



CANALIZAÇÃO DA BACIA SÃO RAFAEL
RELATÓRIO TÉCNICO DE OUTORGA DE ÁGUAS
SUPERFICIAIS – CANALIZAÇÃO CÓRREGO SEM
DENOMINAÇÃO – POUSO ALEGRE/MG

JANEIRO DE 2023

REFERÊNCIAS CADASTRAIS

Cliente	Prefeitura Municipal de Pouso Alegre
Localização	Pouso Alegre, Minas Gerais
Título	Canalização da Bacia São Rafael - Relatório Técnico De Outorga De Águas Superficiais – Canalização córrego sem denominação – Pouso Alegre/MG
Contato	Renato [REDACTED]
E-mail	obras@pousoalegre.mg.gov.br
Líder do projeto	Denis [REDACTED]
Coordenador	Denis [REDACTED]
Projeto/centro de custo	ATA 167/2021
Data do documento	06/01/2023

Elaborador/Autor	Denis [REDACTED]	Engenheiro Hídrico
Verificador/Aprovador	Denis [REDACTED]	Coordenador de projeto

Isenção de Responsabilidade:

Este documento é confidencial, destinando-se ao uso exclusivo do cliente, não podendo ser reproduzido por qualquer meio (impresso, eletrônico e afins) ainda que em parte, sem a prévia autorização escrita do cliente.

EQUIPE TÉCNICA

Responsável Técnico

Denis [REDACTED]	[REDACTED]
Engenheiro Hídrico	[REDACTED]
Nº CREA: MG-1 [REDACTED]	Nº ART: MG20221451173

Coordenação

Denis [REDACTED]	[REDACTED]
Engenheiro Hídrico	[REDACTED]
Nº CREA: [REDACTED]	Nº ART: MG20221451173

Elaboração

Drenagem	Igor [REDACTED]	Eng. Hídrico - Coordenação
	Camila [REDACTED]	Engenheira Hídrica
	Marcela [REDACTED]	Auxiliar de Drenagem
	Thallis [REDACTED]	Auxiliar de Drenagem
	Janaína [REDACTED]	Auxiliar de Drenagem

Infraestrutura	Felipe [REDACTED]	Eng. Civil - Coordenação
	Abraão [REDACTED]	Engenheiro Civil
	Gabriel [REDACTED]	Auxiliar de Sinalização
	Letícia [REDACTED]	Auxiliar de Regularizações
	Letícia [REDACTED]	Auxiliar de Redes Hidráulicas
	Asheley	Auxiliar de Infraestrutura
	Erica [REDACTED]	Auxiliar de Terraplenagem
	Laura [REDACTED]	Auxiliar de Urbanismo

Orcamentos	Bianca [REDACTED]	Orçamentista
	Lara [REDACTED]	Auxiliar de orçamento e projetos especiais
	Julia [REDACTED]	Auxiliar de orçamento e projetos especiais

Topografia	Jonas [REDACTED]	Eng. Civil - Coordenação
	Anselmo [REDACTED]	Técnico de Topografia
	Renan [REDACTED]	Assistente de Topografia
	Tiago [REDACTED]	Assistente de Topografia
	Antônio [REDACTED]	Desenhista
	Gabriel [REDACTED]	Auxiliar Eng. Civil
	Faycon [REDACTED]	Auxiliar Eng. Civil

Gestão	Aloisio [REDACTED]	Diretor Comercial e Técnico
	Denis [REDACTED]	Diretor Comercial e Técnico
	Flávia [REDACTED]	Gerente de Projetos
	Pedro [REDACTED]	Subgerente de Projetos
	Marcia [REDACTED]	Assistente Financeira

Meio Ambiente	Luis [REDACTED]	Engenheiro Ambiental
	Giulia [REDACTED]	Auxiliar de Biologia
	Laila [REDACTED]	Auxiliar de Eng. Ambiental
	Tiago [REDACTED]	Auxiliar de Eng. Ambiental
	Isabelle [REDACTED]	Auxiliar de Eng. Ambiental

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	1
2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO	2
3. JUSTIFICATIVA DA INTERVENÇÃO	3
4. CARACTERIZAÇÃO DO CANAL	5
5. ESTUDOS HIDROLÓGICOS	3
5.1. METODOLOGIA APLICADA	3
5.2. MÉTODO RACIONAL	3
5.2.1. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL	4
5.2.2. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO E PERÍODO DE RETORNO	5
5.2.3. INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO	5
5.2.4. VAZÃO	6
6. ESTUDOS HIDRÁULICOS	7
7. PROJETO DE DRENAGEM	8
7.1. VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DA SARJETA	8
7.2. BOCAS DE LOBO	10
7.3. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DAS GALERIAS	10
7.3.1. POSICIONAMENTO	10
7.3.2. DIÂMETRO MÍNIMO	10
7.3.3. CÁLCULO DA VAZÃO NA GALERIA	11
7.3.4. VELOCIDADE DE ESCOAMENTO	11
7.3.5. CAPACIDADE MÁXIMA DA GALERIA	12
7.3.6. RECOBRIMENTO MÍNIMO DA GALERIA	13
7.3.7. CANALETAS	13
7.3.8. INTERFERÊNCIAS	13
7.3.9. DESCARTE	13
8. SUPRESSÃO VEGETAL	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
ANEXO I – PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO	16
ANEXO II – PROJETO DE DRENAGEM	17
ANEXO III – PERFIL DA LINHA D'ÁGUA	18

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1- Método Racional	4
Equação 2 - Cálculo da vazão.....	6

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Projeto de canalização.	2
Figura 2– Mapa de ocupação marginal no local da canalização	6
Figura 3 - Mapa de ocupação marginal à montante e à jusante da canalização	7
Figura 4 - Mapa de ocupação marginal à montante da canalização	8
Figura 5 - Mapa de ocupação marginal à jusante da canalização.....	9
Figura 6 - Mapa do trecho a ser canalizado e indivíduos a serem suprimidos	14

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas dos pontos de início e fim da canalização.....	5
Tabela 2 - Cálculo do Índice de Impacto Geral, preenchimento Anexo Deliberação Normativa COPAM nº 95/2006	1
Tabela 3 - Coeficiente de escoamento superficial.	4

1. APRESENTAÇÃO

Este documento constitui o Relatório Técnico para Outorga de Água Superficial, solicitado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, contendo informações complementares, necessárias à análise da Outorga, considerando o Termo de Referência disponibilizado pelo órgão - Canalização e/ou Retificação de Curso de Água, localizado no município de Pouso Alegre – MG.

O presente projeto faz parte do processo para a execução de obra de canalização em um córrego sem denominação, localizado na rua São Paulo, bairro Medicina, próxima à casa São Rafael, em Pouso Alegre/MG. A incorporação do empreendimento apresenta por objetivo central o cumprimento do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), nº 0525.13.000348-2, firmado entre a Prefeitura Municipal de Pouso Alegre e o Ministério Público do estado de Minas Gerais. As obras visam, ainda, o atendimento à população do bairro, promovendo a condução e deságue das águas pluviais e superficiais, contribuindo para melhoria da qualidade de vida e evitando o risco de enchentes.

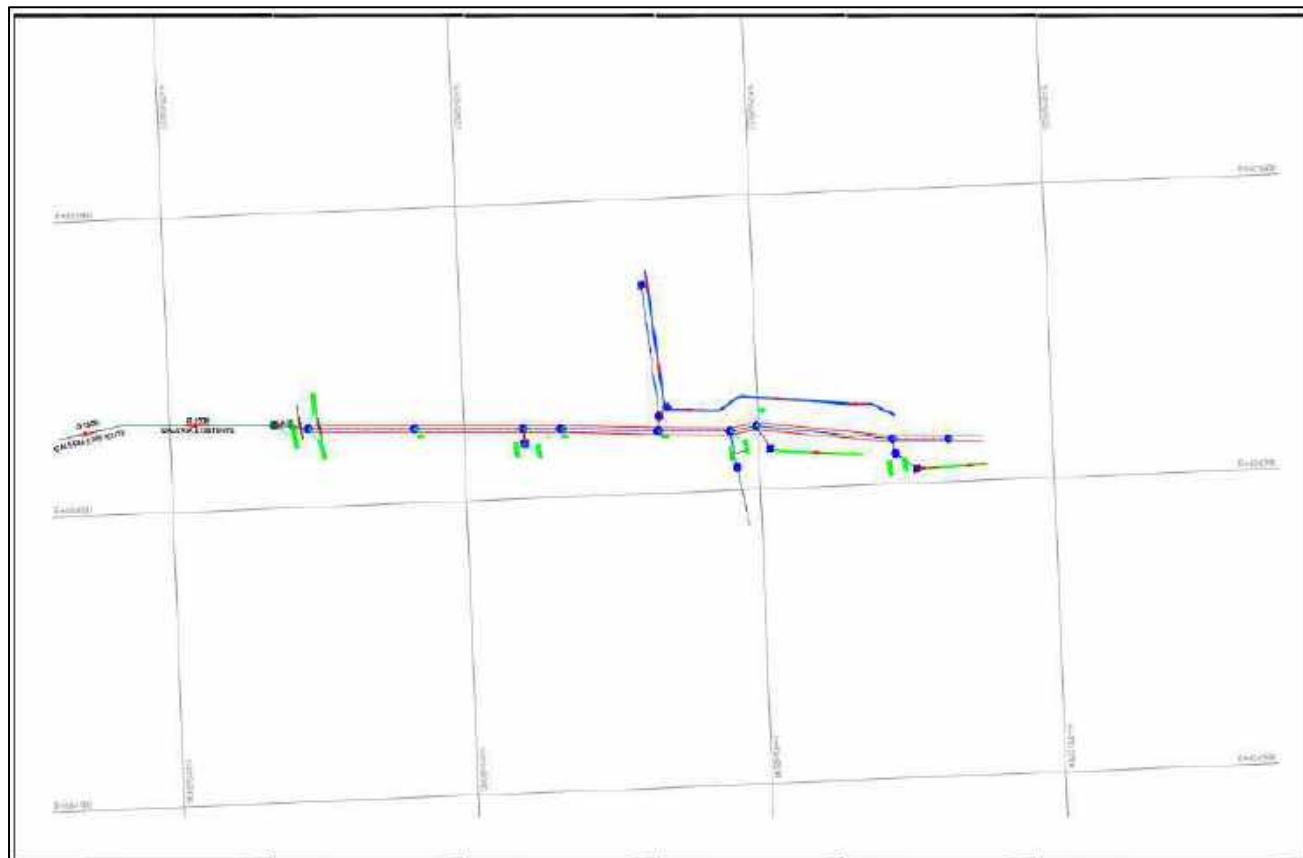
Deste modo, o documento apresenta as informações referentes ao curso de água no trecho de intervenção, assim como as metodologias consideradas para os estudos hidrológicos e hidráulicos.

O relatório foi elaborado com base na legislação ambiental vigente e normas técnicas existentes que tratam do assunto, considerados suficientes para o efetivo controle ambiental da atividade proposta.

2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO

O presente projeto faz parte do processo para a execução de obra de canalização em um córrego, sem denominação, localizado na rua São Paulo, bairro Medicina, próxima à casa São Rafael, em Pouso Alegre/MG. O referido sistema de canalização encontra-se na Figura 1.

O sistema de drenagem projetado contribuirá significativamente para a redução do fluxo de escoamento superficial, interceptando-o antes que o mesmo chegue ao fundo de vale do local. Atualmente o fluxo se concentra neste fundo de vale, interferindo na capacidade hídrica do mesmo.



3. JUSTIFICATIVA DA INTERVENÇÃO

O município de Pouso Alegre apresenta 542,797 km² de área, pertencendo, junto à 853 municípios, ao estado de Minas Gerais, onde está localizado na Mesorregião Sul/Sudoeste. A cidade apresenta 154.293 mil habitantes (IBGE, 2021) e PIB *per capita* de R\$ 58.312,84 mil (IBGE, 2019), performando o vigésimo sexto (26º) município do estado em PIB (IBGE, 2010).

No que diz respeito ao aspecto econômico, Pouso Alegre é considerada um dos centros urbanos mais importantes da região, concentrando um dos maiores polos industriais do sul de Minas Gerais. O município conta com duas rodovias federais de grande importância, sendo elas a BR-459 (Juscelino Kubitscheck de Oliveira), que faz a ligação de Poços de Caldas-MG até Lorena-SP, e a BR-381 (Fernão Dias), que liga as regiões metropolitanas de Belo Horizonte e São Paulo.

O desenvolvimento de Pouso Alegre faz com que a cidade realize melhorias continuas em sua infraestrutura, mantendo a cidade atrativa e segura para empresas, trabalhadores e moradores locais. A canalização do córrego no bairro Medicina torna-se uma intervenção necessária já que sua circunvizinhança enfrenta problemas de alagamentos em épocas de chuvas intensas, onde o projeto visa promover a coleta, condução e deságue das águas superficiais que precipitam sobre o terreno, bem como sobre os taludes e áreas que convergem ao mesmo, auxiliando no aumento da capacidade de vazão e na proteção de das margens dos cursos d'água locais, evitando transbordamento, erosão e solapamento.

A canalização contribuirá, ainda, com a erradicação de insetos e animais responsáveis pela transmissão de doenças para o homem, assim como dos vetores presentes na área, que são seres vivos capazes de transferir um agente infeccioso de um hospedeiro a outro. O controle ambiental cria condições adversas ao desenvolvimento de vetores e é uma medida com efeito de longo prazo, trazendo benefícios à saúde e ao conforto da população.

As obras de drenagem a serem implantadas na área de intervenção foram requeridas através do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) nº 0525.13.000348-2, firmado entre a Prefeitura Municipal de Pouso Alegre e o Ministério Público do estado de Minas Gerais. O principal objetivo do documento mencionado é “*a realização das atividades de recuperação socioambiental do "fundo de vale urbano" localizado entre os bairros Medicina e Altaville, numa área situada aos fundos da "Casa São Rafael", neste Município de Pouso Alegre/MG,*

consistentes na execução das obras necessárias à implantação do sistema de drenagem das águas pluviais, mediante a observância da legislação aplicável”.

Deste modo, a localização de implantação do projeto está vinculada ao cumprimento do TAC, que indicou a necessidade de estudos detalhados para a regularização do "fundo de vale urbano", aos fundos da “Casa São Rafael”, no Bairro Medicina, município de Pouso Alegre. Sendo ainda obrigação do município de Pouso Alegre a execução de todas as obras necessárias à implantação do sistema de drenagem das águas pluviais urbanas no local. Assim, a canalização foi projetada de modo a cumprir as obrigações enumeradas no TAC assinado pela Prefeitura de Pouso Alegre, fazendo com que a localização esteja restrita ao cumprimento do mesmo.

4. CARACTERIZAÇÃO DO CANAL

Para a implantação do sistema de drenagem, será necessária a canalização de um trecho correspondente à 0,22963 km, ou seja, 229,63 metros. Os trechos, tanto a montante, quanto a jusante, já se encontram canalizados.

A canalização corresponde à implantação de canais (tubos) a fim de permitir a condução do volume de água pelos mesmos. Os tubos são feitos de concreto armado e possuirão diâmetro variando entre 1 e 1,5 m, para as galerias, ligações de ramais entre bocas de lobo, poços de visita e caixas coletoras, sendo os diâmetros por trecho apresentados na tabela de dimensionamento, que se encontra no Anexo I. As coordenadas dos pontos de início e fim da canalização encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Coordenadas dos pontos de início e fim da canalização

Início da intervenção	
Longitude	403985.92 m E
Latitude	7542676.30 m S
Fim da intervenção	
Latitude	403971.78 m E
Longitude	7542435.65 m S

A ocupação marginal local é apresentada na Figura 2. Analisando, 30 metros de largura ao redor do córrego, verifica-se que a área local, em sua grande maioria, consiste em cobertura de uso urbano, possuindo residências, comércios diversos, clínicas médicas e lotes para construção. A área de ocupação marginal abrange, também, uma Área de Preservação Permanente (APP), que se localiza dentro da área de intervenção para canalização.

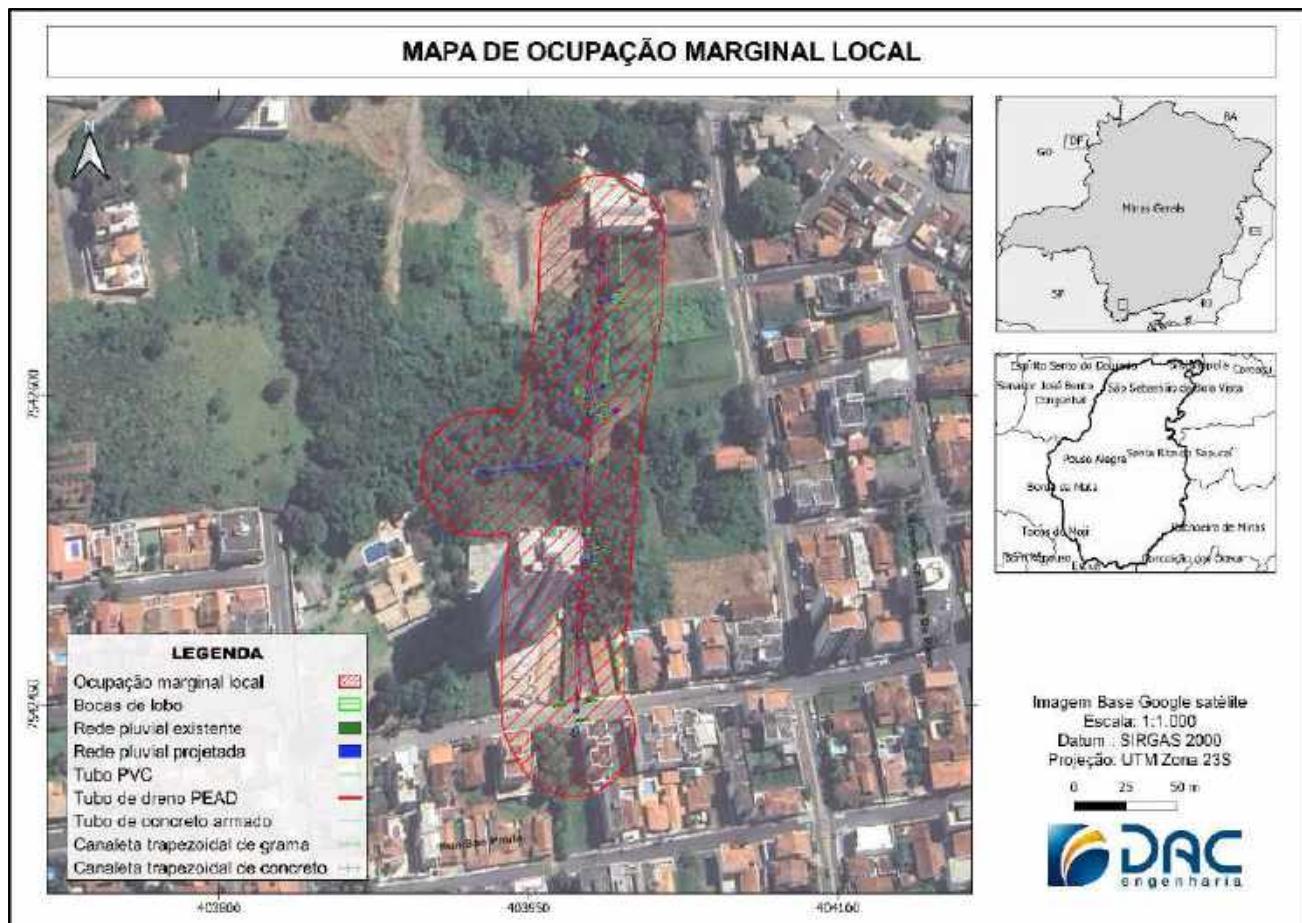


Figura 2– Mapa de ocupação marginal no local da canalização
Fonte: DAC Engenharia, 2022.

O mapa da Figura 3 apresenta a ocupação à jusante e à montante do córrego, verificando que, em um raio de 500 metros ao redor do ponto de início e fim da canalização, a ocupação é urbana (COPAM, 2006).

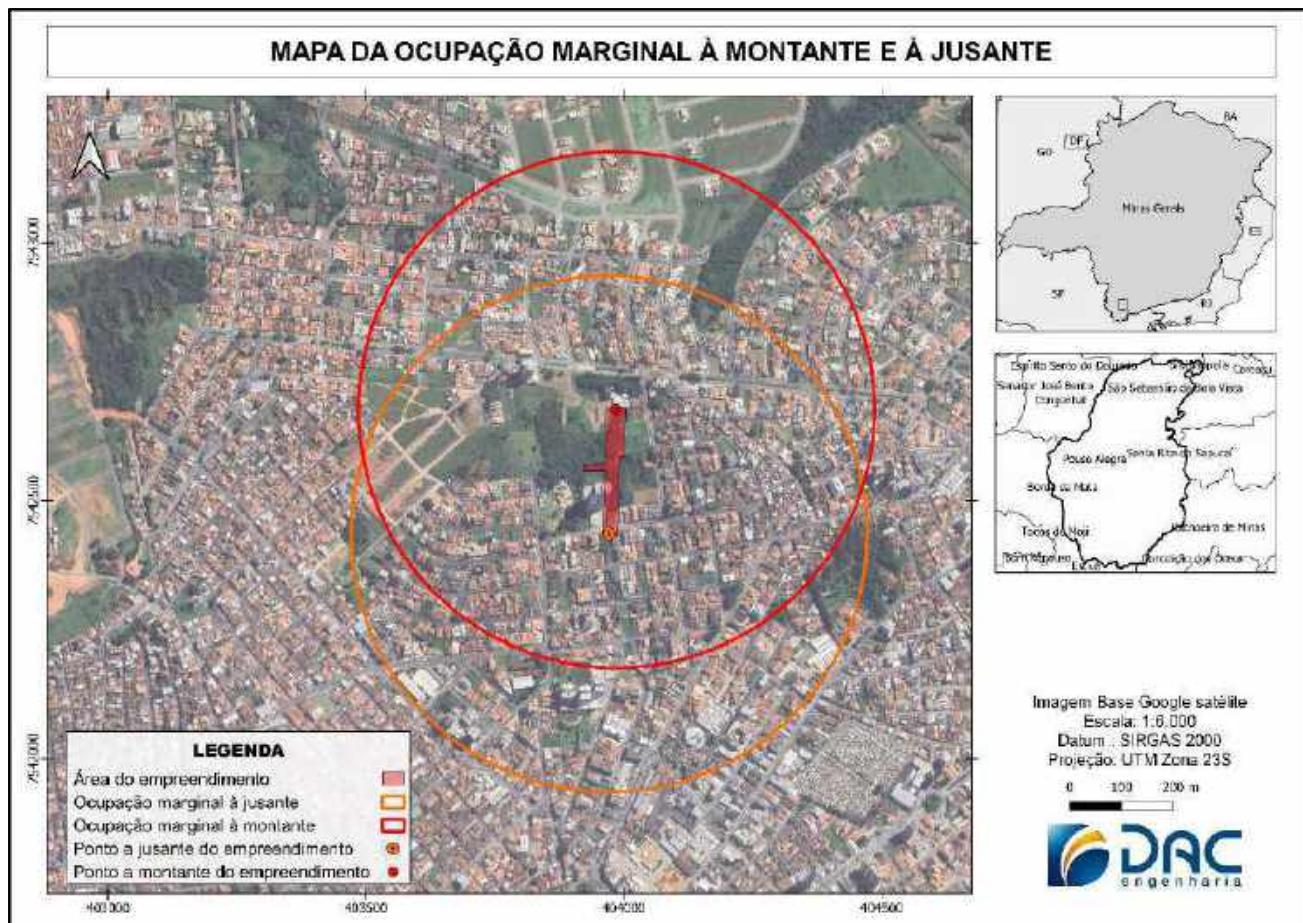


Figura 3 - Mapa de ocupação marginal à montante e à jusante da canalização

Fonte: DAC Engenharia, 2022.

Visto que a canalização se refere à cursos d'água de sistemas de drenagem urbana, é necessário o preenchimento do anexo único da Deliberação Normativa COPAM nº 95/2006, que apresenta o cálculo do índice de impacto geral da intervenção ambiental. O resultado do índice de impacto geral se encontra na Tabela 2, junto das taxas de ocupação a montante e jusante. Na Figura 4 e Figura 5 é possível visualizar os dados de ocupação (%) de cada uma das localizações, confirmando o domínio urbano em ambas.

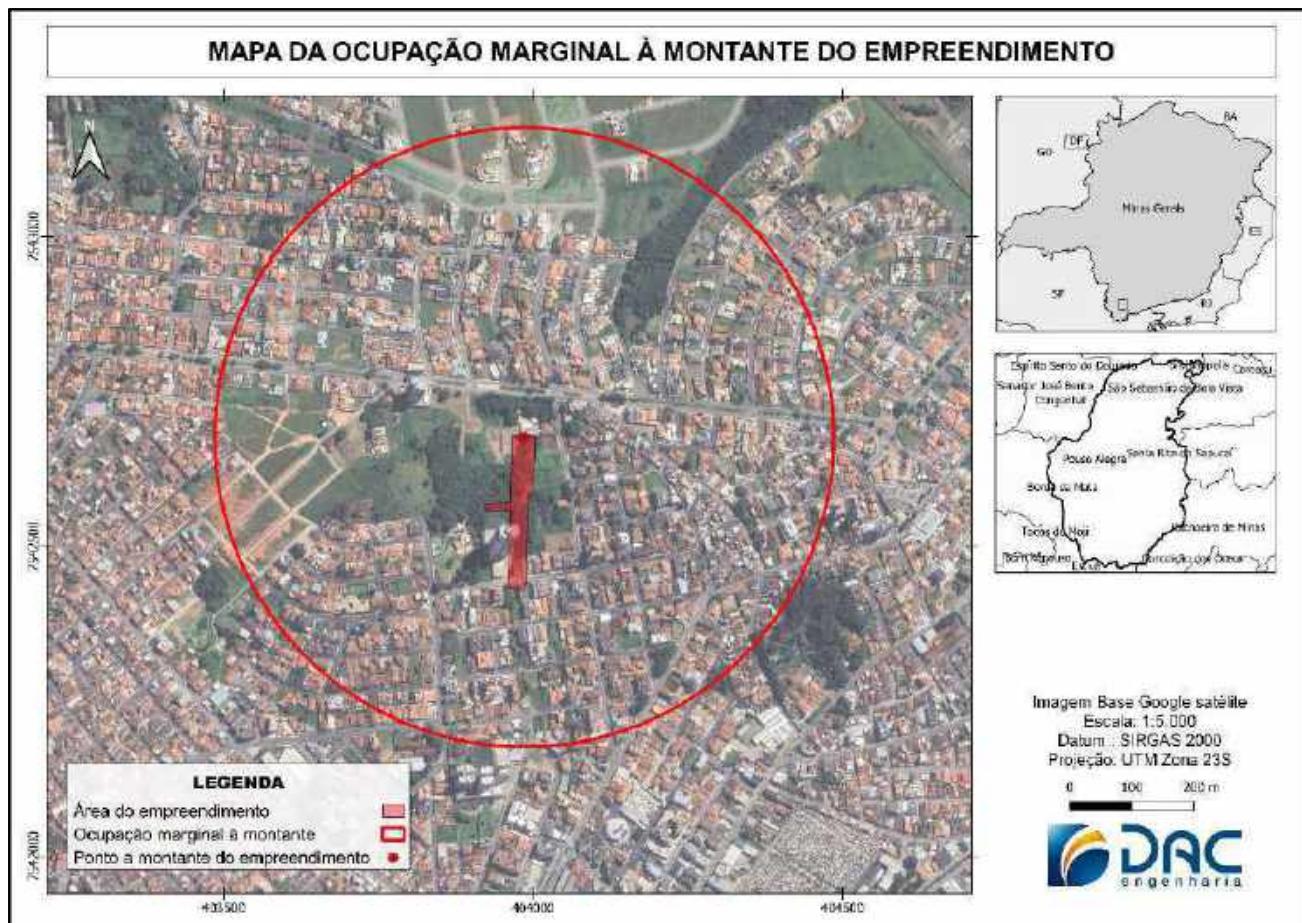


Figura 4 - Mapa de ocupação marginal à montante da canalização

Fonte: DAC Engenharia, 2022.

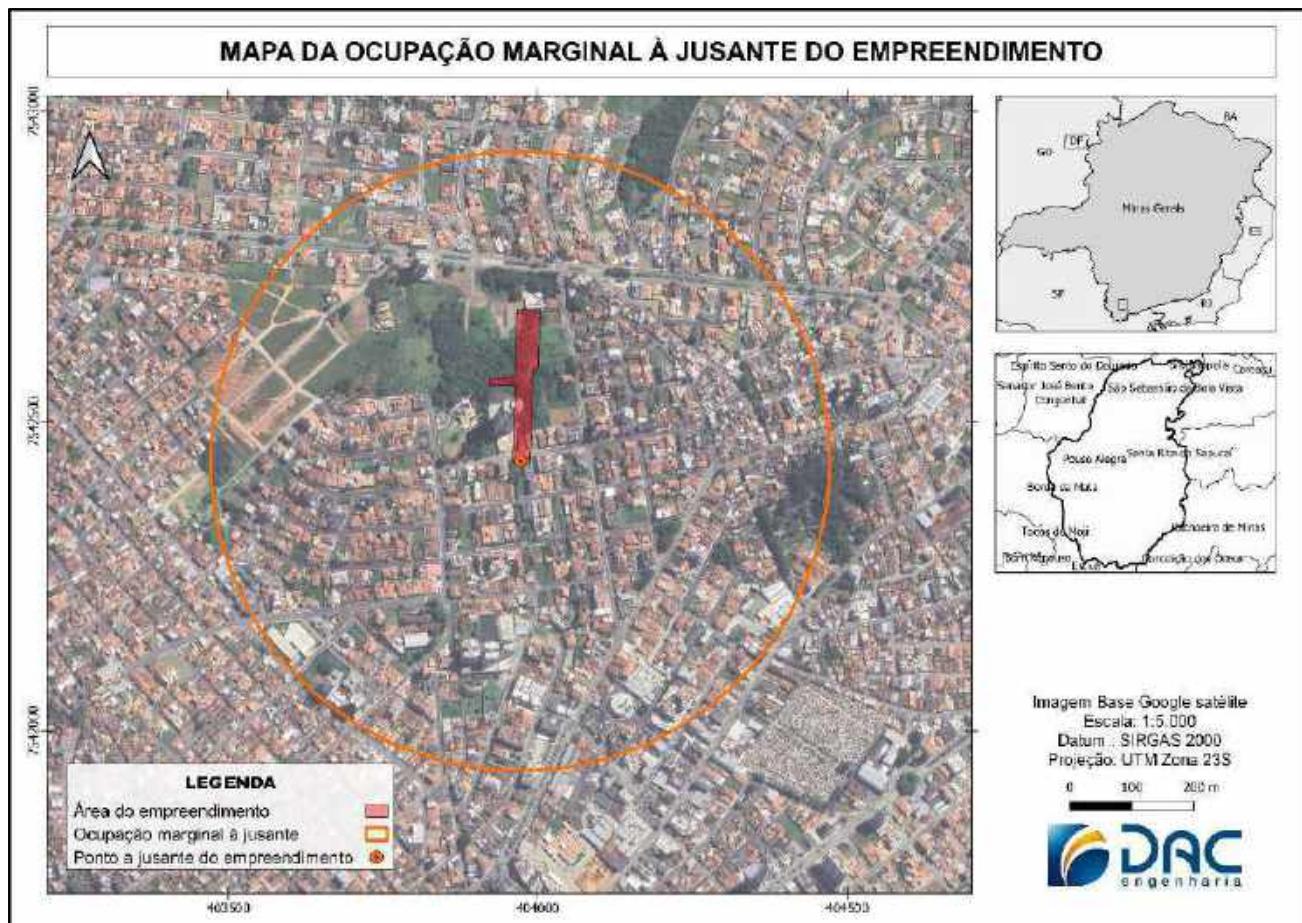


Figura 5 - Mapa de ocupação marginal à jusante da canalização

Fonte: DAC Engenharia, 2022.

Tabela 2 - Cálculo do Índice de Impacto Geral, preenchimento Anexo Deliberação Normativa COPAM nº 95/2006

Localização	Ocupação marginal					Eventos de inundação			Ocorrência de focos erosivos		
	Fator de ponderação	Tipo	Taxa de ocupação [%]	Fator de impacto	Indicador de impacto	Fator de ponderação	Fator de impacto anual=100 eventual=200 não ocorre=300	Indicador de impacto	Fator de ponderação	Fator de impacto sim=100 não=200	Indicador de impacto
Montante	0.1	Urbana	100	1	10	0.1	100	10	0.1	100	10
		Industrial	0	2	0						
		Veg. Nativa	0	4	0						
		Não ocup.	0	3	0						
			Índice de impacto montante		10						
Local	0.5	Urbana	100	1	50	0.3	100	30	0.3	100	30
		Industrial	0	2	0						
		Veg. Nativa	0	4	0						
		Não ocup.	0	3	0						
			Índice de impacto local		50						
Jusante	0.4	Urbana	100	1	40	0.6	100	60	0.6	100	60
		Industrial	0	2	0						
		Veg. Nativa	0	4	0						
		Não ocup.	0	3	0						
			Índice de impacto jusante		40			100			100
			Índice de impacto		100						
			Índice de impacto geral		300						

O resultado do índice de impacto geral foi igual a 300 (COPAM, 2006), sendo estabelecido conforme o artigo 3º da DN COPAM nº 95/2006:

Art. 3º – As intervenções em cursos d'água de sistemas de drenagem urbana serão definidas, conforme as seguintes categorias, classificadas em função do Índice de Impacto Geral obtido pela aplicação da Tabela do Anexo Único: I – Classe A: quando o Índice de Impacto for menor ou igual a 900; II – Classe B: quando o Índice de Impacto for menor ou igual a 695; III – Classe C: quando o Índice de Impacto for menor ou igual a 455; **IV – Classe D: quando o Índice de Impacto for menor ou igual a 335.** (COPAM, 2006)

Portanto, a intervenção ambiental é denominada como Classe D e, conforme o artigo 6º da referida Deliberação Normativa:

Art. 6º – Fica proibida a intervenção em seção fechada empreendimentos de canalização, salvo no caso de empreendimento enquadrado na classe D, conforme disposto pelo art. 3º desta Deliberação Normativa, desde que expressamente autorizada pelo COPAM. (COPAM, 2006)

Logo, conforme a Deliberação Normativa COPAM nº 95/2006, o empreendimento é passível de autorização.

5. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos irão determinar as descargas máximas da área em estudo, a fim de dar base ao dimensionamento das estruturas hidráulicas do sistema de drenagem em questão. Para isso, é necessário o diagnóstico do regime pluvial e da natureza das precipitações intensas da região. Os estudos completos de drenagem são apresentados no Anexo II.

5.1. METODOLOGIA APLICADA

Para a determinação da precipitação máxima utilizou-se a equação que correlaciona os parâmetros intensidade, duração e frequência de chuvas. Essa relação permite ainda a obtenção de precipitações máximas para diferentes Tempos de Concentração – TC, e Períodos de Retorno – TR. Nas estimativas de vazões a partir de dados de chuva a grandeza utilizada é a Precipitação Excedente, pelo fato de esta contribuir efetivamente para a formação do escoamento superficial.

As vazões de projeto podem ser estimadas através de métodos estatísticos diretos e indiretos. Estas metodologias são determinadas de acordo com as dimensões das áreas de drenagem, da seguinte forma:

- Sub-bacias com áreas de até 5 km²: utiliza-se o Método Racional;
- Sub-bacias com áreas entre 5 km² e 10 km²: utiliza-se o Método Racional Corrigido;
- Sub-bacias com área acima de 10 km²: utiliza-se o Método de Ven Te Chow.

Desta forma, como a bacia do projeto possui uma área menor que 5 Km², utilizou-se o método racional.

5.2. MÉTODO RACIONAL

O método mais utilizado para o cálculo da vazão a partir da transformação de chuva em vazão para análise em pequenas bacias hidrográficas é o método racional, devido à simplicidade de aplicação e facilidade do conhecimento e controle dos parâmetros necessários.

Admite-se, na sua aplicação, que a chuva apresente uma intensidade constante, uniformemente distribuída sobre a superfície da bacia, e que sua duração seja maior ou igual ao tempo de concentração na bacia. Como a intensidade de chuva decresce com o aumento

da duração, a descarga máxima resulta de uma chuva com duração igual ao tempo de concentração da bacia.

Este método, descrito matematicamente pela Equação 1, representa uma relação entre a vazão máxima de escoamento superficial e a intensidade de precipitação, dependendo das seguintes variáveis para a sua determinação: tipo de solo e do uso da terra, duração e intensidade da chuva e características físicas da rede de drenagem existente.

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot i \cdot A$$

Equação 1- Método Racional.

Onde:

- Q: Vazão de projeto (m^3/s);
- C: Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
- i: Intensidade da chuva de projeto (mm/h);
- A: Área de drenagem (ha).

5.2.1. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Coeficiente também denominado por deflúvio superficial ou coeficiente de “runoff”, é uma variável determinada em função de uma série de fatores, como o tipo do solo, ocupação da bacia, umidade antecedente, intensidade da chuva e outros. Assim, devido às diversas condições e combinações dos fatores citados, apenas parte do volume precipitado sobre a bacia atinge a seção sob a forma de escoamento superficial. Portanto adotou-se um coeficiente de escoamento superficial de 0,75, conforme valores indicados na Tabela 3.

Tabela 3 - Coeficiente de escoamento superficial.

DESCRIPÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTÁRIAS	COEFICIENTE DE DEFÚVIO “C”
Ruas	
Asfalto	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95
Gramados; solos arenosos	
Plano, 2%	0,05 a 0,10
Médio 2 a 7%	0,10 a 0,15
Íngreme, 7%	0,15 a 0,20
Gramados; solo compacto	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,15 a 0,35

5.2.2. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO E PERÍODO DE RETORNO

O tempo de concentração é considerado o período, em minutos, que uma gota de água de chuva cai no ponto mais distante da bacia, demora a chegar até a seção de análise. Devido às características das curvas de intensidade, duração e frequência da chuva, o tempo de concentração inicial mínimo adotado para as bacias é de 10 minutos.

O tempo de retorno ou período de retorno de uma chuva representa o risco que o empreendimento ou projeto está assumindo no dimensionamento de uma obra hidráulica. Ou seja, qual é o grau de segurança que se deseja proporcionar ao empreendimento, sendo que ele é o inverso da frequência com que a chuva ou vazão venha a ser igualada ou ultrapassada num ano qualquer.

Para escolher qual o tempo de retorno, que será utilizado no dimensionamento do projeto hidráulico, é importante analisar os prejuízos tangíveis e intangíveis que possam a vir a ser causados por eventos extremos de chuva. Portanto, para o empreendimento em questão foi adotado o período de retorno (TR) igual a 10 anos.

5.2.3. INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO

As equações de intensidade, duração e frequência ou simplesmente as equações IDF, também conhecidas como equação de chuva, são usadas para determinar a intensidade máxima de chuva de um determinado local.

Para cada região, os parâmetros K, a, b e c da equação de intensidade, duração e frequência (Equação 1) são ajustados por meio de regressão linear e não linear. Estes parâmetros (K, a, b e c) são definidos por uma série histórica de dados de chuvas, de mais ou menos 30 anos. Além disso, alterando a frequência e o tempo de concentração é possível obter uma intensidade diferente de chuva para uma mesma região.

$$Im = \frac{K \cdot (TR)^a}{(tc + b)^c}$$

Equação 1 – Equação de Chuva Intensa

Onde:

- Im: Intensidade máxima média de precipitação (mm/h);
- TR: Tempo de Retorno (anos);
- Tc: Tempo de concentração (min);
- K, a, b e c: Parâmetros ajustados com base nos dados pluviométricos da localidade.

No empreendimento em questão, foi utilizada equação de chuva do município de Pouso Alegre – MG, gerada pela interpolação de dados do software Plúvio 2.1. Assim, obteve-se a seguinte Intensidade máxima média de precipitação:

Os parâmetros da equação para esta localidade são:

- K: 667,338
- a: 0,184
- b: 20,869
- c: 0,635

$$Im = \frac{667,338 \cdot (10)^{0,184}}{(10 + 20,869)^{0,635}} = 115,478 \text{ mm/h}$$

5.2.4. VAZÃO

A vazão calculada sintetiza as considerações e cálculos realizados em relação ao tempo de concentração do escoamento, à intensidade de chuva, ao coeficiente de escoamento superficial e a área de contribuição de cada sub-bacia do projeto. Desta forma, ela é dada pela

$$Q = \frac{c \cdot A_{contribuição} \cdot Im}{360}$$

Equação 2 - Cálculo da vazão.

Onde:

- Q é a vazão em m³/s;
- A contribuição é a área de contribuição da sub-bacia em ha;
- Im é a precipitação na localidade em mm/h; e
- c é o coeficiente de escoamento superficial.

6. ESTUDOS HIDRÁULICOS

O curso d'água a ser canalizado possui montante e jusante canalizados, assim, já houve intervenção na linha d'água, o que inviabiliza a avaliação do perfil do trecho sem intervenção por canalização. O perfil da linha d'água após o atual processo de canalização é apresentado no Anexo III.

Como já existe uma canalização nas extremidades do canal, a implementação do trecho do curso d'água sem nome não causará impacto na dinâmica do escoamento, pois o efeito já foi criado com a instalação das primeiras canalizações.

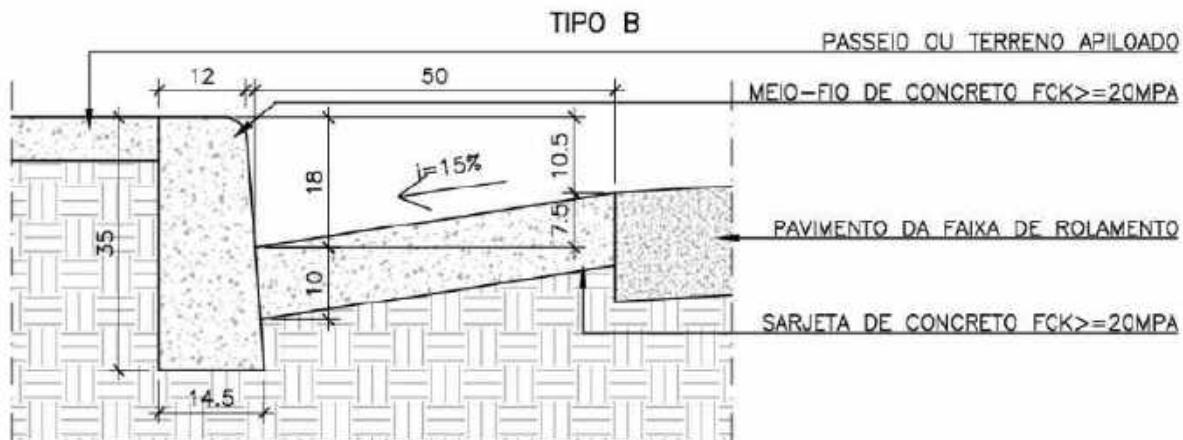
7. PROJETO DE DRENAGEM

O projeto de drenagem tem como objetivo definir os dispositivos de coleta, condução e deságue das águas superficiais que precipitam sobre o terreno, bem como sobre os taludes e áreas que convergem ao mesmo.

7.1. VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DA SARJETA

Para assegurar o bom funcionamento do escoamento superficial, as guias e sarjetas das vias públicas serão limitadas por uma lâmina d'água de largura máxima de 1,67 metros e a sarjeta adotada será do tipo B, conforme Figura 2.

Figura 2 – Sarjeta tipo B



Fonte: SUDECAP, 2020

Sua vazão pode ser calculada pelo método de Izzard/Manning, conforme a Equação 2 a seguir:

$$Q = 0,375 \frac{Z}{n} * y^{\frac{8}{3}} * \sqrt{i}$$

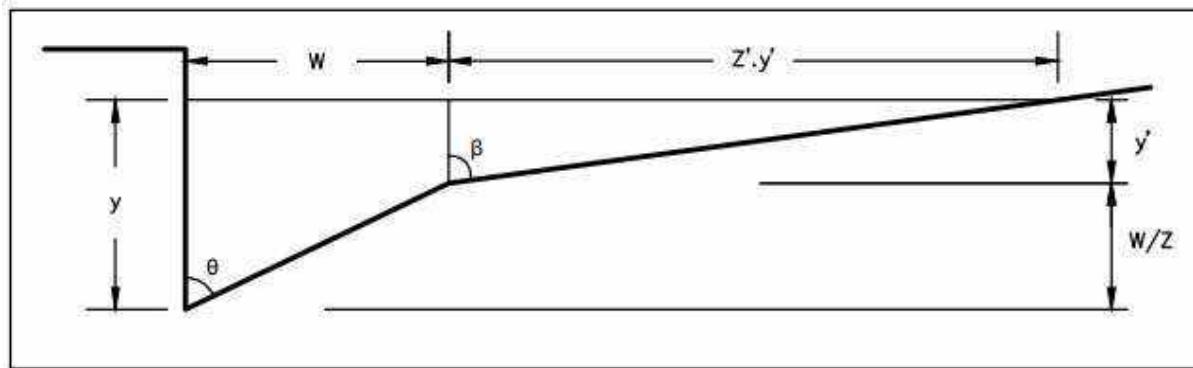
Equação 3 – Equação Izzard/Manning

Onde:

- Q: Vazão (m^3/s);
- Z: Inverso da declividade transversal;
- i: Declividade longitudinal (m/m);
- y: Profundidade junto à linha de fundo (m);
- n: Coeficiente de rugosidade.

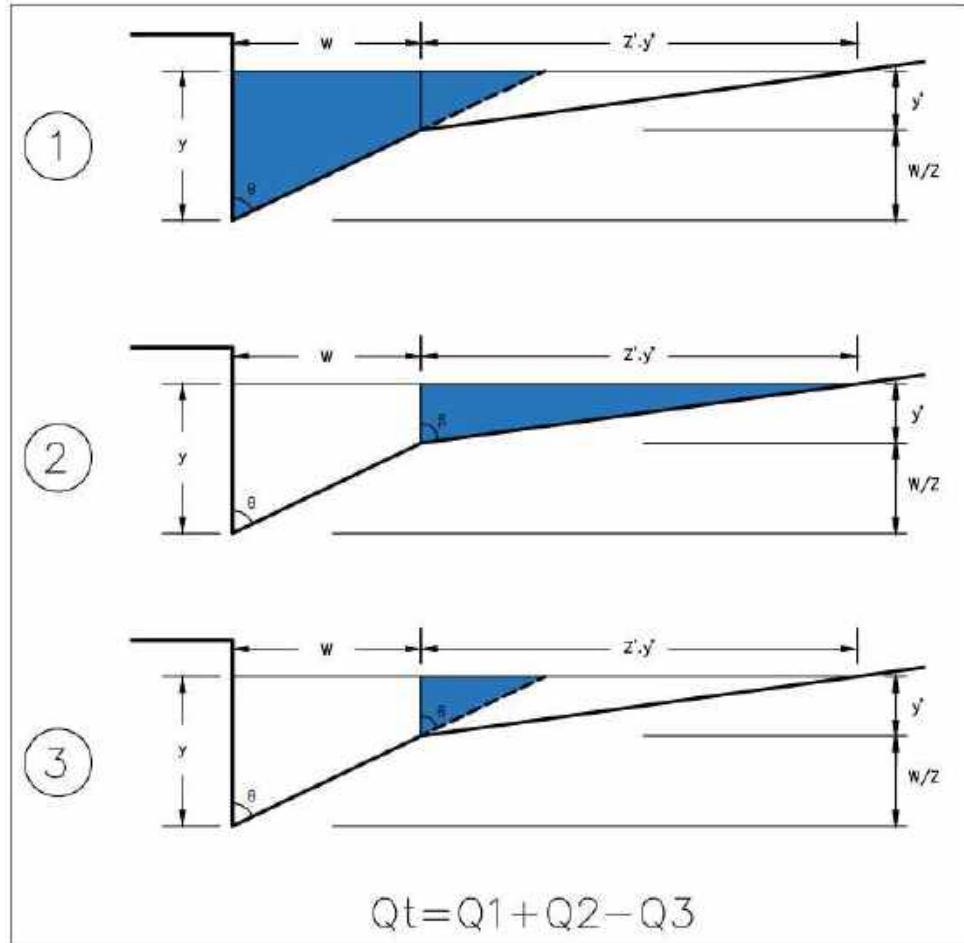
Considerando as características hidráulicas da sarjeta (Figura 4), a vazão pode ser calculada pela soma algébrica em cada uma das seções triangulares (seção da sarjeta mais seção da via, descontando sua interseção), conforme Figura 4.

Figura 3 – Características Hidráulicas da Sarjeta



Fonte: SUDECAP, 2020

Figura 4 – Detalhes Hidráulicos da Sarjeta



Fonte: SUDECAP, 2020

A verificação da capacidade de escoamento da sarjeta foi realizada calculando a área máxima de escoamento que a sarjeta suporta, considerando-se uma faixa de alagamento máxima de 1,67 metros, conforme recomenda o caderno de encargos SUDECAP da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.

7.2. BOCAS DE LOBO

As bocas de lobo foram dimensionadas de forma a captar a água proveniente das sarjetas até as galerias de água pluvial. Para este projeto foram previstas bocas de lobo simples, duplas com cantoneira e triplas com cantoneira.

7.3. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DAS GALERIAS

O dimensionamento hidráulico é realizado junto à verificação das vias considerando simultaneamente os tópicos a seguir. Este é mostrado na tabela do Anexo I.

7.3.1. POSICIONAMENTO

As galerias deverão ser posicionadas no eixo das vias públicas, devendo ser previstas sempre que houver pelo menos uma das seguintes situações:

- Vazão contribuinte maior do que a capacidade de escoamento das vias;
- Velocidade de escoamento nas vias maior que 5,00 m/s;
- Existência de pontos baixos, onde deverão ser implantadas bocas de lobo.

Após a locação do primeiro poço de visita (PV) com as respectivas bocas de lobo, são distribuídos outros poços de visitas conforme a necessidade de novos pontos de coleta do escoamento superficial, curvas em planta ou alterações de declividade ou diâmetro de tubulação. Cada captador tem um limite de capacidade de esgotamento de acordo com o tipo de boca de lobo utilizado.

7.3.2. DIÂMETRO MÍNIMO

Foi adotado como parâmetro de projeto o diâmetro mínimo de 0,50 m para galeria. Para ligações de ramais entre bocas de lobo e poços de visita e caixas coletoras também adotou-se o diâmetro mínimo de 0,50 m.

7.3.3. CÁLCULO DA VAZÃO NA GALERIA

Na mesma etapa do projeto, para o dimensionamento, verifica-se a vazão para cada trecho entre PVs, por meio do somatório de vazões dos captadores (Exemplo: bocas de lobo contribuintes) e dos ramais de galeria à montante.

7.3.4. VELOCIDADE DE ESCOAMENTO

A velocidade do escoamento é um parâmetro fundamental na definição da galeria a ser projetada ou verificada hidráulicamente. Se, em função da declividade do conduto e de suas dimensões, o fluxo na galeria apresentar velocidades baixas, poderá ocorrer assoreamento ao longo de sua extensão. Porém, se a declividade for acentuada e a velocidade ultrapassar o limite máximo recomendado é necessário a adequação da declividade ou o redimensionamento do conduto, de forma a evitar a ocorrência de fenômenos erosivos no interior da galeria, mantendo o tempo de vida útil de seus dispositivos.

Assim, os limites de velocidade d'água no interior das galerias serão os seguintes:

- $V_{min} = 0,75 \text{ (m/s)}$;
- $V_{máx.} = 6,00 \text{ (m/s)}$ (ou velocidade de seção plena).

A velocidade pode ser calculada por meio da Equação 4.

$$v = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{I}}{n}$$

Equação 4 – Velocidade

Onde:

- v: Velocidade (m/s);
- I: Declividade do conduto (m/m);
- Rh: Raio hidráulico (m);
- N: Coeficiente de rugosidade (adimensional).

O raio hidráulico (Rh) é obtido por meio da Equação 5:

$$R_h = \frac{A_m}{P_m}$$

Equação 5 – Raio Hidráulico

Em que:

- Am – Área da seção molhada (m^2);
- Pm – Perímetro molhado (m).

O coeficiente de rugosidade é adotado conforme o material empregado no dispositivo, como determinado na Tabela .

Tabela 1 – Valores do Coeficiente de Rugosidade para diferentes Materiais de Revestimento

Material	Coeficiente (n)
Tubos em PEAD	0,010
Galerias ou bueiros em concreto	0,014
Canais trapezoidais ou retangulares:	
Em concreto	0,013
Alvenaria de Pedra Argamassada	0,025
Em gabiões	0,029
Em gabiões revestidos com concreto magro	0,018
Sem revestimento	0,030
Asfalto	0,013
Em concreto irregular	0,033
Revestido com grama em placas	0,030
Revestido com enrocamento bem construído	0,030
Concreto para sarjeta	0,015

7.3.5. CAPACIDADE MÁXIMA DA GALERIA

Para a obtenção do valor máximo suportado pela via e para o dimensionamento das galerias é empregada a Equação 6, denominada equação da continuidade. Assim, a vazão máxima à seção plena nos condutos é obtida pela equação a seguir.

$$Q = v \cdot S$$

Equação 7 – Vazão

Em que:

- Q: Vazão (m^3/s);
- V: Velocidade da seção plena, apresentada no item 7.3.4- Velocidade de

- escoamento (m/s);
- S: Área da seção (m^2).

Portanto, como critério de dimensionamento, a capacidade máxima da galeria deve ser superior à vazão que se deseja transportar.

7.3.6. RECOBRIMENTO MÍNIMO DA GALERIA

Nos locais por onde a tubulação passa e que fazem parte do sistema viário, foi utilizado o recobrimento mínimo de 1,00 metro acima da geratriz superior do tubo, de forma a garantir a segurança estrutural das galerias.

7.3.7. CANALETAS

Foram projetadas canaletas trapezoidais de grama e de concreto, que servirão para coletar o escoamento superficial e encaminhar para as galerias de drenagem.

As canaletas de grama, posicionadas conforme o projeto de drenagem, serão provisórias, tendo em vista que a região será urbanizada futuramente. Já as canaletas de concreto serão permanentes.

7.3.8. INTERFERÊNCIAS

Foi verificada interferência entre a rede pluvial projetada e a rede de esgoto de diâmetro nominal 250 mm que passa pelo local entre o poço de visita 9 e o poço de visita existente 10, não foi possível desviar da interferência, devido a necessidade de conectar a rede projetada à galeria pluvial existente. Desta forma, recomenda-se que a companhia de saneamento COPASA acompanhe a execução da obra neste trecho e faça a adequação da rede esgoto para compatibilizar com o projeto de drenagem pluvial.

7.3.9. DESCARTE

O descarte será realizado em um poço de visita existente (PV-10) que encaminhará as águas até uma bacia de detenção hidráulica que será construída a jusante.

8. SUPRESSÃO VEGETAL

Para a implantação do projeto de canalização, no bairro Medicina, em Pouso Alegre/MG, será necessária a intervenção ambiental em Área de Preservação Permanente, com área de 0,334 ha (3340 m²), incluindo a supressão de 74 indivíduos nativos. A Figura 6 apresenta a localização do trecho a ser canalizado, bem como os indivíduos arbóreos a serem suprimidos.

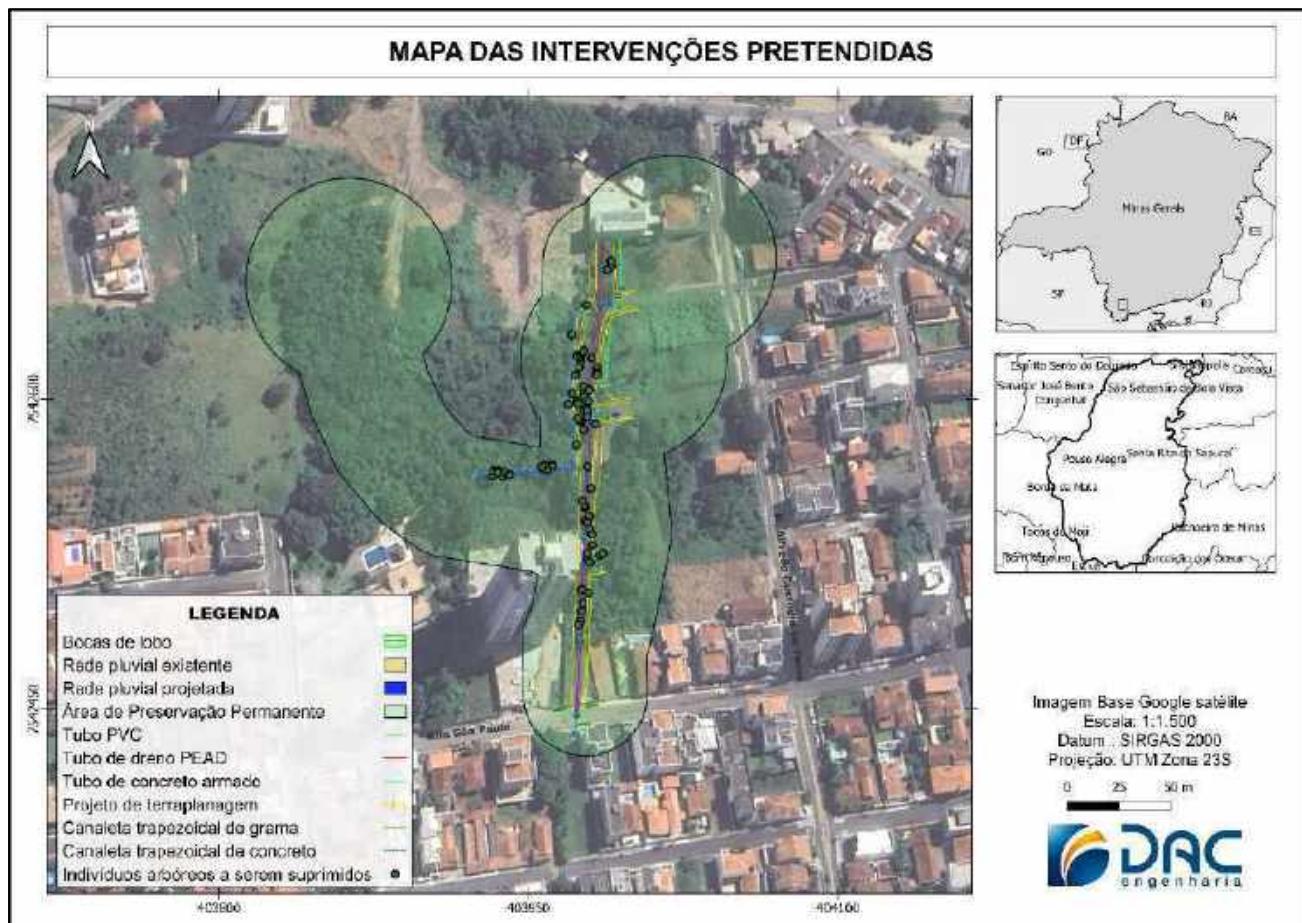


Figura 6 - Mapa do trecho a ser canalizado e indivíduos a serem suprimidos

Fonte: DAC Engenharia (2022)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). Hidroweb: Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 01 out. de 2022.

CDHU – Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano. Manual Técnico de Projetos. Agosto de 2008.

COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa COPAM nº 95, de 12 de abril de 2006. Dispõe sobre critérios para o licenciamento ambiental de intervenções em cursos d'água de sistemas de drenagem urbana no Estado de Minas Gerais. **Diário do Executivo**. Belo Horizonte: COPAM, 2006. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5533>. Acesso em: outubro de 2022.

DER-SP – Projeto Padrão – PPs Drenagem. Disponível em: <<http://www.der.sp.gov.br/Website/Acessos/Documentos/Tecnicas.aspx>>

PORTE, R.M. Hidráulica básica. 2. ed. São Carlos: EESC-USP, 1999.

RAMOS., C.L; BARROS, M.T.L.; PALOS, J.C.F., COORD. (1999) – Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município De São Paulo. Prefeitura do Município de São Paulo e Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – CTH, São Paulo.

RIO DE JANEIRO (MUNICÍPIO). Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de Drenagem Urbana. p. 60. dezembro de 2010.

SÃO PAULO (ESTADO). DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS. Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo. São Paulo: DAEE/CTH, 1999. 141p.

SANTOS, L. C. C. Estimativa de vazões máximas de projeto por métodos determinísticos e probabilísticos. 2010. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010.

TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, ABRH, 2009. 943 p.

ANEXO I – PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

ANEXO II – PROJETO DE DRENAGEM

ANEXO III – PERFIL DA LINHA D'ÁGUA