferências ao longo do percurso tais como as pontes e outros elementos.

Foram previstas nos elementos estruturais as interferências com as tubulações de águas pluviais que despejam dentro da caixa do rio. Para cada tipo de tubulação está previsto um reforço estrutural na seção de descarga. O Projeto de interferências é apresentado adiante.

5.3.13 Memória de Cálculo

5.3.13.1 Dados iniciais e considerações de projeto

- Ações devido ao peso próprio:
 - Densidade do concreto armado = 25 kN/m³;
 - Densidade do aço estrutural = 78,5 kN/m³;
- Ações dinâmicas:
 - Força de empuxo da água;
- Empuxos de terra

Inclinação do terrapleno (β) =	10	graus
Ângulo de atrito interno (ϕ) =	30	graus
Coesão do solo (c) =	10	kPa
Peso específico do solo (γ) =	18	kN/m ³
Altura do muro (H) =	4	m

Inclinação do muro em relação à vertical (θ) =	0	graus
Zona de tração (z_0) =	1,92	m
Profundidade assumida (z) =	4,00	m
$c/\gamma z$ =	0,139	

Ka - Coeficiente de empuxo ativo - Mazindrani (1997) =	0,1818	(em H)
Kp - Coeficiente de empuxo passivo - Mazindrani (1997) =	3,3114	(em H)

Empuxo ativo (P_a) =	13,4	kN
Posição do empuxo (y) =	0,692	m

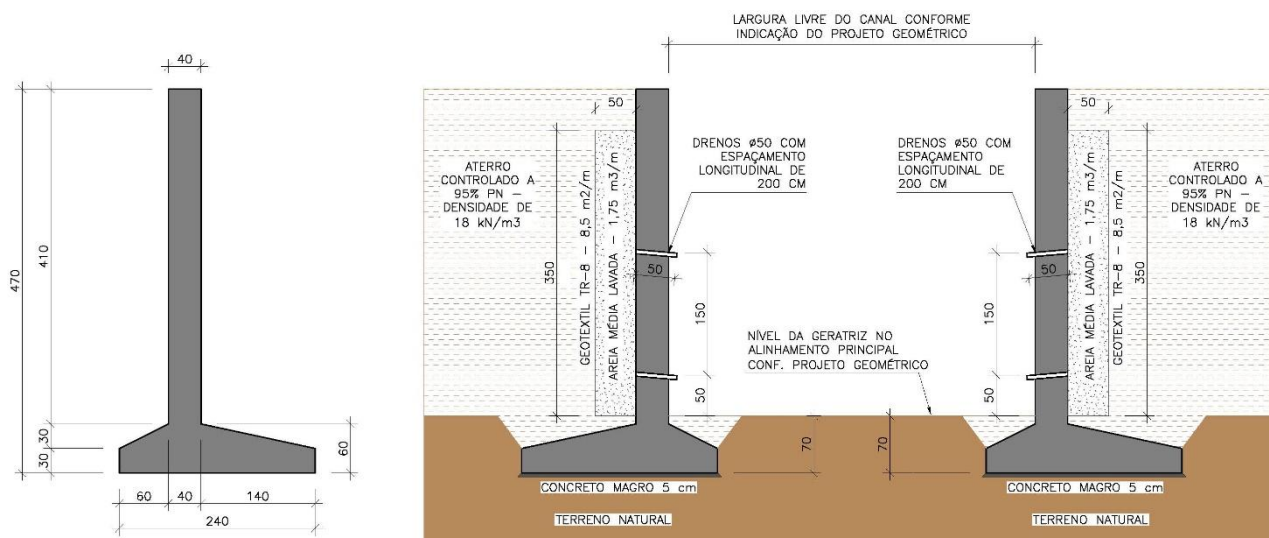
($z = 3,308$ m)

5.3.13.2 Materiais admitidos

- Concreto estrutural para todos os fins:
 - Fck: 30 MPa
 - Ec: 28.000 MPa
- Aço estrutural para concreto armado:
 - CA50 A: (Fy = 500 MPa)
 - Ca60 B: (Fy = 600 MPa)

5.3.13.3 Dimensionamento dos muros tipo cantilever

Figura 27 - Detalhamento de estrutura - muro cantilever - medidas em cm.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A seção de canalização com muros laterais e fundo com terreno natural terraplenado terá embutimento na camada do leito conforme a geratriz do alinhamento principal do projeto geométrico de 70 cm. A cota de assentamento das peças deverá seguir a declividade indicada. Devido à força da água, a dificuldade de acesso a peças pré-moldadas e às irregularidades no percurso, a estrutura foi concebida moldada in loco com fôrmas reaproveitáveis.

No tardo das seções foi considerado aterro controlado com densidade mínima de 18 kN/m³. O solo deverá ser de empréstimo e ter frações bem graduadas entre as granulometrias de areia e argila para se obter o melhor empacotamento possível na compactação. A perfeita execução deste aterro é de suma importância, pois seu lastro atuante no muro contribui para a estabilidade global da solução especialmente contra a força da água durante as cheias.

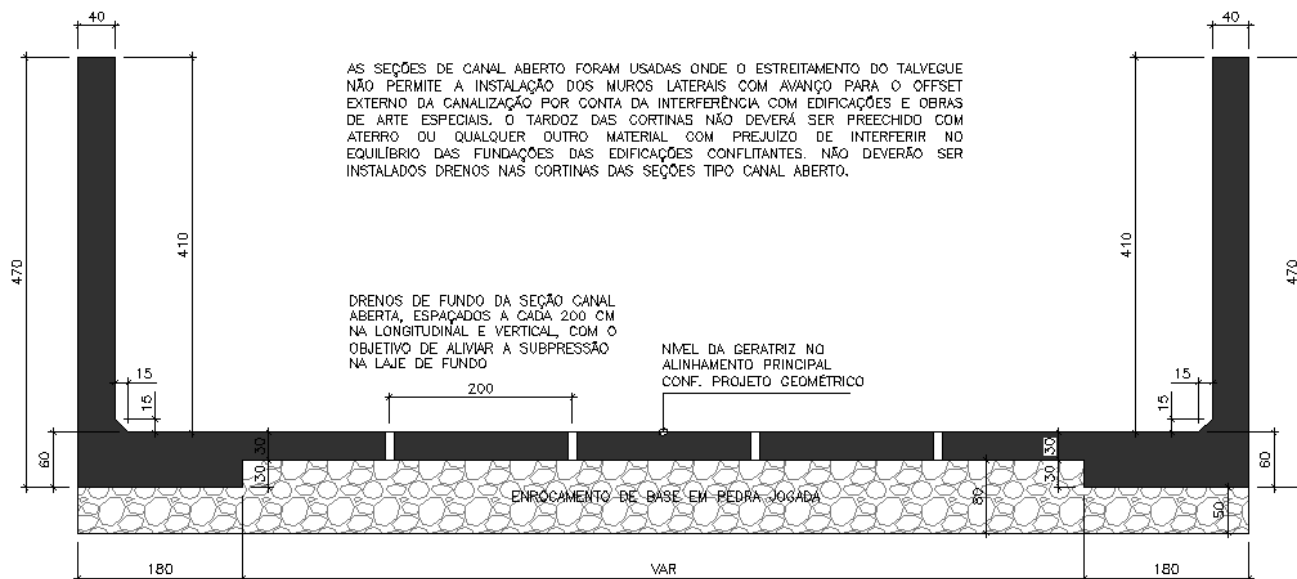
Na parte de trás deverá ter um dreno vertical de areia envelopado para alívio da pressão da água, conforme detalhes de projeto apresentados. Atravessando o paramento, deverão ser instalados drenos de PVC para alívio da pressão.

Os muros foram segmentados em comprimentos não maiores que 12 metros com o objetivo de evitar perdas de armação seja por transpasse ou por corte, bem como garantir as juntas de dilatação. Entre os muros, na lâmina vertical, sugerimos a inserção de barras de transferência a cada 50 cm, com espessura de 20 mm, engraxada em uma das extremidades e fixa na outra.

O resultado do dimensionamento geotécnico e estrutural dessa solução está apresentado no Volume 03C.

5.3.13.4 Dimensionamento da seção de canal aberto

Figura 28 - Detalhamento de estrutura - canal aberto - medidas em cm.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A necessidade da adoção da seção tipo canal aberto se deu por conta dos estreitamentos das caixas dos rios em alguns pontos, onde não é possível considerar o aterro de tardo devido a presença de edificações e outras construções.

Desta forma, as paredes externas serão consideradas como a limitação total da seção. A laje de fundo interliga as duas lâminas externas e é imprescindível na estabilidade total do conjunto. Sob a seção deverá ser executado uma camada de enrocamento tipo rachão jogado, seguido de uma camada superficial de rachão arrumado para auxiliar na conformação da concretagem de fundo da seção.

O dimensionamento geotécnico dessa seção está limitado ao assentamento da mesma sobre o leito de enrocamento, com tensões muito baixas para as vazões mínimas. Para as vazões máximas, o empuxo de água atua a favor da estabilidade da seção como um todo.

Na laje de fundo deverão ser deixados furos com tubos de PVC com diâmetro 50 mm para o alívio da subpressão na estrutura.

O resultado do dimensionamento estrutural dessa solução está apresentado no Volume 03C.

5.3.13.5 Dimensionamento da seção em muro gabião

O muro gabião faz-se necessário para contenção de talude de aterro. É um muro de gravidade que utiliza seu peso próprio e o peso de parte do maciço de solo incorporado ao conjunto para sua estabilidade. É constituído por elementos metálicos confeccionados com telas de malha hexagonal dedupla torção, preenchidos com pedra de granulometria adequada, superiores às dimensões da malha hexagonal, formando estruturas destinadas à solução de problemas geotécnicos.

Os elementos que compõem a estrutura do muro gabião (caixas) são unidos entre si através de amarrações executadas em todas as arestas de contato entre as unidades, formando um bloco homogêneo que adquire elevada resistência por igual em qualquer ponto da estrutura, qualificando esta estrutura, portanto, como monolítica. A utilização da malha do tipo hexagonal de dupla torção proporciona uma distribuição mais uniforme dos esforços, impedindo também o desfiamento da tela, sendo revestida com uma liga especial de zinco, alumínio e terras raras que fornece proteção contra a corrosão. Além destas características, os muros de gabião são bastante flexíveis, permitindo a adaptação e acomodação da estrutura de acordo com os movimentos do terreno, sem perder sua estabilidade e eficiência.

Uma das mais importantes propriedades do muro tipo gabião é ser autodrenante, totalmente permeável, o que permite o alívio por completo das pressões hidrostáticas sobre a estrutura. É importante destacar a utilização de camada de filtro geotêxtil entre o solo do maciço e o gabião, de modo com que as faces externas da estrutura projetada estejam protegidas para não haver carreamento de materiais finos.

Os muros de contenção de gravidade em gabião são classificados como estruturas que dependem de sua forma e volume, considerados como “estruturas de peso”, devendo, portanto, ser executados sobre fundação que tenha capacidade de suporte a sua sustentação.

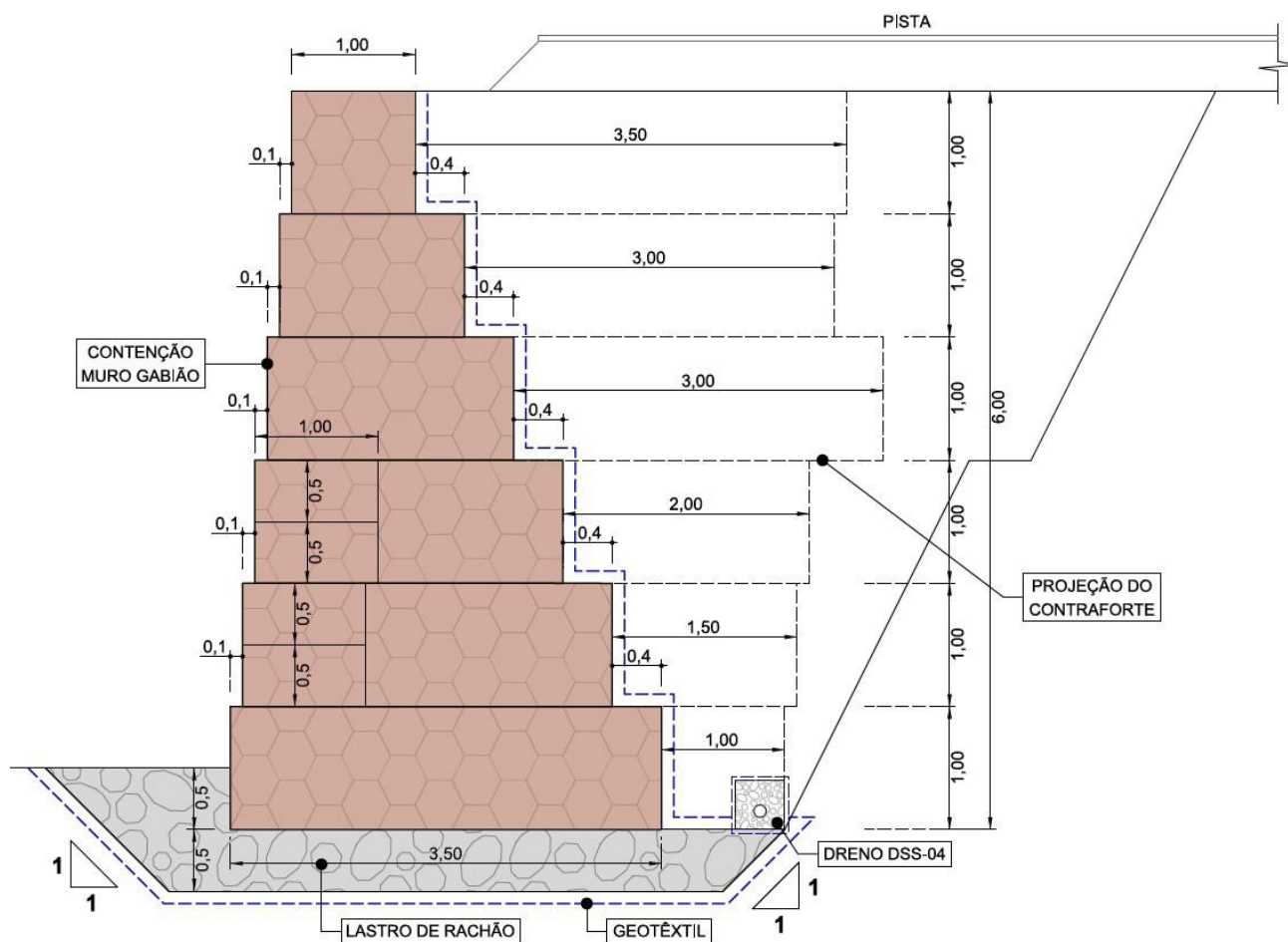
Visando aliviar o nível de carregamento sobre a contenção e, por conseguinte, contribuir com a estabilidade da estrutura, adotam-se contrafortes em pontos estratégicos, distribuídos geralmente a uma distância que pode variar de 5m a 25m, dependendo da extensão da obra. Os contrafortes também proporcionam melhores condições de drenagem do maciço contido e minimizam a possibilidade de deformação dos gabiões. Cabe destacar que não existe uma metodologia de dimensionamento dos contrafortes, sendo sua utilização feita de forma empírica, baseada em obras já executadas e experiência da projetista.

A geometria da contenção em muro gabião indicada no anteprojeto possui altura variável com altura máxima de 6m, possuindo 0,50m de base enterrada.

É também indicado a execução de lastro de rachão na base do muro gabião na espessura de 0,50m (a partir da base enterrada do muro), responsável por aumentar a capacidade de suporte da base, distribuindo e dissipando as pressões exercidas pela contenção e terrapleno.

A seguir é apresentada a seção-tipo para a contenção em muro gabião do anteprojeto.

Seção-Tipo: C01 - Muro Gabião



5.4 Projeto de Terraplanagem

O projeto de terraplanagem foi elaborado observando-se as instruções da IS-209 do DNIT, que em síntese consiste na quantificação e determinação das distâncias de transporte, demonstrado através de quadros e gráficos de distribuição e resumo dos materiais a movimentar.

O projeto de terraplanagem foi desenvolvido utilizando-se o software específico, complementado com correção manual de cada seção. Foi estruturado a partir da sobreposição da superfície do projeto geométrico do tipo de solução empregada e o modelo topográfico tridimensional do terreno. O cálculo de volumes foi realizado utilizando o método da semi-soma das áreas.

5.4.11 Seção com muro de concreto

No cálculo dos volumes da seção do muro de concreto foram admitidos os seguintes parâmetros:

- ✓ Corte em 90° para assentamento do muro, com altura de 4,70m.
- ✓ Após a altura de 4,70m, nos casos em que houver necessidade, talude de corte $H=1$; $V=4$;
- ✓ Banquetas com largura de 1,50m, com inclinação de 2% a cada 3m.

5.4.12 Seção em Solo Grampeado

No cálculo dos volumes da seção do solo com muro gabião foram admitidos os seguintes parâmetros:

- ✓ Corte em 12,5% com altura necessária até encontrar o greide do terreno existente.

5.4.13 Seção de canal aberto

No cálculo dos volumes da seção de canal aberto foram admitidos os seguintes parâmetros:

- ✓ Corte em 90° para assentamento do muro, com altura de 4,70m.
- ✓ Após a altura de 4,70m, nos casos em que houver necessidade, talude de corte $H=1$; $V=4$;
- ✓ Banquetas com largura de 1,50m, com inclinação de 2% a cada 3m.

5.4.14 Análise de projeto

O projeto foi composto das seguintes análises:

- ✓ Cálculo dos Volumes de Corte e Aterro;
- ✓ Caixas de Empréstimos;
- ✓ Áreas Bota-fora;

5.4.15 Parâmetros e considerações

O transporte do material do solo de baixa capacidade de suporte para fins de orçamento foi contabilizado junto ao transporte de material de 1ª categoria;

O material proveniente da limpeza e regularização do fundo do rio será enviado para bota-fora, de forma a ter destinação adequada.

O material da escavação das margens, será aproveitado posteriormente para a execução dos aterros. Dessa forma, o material escavado das margens será mantido em um bota-espera até o momento em que sejam executados os aterros. Após essa etapa, o material não utilizado será destinado ao bota-fora, assim como o material do fundo do rio.

A localização do bota fora, bem como do bota-espera, estão apresentadas no croqui de ocorrências, mostrado no Volume 02.

5.4.16 Destinação de resíduos

Os resíduos gerados nas etapas de terraplanagem foram divididos em categorias conforme preconiza a Norma ABNT NBR 10004:2004. Os resíduos previstos para esse projeto são:

- ✓ Material de escavação em fundo de rio;
- ✓ Material de escavação de margens de rio;
- ✓ Vegetação;
- ✓ Concreto de demolição;
- ✓ Tubos de PVC;

Em seguida, foi realizada pesquisa para averiguar que pontos de coleta poderiam receber esses materiais. As cotações obtidas para a destinação final de resíduos estão apresentadas no Volume 04.

5.4.17 Resultados obtidos

A seguir apresentamos os seguintes elementos:

- ✓ Orientação de Terraplenagem;
- ✓ Resumo de Terraplenagem.

5.4.17.1 Orientação de Terraplanagem

ORIENTAÇÃO DE TERRAPLANAGEM													
ORIGEM DO MATERIAL ESCAVADO				VOLUMES ESCAVADOS (m³)				DESTINO DO MATERIAL ESCAVADO				DETALHAMENTO DA DISTÂNCIA (m)	
ESTACAS		ESPECIFICAÇÃO		TOTAL		PARCIAIS		DMT (m)		ESTACAS		UTILIZAÇÃO	
Inicial	Final					1ª Categoria	2ª Categoria	3ª Categoria		Inicial	Final	PAV	N PAV
0 + 0,00	290 + 0,00	CORTE 1		380.236,409		9.616,351	FUNDO DE RIO		66.700			URESERRA	66200
								2.043,869	8.940			BOTA FORA 03	6540
								2.500,830	8.280			BOTA FORA 03	5880
								876,583	8.010			BOTA FORA 03	5610
								1.557,002	8.000			BOTA FORA 03	5600
								4.797,093	2.940			BOTA FORA 03	540
								26.058,169	2.800			BOTA FORA 03	0
								5.178,820	1.500			BOTA ESPERA 01	0
						40.865,010			1.500			BOTA ESPERA 01	0
						286.742,681			8.800			BOTA FORA 03	6400
1000 + 0	1034 + 11,4	CORTE 2		3.887,443		3.887,443	FUNDO DE RIO		66.700			URESERRA	66200
		BOTA ESPERA 01		46.043,830				5.178,820	8.010	57 + 3,50	114 + 14,00	ENROCAMENTO	5610
						6.606,398			8.070	0 + 0,00	83 + 0,00	ATERRO 1	5670
						32.208,469			7.760	97 + 0,00	108 + 0,00	ATERRO 2	5360
						2.050,143			3.800	115 + 0,00	160 + 0,00	ATERRO 3	1400

5.4.17.2 Resumo de Terraplanagem

RESUMO TERRAPLENAGEM										
TRANSPORTE (intervalos)	ESCAVAÇÃO (m³)					BOTA FORA (m³)	3º Cat Utilizado (m³)	ATERRO (m³)		
	Categoria			Empréstimo	Remoção Solo Mole			Total	Vol disp	Compacitação de vala com compactador manual
	1ª	2ª	3ª							
0-200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200-400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
400-600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
600-800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
800-1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1000-1200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1200-1400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1400-1600	40.865,010	-	5.178,820	-	-	46.043,830	-	46.043,830	-	36.835,064
1600-1800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1800-2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000-2500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2500-3000	-	-	30.855,263	-	-	30.855,263	-	-	-	-
>3000	300.246,475	-	6.978,284	-	-	307.224,759	5.178,820	(5,178,820)	-	(4.143,056)
TOTAIS	341.111,485	-	43.012,367	-	-	384.123,852	5.178,820	40.865,010	-	32.692,008
PERCENTUAIS	88,802%	0,000%	11,198%	0,000%	0,000%	100,000%	1,348%	10,638%	-	100,000%
PARÂMETROS GEOTÉCNICOS PARA SELEÇÃO DOS MATERIAIS						Volume de aterro compactado (m³)		32.692,008		
						Escavação média por Km (m³/km)		59.256,61		
						Fator de compactação (%)		1,25		
Materiais para Corpo de Aterro						CBR (%)		GRAU MÍNIMO DE COMPACTAÇÃO		
Materiais Camada Final						>= 2,00%		< 4,00%		
Material para Bota-fora						>= 7,00%		< 2,00%		
						< 2,00%		Corpo de aterros (%)		
						> 4,00%		Acabamento de terraplenagem (%)		
								100% PN		
								100% PI		

5.5 Obras de Arte Especiais

Conforme discutido em reunião com a fiscalização as obras de arte especiais existentes são os maiores gargalos para o escoamento dos rios e nos cenários estudados algumas ainda vão se manter abaixo do nível de enchente para chuvas de período maiores.

A carga móvel rodoviário padrão utilizada é Trem Tipo TB-450, conforme a NBR 7188:2013.

A classe de agressividade ambiental adotada é CAA

II. Entre as principais normas utilizadas, destacam-se:

- NBR 7188/2013 - Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestres;
- NBR 6118/2014 – Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento;
- NBR 6122/2010 – Projeto e Execução de Fundações;
- NBR 7187/2003 – Projeto de Pontes de Concreto Armado e de Concreto Protendido –Procedimento; e
- NBR 14931/2004 – Execução de Estruturas de Concreto Armado – Procedimento.

Materiais a serem utilizadas para cada estrutura:

- Infraestrutura: Concreto $f_{ck} \geq 30$ MPa com fator $A/C \leq 0,50$ e módulo de elasticidade $E_{sc} \geq 31$ GPa;
- Mesoestrutura: Concreto $f_{ck} \geq 30$ MPa com fator $A/C \leq 0,50$ e módulo de elasticidade $E_{sc} \geq 31$ GPa;
- Superestrutura: Concreto $f_{ck} \geq 40$ MPa com fator $A/C \leq 0,50$ e módulo de elasticidade $E_{sc} \geq 35$ GPa;
- Barreira Rígida: Concreto $f_{ck} \geq 40$ MPa com fator $A/C \leq 0,50$ e módulo de elasticidade $E_{sc} \geq 35$ GPa;
- Consumo mínimo de cimento empregado na obra: 350 kgf/m³;
- Lastro de concreto magro: $f_{ck} \geq 10$ MPa;
- Aço para concreto armado: CA-50 ($f_{yk} > 500$ MPa) – armadura passiva / CA-25 ($f_{yk} > 250$ MPa) – armadura passiva / CA-60 ($f_{yk} > 600$ MPa) – armadura passiva / CP-190 RB ($f_{yk} > 1800$ MPa) – armadura ativa; e
- Aparelhos de apoio: Neopreme fretado, dureza shore A-60.

Para o cobrimento mínimo das armaduras, são indicados:

- Infraestrutura: 5,0 cm;
- Mesoestrutura: 3,0 cm;
- Superestrutura: Vigas longarinas protendidas = 3,5 cm / Vigas transversinas = 3,0 cm / Lajes = 3,5 cm / Barreiras rígidas = 3,0 cm / Cabo de protensão = 6,0 cm.

A superestrutura das OAE's é composta por 3 vãos, com 07 (sete) longarinas pré-moldadas protendidas em cada vão. Cada longarina tem altura de 1,90m.

As pistas terão inclinação transversal de 2,00%.

Para drenagem são utilizados drenos de PVC com iâmetro de 100mm. A infraestrutura será profunda, com estaca raíz, com diâmetro de Ø40cm. Os aterros junto aos encontros deverão ser executados simultaneamente

No Volume 2 são apresentadas as pranchas contendo a planta de localização, seção transversal e perfil longitudinal de cada ponte presente no anteprojeto.

5.6 Recomendações de Medidas não estruturais

Durante e após a fase de obra é de suma importância que os atores públicos deverão implementar medidas não estruturais para a manutenção da minimização de cheias, tais como:

- ✓ Educação Ambiental;
- ✓ Orientação sobre o descarte correto dos resíduos sólidos;
- ✓ Ampliação da rede de esgoto e consequente tratamento;
- ✓ Acompanhamento da construção de novos empreendimentos;
- ✓ Estimular a aplicação de sistemas sustentáveis de drenagem na região.

5.7 Projeto de desapropriações

O Projeto de Desapropriação tem por objetivo identificar, delimitar e quantificar as áreas de terras e benfeitorias necessárias à implantação das intervenções previstas para a construção dos dispositivos de minimização dos impactos dos alagamentos no município de Ibiracú/ES. O estudo fornece subsídios técnicos para o planejamento das ações expropriatórias e para a adequada liberação das frentes de obra.

A delimitação das áreas a serem desapropriadas foi realizada com base na geometria do projeto, considerando o eixo projetado do canal e os bordos projetados dos muros ou offsets de escavação.

As áreas desapropriáveis correspondem às porções de terreno compreendidas entre o limite dos canais projetados e o das edificações ou divisas lindeiras.

5.7.11 Avaliação dos custos das construções

Para a avaliação dos custos das construções e benfeitorias existentes nos imóveis atingidos pela implantação dos canais projetados, adotou-se metodologia compatível com a fase de desenvolvimento do Projeto de Desapropriação e em conformidade com as diretrizes técnicas estabelecidas pela ABNT NBR 14.653-1:2019. Nesta fase, a abordagem tem como objetivo principal a obtenção de valores estimativos tecnicamente fundamentados, adequados à elaboração de orçamentos preliminares e à previsão global dos custos de indenização, não sendo requerido, neste momento, o nível de detalhamento próprio de etapas posteriores do desenvolvimento do projeto.

Nesse contexto, a metodologia adotada para a avaliação das construções está orientada à compatibilização com a etapa em que o empreendimento se encontra, servindo como base para estimativas iniciais de custo e planejamento das ações expropriatórias.

Para os imóveis de caráter residencial e comercial, foi adotada como referência a Tabela de Custo Unitário Básico (CUB) divulgada pelo SINDUSCON/ES, por se tratar de um indicador amplamente reconhecido no meio técnico, utilizado como parâmetro oficial para estimativas de custos da construção civil no Estado do Espírito Santo. O CUB apresenta o custo médio por metro quadrado de edificações, considerando padrões construtivos típicos e representativos do mercado regional, sendo amplamente empregado em avaliações imobiliárias, orçamentos preliminares, contratos e processos expropriatórios.

O CUB (Custo Unitário Básico) é calculado mensalmente pelo Sinduscon-ES com base em projetos-padrão de edificações residenciais, comerciais e industriais, contemplando

diferentes níveis de acabamento — baixo, normal e alto padrão. Essa sistemática permite que o avaliador selecione o padrão mais compatível com as características construtivas observadas em campo, assegurando maior aderência entre o valor estimado e a realidade física das benfeitorias existentes.

Tabela 5 – Valor CUB – padrão residencial no estado do Espírito Santo.

maio

▼

2026

▼

buscar

CUB-ES: CUSTO UNITÁRIO BÁSICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ES (CUB NBR 12721: 2006)

CUB m2

mês/ano	Valor	Variação
maio/2026	R\$ 2.965,01	3,75 %
Variação no período ->		3,75 %

[CUB série histórica]

CUB m2 DESONERADO

mês/ano	Valor	Variação
maio/2026	R\$ 2.825,58	3,60 %
Variação no período ->		3,60 %

[CUB Desonerado série histórica]

No caso específico do presente projeto, observou-se que a maioria das edificações identificadas ao longo do trecho possui caráter comercial, por estarem as margens da rodovia BR-101, com serviços aos usuários da rodovia. Assim, os valores de referência do CUB foram aplicados de forma criteriosa, considerando o padrão construtivo compatível com cada tipologia identificada, evitando superavaliações ou distorções nos valores indenizatórios.

De acordo com a Tabela CUB referente ao mês de maio de 2026, os custos unitários para edificações comerciais no Estado do Espírito Santo variavam entre R\$ 2.665,51/m² e R\$ 3.911,78/m², a depender do padrão construtivo adotado. Esses valores foram utilizados como base para a precificação das benfeitorias residenciais, sendo posteriormente ajustados conforme a tipologia, o estado de conservação aparente e a funcionalidade das edificações, quando aplicável.

Tabela – Tabela CUB de precificações de construções – padrão residencial no estado do Espírito Santo.

Item	Projetos-Padrão Comerciais		
	Normal		
	CAL-8	CSL-8	CSL-16
Material	1.314,46	1.075,09	1.457,76
Mão-de-obra	1.655,81	1.495,02	1.991,03
Desp. Administ.	110,48	87,22	97,84
Equipamento	12,90	8,18	12,68
TOTAL	3.093,65	2.665,51	3.559,31

Item	Projetos-Padrão Comerciais		
	Alto		
	CAL-8	CSL-8	CSL-16
Material	1.541,97	1.303,81	1.753,36
Mão-de-obra	1.671,66	1.537,05	2.048,00
Desp. Administ.	110,49	87,22	97,83
Equipamento	12,90	8,25	12,59
TOTAL	3.337,02	2.936,33	3.911,78

Item	Projetos-Padrão	
	Galpão Industrial (GI) e Residência Popular (RP1Q)	
	RP1Q	GI
Material	1.135,53	633,99
Mão-de-obra	1.781,20	831,71
Desp. Administ.	0,00	0,00
Equipamento	7,16	3,01
TOTAL	2.923,89	1.468,71

Dessa forma, a adoção do CUB/SINDUSCON-ES como parâmetro de avaliação das construções garante que os valores estimados para as benfeitorias estejam fundamentados em critérios técnicos reconhecidos, alinhados ao mercado regional e compatíveis com a fase básica do projeto, atendendo aos princípios de razoabilidade, transparência e segurança técnica exigidos nos processos de desapropriação.

Além das construções, deve-se avaliar o custo de aquisição do terreno, que se soma aos custos das benfeitorias existentes nos imóveis atingidos. Para esta etapa do projeto, a estimativa do valor da terra foi realizada por meio de pesquisa expedita de mercado, considerando exclusivamente referências de lotes residenciais urbanos situados no município de Ibirapu/ES.

A adoção dessa metodologia é compatível com a fase atual do projeto, uma vez que o objetivo é obter valores referenciais para a composição do orçamento preliminar de desapropriação, sem substituir a elaboração de laudos individuais de avaliação nas etapas posteriores. A diretriz adotada aproxima-se do método comparativo direto de dados de

mercado, previsto na ABNT NBR 14.653, o qual utiliza elementos comparáveis disponíveis no mercado para identificação do valor provável do bem.

Foram pesquisadas amostras de mercado relativas a lotes residenciais urbanos em Ibiraçu/ES, especialmente em loteamentos e áreas com características compatíveis com uso residencial, infraestrutura urbana e possibilidade de edificação. As referências levantadas indicaram valores unitários aproximados entre R\$ 426,00/m² e R\$ 555,00/m², conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela – Referências de mercado para estimativa do valor de terrenos residenciais urbanos em Ibiraçu/ES.

Referência de mercado	Área aproximada	Valor anunciado	Valor unitário aproximado
Lote residencial em Ibiraçu/ES	200 m ²	R\$ 97.000,00	R\$ 485,00/m ²
Lote residencial no Columbia Park – Ibiraçu/ES	240 m ²	R\$ 130.000,00	R\$ 541,67/m ²
Lote residencial no Cidade Jardim – Ibiraçu/ES	252,26 m ²	R\$ 140.000,00	R\$ 554,98/m ²
Lote residencial em área urbana de Ibiraçu/ES	258 m ²	R\$ 110.000,00	R\$ 426,36/m ²
Lote residencial em Ibiraçu/ES	200 m ²	R\$ 85.600,00	R\$ 428,00/m ²

Nota: Fontes usadas para os números da tabela: OLX, VivaReal e ZAP Imóveis, com anúncios de terrenos/chácaras em Ibiraçu, João Neiva e Fundão/Timbuí, incluindo amostras próximas ou associadas à BR-101

Com base nas amostras levantadas, verificou-se que os terrenos residenciais urbanos em Ibiraçu apresentam valores unitários concentrados, em sua maioria, entre aproximadamente R\$ 430,00/m² e R\$ 555,00/m². A média simples das amostras consideradas resulta em valor próximo de R\$ 487,00/m².

Dessa forma, para fins de estimativa preliminar do custo de desapropriação de terrenos residenciais urbanos, adotou-se o valor referencial arredondado de R\$ 500,00/m². Esse valor representa uma condição média de mercado para lotes residenciais urbanos no município de Ibiraçu/ES, compatível com áreas dotadas de infraestrutura urbana, vocação residencial e possibilidade de edificação.

Ressalta-se que o valor adotado possui caráter estimativo e deverá ser posteriormente refinado por meio de laudo de avaliação específico para cada imóvel atingido, considerando-se suas características particulares, tais como localização, área efetivamente desapropriada, testada, profundidade, topografia, padrão de urbanização, infraestrutura disponível, acesso, situação documental, uso atual, potencial construtivo e demais fatores de valorização ou depreciação aplicáveis.

Portanto, para fins de estimativa preliminar, o custo unitário de desapropriação das edificações comerciais enquadradas no padrão Normal CAL-8 foi obtido pela soma do custo unitário da construção, conforme referência do CUB/SINDUSCON-ES, com o valor estimado do terreno residencial urbano na região de Ibiraçu/ES.

Assim, tem-se:

Custo unitário de desapropriação = Custo da edificação + Custo do terreno

Custo unitário de desapropriação = R\$ 3.093,65/m² + R\$ 500,00/m²

Custo unitário de desapropriação = R\$ 3.593,65/m²

Dessa forma, adotou-se o valor de R\$ 3.593,65/m² como referência preliminar para estimativa do custo de desapropriação de edificações comerciais de padrão Normal CAL-8, incluindo o valor correspondente ao terreno.

5.7.12 Quantidades

A quantificação das áreas a serem desapropriadas foi desenvolvida a partir da análise integrada do Projeto Geométrico e da base cartográfica georreferenciada utilizada no projeto. As delimitações consideraram exclusivamente as áreas necessárias à implantação dos canais de mitigação de cheias, respeitando os limites da construção dos muros, bem como os ajustes pontuais decorrentes das intervenções de terraplenagem.

As áreas atingidas foram identificadas graficamente em planta por meio de hachuras específicas, diferenciando-se as porções correspondentes à terra nua, às edificações e às demais benfeitorias impactadas. Essa representação permitiu a clara identificação dos limites de desapropriação e garantiu a compatibilidade entre os elementos gráficos e os quantitativos apurados, evitando sobreposições ou extrapolações indevidas.

As medições foram realizadas em ambiente CAD (AutoCAD), com base nas geometrias vetoriais do projeto, adotando-se procedimento uniforme ao longo de todo o trecho analisado. As áreas foram medidas individualmente por imóvel, com posterior consolidação dos valores

parciais em planilhas de cálculo, assegurando rastreabilidade técnica e consistência nos resultados obtidos.

Como resultado desse levantamento, apurou-se as seguintes edificações a serem desapropriadas e seus respectivos custos para desapropriação.



Figura – Edificações a serem desapropriadas nas proximidades da estaca 55.





Figura – Edificações a serem desapropriadas nas proximidades da estaca 80.

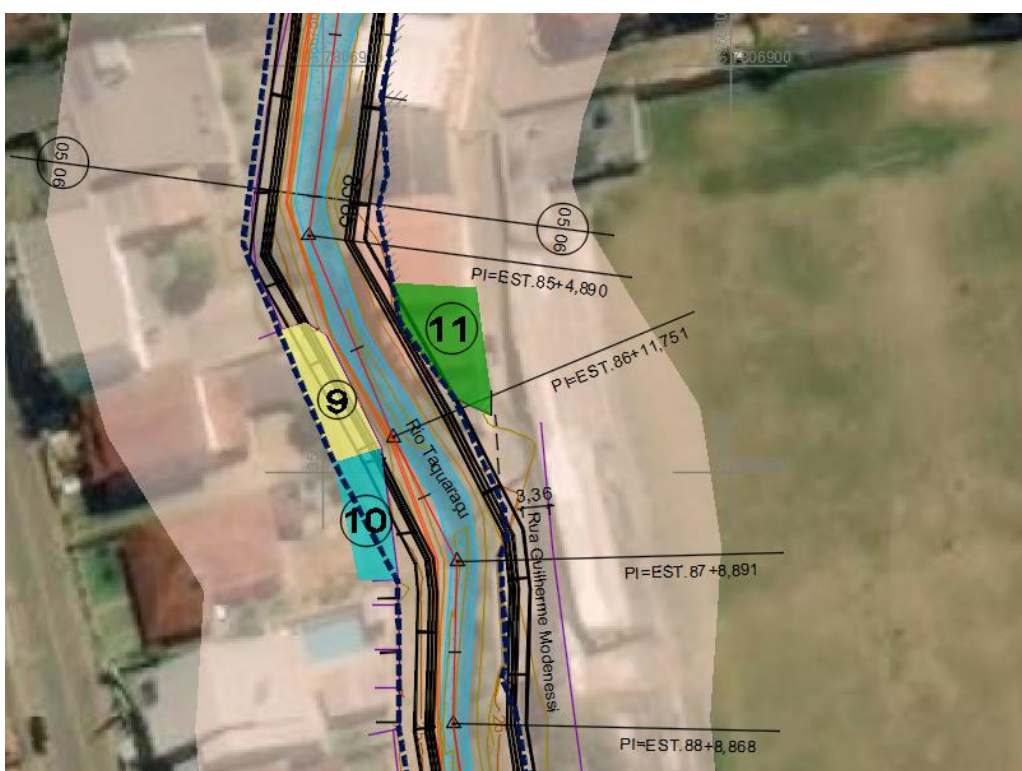


Figura – Edificações a serem desapropriadas nas proximidades da estaca 85.

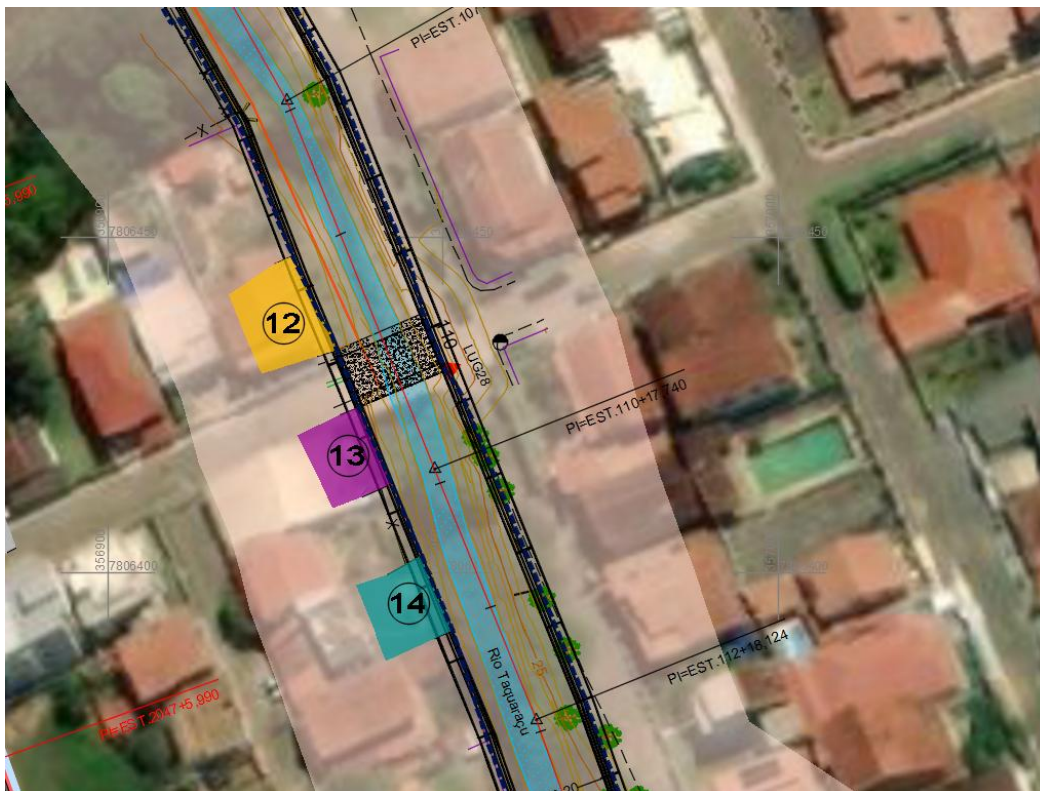


Figura – Edificações a serem desapropriadas nas proximidades da estaca 110.

Tabela – Resumo das edificações a serem desapropriadas.

TABELA DE EDIFICAÇÕES A SEREM DESAPROPRIADAS							
ID	ESTACA	COORDENADAS UTM		LADO	ÁREA (m²)	VALOR UNIT. (R\$/m²)	VALOR TOTAL (R\$)
		ESTE	NORTE				
ID-01	53+9,224	356.567,656	7.807.432,140	DIR.	A=101,00m²	R\$ 3.593,65	R\$ 362.958,65
ID-02	54+4,485	356.569,734	7.807.418,687	DIR.	A=90,00m²	R\$ 3.593,65	R\$ 323.428,50
ID-03	54+17,067	356.572,186	7.807.408,089	DIR.	A=85,00m²	R\$ 3.593,65	R\$ 305.460,25
ID-04	55+8,845	356.573,689	7.807.396,396	DIR.	A=42,00m²	R\$ 3.593,65	R\$ 150.933,30
ID-05	50+8,00	356.563,366	7.807.493,972	ESQ.	A=40,00m²	R\$ 3.593,65	R\$ 143.746,00
ID-06	51+11,05	356.567,369	7.807.472,152	ESQ.	A=110,00m²	R\$ 3.593,65	R\$ 395.301,50
ID-07	61+8,00	356.660,572	7.807.315,847	ESQ.	A=177,00m²	R\$ 3.593,65	R\$ 636.076,05
ID-08	80+10,00	356.736,961	7.806.969,593	DIR.	A=40,00m²	R\$ 3.593,65	R\$ 143.746,00
ID-09	86+5,00	356.751,659	7.806.858,862	DIR.	A=100,00m²	R\$ 3.593,65	R\$ 359.365,00
ID-10	87+0,00	356.755,309	7.806.844,047	DIR.	A=87,00m²	R\$ 3.593,65	R\$ 312.647,55
ID-11	86+0,00	356.765,724	7.806.867,615	ESQ.	A=123,00m²	R\$ 3.593,65	R\$ 442.018,95
ID-12	109+8,00	356.926,790	7.806.437,248	DIR.	A=165,00m²	R\$ 3.593,65	R\$ 592.952,25

TABELA DE EDIFICAÇÕES A SEREM DESAPROPRIADAS							
ID	ESTACA	COORDENADAS UTM		LADO	ÁREA (m²)	VALOR UNIT. (R\$/m²)	VALOR TOTAL (R\$)
		ESTE	NORTE				
ID-13	110+10,00	356.935,844	7.806.417,442	DIR.	A=122,00m²	R\$ 3.593,65	R\$ 438.425,30
ID-14	111+15,00	356.944,840	7.806.395,393	DIR.	A=128,00m²	R\$ 3.593,65	R\$ 459.987,20
						TOTAL:	R\$ 5.067.046,50

6 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Página 1/1

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-ES

ART de Obra ou Serviço

0820250100412

ART Individual

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do ES

1. Responsável Técnico

GUIDO PAULO SIMM

Título profissional: ENGENHEIRO CIVIL

RNP: 1705069223

Registro: PR-7769/D

Registro: 22263

Empresa contratada: CONSORCIO CONSULTOR SR I PROSUL -
QUADRANTE VIAPONTE

2. Dados do Contrato

Contratante: DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E DE RODOVIAS DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO

CPF/CNPJ: 04889717000197

Rua: AV. MARECHAL MASCARENHAS DE MORAES

Nº: 1501

Complemento:

CEP: 29010190

Cidade: VITORIA

UF: ES

Bairro: CENTRO

Telefone: 2736364485

Contrato: 062/2024

Nº do Aditivo: 0

Valor do Contrato/Honorários: R\$0,00

Tipo de contratante: PESSOA JURÍDICA

3. Dados da Obra/Serviço

Rua: AV. MARECHAL MASCARENHAS DE MORAES

Nº: 1501

Complemento:

Bairro: CENTRO

Quadra Lote

Cidade: VITORIA

UF: ES

CEP: 29010190

Data de início: 12/05/2025

Prev. Término: 17/06/2027

Coord. Geogr.:

Proprietário: DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E DE RODOVIAS DO ESTADO DO

CPF/CNPJ: 04889717000197

4. Atividade Técnica

Qtde de Pavimento(s): 0

Nº Pavimento(s): 0

Dimensão/Quantidade: 8,8

Unidade de medida: KM

ATIVIDADE(S) TÉCNICA(S): 59 - 23.1 - ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTO

PARTICIPAÇÃO:

NATUREZA: 100 - RESPONSABILIDADE TÉCNICA

NÍVEL: 100 - COORDENAÇÃO TÉCNICA

NATUREZA DO(S) SERVIÇO(S): 1102 - RODOVIAS

TIPO DA OBRA/SERVIÇO: 307 - DRENAGEM PLUVIAL / OBRA DE ARTE CORRENTE.308 - SINALIZAÇÃO VIÁRIA - HORIZONTAL/VERTICAL/SEMAFÓRICA.309 - PAVIMENTAÇÃO

PROJETO(S)/SERVIÇO(S): 100 - NENHUM

Após a conclusão das atividades técnicas, o profissional deverá proceder à baixa desta ART.

5. Observações

RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA ELABORAÇÃO DO ANTEPROJETO DE ENGENHARIA RODOVIÁRIA PARA PAVIMENTAÇÃO DA RODOVIA: ES-261/ES-080, TRECHO:
CONTORNO RODOVIÁRIO DA SEDE DO MUNICÍPIO DE SANTA TERESA. SERVIÇO 033-24.

6. Declarações

Acessibilidade: <declara a aplicabilidade das regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto
nº5.296, de 2 de dezembro de 2004, às atividades profissionais acima relacionadas.>

7. Entidade de classe

NENHUMA ENTIDADE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

Local

GUIDO PAULO
SIMM:11646527020

Data
Assinado em: 15/05/2025
Guilherme Paulo Simm 15/05/2025
Dados: 2625.05.16.11.35.14 CTR00

GUIDO PAULIN O SIMM - CPF: 11646527020

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E DE RODOVIAS DO ESTADO DO
ESPÍRITO SANTO - CPF/CNPJ: 04889717000197

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, podendo sua conferência ser realizada no site do CREA.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creaes.org.br ou www.confea.org.br
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creaes.org.br
tel: (27)3134-0046

creaes@creaes.org.br
art@creaes.org.br

CREA-ES
CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO ESPÍRITO SANTO

Valor ART: R\$ 103,03

Registrada em: 15/05/2025

Data de pagamento: 15/05/2025

Valor Pago: R\$ 103,03

Nosso Número: 2526954452

DER-ES - Depto. de Edificações e de Rodovias

Jefferson Garcia Lima
Diretor de Obras de Infraestrutura Logística
Matr. 3201546



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-ES

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do ES

Página 1/1

ART de Obra ou Serviço
0820250100407

ART Individual

1. Responsável Técnico

GUIDO PAULO SIMM

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: 1705069223

Registro: PR-7769/D

Empresa contratada: **CONSORCIO CONSULTOR SR I PROSUL -
QUADRANTE VIAPONTE**

Registro: 22263



2. Dados do Contrato

Contratante: **DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E DE RODOVIAS DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO** CPF/CNPJ: **04889717000197**

Rua: **AV. MARECHAL MASCARENHAS DE MORAES**

Nº: 1501

Complemento:

CEP: 29010190

Cidade: **VITORIA**

UF: **ES**

Bairro: **CENTRO**

Telefone: **2736364485**

Contrato: **062/2024**

Nº do Aditivo: **0**

Valor do Contrato/Honorários: **R\$0,00**

Tipo de contratante: **PESSOA JURÍDICA**

3. Dados da Obra/Serviço

Rua: **AV. MARECHAL MASCARENHAS DE MORAES**

Nº: 1501

Complemento:

Bairro: **CENTRO**

Quadra Lote

Cidade: **VITORIA**

UF: **ES**

CEP: 29010190

Data de início: **12/05/2025**

Prev. Término: **17/06/2027**

Coord. Geogr.:

Proprietário: **DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E DE RODOVIAS DO ESTADO DO**

CPF/CNPJ: **04889717000197**

4. Atividade Técnica

Qtde de Pavimento(s): **0** Nº Pavimento(s): **0** Dimensão/Quantidade: **33** Unidade de medida: **KM**

ATIVIDADE(S) TÉCNICA(S): **35 - 5.1 - ELABORAÇÃO DE PROJETO**

PARTICIPAÇÃO:

NATUREZA: **100 - RESPONSABILIDADE TÉCNICA**

NÍVEL: **100 - COORDENAÇÃO TÉCNICA**

NATUREZA DO(S) SERVIÇO(S): **1102 - RODOVIAS**

TIPO DA OBRA/SERVIÇO: **307 - DRENAGEM PLUVIAL / OBRA DE ARTE CORRENTE, 308 - SINALIZAÇÃO VIÁRIA - HORIZONTAL/VERTICAL/SEMAFÓRICA, 309 - PAVIMENTAÇÃO**

PROJETO(S)/SERVIÇO(S): **9 - ESTUDO GEOTÉCNICO, 14 - PROJETO TERRAPLE, DRENAGEM / PAVIMENTAÇÃO, 17 - PROJETO DE SINAL VERTICAL, HORIZONTAL, 10 - ESTUDO TOPOGRÁFICO**

Após a conclusão das atividades técnicas, o profissional deverá proceder a baixa desta ART.

5. Observações

RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA ELABORAÇÃO DO ANTEPROJETO DE ENGENHARIA RODOVIÁRIA PARA PAVIMENTAÇÃO DA RODOVIA: ES-261/ES-080, TRECHO: CONTOURNO RODOVIÁRIO DA SEDE DO MUNICÍPIO DE SANTA TERESA. SERVIÇO 033-24.

6. Declarações

Acessibilidade: <declara a aplicabilidade das regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, às atividades profissionais acima relacionadas.>

7. Entidade de classe

NENHUMA ENTIDADE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

Local _____ de _____ de _____
Local: **GUIDO PAULO** Assinado de forma digital por **GUIDO PAULO SIMM** 11646527020
Data: 2025.05.15 11:46:25 -03'00'
GUIDO PAULO SIMM - CPF: 11646527020

**DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E DE RODOVIAS DO ESTADO DO
ESPÍRITO SANTO - CPF/CNPJ: 04889717000197**

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, podendo sua conferência ser realizada no site do CREA.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creaes.org.br ou www.confes.org.br
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creaes.org.br creaes@creaes.org.br
tel: (27)3134-0046 art@creaes.org.br



Valor ART: R\$ 103,03 Registrada em: 15/05/2025 Data de pagamento: 15/05/2025 Valor Pago: R\$ 103,03 Nosso Número: 2526954029

Jefferson Garcia Lima
Diretor de Obras de Infraestrutura Logística
Matr. 3201546



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-ES

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do ES

Página 1/1

ART de Obra ou Serviço
0820250098867

ART de Equipe

1. Responsável Técnico

VALDEMAR JUNIOR MOREIRA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: 0813525004

Registro: ES-035980/D

Empresa contratada: CONSORCIO CONSULTOR SR I PROSUL -
QUADRANTE VIAPONTE

Registro: 22263



2. Dados do Contrato

Contratante: **DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E DE RODOVIAS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO** CPF/CNPJ: 04889717000197

Rua: AVENIDA MARECHAL MASCARENHAS DE MORAES

Nº: 1501

Complemento:

CEP: 29051015

Cidade: VITORIA

UF: ES

Bairro: ILHA DE SANTA MARIA

Telefone: 2736364485

Contrato: 062-2024

Nº do Aditivo: 0

Valor do Contrato/Honorários: R\$0,00

Tipo de contratante: PESSOA JURÍDICA

3. Dados da Obra/Serviço

Rua: AVENIDA MARECHAL MASCARENHAS DE MORAES

Nº: 1501

Complemento:

Bairro: ILHA DE SANTA MARIA

Quadra Lote

Cidade: VITORIA

UF: ES

CEP: 29051015

Data de início: 25/10/2024

Prev. Término: 17/06/2027

Coord. Geogr.:

Proprietário: DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E DE RODOVIAS DO ESTADO DO

CPF/CNPJ: 04889717000197

4. Atividade Técnica

Qtde de Pavimento(s): 0 Nº Pavimento(s): 0 Dimensão/Quantidade: 1 Unidade de medida: KM

ATIVIDADE(S) TÉCNICA(S): 35 - 5.1 - ELABORAÇÃO DE PROJETO

PARTICIPAÇÃO:

NATUREZA: 100 - RESPONSABILIDADE TÉCNICA

NÍVEL: 104 - EXECUÇÃO

NATUREZA DO(S) SERVIÇO(S): 1102 - RODOVIAS

TIPO DA OBRA/SERVIÇO: 307 - DRENAGEM PLUVIAL / OBRA DE ARTE CORRENTE, 308 - SINALIZAÇÃO VIÁRIA - HORIZONTAL/VERTICAL/SEMAFÓRICA, 309 - PAVIMENTAÇÃO

PROJETO(S)/SERVIÇO(S): 9 - ESTUDO GEOTÉCNICO, 14 - PROJETO TERRAPLE, DRENAGEM / PAVIMENTAÇÃO, 17 - PROJETO DE SINAL, VERTICAL, HORIZONTAL, 10 - ESTUDO TOPOGRÁFICO

Após a conclusão das atividades técnicas, o profissional deverá proceder a baixa desta ART.

5. Observações

ANTEPROJETO DE ENGENHARIA RODOVIÁRIA PARA PAVIMENTAÇÃO DA RODOVIA: ES-261/ES-080, TRECHO: CONTO RODOVIÁRIO DA SEDE DO MUNICÍPIO DE SANTA TERESA, COM EXTENSÃO DE 8,8KM

6. Declarações

Acessibilidade: <declara a aplicabilidade das regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº5.296, de 2 de dezembro de 2004, às atividades profissionais acima relacionadas.>

7. Entidade de classe

NENHUMA ENTIDADE

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, podendo sua conferência ser realizada no site do CREA.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creaes.org.br ou www.confes.org.br
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

V. TORRES, 14 de Maio de 2025

Local

Data

VALDEMAR JUNIOR MOREIRA - CPF: 07189179798

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E DE RODOVIAS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO - CPF/CNPJ: 04889717000197

www.creaes.org.br
tel: (27)3134-0046

creaes@creaes.org.br
art@creaes.org.br



CREA-ES
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo

Valor ART: R\$ 103,03

Registrada em: 14/05/2025

Data de pagamento: 14/05/2025

Valor Pago: R\$ 103,03

Nosso Número: 2526816734

DER-ES - Departamento de Edificações e de Rodovias-ES

Jefferson Garcia Lima
Diretor de Obras de Infraestrutura Local
Matr. 3201546

7 TERMO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Eu, Engenheiro GUIDO PAULO SIMM, responsável pela Planilhade quantidades e Orçamento, referente ao Anteprojeto de Engenharia para minimização dos impactos dos alagamentos no município de Ibiraçu/ES, declaro que foram calculados e verificados os quantitativos relativos ao projeto apresentado, bem como correta relação e compatibilização entre as quantidades orçadas e as previstas nos projetos, memoriais descritivos, memoriais de cálculo e demais documentos técnicos integrantes deste projeto, pelos quais assumimos total responsabilidade. Declaramos ainda que o projeto respeita as normas técnicas e contém os elementos suficientes para caracterização das obras.

Declaro também que o cronograma apresentado é totalmente exequível, com execução da obra em um prazo de 24 meses, corroborando assim com o processo de emergência cujo prazo total é de um ano a contar da data do evento.

Responsável Técnico

GUIDO PAULO SIMM

Engº Civil – CREA-PR 7769D/PR

8 TERMO DE ENCERRAMENTO

Encerra-se aqui o Volume 1 – RELATÓRIO DO ANTEPROJETO, referente a Pesquisas, Levantamentos e Estudos para Elaboração de Estudo Técnico Preliminar e Anteprojeto de Engenharia para minimização dos impactos dos alagamentos no município de Ibirapu/ES.

Vitória (ES), Abril de 2026.

GUIDO PAULO SIMM
Eng° Civil – CREA-PR 7769D/PR