

METODOLOGIA ADOTADA PARA CÁLCULO DE GALERIAS DE ÁGUAS PLUVIAIS

“MICRO DRENAGEM URBANA”

**LOCAL: Rua Petúnias, Rua Orquídeas, Rua Lírios, Rua Tulipas, Rua Violeta
Município de Santa Cruz da Conceição**

Data dos trabalhos: Setembro de 2017





Sabemos que: micro drenagem relaciona-se às áreas onde o escoamento natural não é bem definido e, portanto, acaba sendo determinado pela ocupação do solo. Em áreas urbanas é essencialmente definida pelo traçado das ruas.

Para o referido cálculo das galerias de águas pluviais usamos:

Método Racional

Para o estudo que se segue, foi determinado a utilização do Método Racional para cálculo. Este método consiste na utilização de uma equação que expressa um máximo caudal ou a maior vazão em uma determinada seção da bacia de contribuição, tendo em função características específicas da bacia e quantidade de precipitação local.

Utilizou-se a expressão:

$$Q_{loc} = C i A$$

Onde:

Q_{loc} = vazão superficial local (m^3/s)

C = coeficiente de escoamento superficial

i = intensidade da chuva (m/s)

A = área da bacia contribuinte local (m^2)

Coeficiente de escoamento superficial – conhecido como coeficiente de “runoff”, depende basicamente das características do solo das bacias, depressões, declividades, intensidade da chuva local e nível de modificação do terreno pelo homem. Em áreas não modificadas, este coeficiente tende a ser menor, pois há um nível de percolação maior. Já em áreas modificadas pelo homem, onde ocorreu pavimentações, este índice tende a ser maior.

$$C = 0,364 \log t + 0,0042 r - 0,145 \quad (2.2)$$

Onde:

t = duração da precipitação (min)

r = porcentagem impermeabilizada de área (%)

Órgãos nacionais e internacionais disponibilizam tabelas com cálculo de “C” para uso:



Natureza da bacia	C
Telhados	0,70-0,95
Superfícies asfaltadas	0,85-0,90
Superfícies pavimentadas e paralelepípedos	0,75-0,85
Estradas macadamizadas	0,25-0,60
Estradas não pavimentadas	0,15-0,30
Terrenos descampados	0,10-0,30
Parques, jardins, campinas	0,50-0,20

Características da bacia	C
Superfícies impermeáveis	0,90-0,95
Terreno estéril montanhoso	0,80-0,90
Terreno estéril ondulado	0,60-0,80
Terreno estéril plano	0,50-0,70
Prados, campinas, terreno ondulado	0,40-0,65
Matas decíduas, folhagem caduca	0,35-0,60
Matas coníferas, folhagem permanente	0,25-0,50
Pomares	0,15-0,40
Terrenos cultivados em zonas altas	0,15-0,40
Terrenos cultivados em vales	0,10-0,30

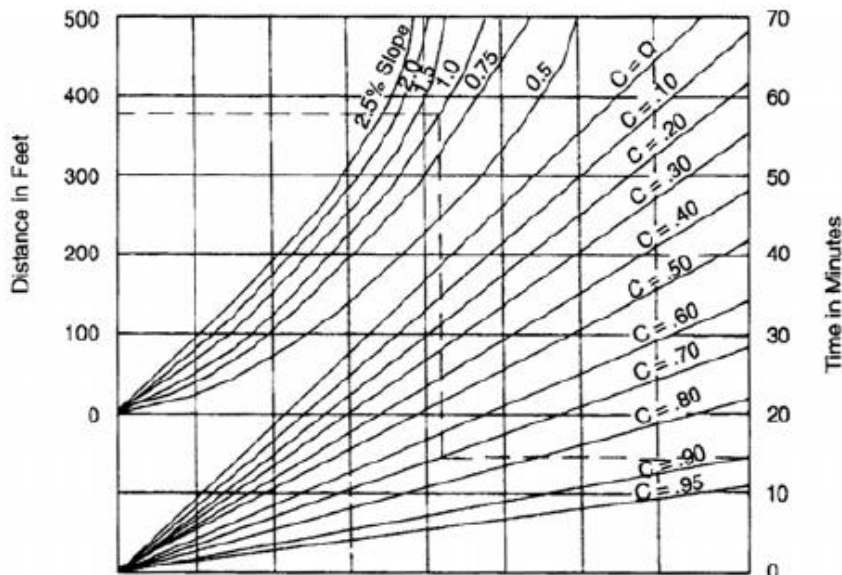
Assim, fizemos o cálculo com uma mediana do índice “C”, para cada área aplicada da bacia de contribuição, sendo Bacia 01, Bacia 02 e Bacia 03.

Os valores finais do Coeficiente de escoamento superficial “C” podem sofrer variações conforme períodos de retorno de precipitação, infiltrações e outras perdas. Sendo assim, multiplica-se o valor final de “Q” por um valor de frequência “Cf” conforme tabela abaixo:

Período de Retorno ou Recorrência (anos)	Cf
25	1,1
50	1,2
100	1,2



Tempo de concentração – É a soma do tempo de entrada e o tempo de percurso que a água percorre dentro da galeria. Para tempo de entrada, utiliza-se o ábaco abaixo:



Para cálculo de permanência total, utiliza-se a expressão abaixo:

$$t_c = t_e + t_p$$

Onde:

t_c = tempo de concentração (min)

t_e = tempo de entrada (min)

t_p = tempo de percurso (min)

Deve-se calcular a vazão máxima considerando a bacia por completo, assim a duração de precipitação máxima calculada será igual ao tempo de concentração.

Dimensionamento pelo Método Racional

Para o dimensionamento das galerias de águas pluviais pelo Método Racional, em síntese, utiliza-se a tabela abaixo, baseada na equação de Manning que fornece o valor da velocidade e vazão para um certo diâmetro comercial arbitrado. Esta escolha obedece frequentemente a decisão mais econômica adotando-se inicialmente a declividade do terreno conduzindo a menores custos relacionados à escavação. Com o cálculo da vazão à seção plena e tendo a vazão a ser escoada pela tubulação determina-se a razão Q/Q_p e pela tabela determina-se por interpolação a velocidade do escoamento. Caso os valores ultrapassem os limites estabelecidos para a velocidade e também



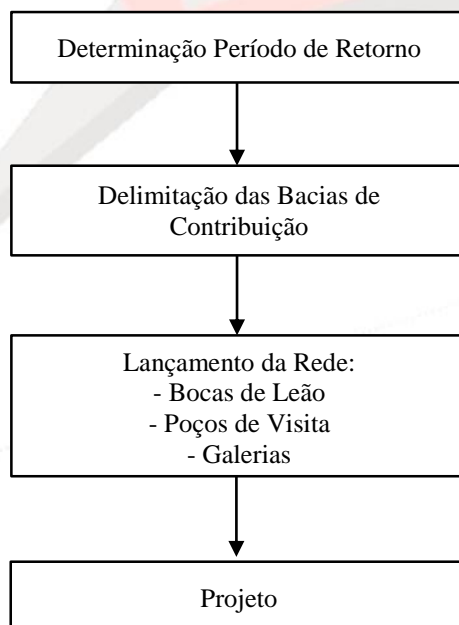
para a relação altura-diâmetro, galerias dimensionadas como condutos livres, deve-se decidir pela troca de diâmetro ou proceder a alterações na declividade da galeria. Deve-se ressaltar que apesar do procedimento ser simples, o processo torna-se dispendioso visto a não observância dos limites estabelecidos em projetos quando do dimensionamento das galerias de águas pluviais e a necessidade de sucessivas interpolações para se chegar à solução.

h/D	2h/D	âng.central (rad)	Rh/d	A/d ²	V/Vp	Q/Qp
0,01	0,02	0,4006	0,0066	0,0013	0,089	0,00015
0,05	0,10	0,9020	0,0326	0,0147	0,257	0,00480
0,10	0,20	1,2870	0,0635	0,0409	0,401	0,02088
0,20	0,40	1,8545	0,1206	0,1118	0,615	0,08757
0,25	0,50	2,0943	0,1466	0,1535	0,701	0,13698
0,30	0,60	2,3185	0,1709	0,1982	0,776	0,19583
0,35	0,7000	2,5322	0,1935	0,2450	0,843	0,26294
0,40	0,8000	2,7388	0,2142	0,2934	0,902	0,33699
0,45	0,9000	2,9412	0,2331	0,3428	0,954	0,41653
0,50	1,0000	3,1415	0,2500	0,3927	1,000	0,50000
0,55	1,1100	3,3419	0,2649	0,4426	1,039	0,58571
0,60	1,2000	3,5443	0,2776	0,4920	1,072	0,67184

Valores calculados para seção circular

Fluxograma etapas do projeto

O fluxograma abaixo demonstra de forma simplificada as etapas para elaboração do estudo para implantação da galeria em questão.





Determinação Período de Retorno e Tempo de Concentração

Caracteriza-se pelo intervalo de tempo para que uma dada chuva de intensidade e duração definidas seja igualada ou superada.

Tempo de concentração necessário para que a partir do início de uma chuva, todos os pontos da bacia de drenagem passem a contribuir para uma dada seção.

Delimitação da bacia de contribuição

A presença de equipe topográfica *in loco* é fundamental para delimitação da bacia contribuinte, o que permite a identificação do sentido do escoamento em cada rua e em cada lote.

Lançamento da Rede

- Bocas de Lobo e Poços de Visita

As bocas de lobo são dispositivos hidráulicos cuja função é captar as águas pluviais provenientes das sarjetas e conduzi-las às galerias de águas pluviais por meio de tubos de conexão também chamados de ramais. São constituídas de uma caixa de alvenaria ou concreto pré-moldado localizada sob o passeio (calçada) ou sob a sarjeta. As bocas de lobo localizadas sob os passeios possuem uma tampa de concreto localizada no plano dos mesmos que permite a inspeção e manutenção. Já as localizadas sob as sarjetas possuem grelha de concreto ou grelha composta por barras de ferro fundido que retêm possíveis materiais grosseiros transportados pelas águas pluviais.

Para loteamentos com esquinas sem chanfros, as bocas de lobo, devem estar um pouco a montante por motivos de segurança necessária à travessia dos pedestres. Para loteamentos com chanfros, devem-se local as bocas de lobo junto aos vértices dos chanfros, possibilitando ligações dessas bocas de lobo ao poço de visita. O espaçamento recomendado entre bocas de lobo é de 60 m, enquanto que o espaçamento entre poços de visita não deve ultrapassar os 100 m, a fim de propiciar a limpeza das tubulações. A numeração dos PV's (poços de visita) segue uma ordem lógica. Não há padronização quanto a esse ordenamento.

- Galerias

As galerias de águas pluviais consistem em condutos destinados a captar as águas pluviais através das bocas de lobo e ligações privadas e conduzi-las a um desaguadouro natural como um córrego ou rio ou a um sistema adequado de disposição provisória ou permanente. Elas são compostas de tubos de ligação (ramais) e poços de visita. Os poços de visita são instalados nas mudanças de direção, de declividade, de diâmetro e servem para a inspeção e limpeza das canalizações. A porção entre dois poços de visita é denominada trecho.

Critérios adotados para o dimensionamento das galerias de águas pluviais. Diversos são os critérios e parâmetros adotados para o dimensionamento de uma rede de águas pluviais, envolvendo grandezas como o tempo de concentração, velocidade mínima e máxima, tipo de escoamento considerado no cálculo, influência de remanso, dentre outros.

Tendo em vista a diversidade observada, é preciso analisar os critérios e fixá-los dentro de certas restrições para se dimensionar as galerias de águas pluviais. Aqui, será fixada a velocidade mínima em 0,75 m/s, considerando que velocidades menores dificultariam a autolimpeza das tubulações e, por outro lado, a velocidade máxima será fixada em 5,0 m/s, já que velocidades superiores exporiam demais as tubulações ao processo de abrasão.



Outro aspecto importante diz respeito à consideração do regime permanente com as tubulações funcionando como condutos livres. Os sistemas de drenagem urbana devem ser projetados como condutos livres minimizando possíveis transtornos relacionados à sobre pressão nas tubulações.

Na Tabela a seguir tem-se uma gama de parâmetros e critérios adotados por autores e instituições, notando-se a variação de valores quanto à velocidade máxima "Vmáx", mínima "Vmín", recobrimento mínimo "rm", tempo de concentração inicial "tci", relação máxima da lâmina de água-diâmetro adotada "h/D" e o tipo de escoamento sendo uniforme "Unif." Ou gradualmente variado "Grad. Variado".

Tabela 10 – Parâmetros utilizados em canais e/ou seção circular das galerias de águas pluviais

Autor/ Instituição	Vmín (m/s)	Vmáx (m/s)	tci (min)	Rm (m)	Seção plena ou h/D	Tipo de escoamento
Tucci et al. (2004)	0,60	5,00	10 ^a	1,00	Plena	Unif.
Azevedo Netto e Araújo (1998)	0,75	5,00	5	1,00	plena ou 0,90	Unif.
Wilken (1978)	0,75	3,50 ^c	5 a 15	-	Plena	Unif.
Alcântara apud Azevedo Netto (1969)	1,00	4,00	7 a 15	-	0,70	Grad. Variado
Porto (1999)	Vméd = 4 a 6 ^b		-	-	0,75	Unif.
Cirilo (2003)	0,60	4,50	-	-	h/D ^c	Unif.
Methods e Durrans ^d (2003)	0,60 a 0,90	4,50	-	0,90	0,85	Unif. e Grad. Variado
DAEE-CETESB (1980)	-	-	-	-	0,82	Unif.
Prefeitura Municipal de Goiânia	0,75	5,00	-	-	0,85 a 0,90	Unif.
Valores recomendados pelo autor	0,75	5,00	5	1,00	0,85	Unif.

- Projeto

Para projeto, uma planilha de cálculo em software específico é preenchida, onde valores finais para elaboração do projeto são fornecidos. Na página que se segue está representada a planilha em questão:

Trecho

Corresponde à denominação dada à tubulação existente entre dois poços de visita. O primeiro número corresponde ao elemento de montante e o segundo corresponde ao elemento de jusante. Por exemplo, trecho 1-3, trecho 2-3, trecho 3-4 e trecho 4-5.

Extensão da galeria (L)

Refere-se à distância entre dois poços de visita.

Área

Há a necessidade de se considerar dois tipos de área para dimensionar as galerias. Uma refere-se à área contribuinte local a cada poço de visita e interessa diretamente para o cálculo da vazão local "Qloc". Já a outra, denominada área total, corresponde à soma da área local com toda a área drenada a montante, tem a função, apenas, de contabilizar a área total a um certo PV.

Coefficiente de escoamento superficial ou de "runoff" (C)

A estimativa do coeficiente de escoamento superficial das áreas de contribuição a um determinado PV.

Tempo de concentração (tc)

Trata-se do tempo que uma gota de chuva demora para percorrer do ponto mais distante na bacia até um determinado PV. Para os PV's iniciais de uma rede de drenagem, adota-se um tempo de concentração de 5 minutos, enquanto que para os demais PV's os tempos de concentração correspondentes são obtidos acrescentando o tempo de percurso de cada trecho. Quando existir mais de um trecho afluente a um PV, adota-se para este PV o maior valor do tempo de concentração dentre os trechos afluentes, em conformidade com a definição de tempo de concentração.

Intensidade pluviométrica (i)

É a altura pluviométrica por unidade de tempo. (mm/h)

Vazão total

Corresponde ao somatório de vazões afluentes ao PV que chegam através de galerias, além da vazão superficial local em estudo. Esta vazão "Q" será utilizada no dimensionamento da galeria a jusante do PV.

Diâmetro (D)

A Prefeitura Municipal de Goiânia adota os seguintes diâmetros comerciais para as galerias: 400, 600, 800, 1000, 1200 e 1500 mm. Tubos com diâmetros comerciais de 300 mm podem ser utilizados como ramais entre bocas de lobo e poços de visita. A Prefeitura Municipal de Porto Alegre emprega, também, tubos comerciais de 500 mm para galerias. Acima de 2000 mm, a praxe é de moldar a galeria *in loco*.

Declividade do terreno no trecho (St)

Representa a razão entre a diferença das cotas de montante e jusante, nas tampas dos PV's, e a extensão do trecho.

Cotas inferiores da galeria

Correspondem às cotas relativas à geratriz inferior da tubulação.



GELFUS

www.gelfus.com.br

Profundidade da galeria

Corresponde à soma do recobrimento mais o diâmetro da galeria.

Relação altura da lâmina d'água-diâmetro (h/D)

Conhecido o ângulo central da superfície livre " θ ", pode-se obter a relação altura da lâmina d'água-diâmetro " h/D " pela Equação 2.9 (p.36):

Velocidade do escoamento (V)

Conhecida a vazão " Q " no trecho e a área molhada " A_m ", calcula-se a velocidade pela equação:

Tempo de percurso (tp)

É a razão entre a extensão e a velocidade do escoamento na galeria.

Sendo, conseguimos finalizar o teor da planilha conforme cálculos apresentados

Sem mais

Eng. Alexandre Rogério Gaino
Engenheiro Civil

