



**AVENIDA SÃO FRANCISCO
INTERLIGAÇÃO COM AVENIDA
NOROESTE**

MEMORIAL DE CÁLCULO

Abril 2021

Referências Cadastrais

Cliente Prefeitura Municipal de Pouso Alegre
Localização Pouso Alegre, MG.
Título Avenida São Francisco interligação com Avenida Noroeste
Contato Rinaldo Lima Oliveira
E-mail rinaldololiveira@gmail.com
Líder do Projeto: Aloisio Caetano Ferreira
Coordenador: Denis de Souza Silva
Projeto/centro de custo: ATA 91/2020
Data do documento: 09/04/2021

Elaborador/Autor	Aloisio Caetano Ferreira	Engenheiro Hídrico
Verificador/aprovador	Denis de Souza Silva	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 – Projeto Hídrico

Aloisio Caetano Ferreira Engenheiro Hídrico	
Nº CREA: MG 97.132/D	Nº ART:

Responsável Técnico – Projeto Civil

Flávia Cristina Barbosa Engenheira Civil	
Nº CREA: MG-187.842 /D	Nº ART:

Coordenação

Denis Silva Engenheiro Hídrico	
Nº CREA: MG-127.216 /D	

Equipe

Márcia Regina	Assistente Administrativa
Rafael Wasem	Auxiliar de Topografia
Antônio Galvão Jr	Design de Interiores
Érika Prudente	Engenheira Ambiental
Thales Tito	Engenheiro Ambiental
Abraão Ramos	Engenheiro Civil
Camila Andrade	Engenheira Civil
Daliani Pereira	Engenheira Civil
Diego Moutinho	Engenheiro Civil
Felipe Guimarães	Engenheiro Civil
Flávia Barbosa	Engenheira Civil
Jonas Guerreiro	Engenheiro Civil
Mara Lucy	Engenheira Civil
Pedro Henrique Justiniano	Engenheiro Civil
Thais Coimbra	Engenheira Civil
Tulio Lemos	Engenheiro Civil
William Baradel	Engenheiro Civil

Giovanni Petrucci	Engenheiro Eletricista
Aloisio Caetano Ferreira	Engenheiro Hídrico
Denis Silva	Engenheiro Hídrico
Henrique Biasi	Engenheiro Hídrico
Igor Lopes	Engenheiro Hídrico
Guilherme Lacerda Lima	Engenheiro de Materiais
Geraldo Tiago Filho	Engenheiro Mecânico
German Lozano	Engenheiro Mecânico
Pedro Costa	Engenheiro Mecânico
Tamara Ventura	Estag. Engenharia Ambiental e Sanitária
Giulia Camerini	Estag. Biologia
Bianca Baruk Rosa	Estag. Engenharia Civil
Cristofer Lucas	Estag. Engenharia Civil
Erica de Souza	Estag. Engenharia Civil
Faycon Crister	Estag. Engenharia Civil
Gabriel Santos	Estag. Engenharia Civil
Gabriel Gomes	Estag. Engenharia Civil
Hans Araujo	Estag. Engenharia Civil
Isabela Couto	Estag. Engenharia Civil
Letícia Noda	Estag. Engenharia Civil
Luana Brandão	Estag. Engenharia Civil
Marcela Cabral	Estag. Engenharia Civil
Thallis Eduardo Cabral	Estag. Engenharia Civil
Nathália Souza	Estag. Engenharia Hídrica
Júlio Del Ducca	Estag. Engenharia Mecânica

Índice

Índice	4
1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....	5
1.1. METODOLOGIA APLICADA.....	5
1.2. MÉTODO RACIONAL	6
1.2.1. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL	6
1.2.2. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO E PERÍODO DE RETORNO	7
1.2.3. INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO	8
1.2.4. VAZÃO	8
2. PROJETO DE DRENAGEM	9
2.1. VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DA SARJETA	9
2.2. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DAS GALERIAS	11
2.2.1. Posicionamento.....	11
2.2.2. Diâmetro mínimo.....	12
2.2.3. Cálculo da vazão na galeria.....	12
2.2.4. Velocidade de escoamento.....	12
2.2.5. Capacidade máxima da galeria	14
2.2.6. Recobrimento mínimo da galeria	15
2.2.7. Descarte.....	15
ANEXO I : PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO	16

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Coeficiente de escoamento superficial

Lista de Figuras

Figura 1 - Sarjeta tipo 2

Figura 2 - Característica hidráulica da sarjeta.

Figura 3 - Detalhes hidráulicos das sarjeta

1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos irão determinar as descargas máximas nas áreas 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, como é apresentado a seguir.

1.1. 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 – t_c , 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.

1.2. 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 (m³/s);
- C: Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
- i: Intensidade da chuva de projeto (mm/h);
- A: Área de drenagem (ha).

1.2.1. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Coeficiente também denominado por deflúvio superficial ou coeficiente de “runoff”. 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 **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 1 - Coeficiente de escoamento superficial

DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTÁRIAS	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "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

1.2.2. 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, sendo este mais crítico ao adotado pelo caderno de encargos de Pouso Alegre- MG.

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 irá utilizar no dimensionamento do projeto hidráulico é importante analisar os prejuízos tangíveis e intangíveis que possam 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.

1.2.3. INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO

Para determinar a intensidade máxima de chuva de um determinado local há uma equação que correlaciona os parâmetros como intensidade, duração e frequência (IDF) das chuvas, e ainda permite obter valores para diferentes tipos de tempos de concentração e tempos de retorno. Estes são definidos por uma série histórica de dados de chuvas, de mais ou menos 30 anos, do local em questão.

No empreendimento em questão, utilizou a sua equação de chuva do município de Pouso Alegre gerada pela interpolação de dados do software Plúvio 2.1. Assim, obteve-se a seguinte equação de chuva:

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

Equação 2 - Equação de chuva intensa de Pouso Alegre

Onde:

i – Intensidade da chuva (mm/h);

tc – tempo de concentração (min);

T – Período de retorno (anos).

1.2.4. VAZÃO

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

2. PROJETO DE DRENAGEM

O projeto de drenagem objetiva 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.

2.1. 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 2, conforme 1.

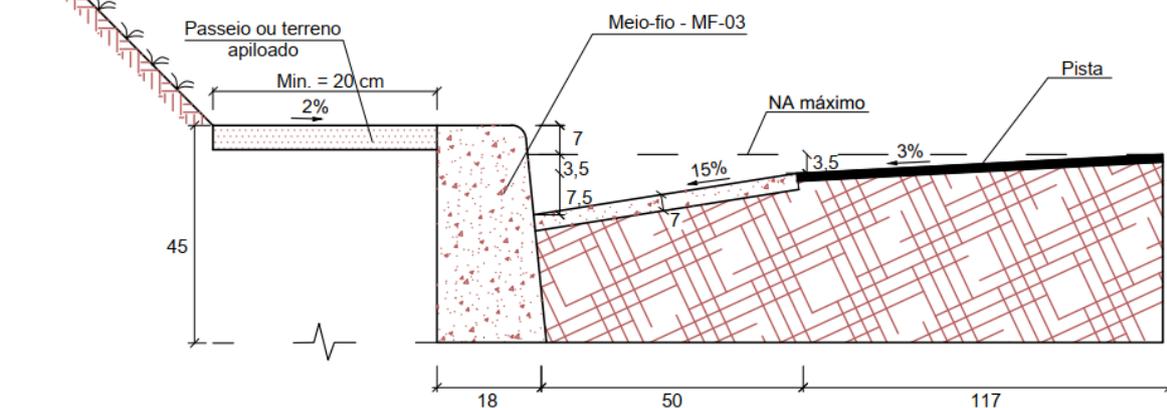


Figura 1 - Sarjeta tipo 2

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

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

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 (2), 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 3.

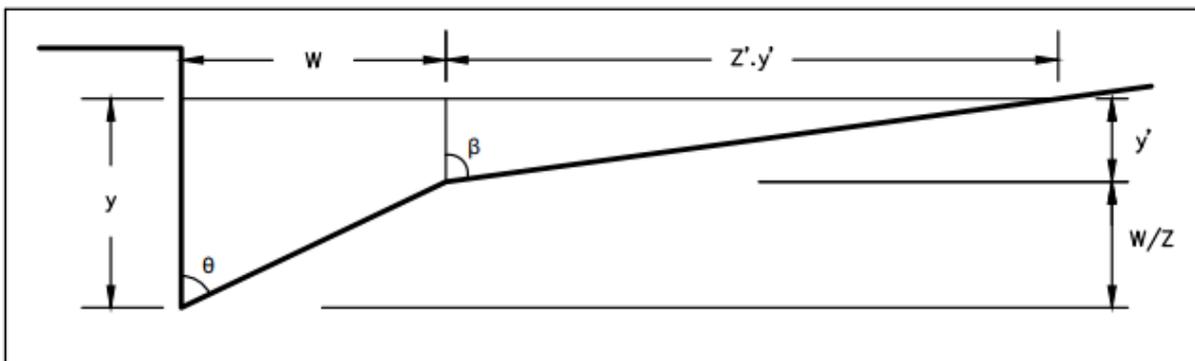


Figura 2 - Característica hidráulica da sarjeta.

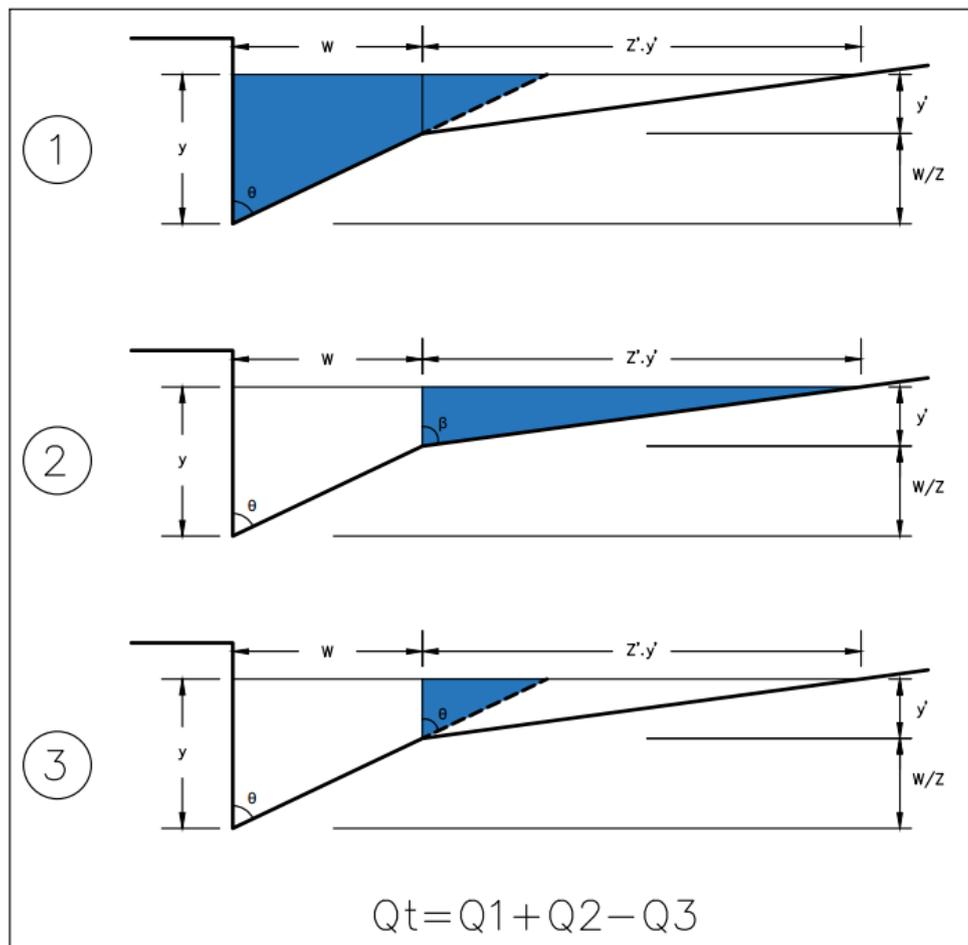


Figura 3 - Detalhes hidráulicos das sarjeta

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.

2.2. 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.

2.2.1. 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 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.

2.2.2. Diâmetro mínimo

Foi adotado como parâmetro de projeto o diâmetro mínimo de 0,60 m para galeria. Para ligações de ramais entre bocas de lobo e poços de visita adotou-se o diâmetro mínimo de 0,50 m e uma declividade mínima de 1%.

2.2.3. Cálculo da vazão na galeria

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

2.2.4. 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 à 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:

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

A velocidade pode ser calculada através da Equação 3.

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

Equação 3 – Velocidade

Onde:

v – Velocidade (m/s);

I – Declividade do conduto (m/m);

R_h – Raio hidráulico (m);

n – Coeficiente de rugosidade (adimensional).

O raio hidráulico (R_h) é obtido por meio da Equação 4:

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

Equação 4 - Raio hidráulico

Em que:

A_m – Área da seção molhada (m^2);

P_m – Perímetro molhado (m).

O coeficiente de rugosidade é adotado conforme o material empregado no dispositivo, como determinado na 2.

Tabela 2 – Valores do coeficiente de rugosidade para diferentes materiais de revestimento

Material	Coeficiente (n)
Tubos em PEAD	0,010
Galerias ou bueiros em concreto	0,013
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
Em concreto irregular	0,033
Revestido com grama em placas	0,030
Revestido com enrocamento bem construído	0,030
Concreto para sarjeta	0,014

2.2.5. Capacidade máxima da galeria

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

$$Q = v \cdot S$$

Equação 5 - Vazão

Em que:

- Q – Vazão (m³/s);
- v – Velocidade a seção plena, apresentada no Item 2.2.7: Velocidade de escoamento (m/s);

- S – Área da seção (m²).

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

2.2.6. Recobrimento mínimo da galeria

Nos locais por onde a tubulação passa e que fazem parte do sistema viário, será considerado o recobrimento mínimo de 1,0 metro acima da geratriz superior do tubo, de forma a garantir a segurança estrutural das galerias.

2.2.7. Descarte

O descarte será realizado no prolongamento da Rua Atilio Pereira Pascoal com o Loteamento Vila São Geraldo, ao final do trecho, onde será pavimentado.

A ALA-8 está localizada nas coordenadas 7.542.688,7558 e 402.995,0456.

O descarte terá dissipador de energia para bueiros com pedra argamassada, conforme projeto de drenagem.

ANEXO I : PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

PROJETO DE GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS																							
Av. São Francisco																							
coef. de esc. superf. :			0.75	tc inicial =		10 min																Folha	
coef. de manning Concr./PEAD:			0.014	0.010	TR =		10 anos																1
Trecho			Ext. (m)	Área de Contribuição (ha)		Δtc (min)	tc (min)	Intens. (mm/h)	Vazão (m³/s)	Seção (m)	Material	Decliv. (m/m)	Capac. Máxima seção pl. (m³/s)	Vproj (m/s)	y/D	COTAS (m)				Prof. da Galeria (m)		Degrau (m)	
				Mont.	-											Jus.	Parc.	Acum.	Terreno		Galeria		Mont.
1	-	2	35.00	1.732	1.732	0.15	10.00	115.478	0.417	0.60	Concreto	0.0431	1.183	3.81	0.41	886.707	885.199	885.007	883.499	1.70	1.70	1.50	
2	-	3	16.00	0.113	1.846	0.05	10.15	115.123	0.443	0.60	Concreto	0.0952	1.759	5.23	0.34	885.199	882.176	881.999	880.476	3.20	1.70	2.80	
3	-	4	16.00	1.945	3.790	0.05	10.20	115.005	0.908	0.60	Concreto	0.0822	1.635	5.93	0.53	882.176	878.061	877.676	876.361	4.50	1.70	2.00	
4	-	5	15.00	0.069	3.859	0.04	10.25	114.888	0.924	0.60	Concreto	0.0721	1.531	5.68	0.56	878.061	874.980	874.361	873.280	3.70	1.70	0.20	
5	-	ESCADA	9.00	0.030	3.890	0.06	10.29	114.794	0.930	0.80	Concreto	0.0100	1.228	2.67	0.65	874.980	873.340	873.080	872.990	1.90	0.35	0.00	
6	-	7	20.00	1.832	1.832	0.06	10.00	115.478	0.441	0.60	Concreto	0.1322	2.073	5.87	0.31	891.897	887.453	888.397	885.753	3.50	1.70	2.80	
7	-	3	19.00	0.113	1.945	0.05	10.06	115.336	0.467	0.60	Concreto	0.1304	2.059	5.90	0.31	887.453	882.176	882.953	880.476	4.50	1.70	2.80	