Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160
Fone: 3350-9022
80.510.140
São Francisco
Curitiba – PR
www.curitiba.pr.gov.br

ANEXO III

DIRETRIZES BÁSICAS DO PROJETO

VOLUME IV - PROJETO DE ENGENHARIA E MATERIAL RODANTE

PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS-DE-ARTE CORRENTES

Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160
Fone: 3350-9022
80.510.140
São Francisco
Curitiba – PR
www.curitiba.pr.gov.br

Sumário

3.2.5. Projeto de Drenagem e Obras-de-arte Correntes 3

3.2.5.1. Estudos Hidrológicos – Escoamento Superficial 3

a) Características pluviométricas 3

b) Características fluviométricas 9

c) Características físicas das bacias 12

d) Parâmetros de cálculo 16

e) Intensidade de precipitação 16

f) Determinação das vazões 18

g) Resultados obtidos 22

3.2.5.2. Projeto Conceitual de Drenagem do Túnel 25

3.2.5. Projeto de Drenagem e Obras-de-arte Correntes

Para a recomposição do sistema de drenagem que será removido e/ou demolido em decorrência da obra de túneis de acesso e estações, será necessária, entre outras, a execução dos seguintes serviços:

- Assentamento de bueiros tubulares;
- Reconstrução de bueiros celulares;
- Construção de caixas de passagem e poços de visita;
- Construção de sarjetas e sarjetões;
- Implantação de drenos profundos.

3.2.5.1. Estudos Hidrológicos – Escoamento Superficial

Os estudos hidrológicos foram desenvolvidos para determinar o regime pluviométrico no entorno do eixo diretriz da linha do metrô,assim como analisar as características das bacias hidrográficas e estimar as vazões de contribuição.

Esse estudo fornecerá subsídios para a verificação da capacidade hidráulica do sistema de drenagem superficial existente epara o dimensionamento das novas obras necessárias.

a) Características pluviométricas

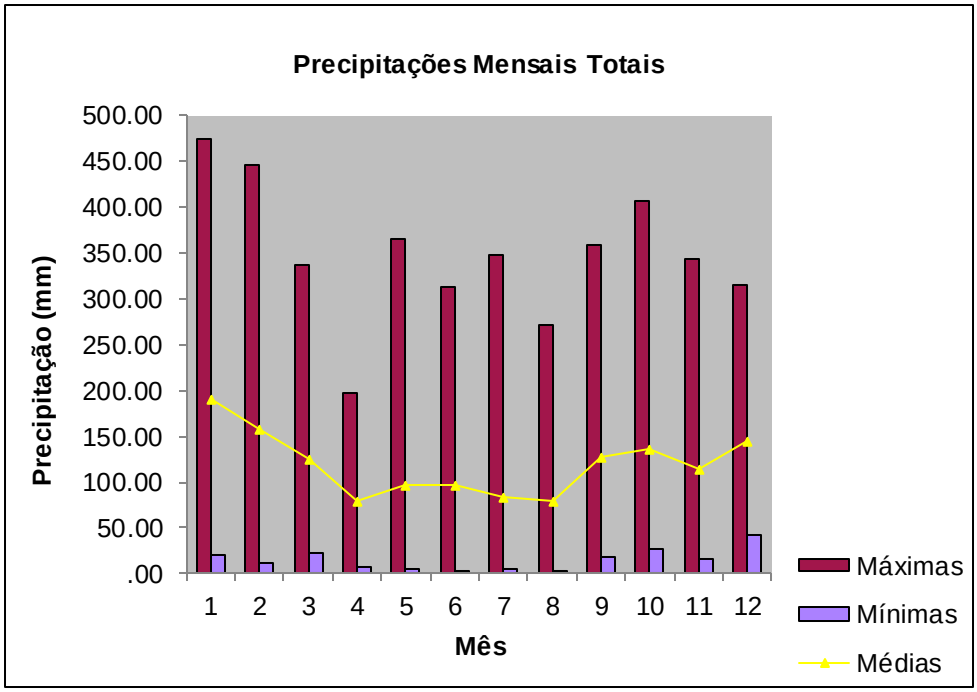
O estudo pluviométrico foi desenvolvido através da análise dos dados da Estação Pluviométrica Curitiba, de responsabilidade da Agência Nacional das Águas – ANA e operada pelo órgão gestor do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Águas do Paraná, código de identificação 02549006, no período de 1889 a 2009.

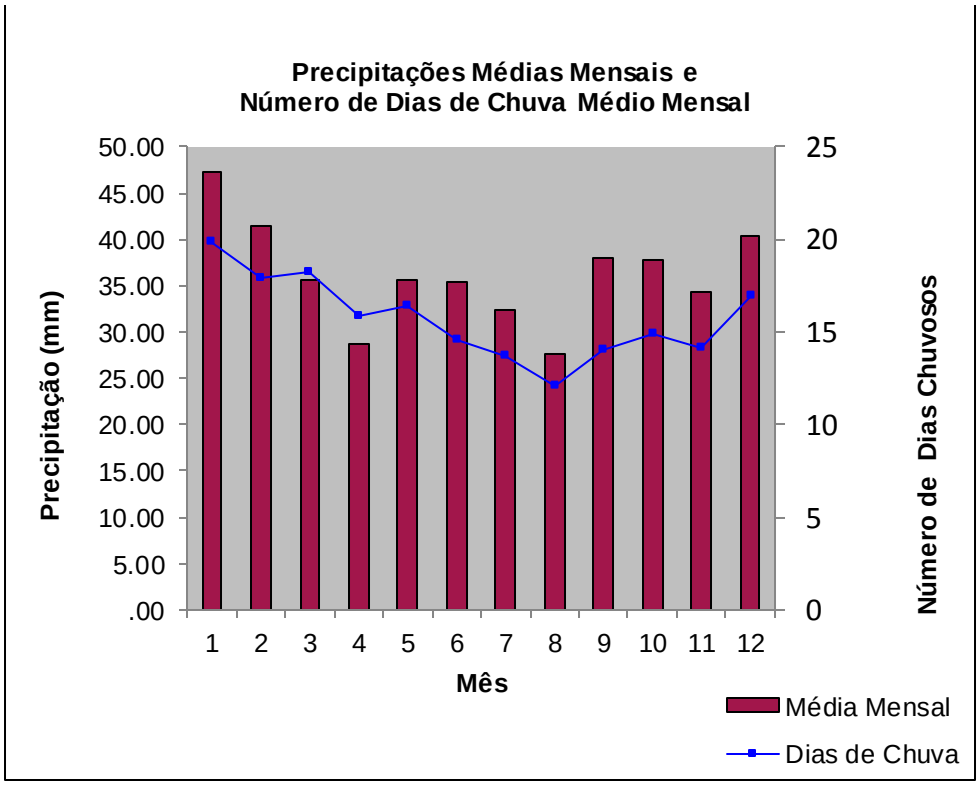
Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160
Fone: 3350-9022
80.510.140
São Francisco
Curitiba – PR
www.curitiba.pr.gov.br

Nos gráficos, a seguir, podem ser observados os valores máximos, médios e mínimos das precipitações máximas mensais e o número total de dias de chuva mensais.





Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160
Fone: 3350-9022
80.510.140
São Francisco
Curitiba – PR
www.curitiba.pr.gov.br

Analisando os valores de precipitação total médio ao longo do ano, verifica-se a relativa uniformidade na ocorrência dos eventos chuvosos. Os valores mais altos ocorrem durante os meses de verão. Identifica-se o período entre os meses de abril a setembro, como sendo a melhor época para a execução dos serviços de campo.

Na tabela, a seguir, está apresentado um resumo das precipitações no período de observação da série histórica.

Tabela Resumo da Série Histórica das Precipitações

Ano	Precipitação Total Anual (mm)	Máxima Precipitação Diária(mm)	Dias de Chuva
1889	1.599,3	75,4	175
1890	1.280,9	73,1	209
1891	1.616,6	90,3	206
1892	1.278,7	76,8	190
1893	1.266,4	60,4	195
1894	1.354,2	55,2	200
1895	1.385	121,7	246
1896	1.471,9	74,7	262
1897	1.157,7	65	235
1898	1.845,4	66,8	225
1899	1.718,2	81,4	216
1900	1.439,6	83,2	224
1901	-	-	-
1902	-	-	-
1903	-	-	-
1904	1.226,8	67,4	231
1905	1.600,4	71,6	208
1906	1.088,3	55,5	200
1907	1.476,1	56,5	213
1908	1.217,3	43,3	213
1909	1.006,5	71,8	198
1910	1.189,4	60,5	187
1911	1.917,1	72,6	216
1912	-	-	-

Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160
Fone: 3350-9022
80.510.140
São Francisco
Curitiba – PR
www.curitiba.pr.gov.br

Ano	Precipitação Total Anual (mm)	Máxima Precipitação Diária(mm)	Dias de Chuva
1913	-	-	-
1914	1.566,5	163,5	144
1915	1.360,7	56	154
1916	1.030,6	64,1	155
1917	-	-	-
1918	-	-	-
1919	-	-	-
1920	-	-	-
1921	-	-	-
1922	1.623,1	63,4	182
1923	1.344,5	80	157
1924	902,4	39,1	118
1925	1.408	97,6	168
1926	1.532,5	96,4	167
1927	1.493,2	111,5	162
1928	1.433,7	86	179
1929	1.406	52,8	167
1930	1.204,3	68	148
1931	1.632,1	60,4	200
1932	1.513,4	52	240
1933	795,2	44,1	228
1934	1.302,3	111,9	213
1935	1.598,3	67,9	225
1936	1.366,5	57,7	203
1937	1.413,9	93	207
1938	1.648,8	107,2	218
1939	1.413,5	54	238
1940	1.131,3	53,8	184
1941	1.318,1	83,5	239
1942	1.145,2	63,4	235
1943	1.227,8	62,4	237
1944	1.177	90,2	219
1945	1.275,6	57,2	205
1946	1.700,2	88,5	188
1947	1.608,8	71,2	202

Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160
Fone: 3350-9022
80.510.140
São Francisco
Curitiba – PR
www.curitiba.pr.gov.br

Ano	Precipitação Total Anual (mm)	Máxima Precipitação Diária(mm)	Dias de Chuva
1948	1.341,1	58,7	163
1949	1.233,9	78,2	182
1950	1.469,9	79,3	225
1951	1.190,2	59,8	233
1952	1.386,4	74,2	186
1953	1.268,5	53	224
1954	1.730	101,7	210
1955	1.462	59,1	196
1956	1.196,5	66,8	201
1957	2.165,2	77,3	204
1958	1.731,9	87,4	189
1959	1.204,5	83,2	171
1960	1.629,8	60	185
1961	1.682,8	66,9	206
1962	1.167,1	55,3	186
1963	1.413,9	61,4	179
1964	1.325,9	84,3	202
1965	1.753,4	102,4	188
1966	1.433,7	64,8	191
1967	1.287,3	69	179
1968	1.111,3	60,7	140
1969	1.614,4	683	180
1970	1.713	945	193
1971	1.308,8	874	206
1972	1.870,9	1046	231
1973	1.511,5	1224	163
1974	1.306,8	642	150
1975	1.537,3	832	195
1976	1.480,5	597	183
1977	1.473,7	70	180
1978	1.055,4	72,5	138
1979	1.299,4	53,4	170
1980	1.551,6	86,4	198
1981	9.474	52,4	167
1982	1.609,3	100,6	176

Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160
Fone: 3350-9022
80.510.140
São Francisco
Curitiba – PR
www.curitiba.pr.gov.br

Ano	Precipitação Total Anual (mm)	Máxima Precipitação Diária(mm)	Dias de Chuva
1983	1.992,7	97,9	205
1984	1.479,9	63,2	166
1985	7.655	38,3	154
1986	1.364,2	58,1	203
1987	1.388	77,8	190
1988	1.213,1	82,9	158
1989	1.459,8	72,9	199
1990	1.747,8	68,7	184
1991	-	-	-
1992	1.255,7	65,8	174
1993	1.876,2	95,3	177
1994	-	-	-
1995	1.650,5	12,1	168
1996	1.891,8	83,4	197
1997	1.798,2	102,5	159
1998	2.071,2	93,1	184
1999	1.683,4	146,2	157
2000	1.502	74,1	165
2001	1.894,1	71,8	168
2002	1.577,6	79,7	158
2003	1.520,3	93,4	158
2004	1.191,2	48,6	146
2005	1.333,2	74,2	149
2006	932,4	43,2	130
2007	1.337,8	112,8	118
2008	1.157,8	75	137
2009	1.659,4	74,4	154

b) Características fluviométricas

Foram analisadas as Estações Fluviométricas Prado Velho - UCP (código 65011400) e Rodolfo Bernardelli (código 65011500), localizadas na sub-bacia do Rio Belém.

As informações obtidas estão apresentadas nos dados a seguir.

- Estação Prado Velho
  - Código.....65011400;
  - Nome.....Prado Velho – UCP;
  - Código adicional.....A119;
  - Bacia.....Rio Paraná (6);
  - Sub-bacia.....Rios Paraná, Iguaçu e outros (65);
  - Rio.....Rio Belém;
  - Estado.....Paraná;
  - Município.....Curitiba;
  - Responsável.....ANA;
  - Operadora.....Águas do Paraná;
  - Latitude.....-25:26:59;
  - Longitude.....-49:14:58;
  - Altitude (m).....880;
  - Área de drenagem (km^2).....43.

Prefeitura Municipal de Curitiba

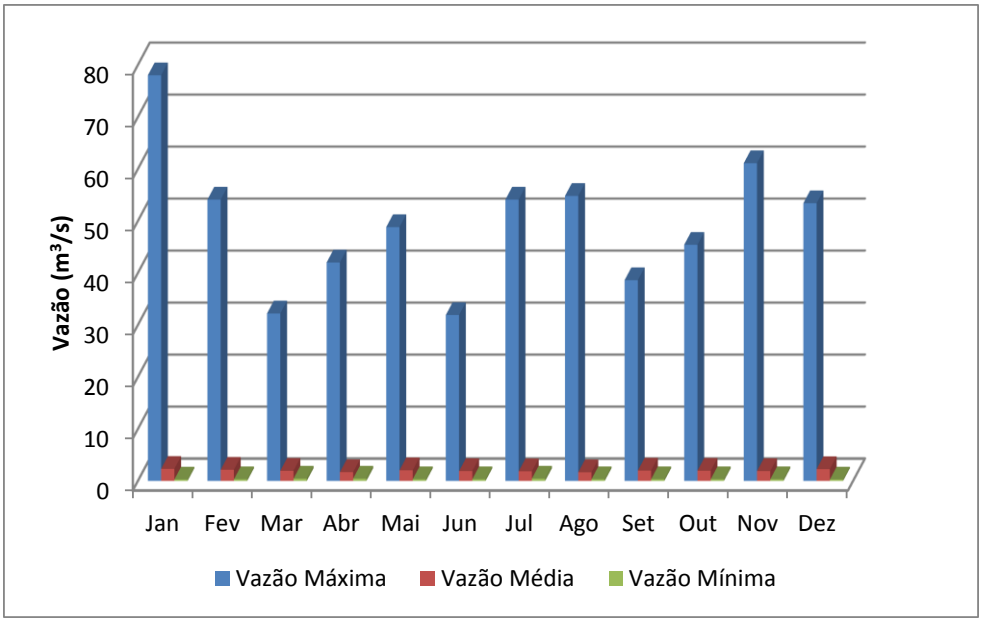
Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160
Fone: 3350-9022
80.510.140
São Francisco
Curitiba – PR
www.curitiba.pr.gov.br

Tabela das Vazões

Mês	Vazão Máxima (m^3/s)	Vazão Média (m^3/s)	Vazão Mínima (m^3/s)
Janeiro	78,00	2,31	0,27
Fevereiro	54,10	2,15	0,32
Março	32,20	1,94	0,44
Abril	42,00	1,68	0,44
Maio	48,80	2,04	0,32
Junho	31,90	1,89	0,32
Julho	54,10	1,85	0,44
Agosto	54,80	1,66	0,32
Setembro	38,60	1,98	0,32
Outubro	45,40	1,96	0,32
Novembro	61,10	1,89	0,32
Dezembro	53,40	2,26	0,27

Gráfico das Vazões

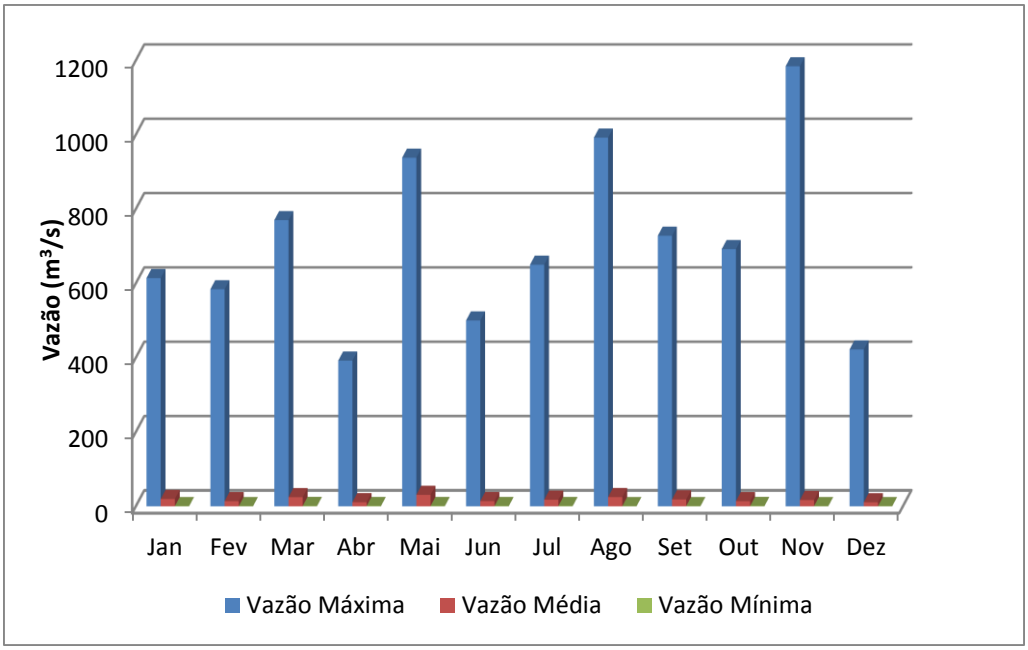


- Estação Rodolfo Bernardelli
  - Código.....65011500;
  - Nome.....Rodolfo Bernardelli;
  - Código adicional.....A115;
  - Bacia.....Rio Paraná (6);
  - Sub-bacia.....Rios Paraná, Iguaçu e outros (65);
  - Rio.....Rio Belém;
  - Estado.....Paraná;
  - Município.....Curitiba;
  - Responsável.....Águas do Paraná;
  - Operadora.....Águas do Paraná;
  - Latitude.....-25:29:28;
  - Longitude.....-49:13:45;
  - Altitude (m) 879,8;
  - Área de drenagem (km^2).. .....79,71.

Tabela das Vazões

Mês	Vazão Máxima (m^3/s)	Vazão Média (m^3/s)	Vazão Mínima (m^3/s)
Janeiro	614,00	19,66	0,40
Fevereiro	584,00	13,58	0,50
Março	770,00	24,56	0,88
Abril	392,00	11,06	0,80
Maio	938,00	30,79	0,80
Junho	500,00	14,04	0,64
Julho	650,00	17,67	0,80
Agosto	992,00	24,84	0,56
Setembro	728,00	18,57	0,50
Outubro	692,00	13,88	0,88
Novembro	1184,00	16,77	0,50
Dezembro	422,00	10,75	0,40

Gráfico das Vazões

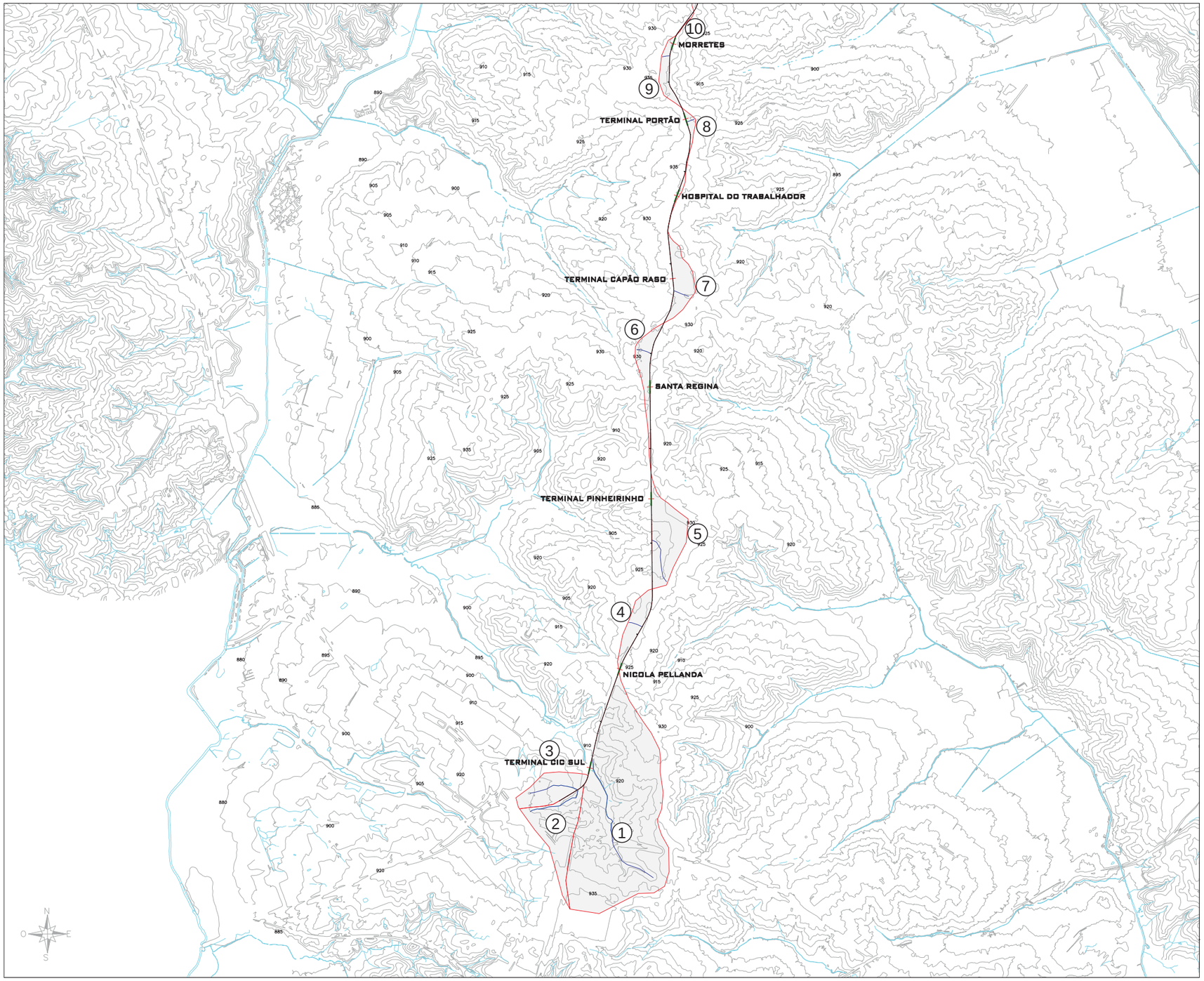


c) Características físicas das bacias

A delimitação das áreas, estimativa dos comprimentos e inclinação dos talvegues foram feitas sobre o mapa do município fornecido pelo IPPUC, com curvas de nível a cada 5 m e ortofotocartas do eixo da linha do metrô.

As plantas com a delimitação das bacias estão apresentadas a seguir.

Bacias Hidrográficas
Folha 1/3

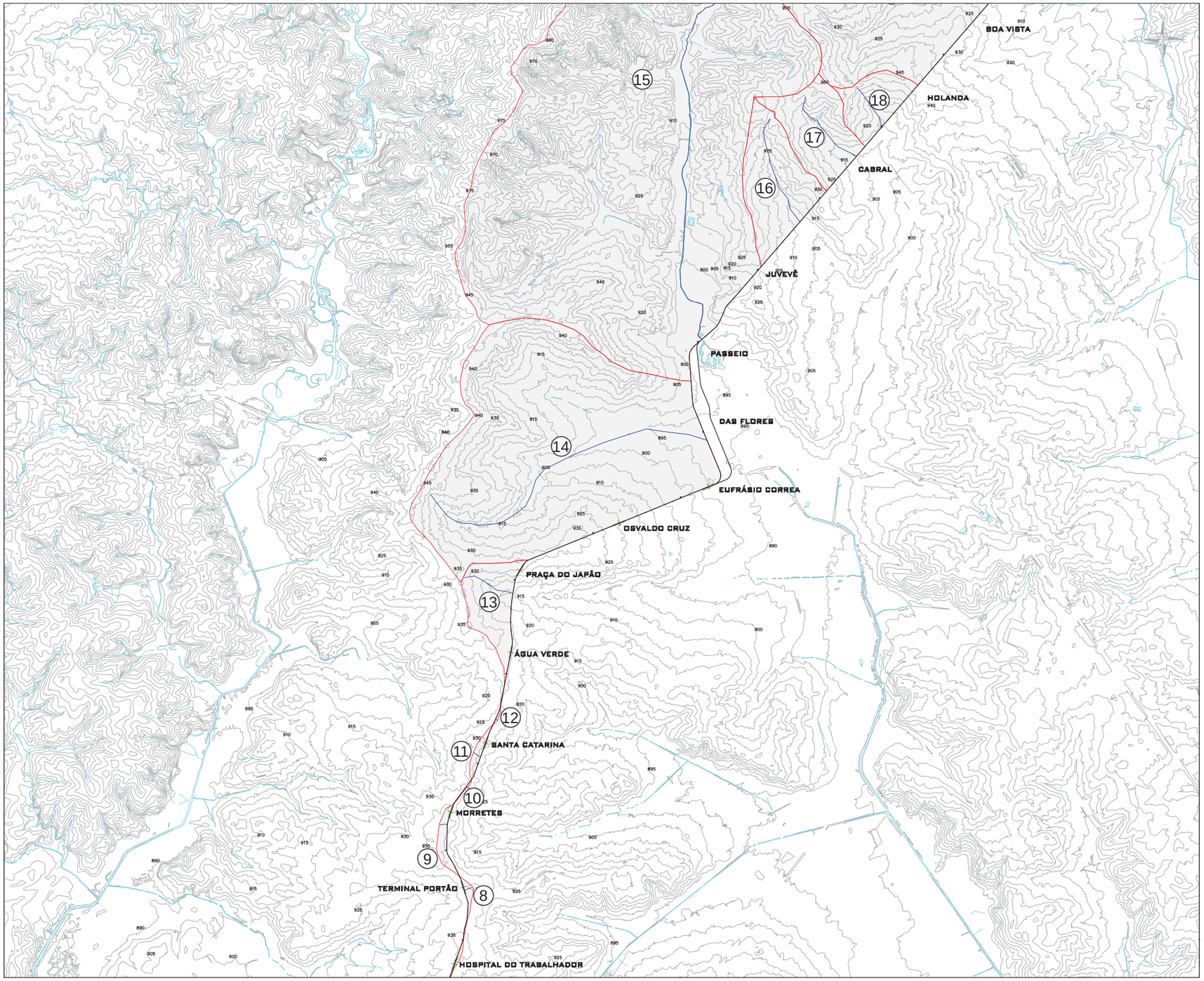


Bacia	Área (m²)	Talvegue (m)	Estaca	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)
1	1.744.172	1.559	0+603	924,0	907,0
2	298.080	609	0+221	925,5	914,5
3	177.394	527	0+221	930,5	914,5
4	108.395	147	2+096	928,0	925,5
5	272.485	500	3+037	926,0	917,5
6	113.006	164	5+001	930,5	927,0
7	139.066	168	5+716	935,5	931,5
8	31.995	86	7+537	935,5	932,5
9	64.025	80	8+278	937,5	936,0
10	3.195	43	8+723	933,0	931,5
11	37.717	85	9+075	932,0	928,0
12	3.405	24	9+509	927,5	926,0
13	434.328	561	10+860	933,5	915,5
14	5.522.130	3.451	13+902	935,5	892,0
15	16.605.202	9.176	15+051	986,5	895,5
16	809.459	1.200	16+676	940,0	908,0
17	649.063	922	17+590	939,5	910,5
18	368.383	511	17+984	939,0	915,0
19	8.806.421	5.422	20+319	972,0	905,0
20	2.691.009	3.387	21+221	988,0	905,5
21	223.676	299	21+691	927,0	914,5
22	393.334	529	21+691	930,0	914,5

Legenda

- TALVEGUES
- TALVEGUES PRINCIPAIS
- DIVISORES DE ÁGUA
- EIXO DO METRÔ
- ESTAÇÕES

Bacias Hidrográficas
Folha 2/3

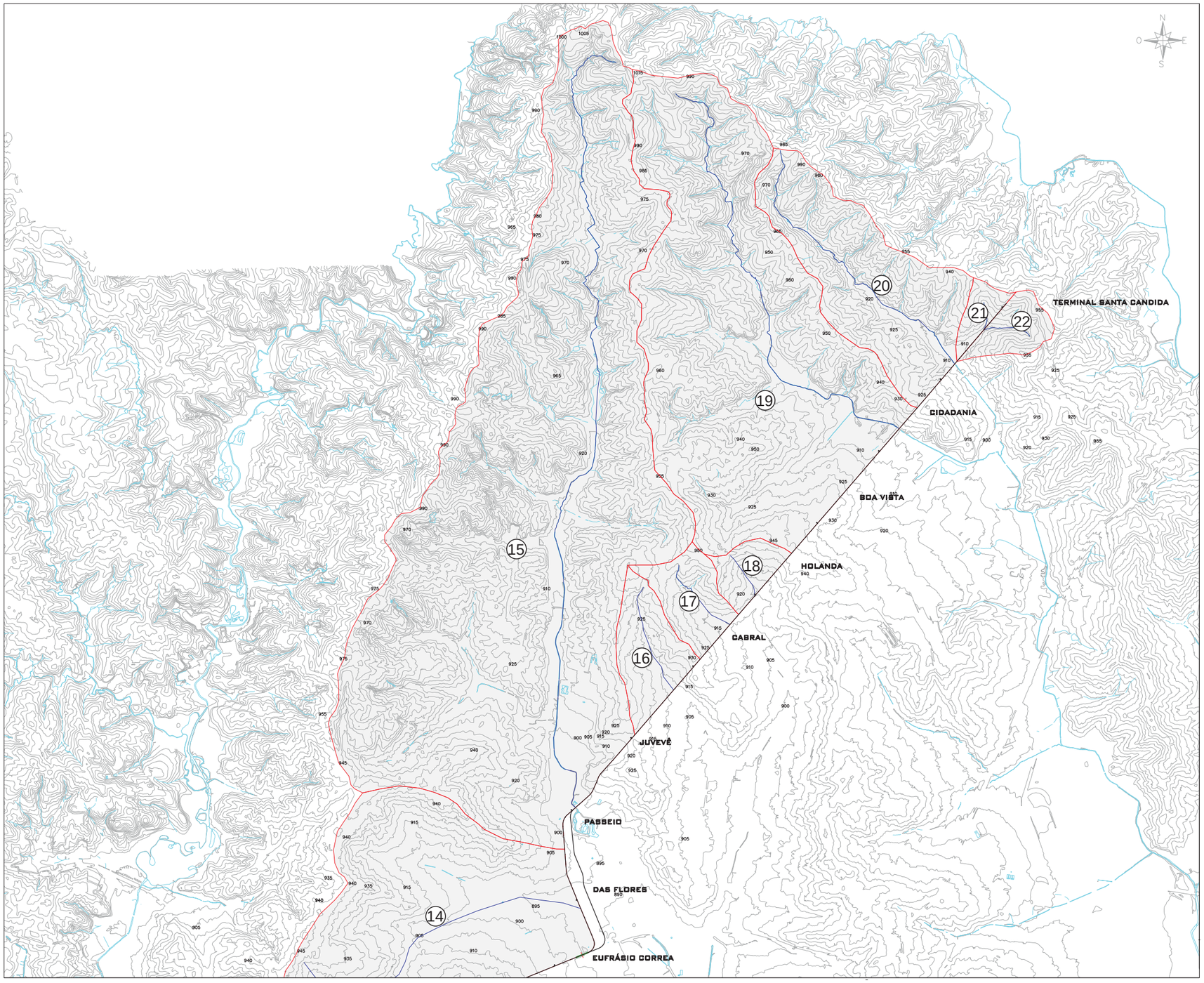


Bacia	Área (m²)	Talvegue (m)	Estaca	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)
1	1.744.172	1.559	0+603	924,0	907,0
2	298.080	609	0+221	925,5	914,5
3	177.394	527	0+221	930,5	914,5
4	108.395	147	2+096	928,0	925,5
5	272.485	500	3+037	926,0	917,5
6	113.006	164	5+001	930,5	927,0
7	139.066	168	5+716	935,5	931,5
8	31.995	86	7+537	935,5	932,5
9	64.025	80	8+278	937,5	936,0
10	3.195	43	8+723	933,0	931,5
11	37.717	85	9+075	932,0	928,0
12	3.405	24	9+509	927,5	926,0
13	434.328	561	10+860	933,5	915,5
14	5.522.130	3.451	13+902	935,5	892,0
15	16.605.202	9.176	15+051	986,5	895,5
16	809.459	1.200	16+676	940,0	908,0
17	649.063	922	17+590	939,5	910,5
18	368.383	511	17+984	939,0	915,0
19	8.806.421	5.422	20+319	972,0	905,0
20	2.691.009	3.387	21+221	988,0	905,5
21	223.676	299	21+691	927,0	914,5
22	393.334	529	21+691	930,0	914,5

Legenda

- TALVEGUES
- TALVEGUES PRINCIPAIS
- DIVISORES DE ÁGUA
- EIXO DO METRÔ
- ESTAÇÕES

Bacias Hidrográficas
Folha 3/3



Bacia	Área (m²)	Talvegue (m)	Estaca	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)
1	1.744.172	1.559	0+603	924,0	907,0
2	298.080	609	0+221	925,5	914,5
3	177.394	527	0+221	930,5	914,5
4	108.395	147	2+096	928,0	925,5
5	272.485	500	3+037	926,0	917,5
6	113.006	164	5+001	930,5	927,0
7	139.066	168	5+716	935,5	931,5
8	31.995	86	7+537	935,5	932,5
9	64.025	80	8+278	937,5	936,0
10	3.195	43	8+723	933,0	931,5
11	37.717	85	9+075	932,0	928,0
12	3.405	24	9+509	927,5	926,0
13	434.328	561	10+860	933,5	915,5
14	5.522.130	3.451	13+902	935,5	892,0
15	16.605.202	9.176	15+051	986,5	895,5
16	809.459	1.200	16+676	940,0	908,0
17	649.063	922	17+590	939,5	910,5
18	368.383	511	17+984	939,0	915,0
19	8.806.421	5.422	20+319	972,0	905,0
20	2.691.009	3.387	21+221	988,0	905,5
21	223.676	299	21+691	927,0	914,5
22	393.334	529	21+691	930,0	914,5

Legenda

- TALVEGUES
- TALVEGUES PRINCIPAIS
- DIVISORES DE ÁGUA
- EIXO DO METRÔ
- ESTAÇÕES

d) Parâmetros de cálculo

Para a verificação das vazões e do dimensionamento hidráulico dos dispositivos existentes e também para o dimensionamento dos novos dispositivos (drenagem superficial), foram adotados os seguintes métodos e considerações para o cálculo da descarga:

- Pequenas bacias: área contribuinte igual ou inferior a 1 km² - método racional;
- Bacias intermediárias: área contribuinte entre 1 e 20 km², sendo:
  - Áreas menores que 10 km² - método racional modificado;
  - Áreas entre 10 e 20 km² - método do hidrograma sintético triangular.
- Grandes bacias: área contribuinte superior a 20 km² - método do hidrograma unitário ou hidrograma triangular.

e) Intensidade de precipitação

Para a determinação das vazões, foi utilizada a equação da Estação Curitiba, identificada a seguir, obtida por Pedro Viriato Parigot de Souza.

$$I = \frac{5.950 \times Tr^{0,217}}{(t + 26)^{1,15}}$$

Onde:

- I = intensidade pluviométrica, em mm/hora;
- TR = tempo de recorrência, em anos;
- t = tempo de concentração, em minutos.

e.1) Tempo de recorrência

Os dispositivos de drenagem serão dimensionados para escoar a vazão correspondente a um determinado período de recorrência.

A fixação dos valores desses parâmetros será feita tendo em vista diversos fatores, destacando-se aqueles de origem econômica, a importância e a segurança que a obra apresentará.

Os tempos de recorrência adotados, por tipo de obra, serão:

- TR=25 anos, para a drenagem superficial;
- TR=50 anos, para os bueiros tubulares e celulares operando como canal;
- TR=100 anos, para os bueiros tubulares e celulares operando como orifício;
- TR=100 anos, para as pontes.

e.2) Tempo de concentração

O tempo de duração de uma precipitação, para fins do dimensionamento hidráulico de uma estrutura do sistema de drenagem das águas de escoamento superficial, é, normalmente, igual ao tempo de concentração da bacia de contribuição em estudo, entendendo-se como tal, a duração da trajetória da partícula que demore mais tempo para atingir a seção em estudo.

O valor do tempo de concentração foi obtido pela expressão,identificada a seguir, proposta por Kirpich:

$$Tc = 0{,}95\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0{,}385}$$

Onde:

- Tc = tempo de concentração,em horas;
- L = comprimento do talvegue, em km;
- H = diferença de nível entre o ponto mais afastado da bacia e o local de travessia,
  em m.

f) Determinação das vazões

- Método racional simples

  O método racional simples foi empregado na verificação das descargas de projeto para bacias hidrográficas até 1 km².

  A fórmula representativa desse método é:

$$Q = \frac{C \times i \times A}{6}$$

  Onde:

  - Q = vazão, em m^3/s;
  - C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
  - i = intensidade de precipitação, em mm/min;
  - A = área da bacia contribuinte, em ha.

- Método racional modificado

  Utilizado para bacias hidrográficas entre 1e 10 km².

A fórmula representativa desse método é:

$$Q = \frac{C \times i \times A}{6} x \sigma$$

Onde:

- Q = vazão, em m^3/s;
- C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
- i = intensidade de precipitação, em mm/min;
- A = área da bacia contribuinte, em ha;
- σ = coeficiente de retardo, adimensional, expresso pela fórmula:

$$\sigma = A^{-0,1}$$

- Método do hidrograma unitário sintético

Utilizado para bacias entre 10e 20 km², a expressão básica desse método, conforme apresentado por Ven Te Chow, na obra Handbook of Applied Hydrology, páginas 21-43, é a seguinte:

$$Q = \frac{0,208 \, x \, A \, x \, P_e}{t_p}$$

Onde:

- Q = vazão, em m^3/s;
- A = área da bacia, em km^2;
- Pe = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada;
- tp = tempo de pico, em horas.

A chuva efetiva, assim considerada a parcela da precipitação que provoca o deflúvio direto, foi calculada com base na fórmula proposta pelo U.S. Soil Conservation Service, que transformada para o sistema métrico, apresenta a seguinte forma:

$$Pe = \frac{\left(P - \left(\frac{5080}{CN} + 50{,}80\right)\right)^2}{P + \left(\frac{20320}{CN} - 203{,}2\right)}$$

Onde:

- Pe= precipitação efetiva, em mm;
- P = precipitação para uma duração igual a $D = 2\sqrt{tc}$, em mm;
- CN = número de deflúvio (curve number), representativo do complexo hidrológico solo-vegetação.

Foram adotados os mesmos valores de CN atribuídos pelo projeto básico.

O tempo de pico é obtido a partir do valor do tempo de concentração, através da seguinte expressão:

$$T_p = \sqrt{tc} + 0{,}6tc$$

Onde:

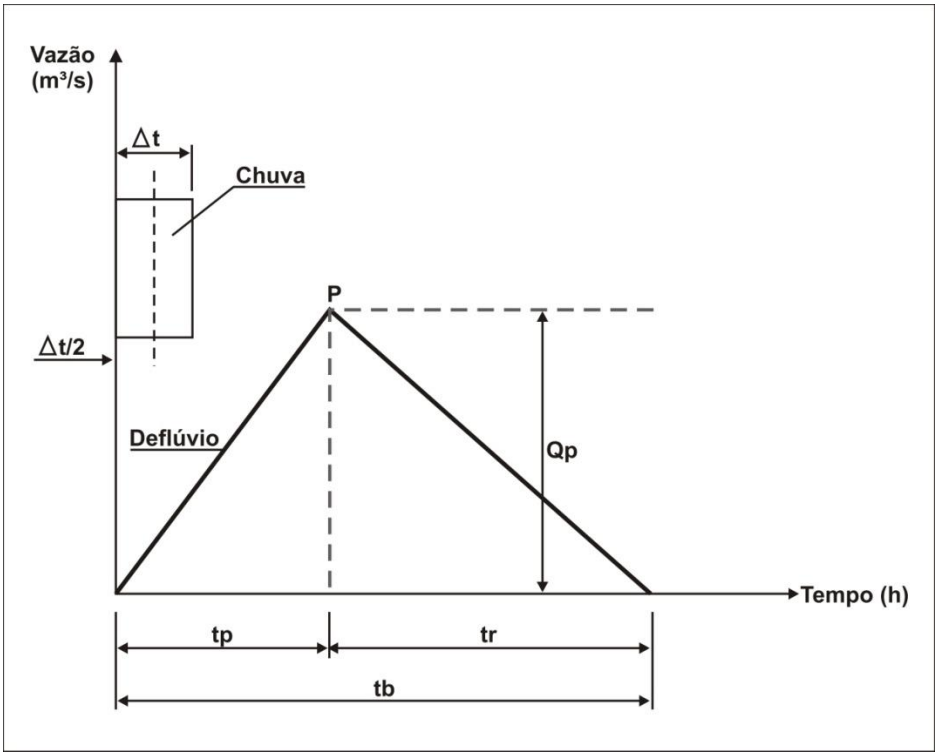
Tp= tempo de pico, em horas;

Tc= tempo de concentração, em horas.

- Método do hidrograma unitário triangular

  Método utilizado para bacias acima de 20 km².

  O parâmetro do hidrograma está apresentado no gráfico a seguir:



É um método desenvolvido pelo U.S. SoilConservation Service, cuja formulação consiste basicamente no seguinte:

Variável a Ser Obtida	Fórmulas	Variáveis Intermediárias
Q_p = vazão máxima do hidrograma unitário, emm^3/s	$Q_p = \frac{2{,}08.A}{t_p}$	A = área da bacia contribuinte, em km² t_p = tempo de pico, em horas
tp = tempo de pico, em horas	$t_p = \frac{\Delta t}{2} + 0{,}6.t_c$	□t = tempo unitário, em horas tc = tempo de concentração, em horas
□t = tempo unitário (tu),em horas	□t = $\frac{tc}{5}$	tc = tempo de concentração, em horas
tr = tempo de recessão, em horas	$tr = 1{,}67tp$	t_p = tempo de pico, em horas
tb = tempo base, emhoras	$tb = 2{,}67tp$	

A precipitação efetiva é obtida conforme demonstrado anteriormente.

- Coeficientes C e CN

  Os valores de C(coeficiente de escoamento superficial) utilizados variam de 0,60 a 0,70. O valor adotado para o coeficiente CN (número de deflúvio) foi 85.

g) Resultados obtidos

A seguir,estão apresentados os resultados obtidos através da aplicação da metodologia proposta.

A área da Bacia 15 está próxima ao limite superior do intervalo determinado para bacias intermediárias, portanto, foi utilizado o método do hidrograma triangular unitário, que resultou em valores mais conservadores.

Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160
Fone: 3350-9022
80.510.140
São Francisco
Curitiba – PR
www.curitiba.pr.gov.br

Estudos Hidrológicos

Bacia	Bueiro (km)	Área da Bacia Contribuinte (km²)	Comprimento do Talvegue (km)	Diferença de Nível (m)	Declividade (%)	Número de Deflúvio ou Coeficiente de Escoamento Superficial	Tempo de Concentração (h)	Intensidade Pluviométrica (mm/h)				Vazão Máxima do Hidrograma Unitário (m³/s)				Metodologia
								Tempo de Recorrência 10 Anos	Tempo de Recorrência 25 Anos	Tempo de Recorrência 50 Anos	Tempo de Recorrência 100 Anos	Tempo de Recorrência 10 Anos	Tempo de Recorrência 25 Anos	Tempo de Recorrência 50 Anos	Tempo de Recorrência 100 Anos	
1	0+603	1,7442	1,56	17,0	1,09	0,70	0,53	100	112	130	152	32,25	36,03	41,88	48,68	racional modificado
2	0+221	0,3017	0,61	11,0	1,81	0,60	0,21	160	178	207	241	8,03	8,97	10,43	12,12	racional
3	0+221	0,1734	0,53	16,0	3,04	0,60	0,16	177	198	230	268	5,13	5,73	6,66	7,74	racional
4	2+096	0,1109	0,15	2,5	1,70	0,70	0,07	211	236	274	319	4,56	5,09	5,92	6,88	racional
5	3+037	0,1298	0,50	8,5	1,70	0,70	0,19	167	187	217	252	4,22	4,72	5,48	6,37	racional
6	5+001	0,1763	0,16	3,5	2,13	0,70	0,07	211	236	274	319	7,25	8,10	9,42	10,95	racional
7	5+716	0,1362	0,17	4,0	2,38	0,60	0,07	212	237	276	320	4,82	5,38	6,26	7,27	racional
8	7+537	0,0347	0,09	3,0	3,49	0,70	0,04	230	257	299	347	1,55	1,74	2,02	2,34	racional
9	8+278	0,0619	0,08	1,5	1,88	0,70	0,04	226	253	294	341	2,72	3,04	3,53	4,11	racional
10	8+723	0,0031	0,04	1,5	3,49	0,75	0,02	239	267	310	361	0,15	0,17	0,20	0,23	racional
11	9+075	0,0395	0,09	4,0	4,71	0,70	0,03	233	260	302	351	1,79	2,00	2,32	2,70	racional
12	9+509	0,0036	0,02	1,5	6,25	0,70	0,01	246	274	319	371	0,17	0,19	0,23	0,26	racional

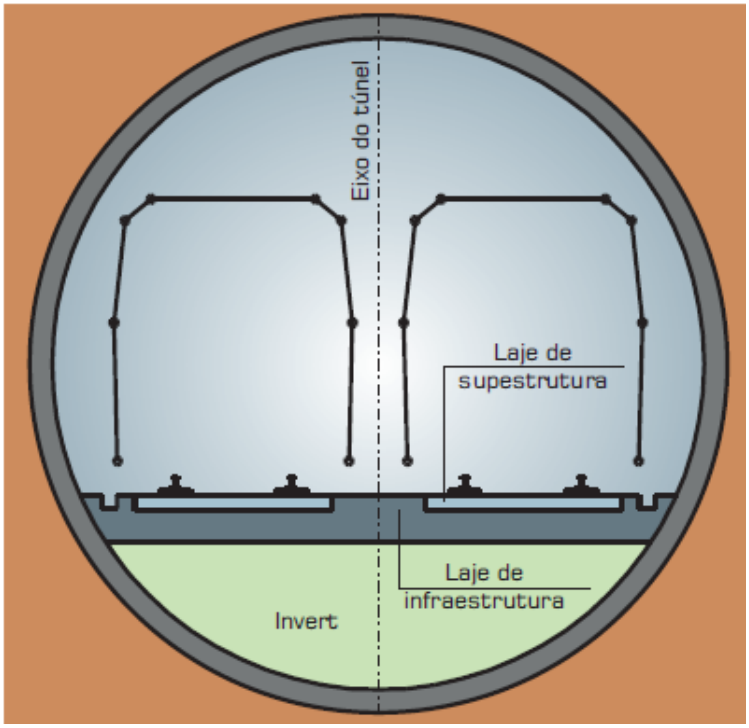
13	10+860	0,4309	0,56	18,0	3,21	0,75	0,16	176	197	229	266	15,81	17,66	20,53	23,86	racional
14	13+902	5,5063	3,45	43,5	1,26	0,65	0,93	68	76	88	102	56,75	63,41	73,70	85,66	racional modificado
15	15+051	16,6073	9,18	91,0	0,99	85,00	2,16	32	36	42	49	-	78,37	111,10	128,49	hidrograma unitário
16	16+676	0,8095	1,20	32,0	2,67	0,70	0,31	136	152	177	205	21,44	23,95	27,84	32,35	racional
17	17+590	0,6491	0,92	29,0	3,15	0,65	0,24	153	171	199	231	17,96	20,06	23,32	27,10	racional
18	17+984	0,3684	0,51	24,0	4,70	0,70	0,13	187	209	243	283	13,43	15,00	17,44	20,27	racional
19	20+319	8,8064	5,42	67,0	1,24	0,60	1,33	50	56	65	76	59,58	66,57	77,38	89,93	racional modificado
20	21+221	2,6910	3,39	82,5	2,44	0,65	0,71	83	92	107	125	36,43	40,70	47,30	54,98	racional modificado
21	21+691	0,2222	0,30	12,5	4,18	0,65	0,09	204	228	265	308	8,18	9,14	10,63	12,35	racional
22	21+691	0,3942	0,53	15,5	2,93	0,65	0,16	177	197	229	266	12,58	14,05	16,33	18,98	racional

3.2.5.2. Projeto Conceitual de Drenagem do Túnel

O sistema de drenagem proposto terá por finalidade atender a eventos emergenciais e isolados, tais como: focos de incêndio, infiltrações ocasionadas por trincas e procedimentos de lavagem e limpeza, visto que a execução de túneis pelo processo shield resultará numa estrutura hermeticamente selada.

Será composto por canaletas internas posicionadas nas laterais do túnel (vide figura a seguir), que conduzirão as águas a cisternas e conjuntos motobombas, posicionados em pontos baixos do greide e nas estações.

As canaletas possuirão dimensões iguais a 30 x 30 cm, serão moldadas em conjunto com a laje de infraestrutura e obedecerão às declividades do greide, respeitando um valor mínimo igual a 0,3%.



Seção típica do túnel

Para o dimensionamento das cisternas,foi considerada uma taxa de infiltração de 1litro de água/m²/dia, e a distância máxima entre cisternas igual a 1.060 m.

O perímetro interno do túnel será igual a 31,40 m, logo, a maior área de infiltração será igual a 1.060 x 31,40, que resultará em 33.284 m^2. Portanto, a vazão no trecho será igual a 0,0001 m^3/m^2/dia x 33.284 = 3,32 m^3/dia.

Foram adotadas cisternas com capacidade de 2 m^3, considerando o funcionamento da bomba de recalque em períodos curtos do dia, eserão instaladas motobombas submersíveis nos poços de coleta.

Serão utilizados sistemas de impermeabilização com manta asfáltica nas estruturas de poços de ventilação e saídas de emergência, lajes de cobertura e demais locais identificados na etapa do projeto executivo.