
**ESTUDO DE CONCEPÇÃO DE SOLUÇÕES COMPLEMENTARES
DE DRENAGEM AMBIENTAL - ITAPEVA (SP)**

Maio/2024
Rev. 1



Data	Responsável Técnico	Revisão	Visto
05/2024	Rafael D'Ambrósio	1	<i>Rafael</i>
04/2024	Rafael D'Ambrósio	0	<i>Rafael</i>



ÍNDICE

1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO EMPREENDIMENTO.....	6
1.1. Dados do Empreendimento	6
1.2. Dados do Empreendedor.....	6
1.3. Dados do Projetista.....	6
2. APRESENTAÇÃO.....	7
3. METODOLOGIA GERAL	9
4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....	10
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL DA BACIA	10
4.2 CARACTERIZAÇÃO HIDROCLIMATOLÓGICA.....	12
4.3 ÁREA DE DRENAGEM.....	14
4.4 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO (C)	17
4.5 DECLIVIDADE DO TALVEGUE	18
4.6 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO - t_c	23
4.7 PRECIPITAÇÕES INTENSAS DE PROJETO	24
4.8 MÉTODO RACIONAL.....	28
4.9 PERÍODO DE RETORNO.....	28
4.10 RESULTADOS - VAZÕES DE CHEIAS.....	29
4.11 RESULTADOS - POTENCIAL DE AMORTECIMENTO DE VAZÕES NA LAGOA.....	31
5. CONSIDERAÇÕES SOBRE O APORTE DE SÓLIDOS NA BACIA.....	33
5.1 ESTIMATIVA DO APORTE DE SÓLIDOS.....	33
6. DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES ATUAIS.....	35
6.1 VISITA TÉCNICA.....	35
6.2 DOCUMENTOS ANALISADOS.....	40
6.3 RESUMO DAS CONDIÇÕES.....	41
7. PROPOSTAS DE SOLUÇÕES	43
7.1 DESCRIÇÃO GERAL.....	43
7.2 ARRANJO GERAL DAS SOLUÇÕES / INTERVENÇÕES.....	44
7.3 DESCRITIVO DAS SOLUÇÕES / INTERVENÇÕES	45
7.4 ESTIMATIVA DA EFICIÊNCIA DAS SOLUÇÕES.....	50
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	52
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53





ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Determinação do Coeficiente de escoamento equivalente.....	18
Tabela 2 – Declividade do talvegue – Área Ponto A.....	19
Tabela 3 – Declividade do talvegue – Área 2 – área incremental entre a área A e o eixo da Lagoa existente.....	20
Tabela 4 – Declividade do talvegue – Área 3 – área incremental entre a área A e o eixo da Lagoa existente.....	21
Tabela 5 – Declividade do talvegue – Área 3 – área incremental entre a área A e o eixo da Lagoa existente.....	22
Tabela 6 – Tempo de concentração calculado.....	24
Tabela 7 - Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h (Fonte: DAEE, 2018)	25
Tabela 8 - Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm. (Fonte: DAEE, 2018)	25
Tabela 9 – Cálculo de Vazões – Ponto A.....	29
Tabela 10 – Cálculo de Vazões – Ponto B	30
Tabela 11 – Cálculo de Vazões – Ponto C.....	30
Tabela 12 – Cálculo de Vazões – Ponto D	30
Tabela 13 – Volume Útil (Fonte: 54. CÁLCULO DE VAZÃO_INTERLAGOS_R003).....	31
Tabela 14 – Memória de Cálculo – vazões amortecidas de cheias.....	32
Tabela 15 – Classes de perda de solo segundo Riquier, 1982	34
Tabela 16 – Classes de perda de solo segundo Riquier, 1982	34
Tabela 17 – Estimativa de aporte de sedimentos – situação atual (sem empreendimento).....	34
Tabela 18 – Estimativa de aporte de sedimentos – situação atual (com empreendimento).....	35
Tabela 19 – Síntese dos pontos identificados	41
Tabela 20 – Resumo das Intervenções propostas	43
Tabela 21 – Resumo das análises hidráulicas.....	48
Tabela 22 – Resumo dos benefícios na retenção de sólidos	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localização Geral da Área de Estudo	7
Figura 2: Localização da Área de Estudo	8
Figuras 3 e 4: área de nascente e ponto de foz do córrego na represa Pilão d’Água....	9
Figura 5: Localização da UGRHI 14 no Estado de São Paulo	11
Figura 6: Localização da área de estudo nas sub-bacias da UGRHI 14	11
Figura 7: Classificação do Clima do Estado de São Paulo – Sistema Internacional de Köppen.	12
Figura 8: Precipitações médias mensais - Itapeva.....	14



Figura 9 – Áreas de Drenagem delimitadas	16
Figura 10 – Curvas I-D-F em função do período de retorno em anos.....	26
Figura 11 – Curvas I-D-F em função da duração.....	27
Figura 12 – Representação triangular dos hidrogramas de cheias.....	32
Figura 13 – Vista da represa, com destaque para a área prevista para implantação de dispositivo de retenção de sólidos	36
Figura 14 – Presença de turbidez na Lagoa existente.....	36
Figura 15 – Parcela de futura área de implantação do loteamento.....	37
Figura 16 – Área das Obras de duplicação da SP-258, com vista para o ponto de lançamento na área de nascente.....	37
Figura 17 – Vista do interior da galeria em degraus, com foco na área sobre a nascente.....	38
Figura 18 – Vista do ponto de lançamento da travessia sob a SP-258, e conexão hidráulica com os lançamentos adjacentes de drenagem	38
Figura 19 – Vista do ponto de lançamento da travessia sob a SP-258, e conexão hidráulica com os lançamentos adjacentes de drenagem	39
Figura 20 – Vista do ponto de proteção em enrocamento lançado na área de nascente.....	39
Figura 21 – Vista da movimentação de terra em área com susceptibilidade à carreamento para o córrego em estudo	40
Figura 22 – Vista da movimentação de terra em área com presença de sistemas de contenção de sólidos (paliçada e sump de retenção de água).....	40
Figura 23 – Arranjo Geral das Intervenções propostas	44
Figura 24 – Intervenção 1 – Localização geral – Barreira em gabião	45
Figura 25 – Intervenção 1 - Seção típica – Dique para retenção de sólidos.....	46
Figura 26 – Intervenção 2 – Arranjo Geral – barreiras / diques de retenção de sólidos	47
Figura 27 – Intervenção 2 – Perfil típico – barreiras / diques de retenção de sólidos.....	47
Figura 28 – Intervenção 5 – Perfil típico – canal	48
Figura 29 – Intervenção 3 – Paliçadas	49
Figura 30 – Intervenção 3 – Sumps retentores de sedimentos.....	49
Figura 31 – Intervenção 3 – Arranjo Geral das soluções – etapa de Obras	50



1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO EMPREENDIMENTO

1.1. Dados do Empreendimento

- Loteamento De Acesso Controlado - Residencial Interlagos
- Rua: Estrada Municipal Hilário Martins
- Bairro: Ribeirão Fundo / Pilão d'água
- Município: Itapeva – SP
-

1.2. Dados do Empreendedor

- Empreendedor: BS & J.L.F.N. INTERLAGOS EMPREENDIMENTOS IMOBILIARIOS SPE LTDA
- Endereço: Av. Vereador José Caixeta Magalhães
- Bairro: Ipanema
- Município: Patos de Minas – MG

1.3. Dados do Projetista

- Nome: Hidro Consultoria.
- Telefone: (11) 981240222
- E-mail: rafael@hidroconsultoria.com.br
- Responsável Técnico do Projeto: Eng. Rafael C. D'Ambrósio da Silva
- CREA/SP. No: 5062350731

Rafael C. D' Ambrosio da Silva



2. APRESENTAÇÃO

O presente Relatório Técnico tem como objetivo apresentar os Estudos de Concepção de soluções complementares de Drenagem ao empreendimento LOTEAMENTO DE ACESSO CONTROLADO - RESIDENCIAL INTERLAGOS, localizado no município de Itapeva (SP).

O empreendimento possui uma abrangência de cerca de 250.000 m² e está localizado entre a rodovia SP- 258 (Rod. Francisco Alves Negrão) e a represa Pilão d'Água, inserido no setor norte da cidade de Itapeva (SP). O loteamento está parcialmente inserido em área de nascente e curso d'água natural, o qual desagua na represa mencionada.

A represa em questão possui uma especial relevância dentro do contexto do município por consistir em manancial para abastecimento da cidade, por meio do barramento existente sobre o Ribeirão Fundo, assim como tem recebido recentes programas de desassoreamento (Programa Rios Vivos de Revitalização e Sustentabilidade Hídrica), em parceria com o DAEE.

A Figura 1 a seguir ilustra a localização geral da área estudada, em relação ao restante do Estado do São Paulo. A Figura 2, por sua vez, apresenta a localização da área de estudo em relação às principais localidades do entorno.



Figura 1: Localização Geral da Área de Estudo





Figura 2: Localização da Área de Estudo

Atualmente a rodovia SP-258 tem sido alvo de intervenções como duplicação e implantação de interseção / retorno, com destaque para as áreas adjacentes ao empreendimento. As obras dos sistemas e dispositivos de drenagem tem importante relevância para o presente Estudo, uma vez que seu desague ocorre imediatamente a montante da nascente mencionada, e ocasiona em impactos diretos às análises.

Por fim, tanto as obras da rodovia, quanto as futuras obras do empreendimento tem sido objeto de análises e discussões complementares no que tange aos potenciais impactos na área de nascente influenciada por ambos, e que compõe, por sua vez, em área de contribuição hídrica para a represa de Pilão d'Água. Estes impactos estão relacionados principalmente ao risco de aumento de concentração de sólidos, óleos, turbidez entre outros na área de manancial.

Desta forma, o presente documento visa contribuir por meio da avaliação das atuais fragilidades quanto ao risco de impacto direto no lançamento de escoamentos em desacordo na represa de Pilão d'Água por parte do empreendimento, bem como na proposição de soluções complementares às já previstas, para mitigar o aporte de sólidos entre outros no manancial.





Figuras 3 e 4: área de nascente e ponto de foz do córrego na represa Pilão d'Água

3. METODOLOGIA GERAL

Os Estudos seguiram a metodologia mencionada a seguir:

- Realização de visita técnica ao local das futuras obras do empreendimento.
- Elaboração de Estudos Hidrológicos para a consolidação das vazões de drenagem de referência nos principais pontos notáveis ao trabalho.
- Avaliação preliminar da estimativa de aporte de sólidos ao sistema, nas condições atual e futura.
- Compilação e consolidação das análises por meio de Diagnóstico dos pontos de fragilidade quanto ao risco de aumento significativo de aporte de volumes pluviais ou fluviais em desacordo na represa Pilão d'Água.
- Identificação de potenciais soluções de Engenharia para melhorar as condições de aporte de volumes pluviais ou fluviais na represa Pilão d'Água, tanto para a vida útil do empreendimento quanto para a condição de obras.



4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os Estudos Hidrológicos têm o objetivo de determinar as vazões de cheias no córrego afluente ao Ribeirão Fundo nos principais pontos de interesse para os Estudos, e propor soluções de Engenharia para redução e contenção do aporte sólidos no referido corpo hídrico, visando mitigar eventuais impactos na represa de Pilão d'Água.

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL DA BACIA

O curso d'água em objeto no presente estudo consiste em um pequeno afluente do Ribeirão Fundo, sendo esse um dos formadores do Rio do Pilão d'Água. Esse curso d'água (Rio do Pilão d'Água), por sua vez, consiste em um dos afluentes do rio Taquari, pertencente à bacia do rio Paranapanema. Toda a bacia está localizada na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 14 no Estado de São Paulo.

A UGRHI 14 correspondente à Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema, localiza-se na região sudoeste do Estado de São Paulo. Possui uma área de drenagem de 22.550 Km², compreendendo a Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema, cujos principais cursos d'água são: Rio Paranapanema, Rio Apiaí-Guaçu, Rio Taquari, Rio Itapetininga, Rio Verde, Rio Capivari, Rio Itararé e Ribeirão das Almas. No território da bacia, encontram-se os reservatórios Boa Vista, Jurumirim, Piraju e Chavantes.

A UGRHI 14 limita-se ao Norte com a UGRHI 17, Médio Paranapanema, ao Sul com a UGRHI 11, Ribeira de Iguape e Litoral Sul, a Leste com a UGRHI 10, Tietê/Sorocaba e a Oeste com a região Nordeste do Estado do Paraná (Plano de Bacia – CETEC).



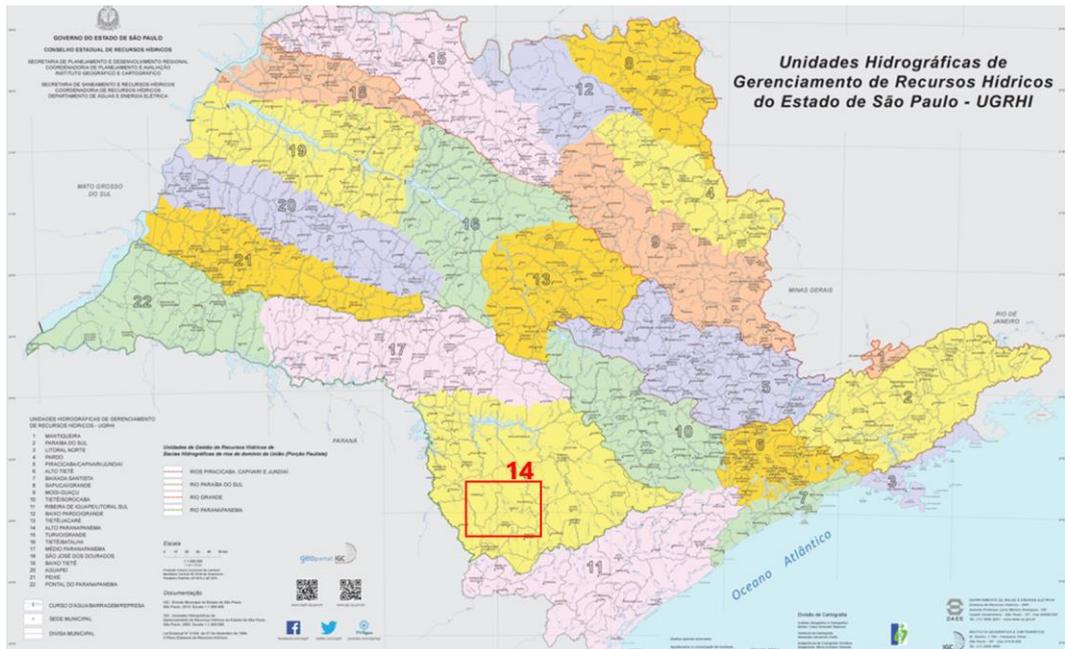


Figura 5: Localização da UGRHI 14 no Estado de São Paulo
Fonte: DAEE

Considerando as sub-bacias da UGRHI 14 o município de Itapeva se localiza na sub-bacia do Alto Taquari, conforme figura a seguir.



Figura 6: Localização da área de estudo nas sub-bacias da UGRHI 14
Fonte: Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema (UGRH 14), 2018.

Código	Sub-bacia	Área dedrenagem (km²)	Municípios
21	Baixo Itararé	872,43	Fartura / Timburi / Taguai / Sarutaia / Coronel Macedo
22	Rio Verde	1.645,39	Barão de Antonina / Itaporanga / Riversul / Coronel Macedo / Itararé / Itaberá
23	Alto Itararé	848,64	Itararé / Riversul / Itaporanga / Bom Sucesso de Itararé / Barão de Antonina
30	Rio Paranapanema Inferior	1.608,26	Ipaussu / Sarutaia / Piraju / Manduri / Bernardino de Campos / Timburi / Tejupá
41	Baixo Taquari	1.963,55	Tejupá / Itai / Itaberá / Taquarituba / Coronel Macedo
43	Alto Taquari	2.483,36	Itaberá / Itapeva / Nova Campina / Ribeirão Branco / Bom Sucesso de Itararé
51	Rib. da Posse/ Rio Paranapanema	1.734,18	Arandu / Itai/ Paranapanema
53	Rios Guareí / Jacu / Sto. Inácio / Paranapanema	2.668,17	Guareí / Angatuba / Paranapanema
61	Baixo Apiaí-Guaçu	879,49	Buri / Taquarivai
62	Rio Apiaí-Mirim	828,33	Guapiara / Capão Bonito
63	Alto Apiaí-Guaçu	1.118,48	Ribeirão Branco / Itapeva / Taquarivai
81	Baixo Itapetininga	1.400,78	Itapetininga / Angatuba / Campina do Monte Alegre
83	Alto Itapetininga	1.182,44	Pilar do Sul / Itapetininga / São Miguel Arcanjo
91	Rio Paranapitanga / Paranapanema	995,80	Campina do Monte Alegre / Capão Bonito / Buri
92	Rio das Almas	701,15	Capão Bonito / Ribeirão Grande
93	Rio Turvo / Paranapanema Superior	1.617,16	São Miguel Arcanjo / Capão Bonito
ÁREA TOTAL		22.547,61	

Quadro 1: Sub-bacias da UGRHI 14

Fonte: SIGRH – UGRHI 09.

4.2 CARACTERIZAÇÃO HIDROCLIMATOLÓGICA

De acordo com a classificação climática internacional de Köppen, a região de Itapeva caracteriza-se por pertencer ao grupo Cwa ou seja, clima mesotérmico (subtropical e temperado) com verões quentes e chuvosos, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C.

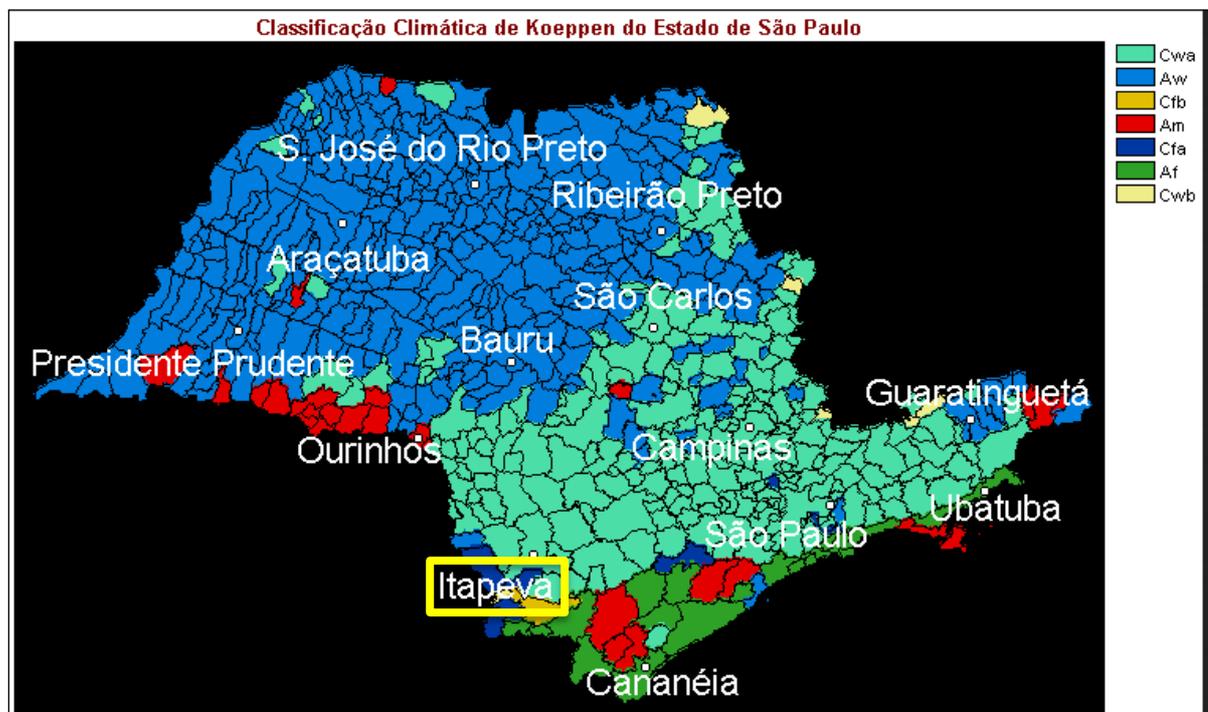


Figura 7: Classificação do Clima do Estado de São Paulo – Sistema Internacional de Köppen.

Temperatura média Normal		Total de chuva do mês mais seco (Pms)	Total de chuva anual (P)	Descrição do Tipo de Clima segundo Köppen (Climas Úmidos)		Símbolo
do mês mais frio	do mês mais quente					
≥ 18°C	≥ 22°C	≥ 60mm		TROPICAL	sem estação seca	Af
		< 60mm	< 2500 - 27,27. Pms		TROPICAL com chuvas excessivas	Inverno Seco
	≥ 2500 - 27,27. Pms		SUBTROPICAL	Quente		
< 18°C	< 22°C	< 30mm				Temperado
				≥ 22°C		sem estação seca
	< 22°C	≥ 30mm			Temperado	

Quadro 2: Classificação climática de Köppen.

O clima da UGRHI do Alto Paranapanema pode ser classificado, de um modo geral, como tropical úmido com ligeira variação entre as regiões mais ao interior e a serra de Paranapiacaba. Os limites dos tipos climáticos não são perfeitamente definidos nem fixos, pois tais limites deslocam-se de ano para ano e, na realidade, devem representar uma faixa ou zona de transição de largura variável. Quanto à distribuição espacial e temporal das chuvas, na UGRHI 14 chove, em média, cerca de 1.200 mm/ano, sendo as sub-bacia 83, 92 e 93, com 1.800 mm/ano, as que apresentam maiores precipitações. O trecho mais chuvoso da UGRHI abrange as áreas da serra do Paranapiacaba com médias anuais de 1800 mm (Plano de Bacia – CETEC).

Segundo dados disponibilizados de precipitações disponibilizados pela ANA (Agência Nacional de Águas) para a estação pluviométrica Itapeva (2348031) o total precipitado anual é de 1220 mm, corroborando os dados mencionados no Plano de Bacia. Na sequência segue ficha técnica da estação em questão, e precipitações médias mensais obtidas.

Dados Estação

Código	2348031
Nome Estação	ITAPEVA
Código Adicional	
Bacia	6 - RIO PARANÁ
SubBacia	64 - RIOS PARANÁ, PARANAPANEMA E ...
Rio	
Estado	SÃO PAULO
Município	ITAPEVA
Responsável	DAEE-SP
Operadora	DAEE-SP
Latitude	-23.9667
Longitude	-48.95
Altitude (m)	620

Área de Drenagem (Km²)

Quadro 3: Ficha Técnica – Estação Itapeva (Fonte: ANA – Hidroweb)

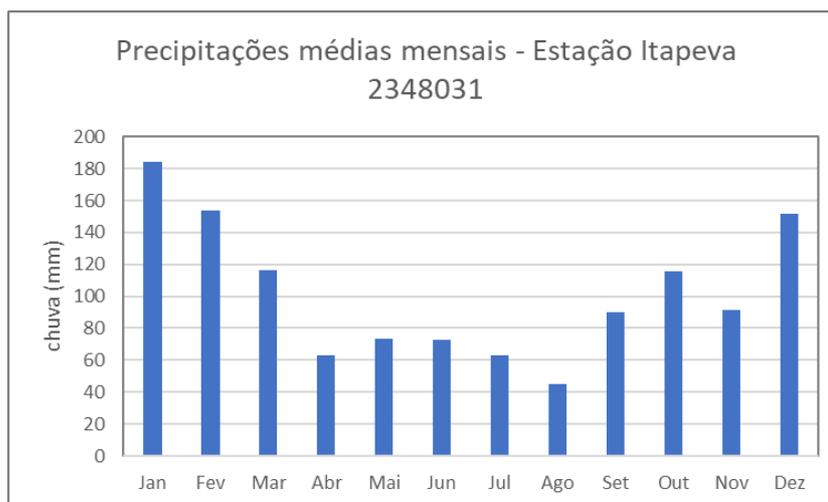


Figura 8: Precipitações médias mensais - Itapeva

4.3 ÁREA DE DRENAGEM

Para a delimitação das áreas de drenagem do córrego afluente ao Ribeirão Fundo foram utilizados Modelos Digitais de Elevação (MDE) obtidos das imagens do satélite ALOS PALSAR, com resolução espacial de 12,5 metros e imagens de 2011.

Preferiu-se no presente documento tal base topográfica, pois a carta IBGE pertinente não reflete às alterações antrópicas existentes e não incorpora igualmente os sistemas de microdrenagem existentes.



Hidro Consultoria

Celular: +55 (11) 9 8124 0222

E-mail: contato@hidroconsultoria.com.br

Website: hidroconsultoria.com.br

Rafael

Página 14

Para o manuseio dessas informações foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento para a determinação de curvas de nível, delimitação das áreas (e subáreas) de drenagem, entre outros. Para o presente caso foram considerados os softwares QGIS, Civil 3D e Google Earth.

A delimitação da bacia de contribuição é apresentada na figura a seguir e em desenho Anexo a este relatório.

Conforme delimitado, são definidos os seguintes pontos de controle e área de drenagem correspondente:

Área 1 = área no ponto de lançamento no talvegue natural (ponto A) = 260.781 m²

Área 2 = área incremental entre a área A e o eixo da Lagoa existente (entre os pontos A e B) = 171.934 m²

Área 3 = área incremental entre o eixo da Lagoa existente e o lançamento da drenagem na represa Pilão d'Água (entre os pontos B e C) = 38.913 m²

Área 4 = área incremental entre o eixo da Lagoa existente e o lançamento da drenagem na represa Pilão d'Água (ponto D) = 63.632 m²

Assim, as áreas acumuladas seguem conforme abaixo:

Área Ponto A – Travessia sob a rodovia SP-258 = 260.781 m².

Área Ponto B – eixo do Dique da Lagoa = 432.715 m².

Área Ponto C – Lançamento da drenagem na represa Pilão d'Água = 471.628 m².

Área Ponto D – Lançamento da drenagem isolada = 63.632 m².



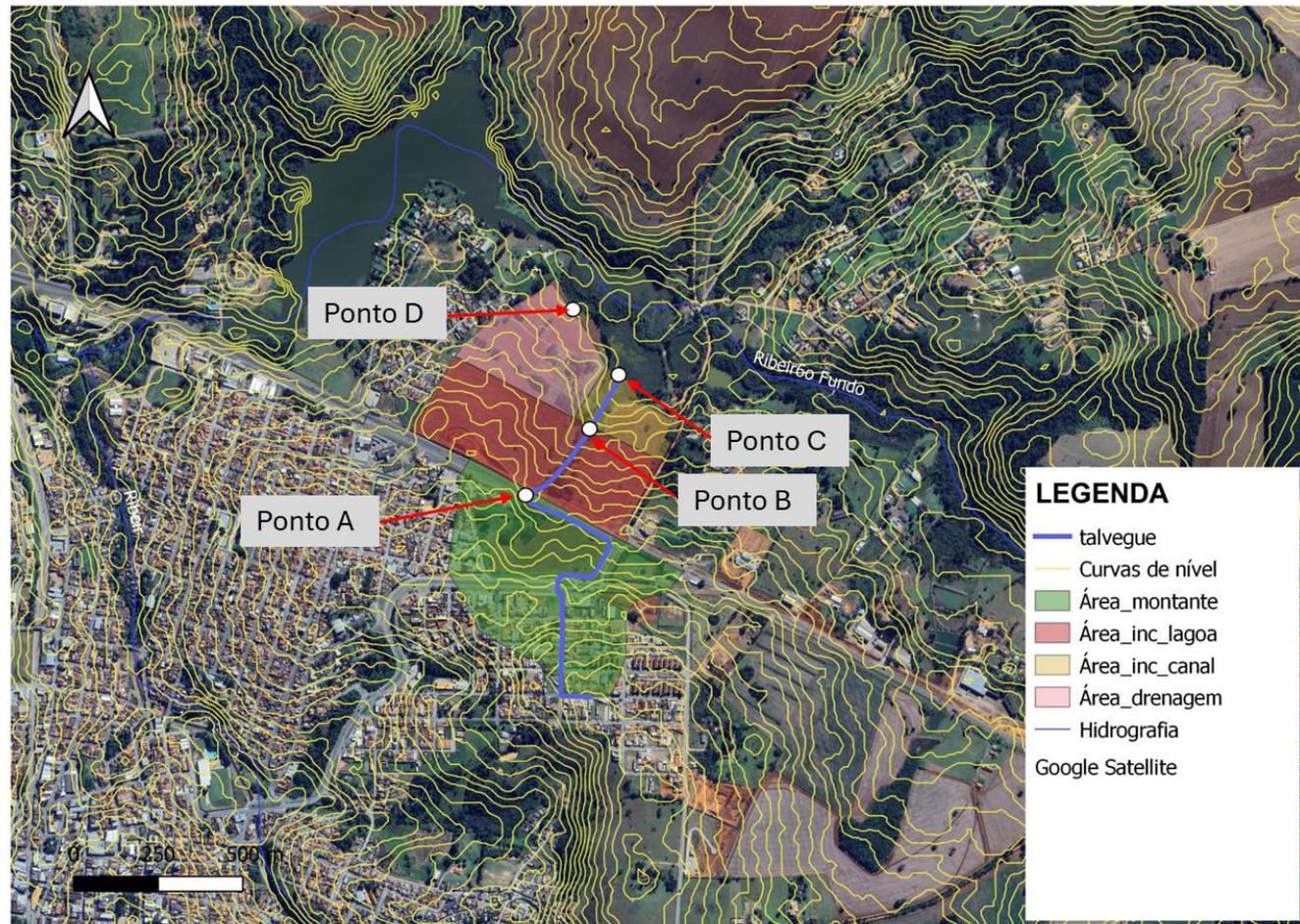


Figura 9 – Áreas de Drenagem delimitadas



4.4 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO (C)

Utilizando a topografia informada e com base na planta de bacia em anexo foram determinadas as características físicas do talvegue em estudo, atrelado aos pontos de estudo, no que engloba os efeitos de infiltração, armazenamento por detenção, evaporação, retenção, encaminhamento das descargas e interceptação, efeitos esses que afetam a distribuição cronológica e a magnitude do pico de deflúvio superficial direto.

Para a determinação dos Coeficientes de escoamento Superficial ou coeficiente de “runoff”, foram utilizados valores tabelados apresentados pela bibliografia, com destaque para os valores típicos de coeficiente de escoamento superficial sugeridos pelo DAEE (1994), conforme quadro a seguir, e recomendações posteriores.

USO DO SOLO OU GRAU DE URBANIZAÇÃO	VALORES DE C	
	MÍNIMOS	MÁXIMOS
Área totalmente urbanizada	0,50	1,00
Área parcialmente urbanizada	0,35	0,50
Área predominantemente de plantações, pastos etc.	0,20	0,35

Quadro 4: Coeficientes de escoamento superficial ou coeficiente de “runoff” (DAEE, 1994).

C: Coeficiente de escoamento superficial, que representa o grau de impermeabilização da bacia:

- Edificação muito densa: Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas: C = 0,70 - 0,95
- Edificações não muito densa: Parte adjacente ao centro, de menos densidade de habitantes, mas com ruas e calçadas pavimentadas: C = 0,60 - 0,70
- Edificações com poucas superfícies livres: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas: C = 0,50 - 0,60
- Edificações com muitas superfícies livres: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas: C = 0,25 - 0,50
- Subúrbios com alguma edificação: Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção: C = 0,10 - 0,25
- Matas, parques e campo de esportes: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação: C = 0,05 - 0,20

Desta maneira, foram calculados os coeficientes de escoamento equivalentes para cada Bacia, que correspondeu à soma ponderadas dos usos do solo pelos respectivos coeficientes de escoamentos. Os resultados seguem na tabela a seguir.



Tabela 1: Determinação do Coeficiente de Escoamento equivalente

Bacia	C típico	0,95	0,70	0,3	C equiv.
	Área total (m ²)	Área Impermeável (m ²)	Área Residencial (m ²)	Áreas abertas descampadas (m ²)	
A	260.781	51548	124746	84487	0,62
B	171.934		141591	30343	0,63
A+B	432.715	51548	266337	114830	0,62
C	38.913		23348	15565	0,54
A+B+C	471.628	51548	289685	130395	0,62
D	63.662,00		63662		0,70

4.5 DECLIVIDADE DO TALVEGUE

Utilizando a topografia informada e com base na planta de bacia em anexo foi determinado as características físicas do talvegue em estudo, e atrelado aos pontos de estudo.



Tabela 2 – Declividade do talvegue – Área Ponto A

Bacia : Área Ponto A						
Ponto	Compr. Parcial	Comp. Acum.	COTA	Altura H	Altura Média	Produto
1	57	0	745	0	2,50	142,50
2	120	57	740	5	7,50	900,00
3	45	177	735	10	12,50	562,50
4	55	222	730	15	17,50	962,50
5	25	277	725	20	22,50	562,50
6	120	302	720	25	27,50	3300,00
7	25	422	715	30	32,50	812,50
8	110	447	710	35	37,50	4125,00
9	45	557	705	40	42,50	1912,50
10	45	602	700	45	47,50	2137,50
11	150	647	695	50	52,50	7875,00
12	25	797	690	55	57,50	1437,50
13			685	60	30,00	0,00
Soma=	822				Soma=	7242,5

H_{máx.} = 745,00 m

i_{médio} = 7,299 %

L_{talv.} = 822,00 m

H_{médio} = 60,00 m

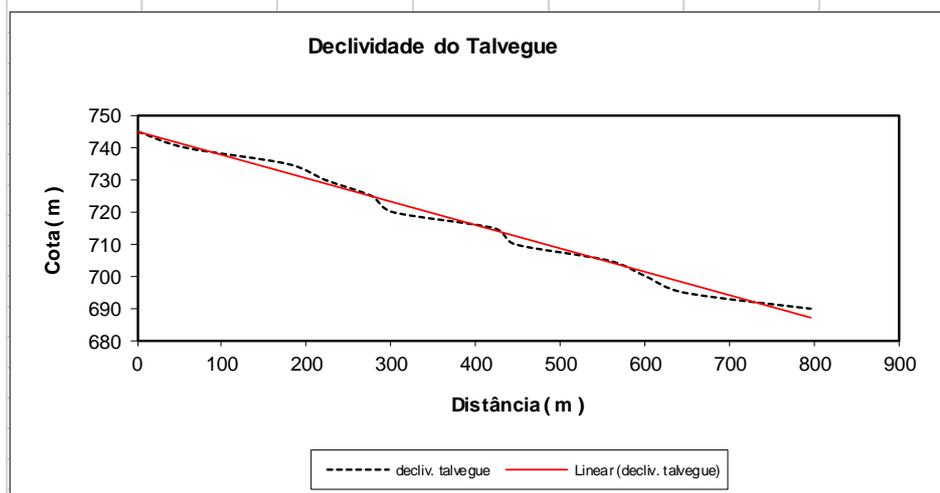


Tabela 3 – Declividade do talvegue – Área 2 – área incremental entre a área A e o eixo da Lagoa existente

Bacia : Área 2 = área incremental entre a área A e o eixo da Lagoa existente (entre os pontos A e B)						
Ponto	Compr. Parcial	Comp. Acum.	COTA	Altura H	Altura Média	Produto
1	85	0	685	0	2,50	212,50
2	60	85	680	5	7,50	450,00
3	25	145	675	10	12,50	312,50
4	35	170	670	15	17,50	612,50
5	65	205	665	20	22,50	1462,50
6	38	270	660	25	27,50	1045,00
7			655	30	15,00	0
Soma=	308				Soma=	4095

H_{máx.} = 685,00 m	i_{médio} = 9,740 %
	9,740
L_{talv.} = 308,00 m	H_{médio} = 30,00 m

Declividade do Talvegue

----- decliv. talvegue — Linear (decliv. talvegue)



Tabela 4 – Declividade do talvegue – Área 3 – área incremental entre a área A e o eixo da Lagoa existente

Bacia : área incremental entre o eixo da Lagoa existente e o lançamento da drenagem na represa Pilão d'Água (entre os pontos B e C)						
Ponto	Compr. Parcial	Comp. Acum.	COTA	Altura H	Altura Média	Produto
1	40	0	655	0	2,50	100,00
2	45	40	650	5	7,50	337,50
3	75	85	645	10	10,50	787,50
4			644	11	5,50	0,00
5						
6						
7						
Soma=	160				Soma=	1225

$H_{\text{máx}} = 655,00 \text{ m}$	$i_{\text{médio}} = 6,875 \%$
	6,875

$L_{\text{talv.}} = 160,00 \text{ m}$	$H_{\text{médio}} = 11,00 \text{ m}$
---------------------------------------	--------------------------------------

Declividade do Talvegue

----- decliv. talvegue — Linear (decliv. talvegue)



Tabela 5 – Declividade do talvegue – Área 3 – área incremental entre a área A e o eixo da Lagoa existente

Bacia : área incremental entre o eixo da Lagoa existente e o lançamento da drenagem na represa Pilão d'Água (entre os pontos B e C)						
Ponto	Compr. Parcial	Comp. Acum.	COTA	Altura H	Altura Média	Produto
1	40	0	655	0	2,50	100,00
2	45	40	650	5	7,50	337,50
3	75	85	645	10	10,50	787,50
4			644	11	5,50	0,00
5						
6						
7						
Soma=	160				Soma=	1225

$H_{\text{máx}} = 655,00 \text{ m}$	$i_{\text{médio}} = 6,875 \%$
	6,875

$L_{\text{talv.}} = 160,00 \text{ m}$	$H_{\text{médio}} = 11,00 \text{ m}$
---------------------------------------	--------------------------------------

Declividade do Talvegue

----- decliv. talvegue ——— Linear (decliv. talvegue)

Não foi determinada a declividade da bacia do ponto D pois o mesmo está atrelado ao projeto de drenagem desenvolvido para o projeto do Loteamento.



4.6 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO - t_c

Para a determinação do tempo de concentração foram consideradas e comparados os resultados obtidos por meio de duas metodologias padronizadas, sendo:

Método de Kirpich

O Método de Kirpich é comumente adequada para estimar o tempo de concentração de pequenas bacias, menores do que 0,5 Km² de área.

A formulação de Kirpich, conforme apresentado pelo DAEE, pode ser considerada de duas formas diferentes.

$$t_c = 57 * \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

Onde:

L = Comprimento do Talvegue metros (km)

ΔH = Desnível entre o divisor da bacia e a seção de interesse (m)

Método Cinemático

O Método cinemático considera a somatória de tempos de trânsito do escoamento. Sua formulação consiste na seguinte expressão:

$$T_{c(\text{trecho } i)} = T_{c(\text{trecho } i-1)} + \frac{L}{(V \times 60)}$$

Onde:

$T_{c(\text{trecho } i)}$ Tempo de concentração do trecho que está sendo dimensionado (min);

$T_{c(\text{trecho } i-1)}$ = Tempo de concentração do trecho à montante do trecho que está sendo dimensionado (min);

L = Comprimento do trecho que está sendo dimensionado (m);

V = Velocidade de escoamento (m/s).

Por fim, a determinação do tempo de concentração considerou os resultados obtidos para os dois métodos, e condicionando ao tempo de concentração **mínimo de 5 min**.



Tabela 6 – Tempo de concentração calculado

Tempo de concentração (tc) (min)			
	Ponto A - Travessia SP-268	Trecho entre os pontos B e C - eixo Lagoa	Trecho entre os pontos B e C - Lançamento na represa
Método Kirpich	9,4	3,9	2,7
Método Cinemático	10,1	5,8	2,7
Valor adotado	10	5,0	3,0

4.7 PRECIPITAÇÕES INTENSAS DE PROJETO

Para a determinação das precipitações intensas de projeto foi utilizada a equação de chuvas intensas desenvolvidas para Itararé (SP), sendo a mais próxima para a região, conforme foram obtidas através da publicação do DAEE – CTH Precipitações Intensas do estado de São Paulo de setembro de 2018, conforme apresentada a seguir.

4.31 Precipitações intensas para Itararé

Nome da estação/ Entidade: Itararé – F6-004R/ DAEE

Autor: Martinez e Magni (1999)

Coordenadas geográficas: Lat. 24° 07' S; Long. 49° 20' W

Altitude: 760 m

Duração da estação: 1956-1999

Período de dados: 1970; 1972-1986; 1988-1989; 1993-1997 (23 anos).

$$i_{t,T} = 20,02 (t+10)^{-0,7961} + 11,45(t+10)^{-0,9224} [-0,4778 - 0,9046 \ln \ln(T/T-1)]$$

para $10 \leq t \leq 1440$

Onde: i: intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T, em mm/min;

t: duração da chuva em minutos;

T: período de retorno em anos.



Tabela 7 - Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h (Fonte: DAEE, 2018)

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	104,3	148,7	178,1	194,7	206,4	215,3	242,9	270,3	297,5
20	75,7	106,3	126,6	138,0	146,0	152,1	171,1	189,9	208,7
30	60,4	83,8	99,3	108,1	114,2	118,9	133,5	147,9	162,3
60	38,8	52,8	62,1	67,3	71,0	73,8	82,5	91,1	99,7
120	23,8	31,7	36,9	39,9	42,0	43,6	48,5	53,3	58,2
180	17,6	23,2	26,9	29,0	30,4	31,6	35,0	38,4	41,9
360	10,4	13,4	15,4	16,5	17,3	17,9	19,8	21,7	23,5
720	6,1	7,7	8,8	9,4	9,8	10,1	11,1	12,1	13,1
1080	4,4	5,5	6,3	6,7	7,0	7,2	7,9	8,6	9,3
1440	3,5	4,4	5,0	5,3	5,5	5,7	6,2	6,7	7,2

Tabela 8 - Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm. (Fonte: DAEE, 2018)

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	17,4	24,8	29,7	32,5	34,4	35,9	40,5	45,0	49,6
20	25,2	35,4	42,2	46,0	48,7	50,7	57,0	63,3	69,6
30	30,2	41,9	49,7	54,0	57,1	59,5	66,7	74,0	81,2
60	38,8	52,8	62,1	67,3	71,0	73,8	82,5	91,1	99,7
120	47,6	63,4	73,9	79,8	83,9	87,1	96,9	106,7	116,4
180	52,9	69,6	80,7	86,9	91,3	94,7	105,0	115,3	125,6
360	62,5	80,5	92,5	99,3	104,0	107,6	118,8	130,0	141,1
720	73,0	92,3	105,1	112,3	117,3	121,2	133,2	145,1	157,0
1080	79,7	99,7	113,0	120,4	125,7	129,7	142,1	154,5	166,7
1440	84,8	105,3	118,9	126,5	131,9	136,0	148,8	161,4	174,0



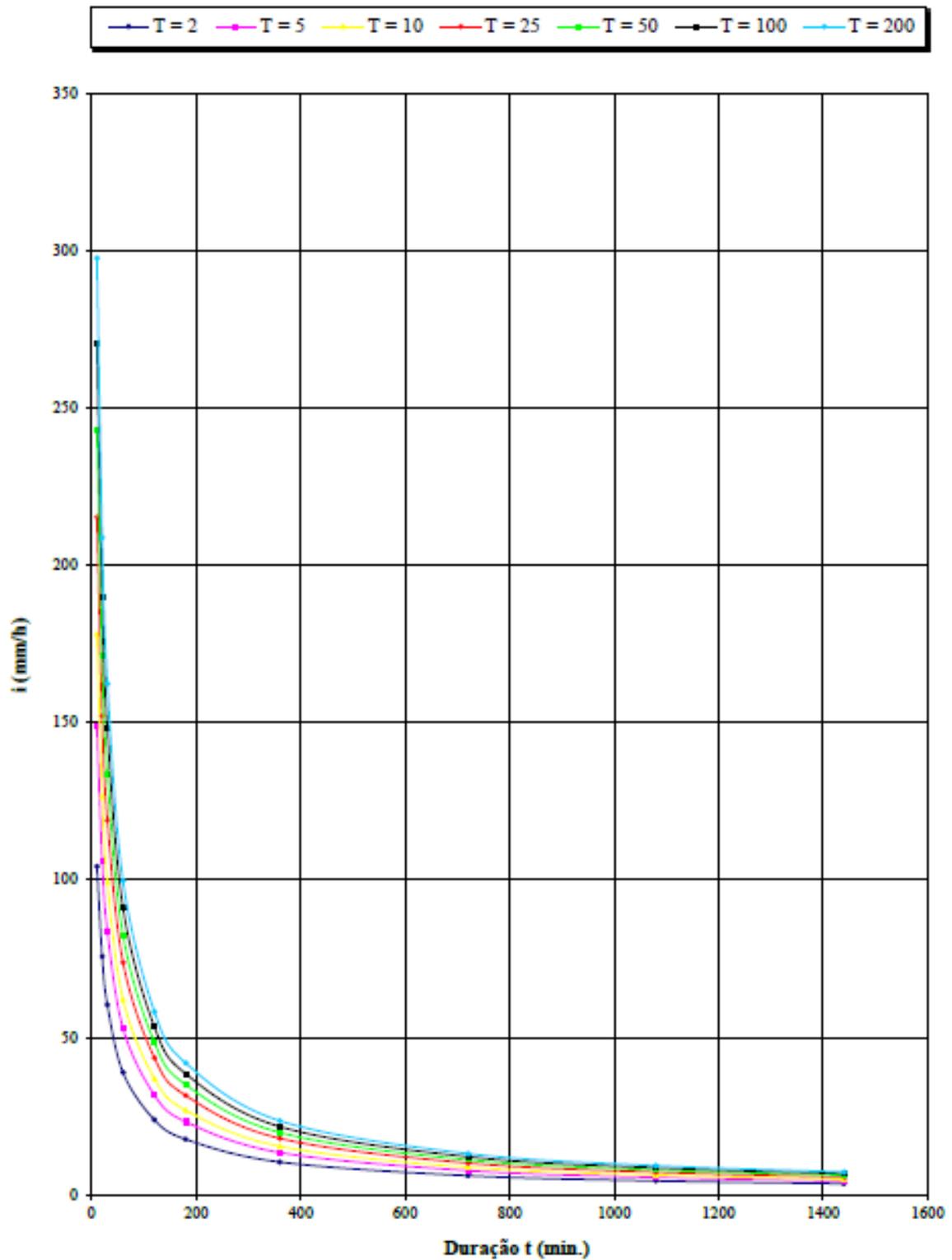


Figura 10 – Curvas I-D-F em função do período de retorno em anos



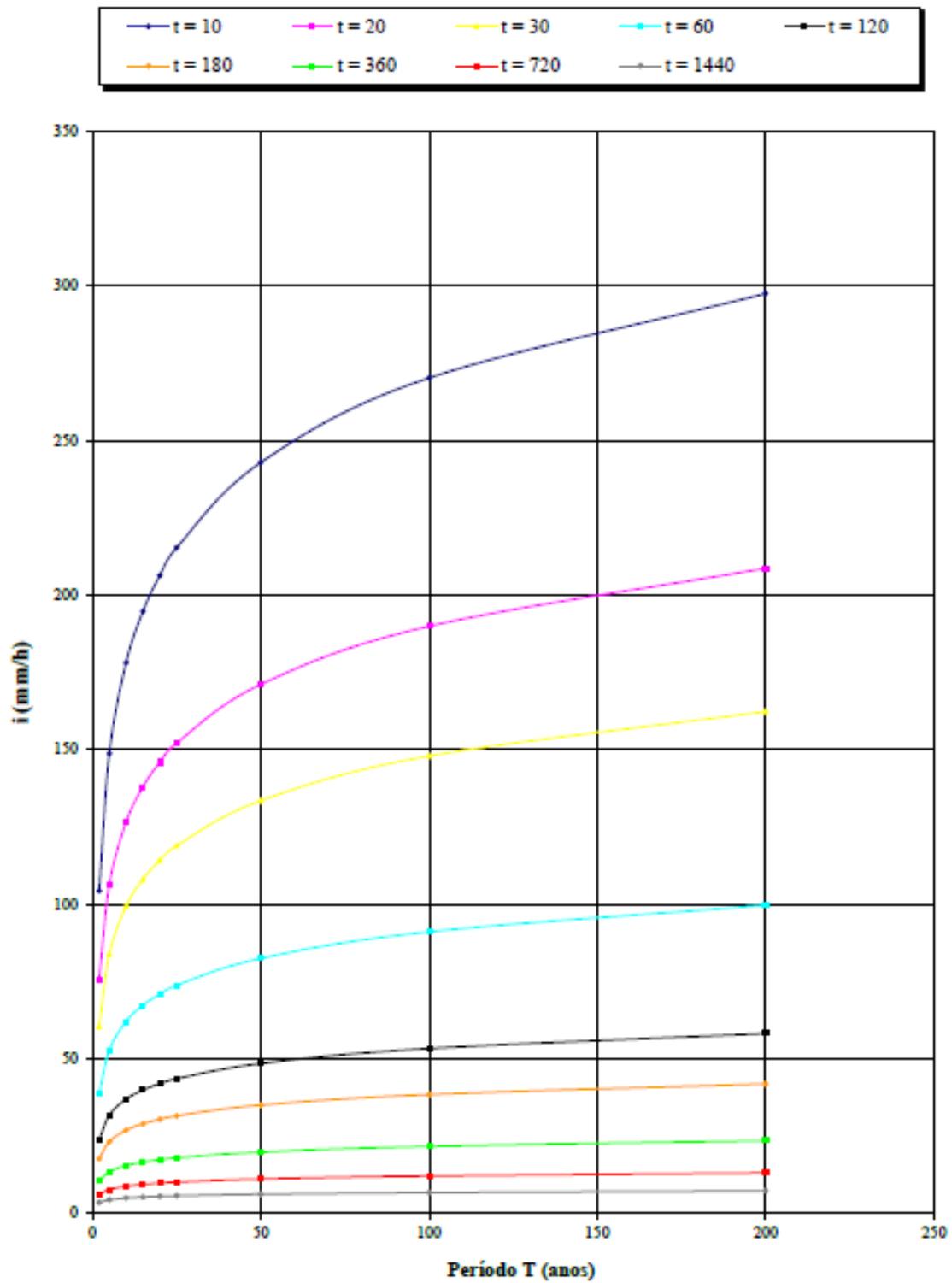


Figura 11 – Curvas I-D-F em função da duração



4.8 MÉTODO RACIONAL

Quando não há uma série histórica de dados fluviométricos na bacia hidrográfica, é necessária a utilização de métodos sintéticos para determinar as vazões na região desejada.

Os métodos sintéticos recomendados, segundo diretrizes do DAEE consistem nos apresentados a seguir.

- Racional Área < 2,0 Km²
- I Pai Wu 2,0 Km² < Área < 200 Km²
- Prof. Kokei Uehara 200 Km² < Área < 600 Km²
- Hidrograma Unitário Área > 600 Km²

Considerando que a área de drenagem total dos Estudos é de cerca de 0,47 km², o **Método Racional** consiste no principal método recomendado para o cálculo de vazões de cheias. Os princípios básicos desta metodologia consideram a precipitação intensa de projeto igual ao tempo de concentração. Em bacias pequenas, as condições mais críticas ocorrem devido a precipitações convectivas que possuem pequena duração e grande intensidade, para avaliar o uso e ocupação do solo adota-se um coeficiente único de perdas (coeficiente de runoff), conforme determinado no item

Para realizar a determinação da vazão de uma bacia através do Método Racional utiliza-se a seguinte formulação:

$$Q = 0,1667 * C * i * A$$

Onde:

- Q – vazão (m³/s)
- C – coeficiente de runoff (adimensional)
- i – intensidade de chuva (mm/min)
- A – área da bacia (ha)

4.9 PERÍODO DE RETORNO

Para a avaliação do Período de Retorno de dimensionamento das intervenções foram consideradas as seguintes diretrizes:

DAEE - INSTRUÇÃO TÉCNICA DPO nº 11, DE 30/05/2017

Na adoção de período de retorno para determinação da vazão máxima de projeto, recomenda-se respeitar os valores mínimos discriminados nas tabelas a seguir.



Localização	TR (anos)
Zona rural	25*
Zona urbana ou de expansão urbana	100

* Em projetos de canalizações ou de travessias de maior importância ou porte, independentemente de sua localização, recomenda ser adotado o mínimo de 100 anos para o período de retorno.

Quadro 5: Valores mínimos de período de retorno (TR) para projetos de canalizações e travessias (Fonte: DAEE, 2017).

Demais estudos já desenvolvidos para o empreendimento em objeto:

Descrição da Obra	Período de Retorno (TR) - em anos
Sistema de Drenagem Superficial	2 a 10
Canais em terra	10 a 20
Canais Urbanos	25 a 50
Bueiros Rodoviários	10 a 25
Canais urbanos em áreas centrais	50 a 100

Quadro 6: Valores mínimos de período de retorno (TR) para projetos de canalizações e travessias (Adaptado de: WILKEN (1978), CETESB (1979) E SANTOS (1984)).

4.10 RESULTADOS – VAZÕES DE CHEIAS

Quando não há uma série histórica de dados fluviométricos na bacia hidrográfica, é necessária a utilização de métodos sintéticos para determinar as vazões na região desejada.

Tabela 9 – Cálculo de Vazões – Ponto A

Ponto	Bacia	Área (m ²)	Área (ha)	Coef. (C)	Compr.L (Km)	Desnível	Declividade (m/Km)	Tempo	Vazão de Projeto		Mét. Cálculo	TR
						Médio		Conc. Tc	i (mm/min)	Qp (m ³ /s)		
						H (m)	(min)					
Ponto A - Travessia	1	260781,00	26,08	0,62	0,82	60,00	72,99	10,0	1,23	3,31	Racional	2
		260781,00	26,08	0,62	0,82	60,00	72,99	10,0	1,97	5,31	Racional	5
		260781,00	26,08	0,62	0,82	60,00	72,99	10,0	2,46	6,63	Racional	10
		260781,00	26,08	0,62	0,82	60,00	72,99	10,0	3,08	8,30	Racional	25
		260781,00	26,08	0,62	0,82	60,00	72,99	10,0	3,54	9,54	Racional	50
		260781,00	26,08	0,62	0,82	60,00	72,99	10,0	4,00	10,76	Racional	100

Tabela 10 – Cálculo de Vazões – Ponto B

Ponto	Bacia	Área (m ²)	Área (ha)	Coef. (C)	Compr.L (Km)	Desnível	Declividade (m/Km)	Tempo	Vazão de Projeto		Mét. Cálculo	TR
						Médio		Conc. Tc	Qp			
						H (m)	(min)	i (mm/min)	(m ³ /s)			
Ponto B - eixo Lagoa	1+2	432715,0	43,27	0,62	1,13	90,00	72,99	15,0	1,09	4,92	Racional	2
		432715,0	43,27	0,62	1,13	90,00	72,99	15,0	1,70	7,64	Racional	5
		432715,0	43,27	0,62	1,13	90,00	72,99	15,0	2,10	9,43	Racional	10
		432715,0	43,27	0,62	1,13	90,00	72,99	15,0	2,60	11,70	Racional	25
		432715,0	43,27	0,62	1,13	90,00	72,99	15,0	2,98	13,38	Racional	50
		432715,0	43,27	0,62	1,13	90,00	72,99	15,0	3,35	15,05	Racional	100

Tabela 11 – Cálculo de Vazões – Ponto C

Ponto	Bacia	Área (m ²)	Área (ha)	Coef. (C)	Compr.L (Km)	Desnível	Declividade (m/Km)	Tempo	Vazão de Projeto		Mét. Cálculo	TR
						Médio		Conc. Tc	Qp			
						H (m)	(min)	i (mm/min)	(m ³ /s)			
Ponto C - lançamento Represa	1+2+3	471628,00	47,16	0,62	1,29	101,00	78,29	18,00	1,03	4,99	Racional	2
		471628,00	47,16	0,62	1,29	101,00	78,29	18,00	1,57	7,62	Racional	5
		471628,00	47,16	0,62	1,29	101,00	78,29	18,00	1,93	9,36	Racional	10
		471628,00	47,16	0,62	1,29	101,00	78,29	18,00	2,39	11,56	Racional	25
		471628,00	47,16	0,62	1,29	101,00	78,29	18,00	2,72	13,20	Racional	50
		471628,00	47,16	0,62	1,29	101,00	78,29	18,00	3,06	14,82	Racional	100

Tabela 12 – Cálculo de Vazões – Ponto D

Ponto	Bacia	Área (m ²)	Área (ha)	Coef. (C)	Compr.L (Km)	Desnível	Declividade (m/Km)	Tempo	Vazão de Projeto		Mét. Cálculo	TR
						Médio		Conc. Tc	Qp			
						H (m)	(min)	i (mm/min)	(m ³ /s)			
Ponto D - Rede de Drenagem - Lançamento 2	4	63662	6,37	0,70	0,20	20,00	98,21	10,85	1,20	0,89	Racional	2
		63662,00	6,37	0,70	0,20	20,00	98,21	10,85	1,92	1,42	Racional	5
		63662,00	6,37	0,70	0,20	20,00	98,21	10,85	2,39	1,77	Racional	10
		63662,00	6,37	0,70	0,20	20,00	98,21	10,85	2,98	2,22	Racional	25
		63662,00	6,37	0,70	0,20	20,00	98,21	10,85	3,43	2,55	Racional	50
		63662,00	6,37	0,70	0,20	20,00	98,21	10,85	3,87	2,87	Racional	100



Ressalta-se que nos resultados apresentados não foram avaliados eventuais efeitos de amortecimento de vazões na Lagoa existente / a ser ampliada (ponto B do presente Estudo). Isso se deve ao fato de que para efeitos de dimensionamento de estruturas hidráulicas a jusante de reservatórios de pequenas dimensões, recomenda-se que tais amortecimentos sejam desconsiderados. No entanto, para avaliação dos potenciais amortecimentos na Lagoa existente foram realizadas avaliações complementares, segundo item 4.11 a seguir.

4.11 RESULTADOS – POTENCIAL DE AMORTECIMENTO DE VAZÕES NA LAGOA

O presente item tem por objetivo avaliar o potencial de amortecimento de picos de vazões devido à ampliação da Lagoa existente no empreendimento.

Para isso, foram considerados os dados disponibilizados no documento 54. CÁLCULO DE VAZÃO_INTERLAGOS_R003, no qual são apresentadas as seguintes informações.

Tabela 13 – Volume Útil (Fonte: 54. CÁLCULO DE VAZÃO_INTERLAGOS_R003)

Cota (m)	661,00	662,50
Volume (m ³)	1.600,00	5.500,00

O Volume útil considerado para a Lagoa consistiu na diferença dos volumes associados às cotas 662,50 e 661,0 m (conforme tabela acima), resultando em 5500,00 – 1600,00 = 3.900 m³

Para a avaliação da vazão de vertimento máxima na Lagoa foi considerada a metodologia simplificada de amortecimento, conforme documento DAEE - Guia Prático Para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas.

A figura a seguir ilustra a metodologia em questão.



							Redução no pico de vazões
TR 2 anos	QEmáx (2) =	4,92	m ³ /s	Qsmáx (5)=	2,04	m ³ /s	59%
TR 5 anos	QEmáx (5) =	7,64	m ³ /s	Qsmáx (5)=	4,75	m ³ /s	38%
TR 10 anos	QEmáx (10) =	9,43	m ³ /s	Qsmáx (10)=	6,54	m ³ /s	31%
TR 25 anos	QEmáx (25) =	11,70	m ³ /s	Qsmáx (25)=	8,81	m ³ /s	25%
TR 50 anos	QEmáx (50) =	13,38	m ³ /s	Qsmáx (50)=	10,49	m ³ /s	22%
TR 100 anos	QEmáx (100) =	15,05	m ³ /s	Qsmáx (100)=	12,16	m ³ /s	19%

QE: Vazão de entrada / Qs: Vazão de saída

5. CONSIDERAÇÕES SOBRE O APORTE DE SÓLIDOS NA BACIA

5.1 ESTIMATIVA DO APORTE DE SÓLIDOS

No presente item é apresentado estimativas e considerações sobre a expectativa de aporte de sólidos na bacia hidrográfica do córrego afluente ao Ribeirão Fundo.

Para isso foi realizada uma estimativa da perda de solo na Bacia, tanto nas condições atuais quanto futuras, para melhor entendimento do potencial de aporte de sólidos nos sistemas de drenagem existentes e concebidos.

Para a estimativa da produção de sólidos na Bacia recorreu-se à resultados compilados por meio da Equação Universal de perdas de solo (USLE). Esta consiste, segundo Carvalho (2008), na fórmula mais empregada para cálculo de erosões em termos médios anuais. Esta considera o produto de parâmetros básicos, considerando fatores ativos e passivos. Foi estabelecida com base em dados estudados em mais de 10.000 lotes, com distintas características de clima, solo, relevo e cultivo, de dimensões reduzidas.

Assim, foi considerada resultados de análises complementares à equação mencionada, que chegam à valores de degradação do solo referente à erosões hídricas e eólicas, segundo tabela a seguir.



Tabela 15 – Classes de perda de solo segundo Riquier, 1982

CLASSES	Erosão hídrica e eólica (t/ha.ano)
I - Nula a pequena	Até 10
II - moderada	10 a 15
III - forte	50 a 200
IV - muito forte	≥ 200

Cabe destacar que por consistir em uma bacia parcialmente urbana, existem demais fatores que podem impactar em menor ou maior grau no aporte de sedimentos nos corpos hídricos, sendo, dentre outros:

- Taxa de varrição de ruas
- Eficiência do sistema de coleta de lixo
- Poluição difusa por óleos
- Quantidade de obras civis em andamento

Considerando as características pertinentes à bacia hidrográfica em questão (figura 10) são padronizadas as seguintes taxas de produção de sedimentos:

Tabela 16 – Classes de perda de solo segundo Riquier, 1982

Tipo de uso do solo	Produção de sedimentos (t/ha.ano)
Áreas rurais arborizadas	10
Áreas rurais desprotegidas	25
Rodovias	100
Áreas Urbanas	200

Tabela 17 – Estimativa de aporte de sedimentos – situação atual (sem empreendimento)

Área (figura 9)	Área total (m ²)	Áreas rurais arborizadas	Áreas rurais desprotegidas	Rodovias	Áreas Urbanas	t/ano	m ³ /ano
A	260.781	10%	40%	10%	40%	1721,2	717,1
B	171.934	10%	90%	0%	0%	790,9	329,5
C	38.913,00	10%	90%	0%	0%	179,0	74,6
D	63.662,00	20%	80%	0%	0%	267,4	111,4
TOTAL						2958,4	1232,7

Tabela 18 – Estimativa de aporte de sedimentos – situação atual (com empreendimento)

Área (figura 9)	Área total (m ²)	Áreas rurais arborizadas	Áreas rurais desprotegidas	Rodovias	Áreas Urbanas	t/ano	m ³ /ano
A	260.781	10%	40%	10%	40%	1721	717
B	171.934	10%	0%	0%	90%	1565	652
C	38.913	10%	90%	0%	90%	529	221
D	63.662	20%	80%	0%	80%	777	324
TOTAL						4592	1913

Conforme demonstrado, é estimado que o aporte de sedimento aumente em cerca de 55% com a implantação do empreendimento.

Estes números devem ser entendidos como potenciais, sabendo que uma parcela fica retida temporariamente nos sistemas de drenagem e demais barreiras naturais até a ocorrência de eventos de chuvas intensas, capazes de carrear grandes quantidades de material.

6. DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES ATUAIS

6.1 VISITA TÉCNICA

Foi realizada em 21/04/24 uma visita técnica à área de Estudo com o objetivo de coletar em campo informações sobre os principais pontos de atenção e fragilidade à implantação do empreendimento no que diz respeito ao córrego afluente ao Ribeirão Fundo e a particularidades da área.

Na sequência são apresentados alguns dos pontos registrados.





Figura 13 – Vista da represa, com destaque para a área prevista para implantação de dispositivo de retenção de sólidos



Figura 14 – Presença de turbidez na Lagoa existente





Figura 15 – Parcela de futura área de implantação do loteamento



Figura 16 – Área das Obras de duplicação da SP-258, com vista para o ponto de lançamento na área de nascente





Figura 17 – Vista do interior da galeria em degraus, com foco na área sobre a nascente



Figura 18 – Vista do ponto de lançamento da travessia sob a SP-258, e conexão hidráulica com os lançamentos adjacentes de drenagem

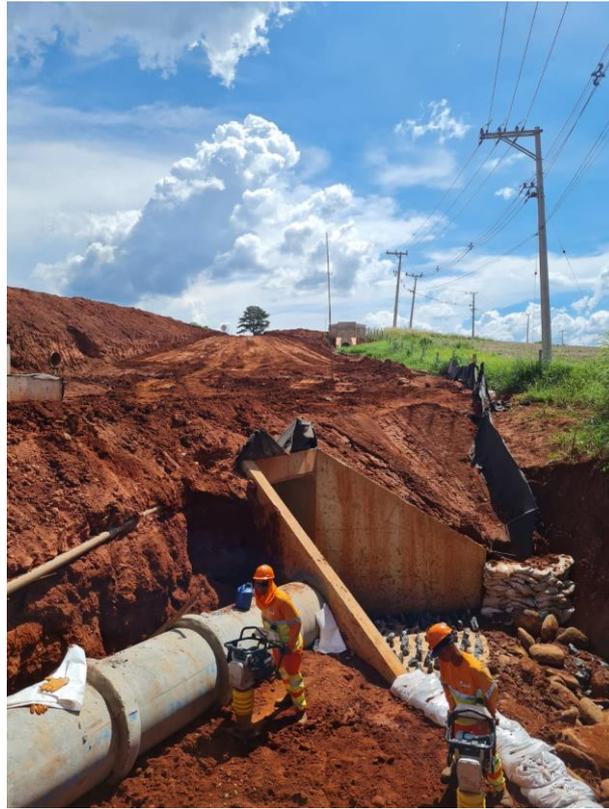


Figura 19 – Vista do ponto de lançamento da travessia sob a SP-258, e conexão hidráulica com os lançamentos adjacentes de drenagem



Figura 20 – Vista do ponto de proteção em enrocamento lançado na área de nascente





Figura 21 – Vista da movimentação de terra em área com susceptibilidade à carreamento para o córrego em estudo



Figura 22 – Vista da movimentação de terra em área com presença de sistemas de contenção de sólidos (paliçada e sump de retenção de água)

6.2 DOCUMENTOS ANALISADOS

Além da visita realizada foram analisados documentos do projeto de implantação do empreendimento / loteamento, com destaque para:



Projeto de Arquitetura

- DRE-001-PL-ARC-R06

Projeto de Terraplenagem

- TER-001-PL a TER-008-PL-R06

Projeto de Sistema de drenagem

- DRE-003-SL-GAL-R05
- DRE-004-PL-LAN-R07
- DRE-MC-R07

Projeto de Sistema vertente da Lagoa e Canalização de jusante

- 54. CÁLCULO DE VAZÃO_CANALIZAÇÃO_INTERLAGOS_R002
- 54.PROJETO CANALIZAÇÃO DO CORREGO-TRAVESSIA
- 54. MEMORIAL DESCRITIVO DE OBRA – CANALIZAÇÃO
- 54.PROJETO CANALIZAÇÃO DO CORREGO-TRAVESSIA

6.3 RESUMO DAS CONDIÇÕES

Com base na análise de documentos disponíveis e na visita realizada, foram listadas as seguintes fragilidades quanto ao potencial de lançamento de escoamentos no Ribeirão Fundo com concentrações excessivas de sólidos e turbidez:

Tabela 19 – Síntese dos pontos identificados

ITEM	PONTO DE REF.	DESCRIÇÃO	IMPACTO
1	A	Bacia de Dissipação ineficiente a jusante do lançamento da galeria da nascente.	Aumento de erosões de finos a jusante do lançamento, a partir da área de enrocamento lançado
			Aumento da turbidez da água
			Erosão progressiva no pé do lançamento
			Potencial dano na saída do dreno de nascente
2	A	Duplicação da Rodovia SP-258	Aumento da produção de sólidos e óleos devido à implantação da rodovia – Aumento do assoreamento do Lago artificial. Situação mitigada devido à implantação das caixas de controle ambiental.



3	B	Implantação do empreendimento (loteamento) irá reduzir o tempo de concentração da área e aumentar os picos de vazões, além de aumentar o carregamento de poluentes que serão produzidos na área do empreendimento.	Aumento da produção de sólidos e óleos devido à implantação do empreendimento – Aumento do assoreamento do Lago artificial e canal de jusante. Situação mitigada devido à proposição de ampliação da Lagoa
4	D	Parcela das redes de drenagem projetada não dispõe de dispositivo de retenção de sólidos (Lançamento 2) ou podem ser melhor aproveitados	Lançamento direto na Lagoa (Parque Pilão d'água)
5	C	Sistema de canalização proposta possui baixa eficiência na retenção de sólidos	A canalização proposta irá atenuar o lançamento de particulados diretamente na Lagoa, contudo, com baixa eficácia
6	C	O canal projetado foi dimensionado para velocidade muito elevada (5,0 m/s) e sem dispositivo de dissipação ao final	Erosões na margem do reservatório
			Aumento da turbidez da água
7	C	Obras de Implantação do empreendimento (loteamento) irão aumentar significativamente o aporte de sólidos para a represa, necessitando de intervenções durante a etapa de Obras.	Aumento da turbidez da água durante as obras

Conforme tabela acima as questões expostas se enquadram dentro das seguintes linhas:

- Situações de aumento de erosões ou demais gerações de sólidos / sedimentos: Itens 1, 2, 3 e 7.
- Situações de sistemas com baixa eficiência na retenção de sólidos ou que podem ser otimizados: Itens 4, 5 e 6.

Entende-se ainda que os itens 1 e 2 se referem às obras da duplicação da SP-258 e não estão associadas necessariamente às obras do loteamento. Contudo, tais itens devem ser abordados pois impactam e impactarão diretamente no curso d'água em objeto, e os impactos serão cumulativos com os potencialmente oriundos da implantação do empreendimento. Desta forma, recomenda-se uma sinergia de ações entre as partes envolvidas (concessionária, BS & J.L.F.N. INTERLAGOS EMPREENDIMENTOS IMOBILIARIOS SPE LTDA, DAEE, Prefeitura de Itapeva, entre outros.



7. PROPOSTAS DE SOLUÇÕES

7.1 DESCRIÇÃO GERAL

As soluções tiveram as seguintes Linhas de Ação principais:

1 - Reduzir a energia do escoamento

- 2.1 – Implantar sistemas de dissipação de energia quanto pertinente.
- 2.2 – Evitar escoamento com altas velocidades em áreas não revestidas.
- 2.3 – Reduzir velocidade de escoamento nos dispositivos de macrodrenagem.
- 2.4 – Aumentar novas dissipações ao escoamento.
- 2.5 – Aumentar área vegetada.
- 2.6 – Reduzir vazões de pico de cheias.

Neste sentido foram concebidas 3 Intervenções principais, conforme segue:

Tabela 20 – Resumo das Intervenções propostas

Intervenção	Descrição
1	Implantação de barreiras / diques em gabião imediatamente a montante do Lago artificial existente
2	Substituição do Canal em concreto por um canal em degraus por meio de barreiras em gabião
3	Implantação de soluções provisórias durante a fase de Obras (paliçada, sump)

Ressalta-se que as soluções previstas são complementares e podem ser implantadas em sua totalidade ou de maneira parcial, sendo que a efetividade global da retenção de sólidos irá depender da combinação considerada.



7.2 ARRANJO GERAL DAS SOLUÇÕES / INTERVENÇÕES

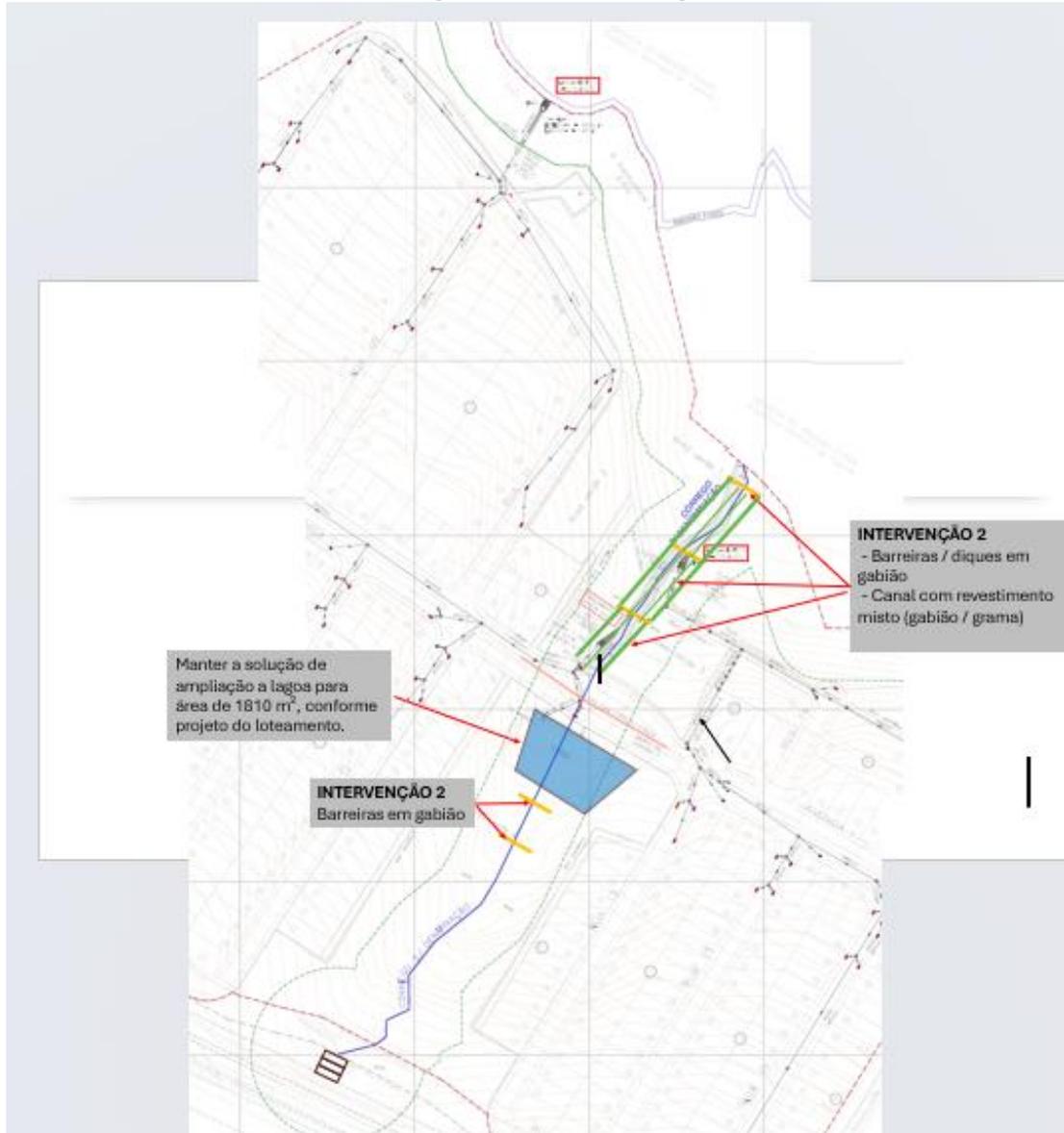


Figura 23 – Arranjo Geral das Intervenções propostas



7.3 DESCRITIVO DAS SOLUÇÕES / INTERVENÇÕES

Na sequência são apresentadas as Soluções / Intervenções em maiores detalhes.

INTERVENÇÃO 1:

A intervenção 1 abrange a implantação de barreiras / Diques em gabião no curso d'água do córrego, com o objetivo de aumentar a capacidade de retenção de particulados que porventura sejam carreados pelo córrego a partir do lançamento da drenagem mencionada na Intervenção 1.

Estas barreiras / diques se localizam a montante da Lagoa existente, conforme figura a seguir.



Figura 24 – Intervenção 1 – Localização geral – Barreira em gabião

A figura a seguir ilustra uma seção típica da estrutura em questão.



DIQUE PARA RETENÇÃO DE SÓLIDOS

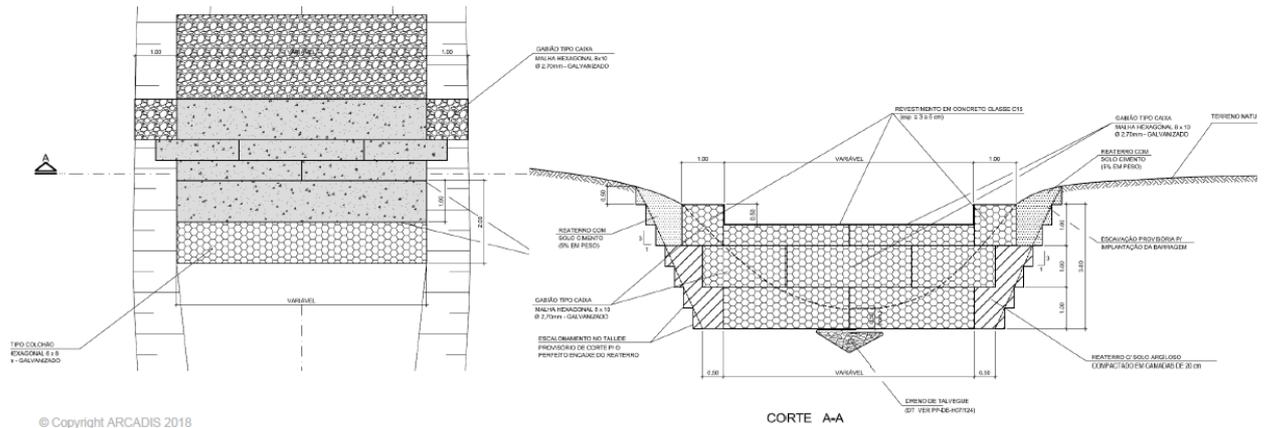


Figura 25 – Intervenção 1 - Seção típica – Dique para retenção de sólidos

A estrutura de gabião não impactará na retenção total do escoamento, devido à sua permeabilidade, não a caracterizando, portanto, como um barramento.

A barreira / dique conta com um vão central para passagem da vazão de cheias, nesse caso recomendando-se uma vazão de cerca de 9,0 m³/s (TR 25 anos). Considerando o mesmo como uma soleira vertente, se pré-dimensiona o mesmo com uma largura de 8 m e altura da parede 1,0 m.

Quanto à esta solução ressalta-se ainda as seguintes questões:

- Recomenda-se que a altura da barreira seja de no mínimo 1,5 m, devendo, contudo, ser adequado às condições topográficas locais.
- Necessário que se viabilize um acesso para manutenção e limpeza da área.
- Importante que a etapa de manutenção seja anual, para evitar que o acúmulo de material na face de montante crie uma camada impermeável ao escoamento.

INTERVENÇÃO 2:

A intervenção 2 tem como objetivo otimizar a solução de canalização inicialmente prevista e dimensionada para o trecho.

Ainda que o canal projetado no documento “54. CÁLCULO DE VAZÃO CANALIZAÇÃO INTERLAGOS_R002” tenha sido concebido com anteparos alternados, a velocidade de dimensionamento adotado (cerca de 5,0 m/s) irá favorecer o carreamento de sólidos em eventos de chuvas intensas.

O conceito assim previsto no presente documento consiste em solução similar à Intervenção 2 (barreira / dique de contenção), variando, no entanto o formato de anteparos e especificação do revestimento do canal entre os anteparos.



Na Intervenção 2 são concebidos 3 anteparos, conforme figura a seguir, intercaladas por trechos de canal com revestimento misto (parte gabião / parte grama).

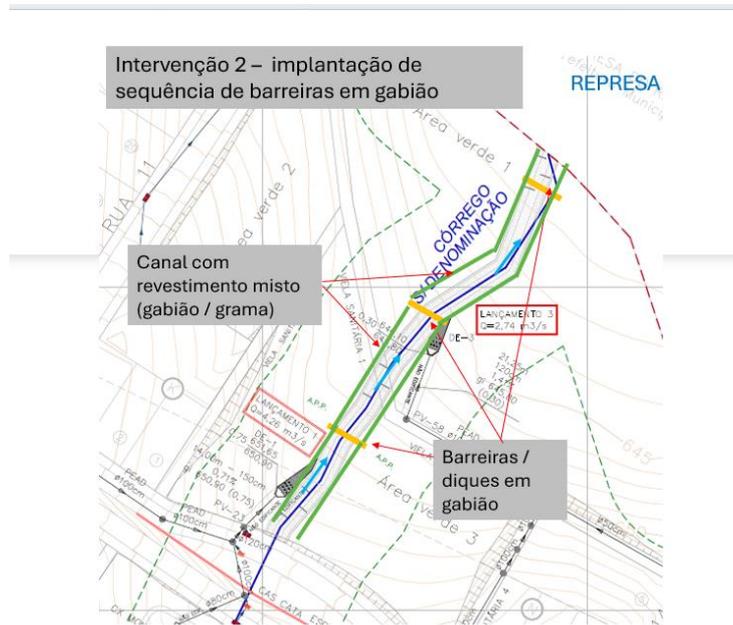


Figura 26 – Intervenção 2 – Arranjo Geral – barreiras / diques de retenção de sólidos

O esquema geral da barreira / dique consiste no mesmo apresentado para a Intervenção 2 (figura 29). A figura a seguir retrata, por sua vez, o sequenciamento típico e esquemático das barreiras / diques.

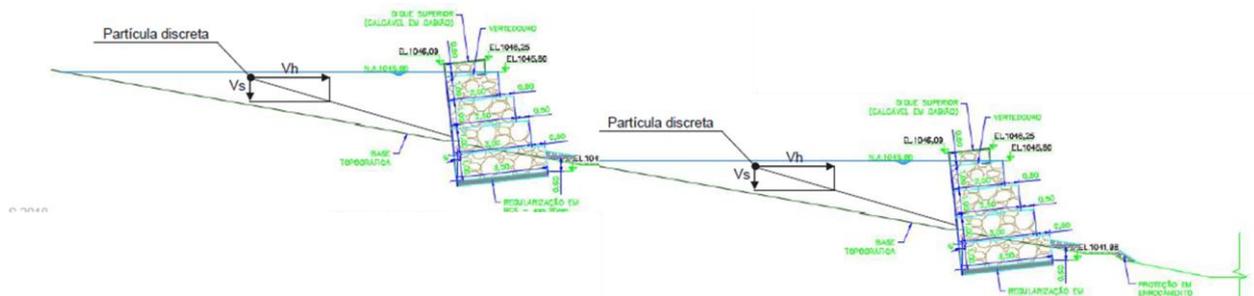


Figura 27 – Intervenção 2 – Perfil típico – barreiras / diques de retenção de sólidos

O trecho em canal foi pré-dimensionado por meio de equação de Manning, recomendando-se as seguintes dimensões:

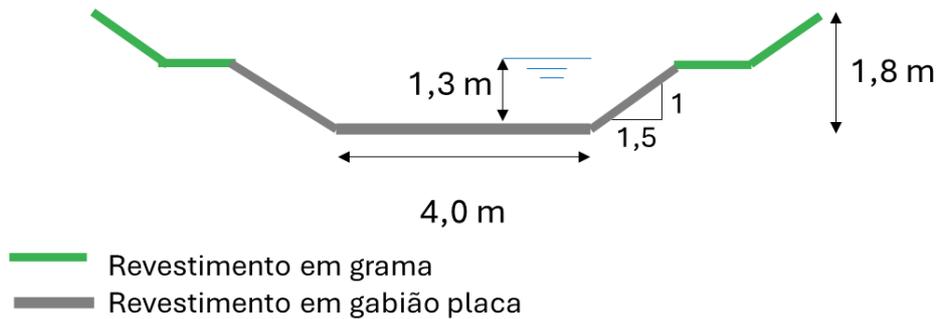
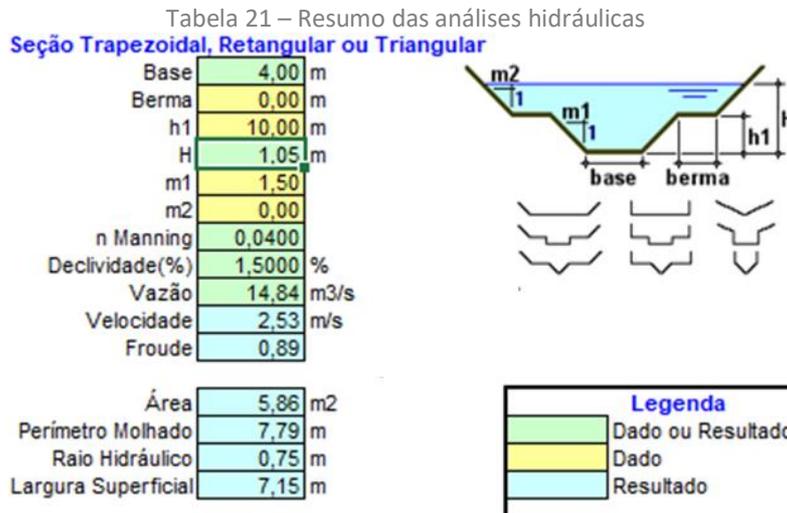


Figura 28 – Intervenção 5 – Perfil típico – canal

A declividade longitudinal adotada foi de 1,5% e coeficiente de Manning de 0,040.

A velocidade e lâmina máxima de projeto, resultou, para TR 100 anos, em 2,53 m/s e 1,05 m, respectivamente., segundo quadro a seguir.



Para futuras etapas de Engenharia, recomenda-se verificações hidráulicas mais acuradas, considerando o escoamento conjugado entre os trechos de canais e de diques.

INTERVENÇÃO 3:

A Intervenção 3 abrange uma série de soluções provisórias a serem adotadas nas etapas de Obras, visando reter sólidos proveniente de movimentações de solo.

Dentre possíveis soluções a serem recomendadas, destacam-se a utilização de Paliçadas (cercas de sedimentos) e sumps de retenção de sedimentos, conforme figuras a seguir.

PALIÇADAS (CERCAS DE SEDIMENTOS)

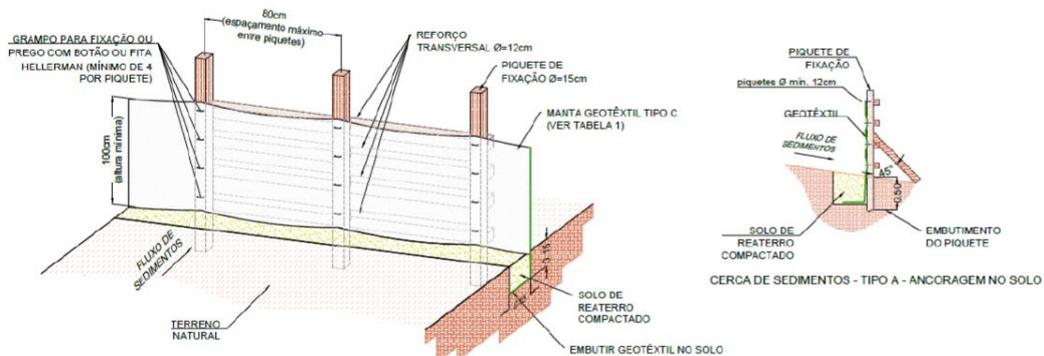


Figura 29 – Intervenção 3 – Paliçadas

RETENORES DE SEDIMENTOS

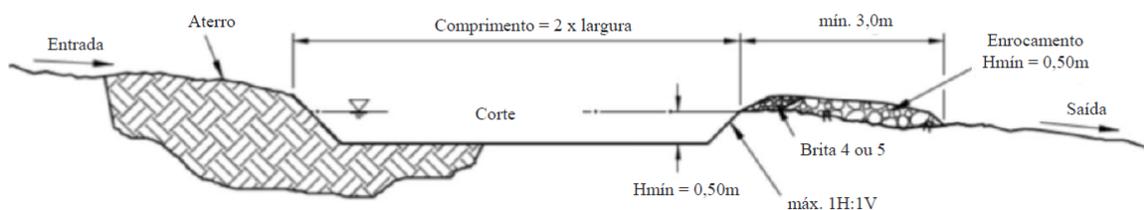


Figura 30 – Intervenção 3 – Sumps retentores de sedimentos

Conforme visualizado anteriormente na figura 22, tais soluções foram também aplicadas pela Concessionária rodoviária em alguns trechos da duplicação da rodovia SP-258.

De maneira geral, a aplicação de tais elementos aumentar a quantidade de anteparos para mitigar o aporte de sólidos ao córrego, e conseqüentemente à represa Pilão d'Água.

Recomenda-se a disposição destes elementos conforme arranjo a seguir.

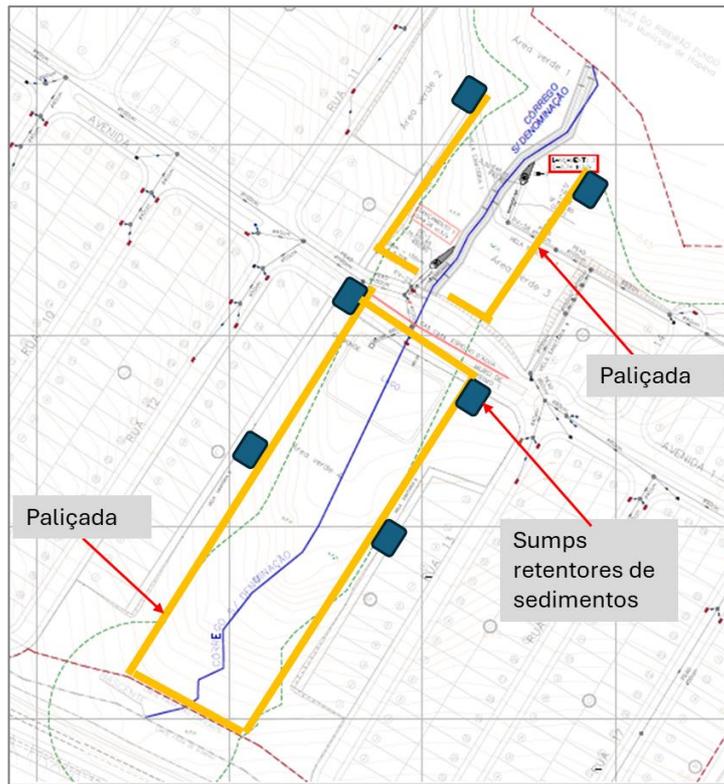


Figura 31 – Intervenção 3 – Arranjo Geral das soluções – etapa de Obras

7.4 ESTIMATIVA DA EFICIÊNCIA DAS SOLUÇÕES

No item 5.1 é apresentado uma estimativa do potencial de aporte de sólidos na bacia do córrego afluente ao Ribeirão Fundo, antes e após a implantação do empreendimento.

No presente item é apresentada uma avaliação estimativa do potencial de retenção de sólidos devido à implantação das Intervenções em questão, considerando de taxas de retenção de sólidos, onde aplicável.



Tabela 22 – Resumo dos benefícios na retenção de sólidos

Intervenção	Descrição	Potencial retenção de sólidos no local da Intervenção	Volume retido anualmente	
			t/ano	m ³ /ano
1	Implantação de barreiras / diques em gabião a montante do Lago artificial existente	40%	688	287
2	Substituição do Canal em concreto por um canal em degraus por meio de barreiras em gabião	50%	656	273
3	Implantação de soluções provisórias durante a fase de Obras (paliçada, sump)	70%	não avaliado	
			1344	560

O total previsto de redução de volume de sólidos com potencial de ser lançado na represa é de cerca de 560 m³/ano, resultando em uma redução de 41% em relação ao previsto com a implantação do empreendimento. Ou seja, tal margem de retenção garante o aporte de sólidos na represa em condições anteriores ao empreendimento.

Cabe destacar ainda que a ampliação da Lagoa existente, conforme previsto no projeto do Loteamento, resultará em benefício adicional e significativo quanto à retenção de sólidos na bacia, aumentando ainda mais a eficiência do sistema, e garantindo condições ainda melhores que as verificadas atualmente.



8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente documento teve como objetivo apresentar caracterizar a bacia hidrográfica do córrego afluente ao Ribeirão Fundo, onde será implantado o empreendimento LOTEAMENTO DE ACESSO CONTROLADO - RESIDENCIAL INTERLAGOS, tanto no que diz respeito à determinação de vazões de cheias, quanto à estimativa de aporte de sólidos / sedimentos à represa Pilão d'Água, no Ribeirão Fundo.

Além do mais, com base nos resultados obtidos, foram propostas soluções conceituais para proteger a nascente existente no córrego em estudo, bem como mitigar processos de assoreamento ao longo de seu curso d'água até a represa.

Foram consideradas as soluções de Engenharia propostas no Projeto do loteamento, sendo indicadas Intervenções nos locais julgados mais adequados.

As Intervenções propostas tiveram o foco em duas estratégias: i) mitigar novas erosões e conseqüentemente aumento de aporte de sólidos ao curso d'água; e, ii) aumentar elementos que funcionem como anteparos aos sólidos carreados, minimizando o aporte de sólidos na represa.

As demais Intervenções estão diretamente associadas à implantação do loteamento propriamente dito.

Cabe destacar a implantação das soluções propostas implicam na necessidade de detalhamento de projetos específicos de Engenharia. Além do mais, é importante que a implantação do empreendimento conte com monitoramento da qualidade da água, tanto para avaliação da eficiência das soluções implantadas quanto de propiciar uma interlocução mais clara com os órgãos fiscalizadores.



9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Azevedo Netto, J.M., Alvarez, Guillermo a Costa - “**Manual de Hidráulica**”, 7ª Ed., Ed. Edgard Blücher Ltda., 1982

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo; **Guia Prático para Projeto de Pequenas Obras Hidráulicas**, 2005. 116p.

Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo; INSTRUÇÃO TÉCNICA DPO nº 11, DE 30/05/2017.

Carvalho, Newton de Oliveira; Hidrossedimentologia Prática; 2ª Edição; 2008.

Porto, Rodrigo de Melo. **Hidráulica Básica**. 2ª Edição São Carlos: EESC-USP, 1999.

São Paulo (Estado). Departamento de Águas e energia Elétrica. Centro Tecnológico de Hidráulica. **Precipitações intensas do Estado de São Paulo**. São Paulo DAEE/CTH, 2018.270p.

CBH – Alpa; Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema (UGRHI 14) – 2016-2027 - Relatório II – Plano de Bacia; 2018.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS. **HEC RAS River Analysis System: User’s Manual**. California: Hydrologic Engineering Center - Institute for Water Resources, 2016. v. 5.

