

**Universidade Regional do Cariri – URCA**

---

Pró – Reitoria de Ensino de Graduação  
Coordenação da Construção Civil  
Disciplina: Estradas II



# Estruturas hidráulicas

## Estimativa da vazão de projeto

**Renato de Oliveira Fernandes**

*Professor Assistente*

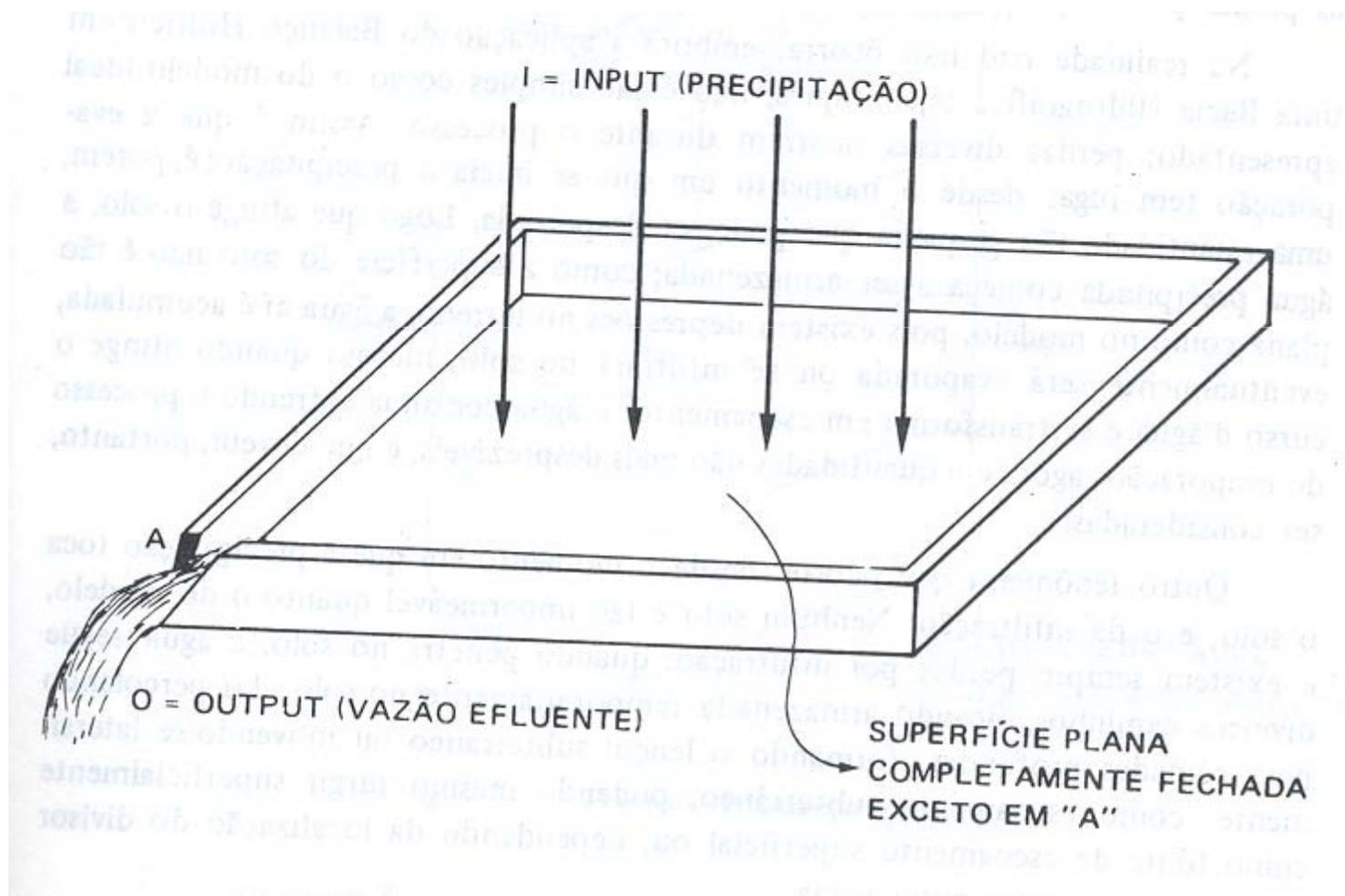
*Dep. de Construção Civil/URCA*

*renatodeof@gmail.com*

# Projeto de drenagem

- **Definição da chuva de projeto**
  - Análise de frequência
  - Curva IDF (intensidade-duração-frequência)
  - Período de retorno
- **Determinação da vazão de projeto**
  - Método Racional ( $A < 200$  ha)
  - Definição do coeficiente de escoamento (C)
- **Dimensionamento do bueiro**
  - Verificar se funcionará como canal ou orifício
    - Para obras novas o desejável é funcionar como canal
  - Definir o diâmetro apropriado

# Modelo de sistema hidrológico simples



# O método racional para estimativa de vazões máximas

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$$

- onde  $Q$  é a vazão de cheia ( $\text{m}^3/\text{s}$ );  $C$  é o coeficiente de escoamento superficial;  $i$  é a intensidade da chuva ( $\text{mm}/\text{hora}$ ); e  $A$  é área da bacia hidrográfica de contribuição ( $\text{km}^2$ ).

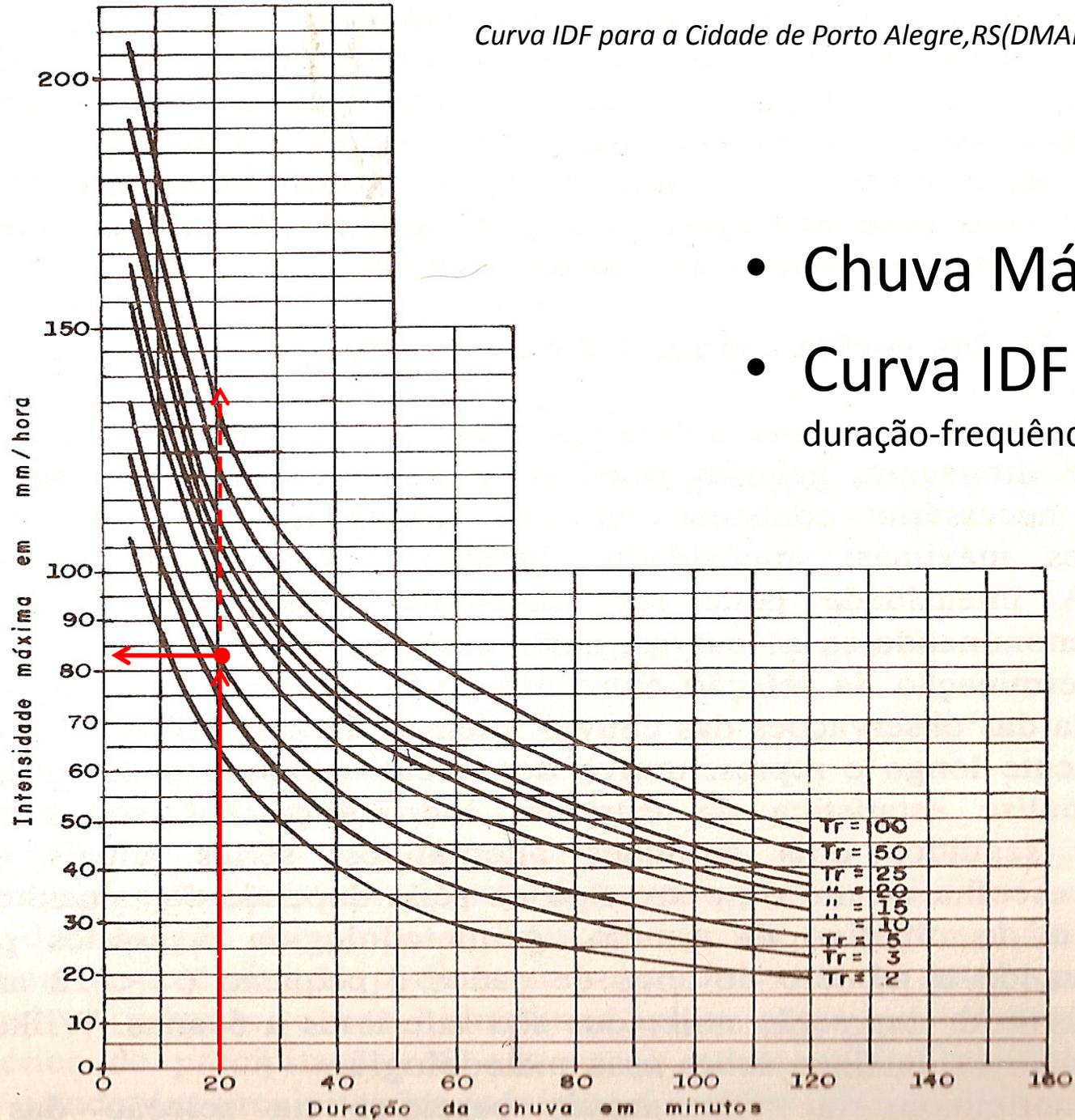
## Valores de C de acordo com a ocupação

| Zonas  | C           |
|--|-------------|
| Centro da cidade densamente construído           | 0,70 a 0,95 |
| Partes adjacentes ao centro com menor densidade  | 0,60 a 0,70 |
| Áreas residenciais com poucas superfícies livres | 0,50 a 0,60 |
| Áreas residenciais com muitas superfícies livres | 0,25 a 0,50 |
| Subúrbios com alguma edificação                  | 0,10 a 0,25 |
| Matas parques e campos de esportes               | 0,05 a 0,20 |

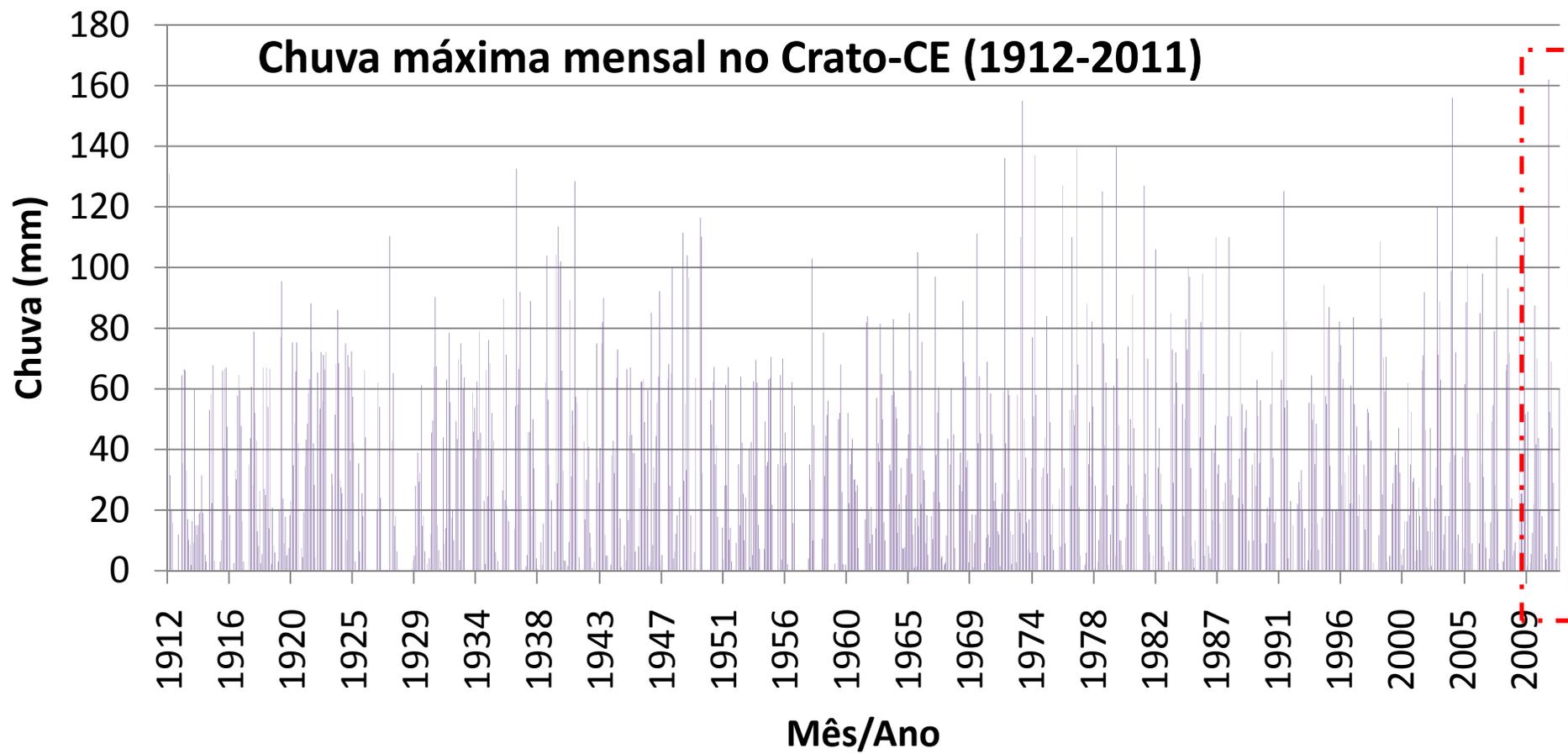
## Valores de C para diferentes superfícies

| Superfície                    | intervalo   | valor esperado |
|-------------------------------|-------------|----------------|
| Asfalto                       | 0,70 a 0,95 | 0,83           |
| Concreto                      | 0,80 a 0,95 | 0,88           |
| Calçadas                      | 0,75 a 0,85 | 0,80           |
| Telhado                       | 0,75 a 0,95 | 0,85           |
| grama solo arenoso plano      | 0,05 a 0,10 | 0,08           |
| grama solo arenoso inclinado  | 0,15 a 0,20 | 0,18           |
| grama solo argiloso plano     | 0,13 a 0,17 | 0,15           |
| grama solo argiloso inclinado | 0,25 a 0,35 | 0,30           |
| áreas rurais                  | 0,0 a 0,30  |                |

Curva IDF para a Cidade de Porto Alegre,RS(DMAE,1972)



- Chuva Máxima
- Curva IDF (intensidade-duração-frequência)



Fonte: <http://hidroweb.ana.gov.br/>

# Equação de chuva intensa

- Equação geral

$$i_m = \frac{K.T^a}{(t+b)^c}$$

$i$  – intensidade máxima da chuva (mm/h)

$T$  - período de retorno (anos)

$t$  – duração da chuva (min.)

$a$ ,  $b$ ,  $K$  e  $c$  – são parâmetros locais

# Parâmetros da equação de chuvas intensas com o uso do software Plúvio (DEA - Ufv)

$$i_m = \frac{K.T^a}{(t+b)^c}$$

## LOCALIZAÇÃO:

Localidade: Quixeramobim

Latitude: 05°12'00"

Longitude: 39°18'00"

## PARÂMETROS DA EQUAÇÃO:

K: 2847,22

a: 0,3

b: 43

c: 0,97

The screenshot shows the 'Plúvio 2.1 - Estado: Ceará' window. It features a map of Brazil with states color-coded. A text box on the map displays the coordinates for Quixeramobim: Latitude: 05°12'00" and Longitude: 39°18'00". On the right, a dropdown menu shows 'Estados: Ceará' and a list of 'Estações' with 'Quixeramobim' selected. Below the map, there are input fields for 'Latitude' and 'Longitude', both set to '00°00'00"', and a 'Calcular' button. At the bottom, a section titled 'Parâmetros da Equação IDF' contains input fields for 'K' (2847,22), 'a' (0,3), 'b' (43), and 'c' (0,97). There are also buttons for 'Relatório', 'Ajuda', 'Cancelar', and 'Fechar'.

<http://www.ufv.br/dea/gprh/index.htm>

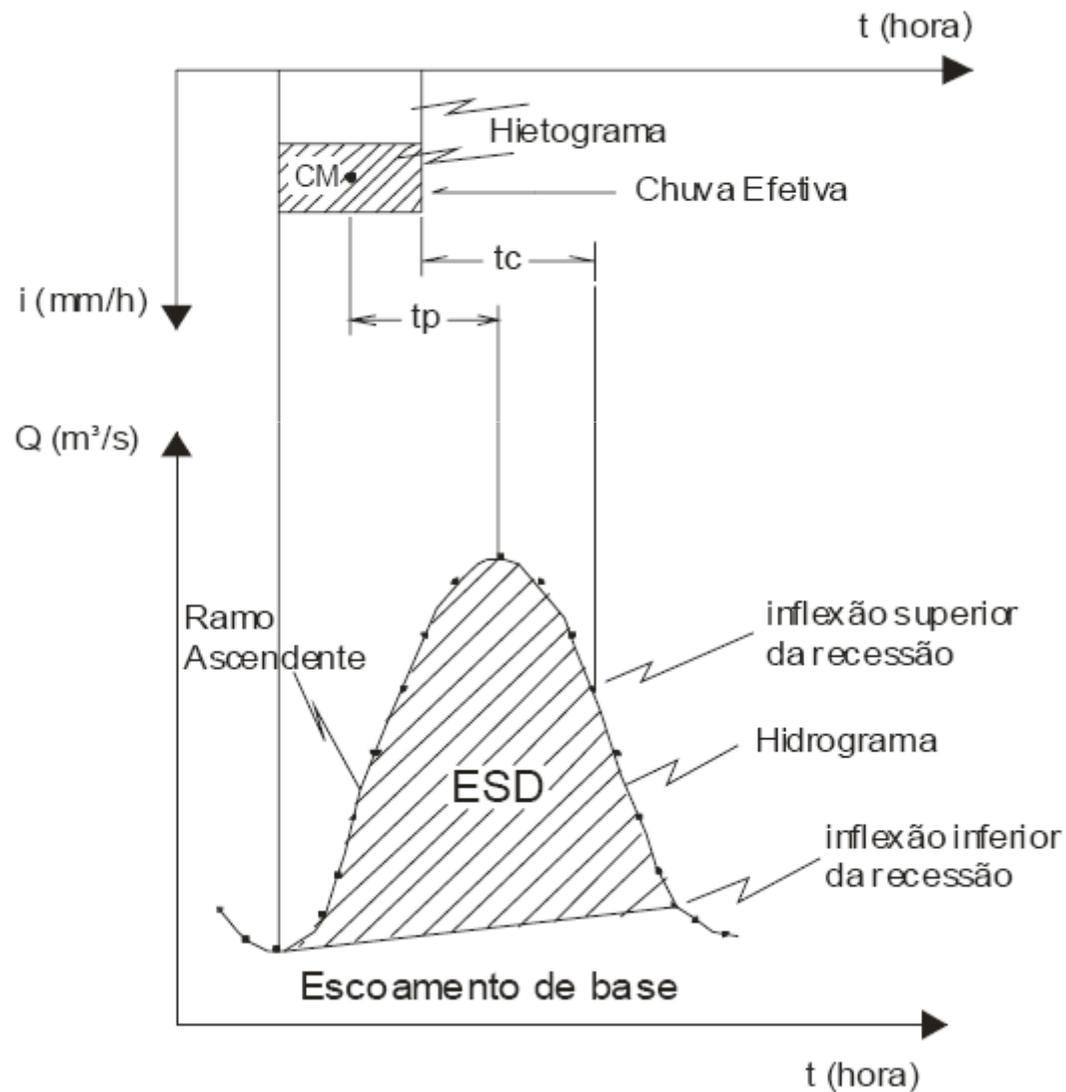
# Período de retorno da chuva máxima de projeto

- O período de retorno depende das características do projeto e dos potenciais prejuízos que traria uma eventual falha, em que a vazão superasse a vazão utilizada no dimensionamento.
- Caso os prejuízos potenciais sejam elevados, deve-se adotar um tempo de retorno alto, em caso contrário deve-se adotar um tempo de retorno baixo

# Período de retorno sugerido

| Estrutura                              | TR (anos) |
|--|-----------|
| Bueiros de estradas pouco movimentadas | 5 a 10    |
| Bueiros de estradas muito movimentadas | 50 a 100  |
| Pontes                                 | 50 a 100  |
| Diques de proteção de cidades          | 50 a 200  |
| Drenagem pluvial                       | 2 a 10    |
| Grandes barragens (vertedor)           | 10000     |
| Pequenas barragens                     | 100       |
| Micro-drenagem de área residencial     | 2         |
| Micro-drenagem de área comercial       | 5         |

# Comportamento do hidrograma



- $t_p$  – tempo de retardo
- $t_c$  – tempo de concentração

# Determinação do tempo de concentração

• Equação de Kirpich: 
$$t_c = 3,98 \frac{L^{0,77}}{D^{0,385}}$$

- $t_c$  = tempo de concentração (min);
- $L$  = comprimento do rio principal (km);
- $D$  = declividade média do rio (adimensional):
- $L$  = comprimento total do rio (km)
- $L_i$  = comprimento de um trecho do rio (km);
- $D_i$  = declividade de um trecho do rio (adimensional)
- $k$  = número de trechos

$$D = \left[ \frac{L}{\sum_{i=1}^k \frac{L_i}{\sqrt{D_i}}} \right]^2$$

# Determinação do tempo de concentração

- Equação “California Culverts Practice”

$$t_c = 57 \left( \frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385}$$

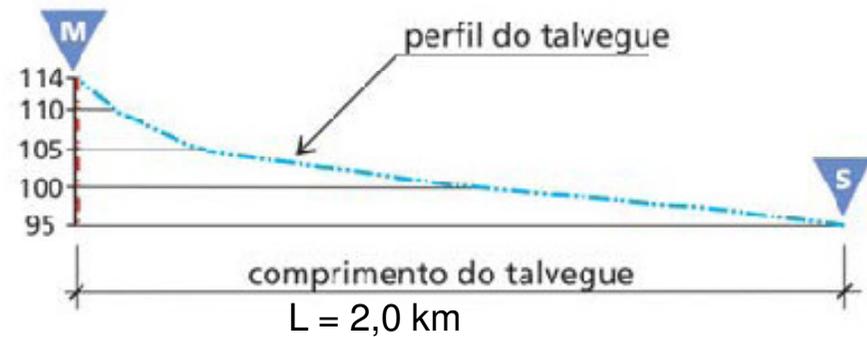
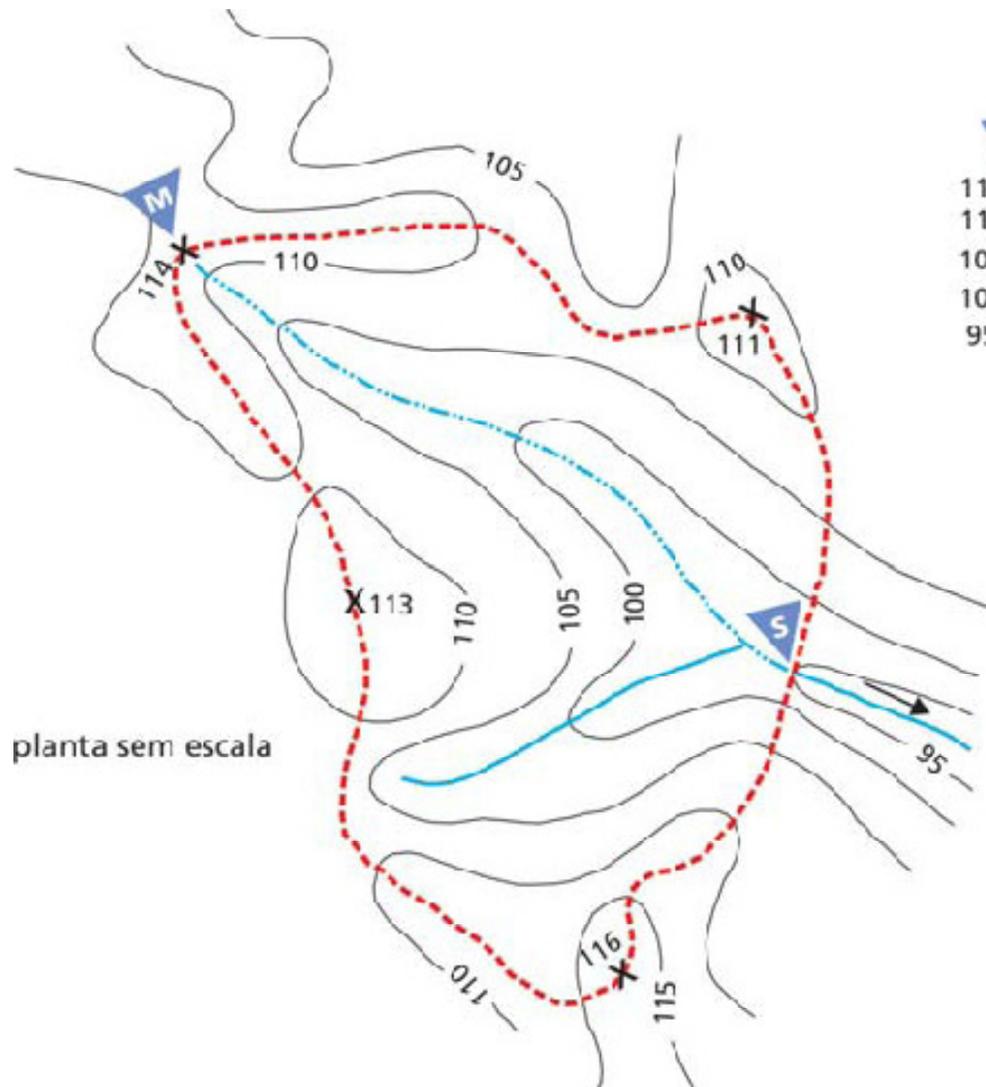
onde:

$t_c$  = tempo de concentração (min)

$L$  = comprimento do talvegue do curso d'água (km)

$\Delta h$  = desnível do talvegue entre a seção e o ponto mais distante da bacia (m)

# Representação de uma pequena bacia de contribuição



- curso d'água
- talvegue principal
- curva de nível
- divisor de águas
- M ponto mais distante da bacia
- S seção de estudo

# Dimensionamento de um bueiro como orifício (exemplo)

- Definição da área de estudo
  - Fonte: <http://www.atlasdasaguas.ufv.br/home.html>

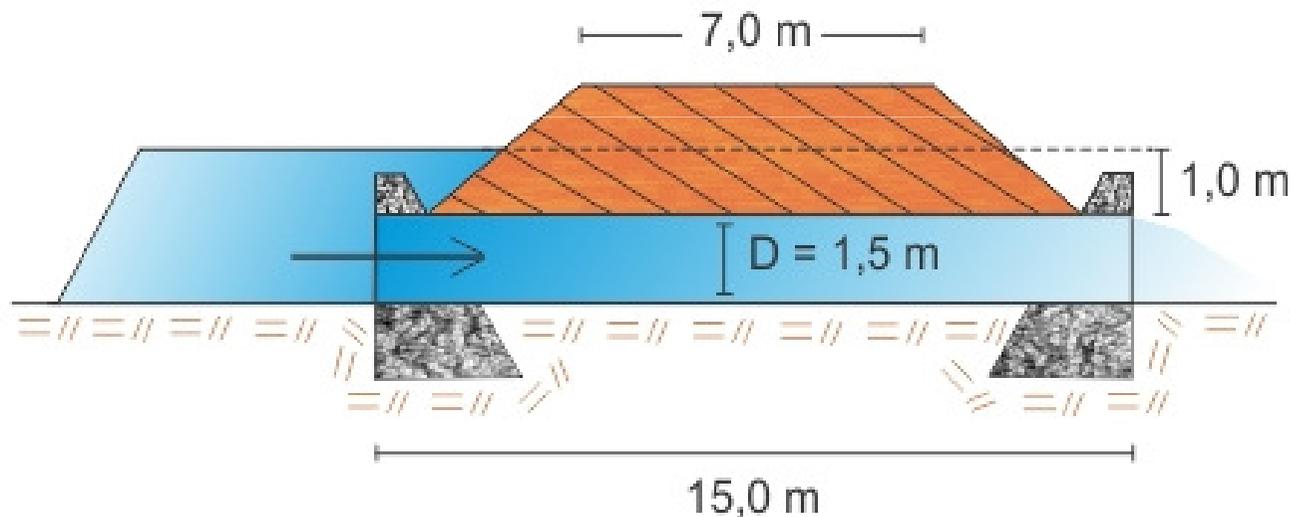


# Dimensionamento de um bueiro como orifício (exemplo)

- Estudo hidrológico.
  - A análise da bacia de contribuição indicou uma vazão máxima de 6,24 m<sup>3</sup>/s
- Dimensionamento hidráulico do bueiro como orifício.
  - **Equação geral:  $Q = c \cdot S \cdot (2 \cdot g \cdot h)^{0,5}$**   
em que:  
Q = vazão (m<sup>3</sup>/s); c = coeficiente de descarga (0,73); s = área total (m<sup>2</sup>); g = aceleração da gravidade (m/s);  
h = carga de escoamento do bueiro = 1,0 m.

# Dimensionamento de um bueiro como orifício (exemplo)

- Calculando obteve-se área ( $S$ ) de  $1,93 \text{ m}^2$ 
  - $D=1,57 \text{ m}$  (tubo comercial adotado  $1,50 \text{ m}$ )



- **Redimensionar o bueiro para funcionar como um canal em regime subcrítico.**

# Recomendações

- Sempre que possível o bueiro deve ser dimensionado como canal (sem carga a montante)
- Diâmetro mínimo do bueiro de greide deve ser de 800 mm

# Modelagem computacional

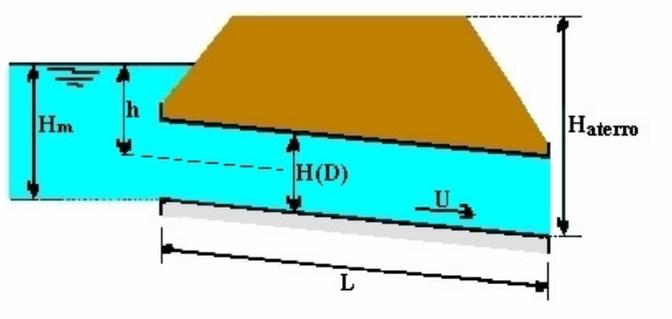
Estruturas Hidráulicas - Bueiros

Dados Resultados **Visualização** Relatório

**Esquema das condições hidráulicas do bueiro:**

|       |     |                         |      |                    |      |
|-------|-----|-------------------------|------|--------------------|------|
| D (m) | 1,5 | U (m/s)                 | 3,53 | L (m)              | 5    |
| h (m) | 1,6 | H <sub>aterro</sub> (m) | 3    | H <sub>m</sub> (m) | 2,35 |

**BSTC Ø 1,5 - Funcionando como Orifício**



Terminar Relatório

Estruturas Hidráulicas - Bueiros

Dados Resultados **Visualização** Relatório

**Parâmetros Hidráulicos:**

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| Tipo de bueiro                       | BSTC Ø 1,5 |
| Condição de funcionamento hidráulico | Orifício   |
| Carga a partir do eixo da obra (m)   | 1,6        |
| Altura total do NA a montante (m)    | 2,35       |
| Velocidade de escoamento (m/s)       | 3,53       |

Terminar Visualizar Relatório

- Programa computacional (Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG – Brasil)
  - <http://www.ehr.ufmg.br/docsehr/download29.rar>