

Universidade Federal de São João Del-Rei  
Departamento de Tecnologia, Engenharia Civil e Humanidades

PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO LABORATÓRIO DE  
ENGENHARIA CIVIL

Trabalho de Contextualização e Integração Curricular II,  
apresentado à comissão examinadora da Universidade  
Federal de São João Del-Rei, como requisito total de  
avaliação.

Orientador: Emmanuel Kennedy da Costa Teixeira

FLÁVIO LUIZ DE CARVALHO  
PEDRO CASTANHEIRA LAUAR

OURO BRANCO, DEZEMBRO DE 2014

## Conteúdo

1 INTRODUÇÃO.....	3
2 OBJETIVO.....	5
3 MEMORIAL DESCRITIVO.....	6
3.1 MÉTODO RACIONAL.....	6
3.2 DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO.....	8
3.2.1 CALHAS.....	8
3.2.2 CONDUTOS VERTICAIS E HORIZONTAIS.....	9
4 MEMORIAL DE CÁLCULO.....	11
4.1 DETERMINAÇÃO DA INTENSIDADE DE CHUVA E DA VAZÃO DE PROJETO .....	11
4.2 DETERMINAÇÃO DA CALHA.....	12
4.3 DETERMINAÇÃO DOS CONDUTORES HORIZONTAIS E VERTICAIS.....	12
5 RELEVÂNCIA DO TRABALHO.....	13
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14

## 1 INTRODUÇÃO

A escassez de água em regiões urbanas faz sofrer grandes contingentes populacionais, limita a atividade econômica, retarda o progresso. Infelizmente, essa é a realidade atual em várias cidades brasileiras, cujo abastecimento se encontra ameaçado por problemas relacionados tanto com a quantidade quanto com a qualidade da água [...] (GOLÇALVES *et al.*, 2006).

Segundo Hinrichsen (2006 apud GOLÇALVES; JORDÃO, 2006) por certo não se trata de um problema exclusivamente brasileiro e tem como uma das principais causas o crescimento da população. Em realidade, a transição do século 20 para o século 21 é marcada por um crescimento demográfico sem precedentes: em 1999, a população mundial era de 6,0 bilhões de pessoas e estima-se que chegará a 7,9 ou 9,1 bilhões em 2025. O quadro de escassez é agravado nas bacias hidrográficas com maiores índices de urbanização, não só pelo crescimento rápido da demanda de água, mas também pela poluição causada pelo lançamento de águas residuárias.

“Hoje, 98% da água disponível no planeta é salgada. Ainda dos 2% restantes, não estão de totalmente disponível, estando 69% dispostos nas geleiras e calotas polares. Em reservatórios subterrâneos profundos estão 29,9% da água doce, e apenas 1,2% está nos rios, lagos e demais reservatórios, com um volume aproximado de 136.800 km<sup>3</sup>” (SENRA, 2001).

Assim, percebe-se que a água da chuva deve ser considerada uma alternativa. O ciclo realizado pela mesma, quando precipitada em telhados ou áreas pavimentadas com baixo nível de permeabilidade, é ser escoada para o sistema de captação de água pluvial, onde pode se misturar com impurezas. Posteriormente, desaguará em algum corpo receptor, sendo que este poderá ser fonte de suprimento para a captação de água para abastecimento. Realizando-se o aproveitamento, a água que voltaria para a natureza, conforme citado, pode ser destinada a várias atividades, e mesmo que apresente algum nível de contaminação – devido a partículas sólidas e gases que ficam em suspensão na atmosfera ou impurezas na área de coleta – poderia ser destinada a lavagem de quintais, carros, ou mesmo utilizada em laboratório, como é o fim deste estudo. Portanto, ao se realizar o processo de

captação, a água poderá ser utilizada para algum fim antes de dar sequência ao ciclo hidrológico.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho é dimensionar, para o laboratório de Engenharia Civil do Campus Alto Paraopeba, o sistema de captação de água de chuva a partir dos dados pluviométricos do município de Ouro Branco (MG).

### 3 MEMORIAL DESCRITIVO

Neste item, serão expostos todos os métodos e procedimentos de cálculos para dimensionamento, além das tabelas e ábacos necessários.

#### 3.1 MÉTODO RACIONAL

O Método Racional é um método simples e muito utilizado por profissionais para determinar a vazão escoada em uma superfície a partir do volume de chuva. De acordo com Gonçalves (2006), este método é amplamente adotado em países como Estados Unidos e Brasil e tem como objetivo principal o racionamento de água, questão altamente discutida nos dias atuais.

Segundo Tomaz (2013), o método racional deve ser aplicado somente em pequenas bacias com área de drenagem inferior a 3 km<sup>2</sup> ou quando o tempo de concentração seja inferior a uma hora.

O método racional utiliza uma equação simples que exprime o estado permanente da transformação da chuva em vazão, que ocorre quando a chuva tem intensidade constante e toda a área passa a contribuir com a vazão na seção do curso d'água, o que se dá quando a duração da chuva é superior ao tempo de concentração ( $t_c$ ). Assim, se ocorre uma chuva intensa uniforme, com tempo de duração ( $t_d$ ) maior que " $t_c$ ", a vazão resultante, também chamada de vazão de projeto, de acordo com o método, segundo a NBR 10884/1989 é dada pela Equação 1:

$$Q_s = \frac{C.I.A}{60} \quad [1]$$

Em que:

$Q_s$  - vazão de projeto, em L/min;

C – Coeficiente de escoamento igual a 1;

i - intensidade da chuva, em mm/h; e

A - área superficial, em m<sup>2</sup>.

A área superficial (A), para superfície inclinada, é dada pela Equação 2:

$$A = 2 \cdot \left( a + \frac{h}{2} \right) \cdot b \quad [2]$$

Onde a, b e h estão indicados na Figura 1.

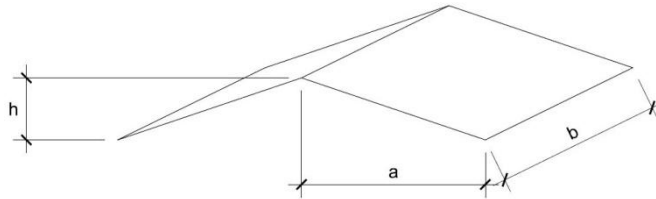


Figura 1: Representação das dimensões de um telhado.

Nas aplicações práticas, a intensidade (i) da chuva é obtida das curvas ou equações de intensidade-duração-frequência, válidas para a região em estudo. Normalmente, estas equações se expressam através de modelos da forma da Equação 3:

$$i = \frac{k \cdot T_r^m}{(c + t_d)^n} \quad [3]$$

Sendo:

$T_r$  - período de retorno; e

k, m, c e n - coeficientes que dependem do local.

A duração da chuva ( $t_d$ ) deve ser a duração da chuva crítica de projeto. Este tempo pode ser calculado através da Equação 4 de Kirpich:

$$t = 57 * \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad [4]$$

Sendo:

L - comprimento do percurso, em km;

H - diferença de cotas.

A obtenção da intensidade de chuva dar-se-á por meio da equação característica da curva intensidade-duração-frequência, onde os coeficientes

foram obtidos para o município de Ouro Branco (MG) através do software “Plúvio”.

## 3.2 DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO

### 3.2.1 CALHAS

As calhas são um tipo de material usado na construção civil para servir de complemento ao telhado e outras regiões da cobertura para escoar a água. Elas são construídas sobre o beiral de um telhado em áreas seguras para a água ser coletada, devendo ser dimensionadas corretamente, para atender às características do projeto.

A determinação do diâmetro da calha será dada pela equação de Manning (Equação 5):

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}}}{n} \quad [5]$$

Em que:

Q - vazão de projeto, em L/min;

A - área da seção molhada, em m<sup>2</sup>;

n - coeficiente de rugosidade;

R - raio hidráulico, em m; e

I - declividade da calha, em m/m.

Considerando a lâmina d'água a meia seção, a área (A) e o perímetro molhado (P) são dados pelas Equação 6 e 7:

$$A = \frac{\pi D^2}{8} \quad [6]$$

$$P = \frac{\pi D}{2} \quad [7]$$

Substituindo estas expressões na equação de Manning e isolando o diâmetro (D), obtém-se a seguinte expressão (Equação 8):



$$D = \left( \frac{Q \cdot 2^{\frac{13}{3}} \cdot n}{\pi \cdot L^2} \right)^{\frac{3}{8}} \quad [8]$$

### 3.2.2 CONDUTOS VERTICAIS E HORIZONTAIS

Os condutos verticais e horizontais são considerados condutos livres que constituem o sistema de drenagem pluvial, direcionando a água captada pelas calhas e conduzindo-as ao reservatório.

Para o dimensionamento dos condutos verticais, segundo a NBR 10844, deve ser feito a partir dos seguintes elementos:

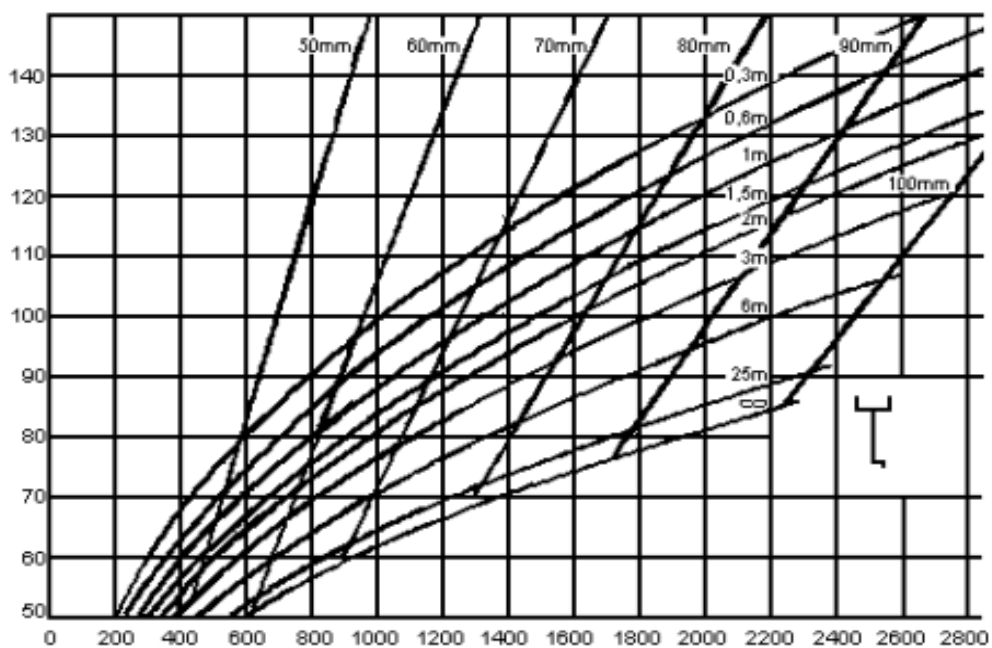
Q - vazão de projeto, em L/min;

H - altura da lâmina d'água, em mm; e

L - comprimento do condutor vertical em m.

O diâmetro D dos condutores verticais é determinado a partir do ábaco da Figura 2, contido na NBR . Cruzam-se o valor do comprimento (L) da tubulação vertical com o valor da vazão na calha (Q) e o valor da lâmina d'água (H) na mesma.

D (mm)



Q(L/min)

Figura 2: ábaco para determinação de diâmetros de condutores verticais.

Para os condutores horizontais circulares, a NBR 10844/89 estabelece que os mesmos devam possuir declividade mínima de 0,5%. Primeiramente a partir da Tabela 2, determina-se o valor do coeficiente de rugosidade. Posteriormente, utiliza-se a Tabela 1, onde se leva em consideração o valor da vazão (Q) na calha, o coeficiente de rugosidade (n) obtido anteriormente e a declividade (I) do conduto horizontal, determinada pelo projetista seguindo o critério de valor mínimo estabelecido.

Tabela 1: capacidade de condutores horizontais de seção circular

Diâmetro (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
	Q = L/min				Q = L/min				Q = L/min			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2530	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: NBR 10804. Instalações prediais de águas pluviais.

Tabela 2: coeficientes de rugosidade

Material	n
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: NBR 10804. Instalações prediais de águas pluviais.

## 4 MEMORIAL DE CÁLCULO

### 4.1 DETERMINAÇÃO DA INTENSIDADE DE CHUVA E DA VAZÃO DE PROJETO

De posse da planta do laboratório de Engenharia Civil do Campus Alto Paraopeba, chegou-se nos valores seguintes para o comprimento (a), largura (b) e altura (h) do telhado indicado na Figura 1.

$$a = 11,63 \text{ m};$$

$$b = 49,91 \text{ m}; e$$

$$c = 0,88 \text{ m}.$$

Assim, utilizando-se a Equação 2, chegou-se ao valor da área (A) superficial inclinada no telhado de 1.204,83 m<sup>2</sup>.

De acordo com as condições de projeto, L = 0,073 km e H = 6,0 m. Desta forma, a partir da Equação 4, tem-se um tempo de duração de chuva de 1,391 min.

Para determinar a intensidade pluviométrica do município de Ouro Branco (MG), foi utilizado o *software* Plúvio o qual forneceu os valores das constantes necessárias:

$$K = 3.359,569;$$

$$m = 0,221;$$

$$c = 25,101; e$$

$$n = 1,026$$

Utilizando-se a Equação 3 e tendo-se que a NBR 10844/89 estabelece um tempo de retorno de 5 anos para coberturas e telhados, chegou-se a intensidade de chuva de 164,64 mm/h.

Assim, tem-se a partir da Equação 1 que a vazão de projeto é de 3.306,07 L/min, o que equivale a 0,0055 m<sup>3</sup>/s.

## **4.2 DETERMINAÇÃO DA CALHA**

A vazão utilizada para o dimensionamento da calha foi a metade da vazão calculada, pois a vazão da água de chuva se divide em duas, devido à geometria do telhado. Se utilizará  $n = 0,011$ , para materiais plástico fibrocimento, aço e metais não ferrosos, obtido na Tabela 2. A declividade de projeto será de  $I = 4\%$ . Optou-se por adotar esta inclinação, pois diminuem-se custos (o diâmetro utilizado será menor). Assim, a partir da Equação 8, o valor do diâmetro encontrado foi de 175,8 mm. Adotando-se, portanto, o diâmetro comercial de 200 mm.

## **4.3 DETERMINAÇÃO DOS CONDUTORES HORIZONTAIS E VERTICAIS**

Através da Tabela 1, para  $n = 0,011$ ,  $I = 4\%$  e  $Q = 1653,04$  L/min, o diâmetro mais adequado para o condutor horizontal é de 150 mm.

No caso dos condutores verticais, recorreu-se ao ábaco da Figura 2 para a determinação dos diâmetros. Utilizou-se  $L = 6,0$  m (comprimento do condutor vertical),  $H = 100$  mm (altura da lâmina d'água na calha) e  $Q = 1653,04$  L/min (metade da vazão de projeto). Devido ao elevado valor de vazão, optou-se por dividi-la por dois, determinando dois trechos de tubulação. O diâmetro mais adequado foi de 90 mm.

## **5 RELEVÂNCIA DO TRABALHO**

Visto que o *Campus Ato Paraopeba* é voltado para o século XXI, é de fundamental importância que sejam levados em consideração os conceitos de sustentabilidade e preservação de meio ambiente, principalmente para com o aproveitamento da água, neste caso pluvial.

Portanto, conclui-se que coletar a água proveniente da chuva, que escoar sobre o telhado, para suprir as necessidades do laboratório da Engenharia Civil é uma medida totalmente viável. É importante ressaltar que os alunos e professores não devem ter contato direto com esta água, antes de uma verificação da qualidade ou até mesmo um tratamento básico.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a adaptação de um sistema para descarte da primeira água de chuva.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REBOUÇAS,ALDO DA C. *Água e desenvolvimento rural*. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v15n43/v15n43a24.pdf>> Acesso em 6 de junho de 2014.

GOLÇALVES *et al.*, *Uso Racional da Água em Edificações*. Vitória, ES. 2006.

SENRA, João Bosco. *ÁGUA, O DESAFIO DO TERCEIRO MILÊNIO*. Disponível em: <<http://www.ccb.ufsc.br/~ecz5102/desafio.htm>> Acesso em 6 de junho de 2014.

GONÇALVES, Ricardo Franci. *Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água*. 1ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 352 p.

CARVALHO, Daniel Fonseca; SILVA, Leonardo Duarte Batista. *Hidrologia*. 1 ed. Rio de Janeiro, 2006. 115 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: *Instalações prediais de águas pluviais*. Rio de Janeiro, 1989. 13p.

TOMAS, Plinio. *Curso de Manejo de águas pluviais 2013*, 15p.