

ANÁLISE FINANCEIRA DE IMPLANTAÇÃO DE GALERIAS PLUVIAIS ADOTANDO DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO – ESTUDO DE CASO

André de Oliveira SILVA¹
Erivelton Roberto de GODOY²

RESUMO: O presente artigo foi organizado para avaliar o custo de implantação de uma galeria de águas pluviais em um município do Oeste Paulista. Este artigo requer análise financeira e técnica para implantação de galeria de águas pluviais com dimensão superior à apresentada no projeto deste município. Com o objetivo de aprofundamento teórico dos assuntos pertinentes ao trabalho, foram realizadas pesquisas bibliográficas. Para avaliar o impacto do investimento, foi estimado a composição de preços para implantação da galeria de águas pluviais com Ø 0,60 m e Ø 0,80 m, sendo analisado também a capacidade hidráulica destas seções adotando respectivamente períodos de retorno de 25 e 100 anos. Com todas as informações obtidas foi possível constatar que o projeto inicial é tecnicamente suficiente para atender a vazão projetada pelo município, porém com o aumento do diâmetro da tubulação para Ø 0,80 m, o custo de investimento torna-se relativamente baixo para o benefício técnico obtido.

Palavras-chave: Galeria de Águas Pluviais. Comparativo Financeiro. Período de Retorno. Vazão Hidrológica. Vazão Hidráulica.

¹ Discente do 2º ano do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário “Antonio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. andre_osilva@yahoo.com.br

² Discente do 2º ano do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário “Antonio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. eriveltongodoy@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, segundo a Lei Federal 11.445 de 05 de janeiro de 2007, em seu Artigo 3º, § IV, é definida como:

(...) conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

A drenagem urbana consiste um problema ambiental urbano extremamente crítico. Os danos causados pela falha do sistema de drenagem geram grandes transtornos a vida da população urbana, gerando grandes problemas de nível social, econômico, ambiental e também à saúde do cidadão e da comunidade.

As chuvas jogam quantidades significativas de água sobre a cidade. A tendência é que esta água procure seguir o seu caminho se orientando em direção aos pontos mais baixos do relevo. Durante este trajeto, dependendo da sua intensidade, ela pode facilmente transpor parte das ações humanas que de alguma maneira, impedem ou tentam direcionar o seu caminho.

Outro caminho percorrido pela água é a sua percolação pelos vazios do solo, que é muito prejudicado pela impermeabilização do mesmo, ocasionando o aumento da vazão superficial e conseqüentemente ocasionando a incidência de alagamentos e enchentes.

Na constituição das cidades, deveriam ser respeitadas as variáveis da água e seu trajeto, para que em situações de precipitações intensas não trouxesse transtorno as cidades com a ocorrência de enchentes e inundações.

Muitos podem ser os fatores que podem ser atribuído a este fato, dentre alguns:

- Aumento do escoamento superficial devido o processo de urbanização sem planejamento, causado pela impermeabilização do solo.

- Projetos de ocupação do solo incompatíveis com a hidrologia e a hidráulica local.
- Falta de investimentos para o controle das cheias urbanas.
- Projetos de drenagem mal executados, galerias obstruídas, pontes edificadas em lugares inadequados, falta de manutenção dos sistemas.
- O acontecimento de eventos hidrometeorológicos extremos.

A Drenagem Urbana têm por objetivo o desenvolvimento do sistema viário e o escoamento rápido das águas por ocasião das chuvas, visando à segurança e o conforto da população. Para que isto possa ser alcançado é essencial que o município, responsável pelo serviço de drenagem, planeje de maneira integrada todo o desenvolvimento urbano, para que os custos dos sistemas de saneamento não sejam elevados e em poucos anos não se tornem ineficientes. Para Botelho (1984), o gerenciamento das águas pluviais nas cidades deve abranger todos os aspectos urbanos para que todas as áreas possam ser utilizadas sem a necessidade de altos custos de construção, integrando os demais usos do solo na sua forma de planejamento.

2. METODOLOGIA

O artigo foi elaborado a partir de um estudo de caso de um município do Oeste Paulista onde havia a proposta para implantação de uma galeria de águas pluviais com tubulação de Ø 0,60 m para Período de Retorno (TR) de 25 anos. Posteriormente aplicou-se um Período de Retorno de 100 anos e quantificou-se o custo para implantação da galeria com tubulação de Ø 0,80 m, com base no Boletim Referencial de Custos - Tabela de Serviços - Versão 165 da Companhia Paulista de Obras e Serviços (CPOS), com as devidas alterações no projeto.

3. DRENAGEM URBANA

Drenagem é o termo empregado na designação das instalações destinadas a escoar o excesso de água, seja em rodovias, na zona rural ou na malha urbana.

Dentre os diversos conjuntos de melhoramentos públicos existentes em uma cidade, dos quais sejam: redes de água, esgoto sanitário, pavimentação de ruas, iluminação pública, faz parte deste o sistema de drenagem urbana (DAEE/CETESB 1980).

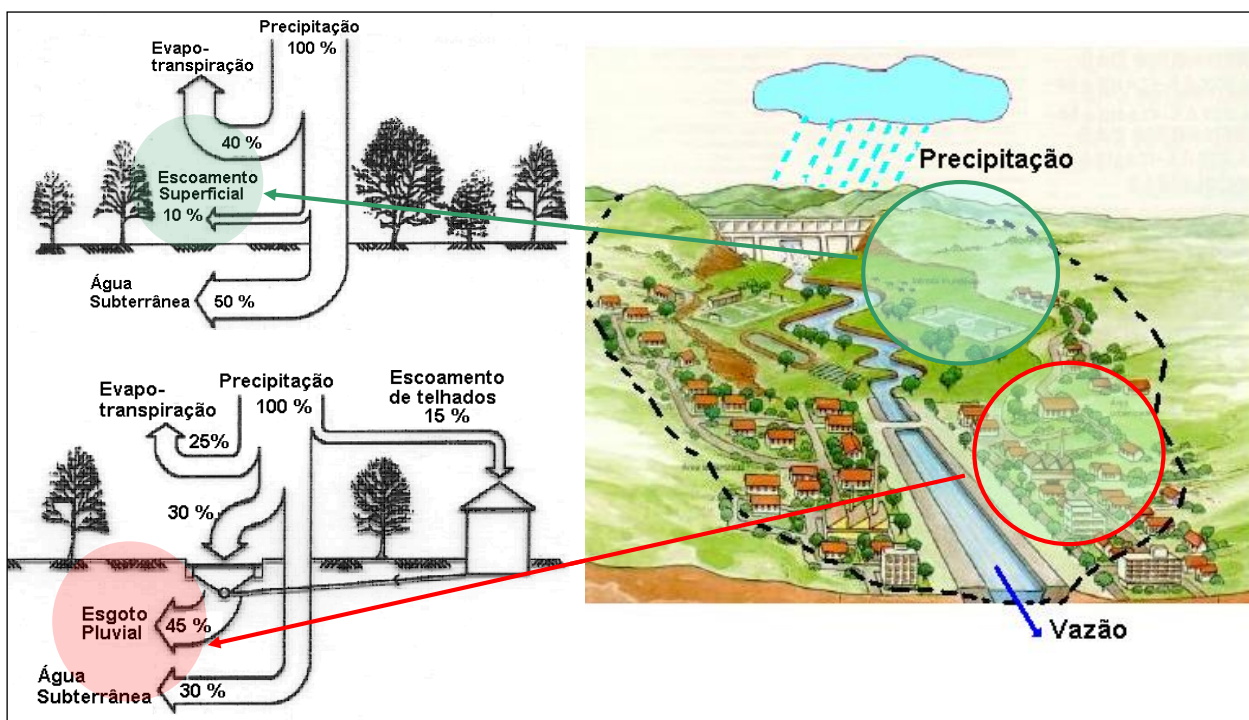
Este sistema em relação aos outros tem uma característica importante porque implantado ou não na área urbana, o escoamento superficial das águas superficiais ocorrerá. Os benefícios ou prejuízos que este sistema proporciona a população são determinados pela qualidade do mesmo.

Embora seja considerada como um dos sistemas de saneamento, a drenagem urbana é a complementação do sistema viário, que faz parte dos sistemas de redes de infra-estrutura urbana (MASCARÓ, 2005).

3.1. Inundações Urbanas

De acordo com Philippi Jr et al (2005) este processo ocorre devido ao excesso de impermeabilização do solo, que proporciona o aumento do escoamento superficial, consequência da diminuição da capacidade de retenção da água pelo solo. Quando o escoamento superficial ultrapassa a capacidade que os corpos d'água tem de escoar esta água, ocorrem as inundações. Segundo o Diagnóstico de Situação da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema (CPTI, 1999), a principal causa das inundações esta associada à redução da recarga dos solos provocada pelas grandes áreas cobertas por asfalto e aterros, provocando o aumento do escoamento superficial e, conseqüentemente, da quantidade de água pluvial que chega às calhas de rios, contribuindo assim para expressivas inundações, conforme se observa na Figura 1.

Figura 1 - Efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico.



Fonte: Philippi Jr et al (2005).

O processo de inundações em áreas urbanas é decorrente de inúmeros fatores do qual se destaca: o processo de impermeabilização do solo causado pela urbanização e falta de planejamento para uso e ocupação do solo, fatores que aumentam o volume do escoamento superficial; incompatibilidade de planos que são discordantes com as características de drenagem da bacia hidrográfica e características hidrológicas e hidráulicas das bacias hidrográficas urbanizadas; lançamento de resíduos sólidos nos córregos, afetando a capacidade de drenagem dos canais e obstruindo a entrada da água nas galerias pluviais; falta de investimentos para controle de cheias urbanas e falta da manutenção nos sistemas de drenagem; obras mal executadas e mal dimensionadas e; falta de informações hidrológicas e meteorológicas confiáveis.

É importante ressaltar que os sistemas de drenagem urbana estão sujeitos ao dinamismo que envolve as cidades, o que torna necessário a constante ampliação e renovações de seus sistemas. A falta destas ações aliadas ao processo de uso e ocupação do solo, excesso de impermeabilização e outros fatores que acarretam grandemente o volume das vazões superficiais, tornando as obras de drenagem ineficazes em poucos anos.

Quando ocorre o processo de inundação nestas áreas, a população é quem é a mais atingida pelos diversos impactos provocados, podendo destacar como mais corriqueiro o prejuízo de matérias e perda de vidas humanas (PHLILIPPI JR et al, 2005).

4. HIDROLOGIA

4.1. Chuvas

Grande parte da água que cai sobre a terra encontra o seu caminho para o mar. Uma pequena porção evapora durante a sua queda, outra evapora da superfície da terra e outra é transpirada pelas plantas. Da porção que encontra os rios e mares, parte escoia pela superfície, indo aos fundos de vales e através deles atinge estagnações ou cursos d'água. A outra porção, que depende da permeabilidade do solo, infiltra no terreno e, por percolação também atingem estagnações ou cursos d'água (WILKEN 1978).

A água que evapora do mar e da superfície da terra, atingem as nuvens produtoras de chuva e depois precipita-se sob a forma líquida ou sólida. De maneira simples, precipitação é toda água que provém do meio atmosférico e atinge uma bacia. (DAEE, 2005).

Nota-se que existe um ciclo completo desde sua evaporação, condensação, precipitação e escoamento, sendo este ciclo denominado de ciclo hidrológico.

O ciclo hidrológico é um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre, a atmosfera e o solo (DAEE, 2005).

É de fundamental importância no planejamento, projeto e construção de obras de drenagem os aspectos hidrológicos. Quando ocorrem erros nos parâmetros hidrológicos, os sistemas de drenagem podem ser superdimensionados ou subdimensionados. Vale ressaltar que o resultado de um estudo hidrológico representa uma aproximação, pois, é pouco conhecido em relação aos fatores que influenciam a relação chuva-deflúvio em áreas urbanas (DAEE/CETESBB, 1980).

4.2. Área de Drenagem e Talvegues

É o local onde ocorre a captação natural da água proveniente de precipitação que faz convergir os escoamentos superficiais e subterrâneos para um único ponto de saída.

O divisor de águas é a linha imaginária que delimita a bacia hidrográfica, separando-a em duas vertentes por onde as águas percorrerão seu caminho. Em uma carta topográfica, esta linha, ou divisor, é delimitada trançando-a pelos pontos altos e cotados, cortando perpendicularmente as curvas de nível e não cruzando nenhum curso d'água, exceto na seção onde é definido o limite de jusante da bacia de contribuição (DAEE, 2005).

Dentro da área de drenagem existem os talwegues, que é o lugar por onde correm as águas no fundo de um vale. Pode ser definido também como o canal mais profundo do leito de um curso d'água.

4.3. Altura Pluviométrica

Para obter dados pluviométricos necessários ao projeto de galerias de águas pluviais, devem ser medidos simultaneamente a altura de chuva e o tempo, utilizando os pluviógrafos, aparelhos que registram simultaneamente o início e final, quantidade e a duração da precipitação, acumulando os volumes captados e os representando em um gráfico (WILKEN, 1978; DAEE, 2005).

De acordo com o DAEE (2005), Altura Pluviométrica ou da chuva é a quantidade de água precipitada por unidade de área horizontal, medida pela altura que a água atingirá se for mantida no local (sem escoar, evaporar ou infiltrar). Utiliza-se como unidade de medida o milímetro (mm) de chuva, definido como quantidade de precipitação que corresponde ao volume de 1 litro por metro quadrado de superfície

Já a duração da precipitação ou tempo de precipitação é o período de tempo em que ocorre uma determinada precipitação. São adotadas as unidades de minuto ou hora para determiná-la.

Outro termo utilizado é a intensidade da precipitação, que se refere à unidade de tempo obtida como a relação da altura pluviométrica e duração, sendo expressa em mm/hora ou mm/minuto.

4.4. Métodos Analíticos do Escoamento Superficial

4.4.1. Método racional

Para aplicação da metodologia adequada, em primeiro lugar, deve-se verificar a extensão da série histórica de dados fluviométricos existentes e também, caso haja necessidade, o tamanho da área de drenagem (AD) da bacia em estudo (DAEE 2005).

Dentre diversos métodos existentes, o Método Racional é o mais utilizado para dimensionamento de galerias de águas pluviais, bem como para avaliar o escoamento superficial direto em áreas não utilizadas para obras de drenagem.

Este método é recomendado para dimensionar galerias e avaliar o escoamento superficial em bacias tributárias geralmente com área de drenagem inferior a 2 Km². Galerias principais e pontos de despejo que envolvam áreas maiores que 1 Km² devem ser dimensionadas pelo Método do Hidrograma Unitário Sintético (DAEE/CETESB 1980).

Segundo o DAEE (2005) o Método Racional é expresso da seguinte maneira:

$$Q = 0,1667 \cdot C \cdot i \cdot AD$$

onde:

Q = vazão de enchente (m³/s)

AD = área de drenagem (há)

C = coeficiente de escoamento superficial (*runoff*)

i = intensidade de precipitação (mm/min)

Área de Drenagem (AD) é determinada mediante o desenho de seus limites ou linha do divisor de águas.

Coeficiente de Escoamento Superficial (C) é adotado pelo Método Racional como coeficiente único (C), ou runoff, sendo estimado de acordo com as características da bacia, representando seu grau de impermeabilização ou de

urbanização. O valor de C será elevado conforme a possibilidade de aumento do escoamento superficial, provocado pela baixa capacidade de infiltração de água no solo ou a retenção da mesma pela vegetação. A Tabela 1 apresenta os valores de C para uso em projetos.

TABELA 1 – Valores recomendados para o coeficiente C.

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

Fonte: DAEE (2005).

Intensidade da Precipitação (i) é estimada através de análises estatísticas de séries de dados pluviométricos relativos a região em estudo. Para se estimar a intensidade da chuva crítica a ser adotada na determinação de uma vazão de projeto, é preciso definir qual período de retorno e duração caracterizam o evento de precipitação.

Período de Retorno de uma chuva ou de um pico de cheia está diretamente relacionado com o grau de segurança que se deseja proporcionar ao dimensionamento de uma obra hidráulica, refletindo a frequência com que a chuva ou vazão utilizada para dimensionar tais obras venha a ser igualada ou até mesmo ultrapassada em um ano qualquer.

Segundo Wilken (1978), quanto maior for o período de retorno, maiores serão os valores das vazões de pico e, conseqüentemente, mais segura e cara será a obra. O período de retorno em obras de canalização de cursos d'água de pequenas bacias de drenagem, visando o controle de inundação, geralmente são adotados entre 5 e 50 anos, de acordo com a importância da obra.

A escolha do período de retorno deve ser analisada em bases conforme os prejuízos que possam ser causados por eventos críticos, a exemplo das enchentes (DAEE 2005).

Duração da Chuva Crítica, na aplicação do Método Racional a duração da precipitação intensa de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. Com essa igualdade, admite-se que a bacia é suficientemente pequena para ocorrer este fato.

Tempo de Concentração corresponde ao tempo que uma gota de chuva ao precipitar no ponto mais distante da bacia demora para atingir o ponto crítico ou a seção de interesse.

Segundo DAEE/CETESB (1980), no Método Racional estima-se o tempo de concentração a fim de que a intensidade da chuva possa ser determinada a partir das chuvas de “intensidade-duração-frequência” preparadas para a área em consideração.

Tratando de galerias de drenagem urbana, o tempo de concentração corresponde ao tempo inicial para o escoamento superficial fluir sobre a superfície até encontrar a primeira boca-de-lobo de montante e o tempo de percurso na galeria até um ponto em estudo.

5. COMPONENTES DA DRENAGEM URBANA

O sistema de drenagem urbana é composto pelo sistema de micro-drenagem, drenagem inicial e o sistema de macro-drenagem. A galeria de água pluvial é pertencente à micro drenagem, que também é composta pelos pavimentos de ruas, sarjetas e guias, bocas de lobo e canais de pequenas dimensões, respectivamente. Segundo DAEE/CETESB (1980) as galerias de águas pluviais são formadas pelas bocas de lobo, condutos e poços de visita, que são projetados para coletar e conduzir as descargas provenientes da chuva inicial de projeto para um ponto de lançamento. As galerias fazem parte do Sistema Inicial de Drenagem, que tem a finalidade de evitar

danos e transtornos causados pelas chuvas intensas de ocorrência frequente. Dimensiona-se este sistema para o escoamento de águas pluviais cuja sua ocorrência tem o período de retorno entre 2 e 10 anos (DAEE/CETESB, 1980), ou segundo Philippi Jr et al. (2005) considera-se o período de retorno entre 10 e 15 anos. Este sistema quando bem projetado, exclui os riscos de inundações na área urbana e evita a interferência das enxurradas ao tráfego de pedestres e veículos e também o dano às propriedades. Quando as chuvas ocorrem com um período de retorno maior do que o projetado, existe a probabilidade de ocorrer inundações locais.

Quando o Sistema Inicial de Drenagem tem capacidade de conduzir as descargas afluentes sobre ele, não são necessárias as galerias pluviais.

5.1. Frequência das Descargas de Projeto

Esta frequência de descarga de projeto dos sistemas de galerias de águas pluviais corresponde à chuva com período de retorno que varia entre 2 a 10 anos. A Tabela 2 evidencia resumidamente as frequências que devem ser consideradas quando são dimensionadas as galerias.

TABELA 2 – Frequência das chuvas de projeto para galerias de águas pluviais

TIPO DE OCUPAÇÃO DA ÁREA	PERÍODO DE RETORNO DA CHUVA INICIAL DE PROJETO
Residencial	2 anos
Áreas Comerciais	5 anos
Áreas com edifícios públicos	5 anos
Aeroportos	2 – 5 anos
Áreas comerciais altamente valorizadas e terminais aeroportuários	5 – 10 anos

Fonte: DAEE/CETESB, 1980.

Quando adotadas e estabelecidas as frequências das chuvas de projeto, é recomendável revisar todo o sistema para que possa se verificar os pontos onde justificam a necessidade de alterar os valores já fixados. Nas áreas baixas, onde a alternativa para a drenagem da água não dispensa galerias, é necessário que tenham capacidade de receber mais água do que a resultante da chuva inicial de projeto.

6. RESULTADOS

6.1. Do custo da obra

A realização das obras agregam custos com valores onerosos em determinadas etapas de implantação da galeria, sendo essas etapas indispensáveis e com custos pouco variáveis nos dois valores de diâmetros adotados nos projetos apresentados.

Em se tratando da construção de galeria com \varnothing 0,80 m, fazendo uma análise nos custos envolvidos comparados aos custos para instalação de galeria com \varnothing 0,60, não há diferenciação considerável de valores no custo final da obra, ressaltando ainda que a instalação da obra com valores de diâmetro maior tem melhor eficiência de drenagem.

A tabela 3 apresenta os valores para implantação do sistema de drenagem do local de estudo, considerando as características propostas para implantação de tubulação de \varnothing 0,60 m.

TABELA 3 – Orçamento da Obra com tubulação de Ø 0,60 m.

Item	Descrição	Tabela/Fonte	Código	Unid.	Quant.	Valor Unitário (R\$)	Subtotal (R\$)
1.0	Serviços Preliminares						
1.1	Construção provisória em madeira (fornecimento e montagem)	CPOS nº 165	020102	m²	12,00	252,96	3.035,52
1.2	Locação da rede de canalização	CPOS nº 165	021004	m	200,00	0,83	166,00
1.3	Placa de identificação para a obra	CPOS nº 165	020802	m²	6,00	369,39	2.216,34
2.0	Movimentação de Terra						
2.1	Escavação mecanizada de valas ou cavas com altura até 3,00 m	CPOS nº 165	070204	m³	900,00	6,55	5.895,00
2.2	Aterro compactado de valas GC > 95% PN	CPOS nº 165	071104	m³	843,48	11,24	9.480,72
2.3	Carga e remoção de terra até a distância média de 1,0 km	CPOS nº 165	070112	m³	56,52	5,99	338,55
3.0	Fornecimento e assentamento da tubulação						
3.1	Tubo de concreto (PA-2) DN= 400 mm	CPOS nº 165	461227	m	32,00	55,37	1.771,84
3.2	Assentamento de tubo de concreto DN=400 mm	CPOS nº 165	461227	m	32,00	24,69	790,08
3.3	Tubo de concreto (PA-2) DN= 600 mm	CPOS nº 165	461215	m	200,00	97,69	19.538,00
3.4	Assentamento de tubo de concreto DN=600 mm	CPOS nº 165	461215	m	200,00	34,69	6.938,00
4.0	Infraestrutura						
4.1	Execução de poço de visita com chaminé	CPOS nº 165	491211 e 491212	unid.	2,00	3.956,21	7.912,42
4.2	Execução de estrutura de dissipação de energia (tipo 1)	Pesquisa de mercado	-	unid.	1,00	3.800,00	3.800,00
4.3	Execução de boca-de-lobo simples com tampa de concreto (tipo PMSP)	CPOS nº 165	491201	unid.	10,00	2.012,77	20.127,70
4.4	Execução de boca-de-lobo dupla com tampa de concreto (tipo PMSP)	CPOS nº 165	491203	unid.	2,00	3.269,35	6.538,70
4.5	Tampão em ferro fundido (600 mm)	CPOS nº 165	490642	unid.	2,00	366,78	733,56
5.0	Pavimentação						
5.1	Reposição de pavimentação asfáltica	Pesquisa de mercado	-	m²	300,00	45,00	13.500,00
						Total:	102.782,43

Conforme indicado na tabela, para a implantação de 200 m (duzentos metros) de galeria de água pluvial com tubulação de Ø 0,60 m, o custo total estimado é de R\$ 102.782,43 (cento e dois mil, setecentos e oitenta e dois reais e quarenta e três centavos).

Para comparar o custo de implantação da galeria pluvial utilizando a tubulação de Ø 0,80 m, atualizou-se a tabela 3 adotando os custos relativos a dimensão da tubulação ora em análise, sendo os mesmos apresentados na tabela 4.

TABELA 4 – Orçamento da Obra com tubulação de Ø 0,80 m.

Item	Descrição	Tabela/Fonte	Código	Unid.	Quant.	Valor Unitário (R\$)	Subtotal (R\$)
1.0	Serviços Preliminares						
1.1	Construção provisória em madeira (fornecimento e montagem)	CPOS nº 165	020102	m²	12,00	252,96	3.035,52
1.2	Locação da rede de canalização	CPOS nº 165	021004	m	200,00	0,83	166,00
1.3	Placa de identificação para a obra	CPOS nº 165	020802	m²	6,00	369,39	2.216,34
2.0	Movimentação de Terra						
2.1	Escavação mecanizada de valas ou cavas com altura até 3,00 m	CPOS nº 165	070204	m³	900,00	6,55	5.895,00
2.2	Aterro compactado de valas GC > 95% PN	CPOS nº 165	071104	m³	799,48	11,24	9.480,72
2.3	Carga e remoção de terra até a distância média de 1,0 km	CPOS nº 165	070112	m³	100,48	5,99	338,55
3.0	Fornecimento e assentamento da tubulação						
3.1	Tubo de concreto (PA-2) DN= 400 mm	CPOS nº 165	461227	m	32,00	55,37	1.771,84
3.2	Assentamento de tubo de concreto DN=400 mm	CPOS nº 165	461227	m	32,00	24,69	790,08
3.3	Tubo de concreto (PA-2) DN= 800 mm	CPOS nº 165	461215	m	200,00	168,00	33.600,00
3.4	Assentamento de tubo de concreto DN=800 mm	CPOS nº 165	461215	m	200,00	44,69	8.938,00
4.0	Infraestrutura						
4.1	Execução de poço de visita com chaminé	CPOS nº 165	491211 e 491212	unid.	2,00	3.956,21	7.912,42
4.2	Execução de estrutura de dissipação de energia (tipo 1)	Pesquisa de mercado	-	unid.	1,00	3.800,00	3.800,00
4.3	Execução de boca-de-lobo simples com tampa de concreto (tipo PMSP)	CPOS nº 165	491201	unid.	10,00	2.012,77	20.127,70
4.4	Execução de boca-de-lobo dupla com tampa de concreto (tipo PMSP)	CPOS nº 165	491203	unid.	2,00	3.269,35	6.538,70
4.5	Tampão em ferro fundido (600 mm)	CPOS nº 165	490642	unid.	2,00	366,78	733,56
5.0	Pavimentação						
5.1	Reposição de pavimentação asfáltica	Pesquisa de mercado	-	m²	300,00	45,00	13.500,00
						Total:	118.613,64

Conforme indicado na tabela acima, para a implantação de 200 m (duzentos metros) de galeria de água pluvial com tubulação de \varnothing 0,80 m, o custo total estimado é de R\$ 118.613,64 (cento e dezoito mil, seiscentos e treze reais e sessenta e quatro centavos).

Comparando os valores apresentados nas tabelas 3 e 4, verifica-se que a implantação da galeria com a tubulação de \varnothing 0,80 m representa um acréscimo de R\$ 15.831,21 (quinze mil, oitocentos e trinta e um reais e vinte e um centavos) ou 15% em relação ao custo final com tubulação de \varnothing 0,60 m.

6.2. Da capacidade hidráulica

Para os cálculos de estimativas de vazões máximas e posterior análise das capacidades de escoamento no sistema de drenagem existente e até mesmo para projetos futuros em que se necessitasse determinar a “chuva de projeto” ou “precipitação de projeto”. Realiza-se tal procedimento através da análise estatística de séries históricas de dados pluviométricos da região de estudo. A utilização de séries históricas longas permite determinar as “Curvas I-D-F”, que representam as características fundamentais das precipitações, sendo elas: intensidade, duração e frequência.

Verificou-se a chuva de projeto com base na equação do Posto Martinópolis (Código D8-041), apresentada no estudo de “Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo” do DAEE (MARTINEZ Jr. et al., 1999) para a verificação da capacidade hidráulica da seção de \varnothing 0,80, fato motivado em função da sua localização próxima a área de estudo.

A tabela 5 abaixo apresenta informações resumidas das previsões máximas de intensidades de chuvas, em mm/h para o Posto D8-041

TABELA 5 – Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h, posto D8-041 (Martinópolis/SP).

Duração (min)	Período de Retorno (T) (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	94,4	122,7	141,4	152,0	159,4	165,1	182,7	200,2	217,5
20	76,5	100,3	116,0	124,9	131,1	135,8	150,6	165,2	179,8
30	64,5	84,9	98,5	106,1	111,5	115,6	128,3	140,9	153,4
60	44,1	58,6	68,2	73,6	77,4	80,3	89,3	98,2	107,1
120	27,3	36,5	42,6	46,1	48,5	50,3	56,0	61,7	67,3
180	20,0	26,7	31,2	33,7	35,5	36,9	41,0	45,2	49,4
360	11,2	15,0	17,5	18,9	19,9	20,7	23,0	25,4	27,7
720	6,1	8,1	9,5	10,2	10,8	11,2	12,4	13,7	14,9
1080	4,2	5,6	6,6	7,1	7,4	7,7	8,6	9,5	10,3
1440	3,3	4,3	5,0	5,4	5,7	5,9	6,6	7,2	7,9

Para verificação da capacidade hidráulica da seção da galeria, foi calculado anteriormente à vazão de projeto, considerando uma duração de chuva de 10 (dez) minutos e Período de Retorno de 100 (anos), obtendo-se então, conforme mostrado na tabela acima, uma intensidade de chuva igual a 200,2 mm/h. No local estudado, a galeria proposta para implantação foi estudada considerando a mesma duração de chuva (10 minutos), porém com Período de Retorno de 25 (vinte e cinco) anos, obtendo então a intensidade de chuva de 165,1 mm/h. Cabe ressaltar que a adoção do Período de Retorno está associada ao grau de segurança que se deseja proporcionar ao dimensionamento de uma obra hidráulica, já que o mesmo indica a frequência com que a chuva ou vazão utilizada para dimensionamento de obras hidráulicas venha a ser igualada ou até mesmo superada em um ano qualquer.

Calculada a vazão de projeto, é verificada a vazão de escoamento sobre a rua em cada esquina da mesma, analisando-se a capacidade de escoamento da água nas guias e sarjetas. Verificado que estes dispositivos não atendem mais a vazão de escoamento, é projetada a construção de bocas de lobo e conseqüentemente a galeria

de água pluvial. Considerando que a capacidade de escoamento nas guias e sarjetas não compreende este estudo, será analisada somente a capacidade hidráulica da galeria.

As informações apresentadas na tabela 6 indicam os valores obtidos para uma vazão de projeto com Período de Retorno de 25 anos (165,1 mm/h).

TABELA 6 – Vazão de projeto no local da galeria para TR = 25 anos.

Ponto	Trecho	Declividade (%)	Cotas (m)	Distâncias (m)	Área (há)	Vazão Parcial (Q – l/s)	∑ Vazão (Q – l/s)
0			399,56		0,354	90,12	90,12
	0-1	3,4		84,00			
1			396,68		1,147	292,00	382,12
	1-2	2,7		113,00			
2			393,61		0,976	248,47	630,59
	2-3	0,8		110,00			
3			392,75		1,282	326,37	956,97
	3-4	3,0		90,00			
4			390,08		0,414	105,40	1.062,36

∑ Área	4,17	∑ Vazão	1.062,36
--------	------	---------	----------

No local, foi prevista a implantação da galeria no início do ponto 2, compreendendo conseqüentemente os pontos 3 e 4. Entre os pontos 2 e 3, obteve-se a vazão acumulada de 956,97 l/s ou 0,956 m³/s e para o trecho entre os pontos 3 e 4 a vazão de 1062 l/s ou 1,062 m³/s. Diante destes valores, é calculada a capacidade hidráulica da tubulação considerando a tubulação de Ø 0,60 m e as declividades dos trechos, sendo 0,8 % entre os trechos 2 e 3 e 2,0 % entre os trechos 3 e 4. Para estes trechos, as vazões hidráulicas verificadas estão dispostas na tabela 7:

TABELA 7 – Capacidade hidráulica da seção de Ø 0,60 m

Ponto	Trecho	Declividade (%)	Σ Vazão (Q – l/s)	Σ Vazão (Q – l/s)
2			-	-
	2-3	0,8		
3			956,97	1.250,00
	3-4	2,0		
4			1.062,36	1.980,00

Nota-se que já com a implantação da galeria com a tubulação de Ø 0,60 m a mesma fornece condições suficientes para o escoamento da vazão de projeto obtida com o Período de Retorno de 25 anos. Na verificação da capacidade hidráulica entre os pontos 3 e 4, adotou-se a declividade de 2,0 % para que a velocidade da água não fosse superior a 7,0 m/s, valor máximo recomendado em literaturas de hidráulica.

Considerando que a vazão máxima encontrada para a galeria, de 1.062,36 l/s (**Tabela 6**) e a capacidade hidráulica para a galeria é de 1.980,00 l/s (**Tabela 7**), pode-se dizer que a mesma suporta a vazão de projeto com 54% da capacidade total da tubulação.

Mesmo com o resultado obtido na análise anterior, foi analisada sob as mesmas condições anteriormente descritas, a vazão de projeto adotando Período de Retorno de 100 anos (200,2 mm/h), sendo os valores obtidos apresentados na tabela 8.

TABELA 8 – Vazão de projeto no local da galeria para TR = 100 anos.

Ponto	Trecho	Declividade (%)	Cotas (m)	Distâncias (m)	Área (há)	Vazão Parcial (Q – l/s)	∑ Vazão (Q – l/s)
0			399,56		0,354	109,26	109,26
	0-1	3,4		84,00			
1			396,68		1,147	354,01	463,27
	1-2	2,7		113,00			
2			393,61		0,976	301,23	764,50
	2-3	0,8		110,00			
3			392,75		1,282	395,68	1.160,18
	3-4	3,0		90,00			
4			390,08		0,414	127,78	1.287,95

∑ Área	4,17	∑ Vazão	1.287,95
--------	------	---------	----------

Para o trecho compreendido entre os pontos 2 e 3 a vazão acumulada obtida foi de 1.160,18 l/s ou 1,16 m³/s e para o trecho entre os pontos 3 e 4 a vazão de 1.287,96 l/s ou 1,28 m³/s. Diante destes valores, calculou-se a capacidade hidráulica da tubulação, sob as mesmas condições anteriores, alterando somente a dimensão da tubulação para Ø 0,80 m. As vazões hidráulicas verificadas estão dispostas na tabela 9:

TABELA 9 – Capacidade hidráulica da seção de Ø 0,80 m

Ponto	Trecho	Declividade (%)	∑ Vazão (Q – l/s)	∑ Vazão (Q – l/s)
2			-	-
	2-3	0,8		
3			1.160,18	2.700,00
	3-4	1,4		
4			1.287,95	3.570,00

Verificando a vazão acumulada na **Tabela 8** e a vazão máxima suportada pela galeria com a tubulação de \varnothing 0,80m (**Tabela 9**) constata-se que a mesma amplia a capacidade de escoamento da vazão de projeto. Na verificação da capacidade hidráulica entre os pontos 3 e 4, adotou-se a declividade de 1,4% para que a velocidade da água não fosse superior a 7,0 m/s, valor máximo recomendado em literaturas de hidráulica.

Considerando a vazão máxima para a galeria, de 1.287,98 l/s e a capacidade hidráulica de 3.570,00 l/s, pode-se dizer que a mesma suporta a vazão de projeto com 36% da capacidade total da tubulação.

Analisando as informações descritas acima, obtivemos vazão de projeto acumulada igual a 1.062,36 l/s adotando TR de 25 anos e 1.287,95 l/s para TR igual a 100 anos, compreendendo assim um aumento de aproximadamente 21%.

Quanto aos valores obtidos para a capacidade hidráulica da galeria, foi verificado que a tubulação com diâmetros de \varnothing 0,60m suporta uma vazão equivalente a 1.980,00 l/s e a tubulação de \varnothing 0,80m suporta uma vazão de 3.570,00 l/s, valor este 80% superior ao diâmetro anteriormente citado.

Para melhor compreensão dos dados obtidos, a Tabela 10 apresenta uma síntese dos resultados obtidos.

TABELA 10 – Síntese dos resultados obtidos.

Diâmetro (\varnothing)	Período de Retorno (anos)	Intensidade da Chuva (mm/h)	Σ Vazão Hidrológica (Q – l/s)	Σ Vazão Hidráulica (Q – l/s)	Relação Σ Vazão Hidrológica / Hidráulica (%)	Subtotal (R\$)
0,60	25	165,1	1.062,36	1.980,00	54	102.782,43
0,80	100	200,2	1.287,95	3.570,00	36	118.613,64
					Diferença:	15.831,21

7. CONCLUSÃO

Após concluídas as análises apresentadas acima, os resultados obtidos corroboram que o projeto inicial apresentado, com a tubulação de Ø 0,60m, é suficiente tecnicamente para veicular a vazão de cheia estimada para um Período de Retorno de 25 anos, valor recomendado em literaturas de hidráulica.

Os resultados obtidos para a implantação da galeria com a tubulação de Ø 0,80m e Período de Retorno de 100 anos indicam que a mesma possui capacidade de veiculação da vazão de cheia na ordem de 80%, superior a tubulação do projeto inicial.

Para a implantação do projeto inicial, obteve-se o custo estimado de R\$ 102.782,43 (cento e dois mil, setecentos e oitenta e dois reais e quarenta e três centavos) e, baseado no estudo acima, aumentando o diâmetro da tubulação como descrito no estudo, o custo final estimado é de R\$ 118.613,64 (cento e dezoito mil, seiscentos e treze reais e sessenta e quatro centavos). Nota-se que a diferença de R\$ 15.831,21 (quinze mil, oitocentos e trinta e um reais e vinte e um centavos) que equivale a 15% do investimento inicial.

Comparando o aumento da capacidade de veiculação da vazão de cheia em função do Período de Retorno quatro vezes maior do que o proposto no projeto inicial e o custo total para a implantação, é notório que o investimento superior torna-se baixo uma vez que a obra, se executada, será capaz de suportar vazões maiores em casos de eventos hidrológicos extremos, garantindo que o investimento realizado pelo órgão executor proporcione maior segurança ao cidadão residente no local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

BOTELHO, M.H.C., **Águas de Chuva: Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades**, Edgard Blücher, São Paulo, 1984.

BRASIL, Congresso Nacional, Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 01 ago. 2016.

COOPERATIVA DE SERVIÇOS, PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS (CPTI). **Diagnóstico da situação dos recursos hídricos da UGRHI - 17 Médio Paranapanema: relatório zero**. São Paulo: CPTI, 1999.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, **Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas**, DAEE, São Paulo, 2006.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL, **Drenagem Urbana, Manual de Projeto**, DAEE/CETESB, São Paulo, 1980.

MASCARÓ. J. L., **Infra-Estrutura Urbana**, Masquatro Editora, Porto Alegre, 2005.

PHILIPPI JR. A. et al, **Saneamento, Saúde e Ambiente, Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**, Editora Malone, Barueri, 2005.

SÃO PAULO (ESTADO). DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. CENTRO TECNOLÓGICO de HIDRÁULICA. **Equações de chuvas intensas do Estado de São Paulo – Convênio DAEE-USP** /por/ Francisco Martinez Júnior /e/ Nelson Luiz Goi Magni. São Paulo: DAEE/CTH, 1999

WILKEN, P. S., **Engenharia de Drenagem Superficial**, CETESB, São Paulo, 1978.