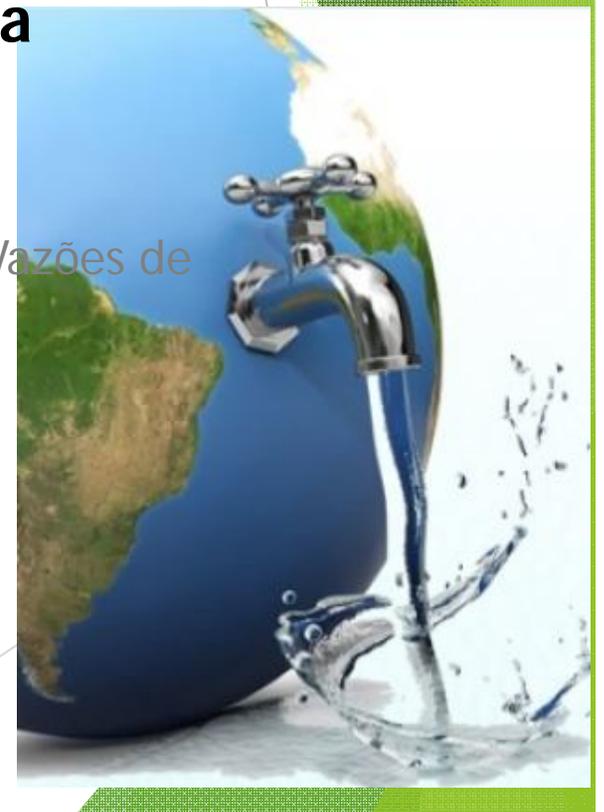




Águas Pluviais: Controle de Inundação e Aproveitamento de Águas de Chuva

(Sistemas Alternativos Para Redução dos Impactos das Vazões de Tormentas Pluviais no Corpo Receptor)

Engº Aparecido Vanderlei Festi
Campinas/2017



Situação da Drenagem Urbana nas Cidades

- Não Possuem Sistemas de Drenagem
- Projetos Mal Elaborados: Obras Executadas
- Projetos Mal Elaborados: Obras Mal Executadas
- Projetos Elaborados: Obras Mal Executadas
- **Projetos Elaborados: Obras Executadas**

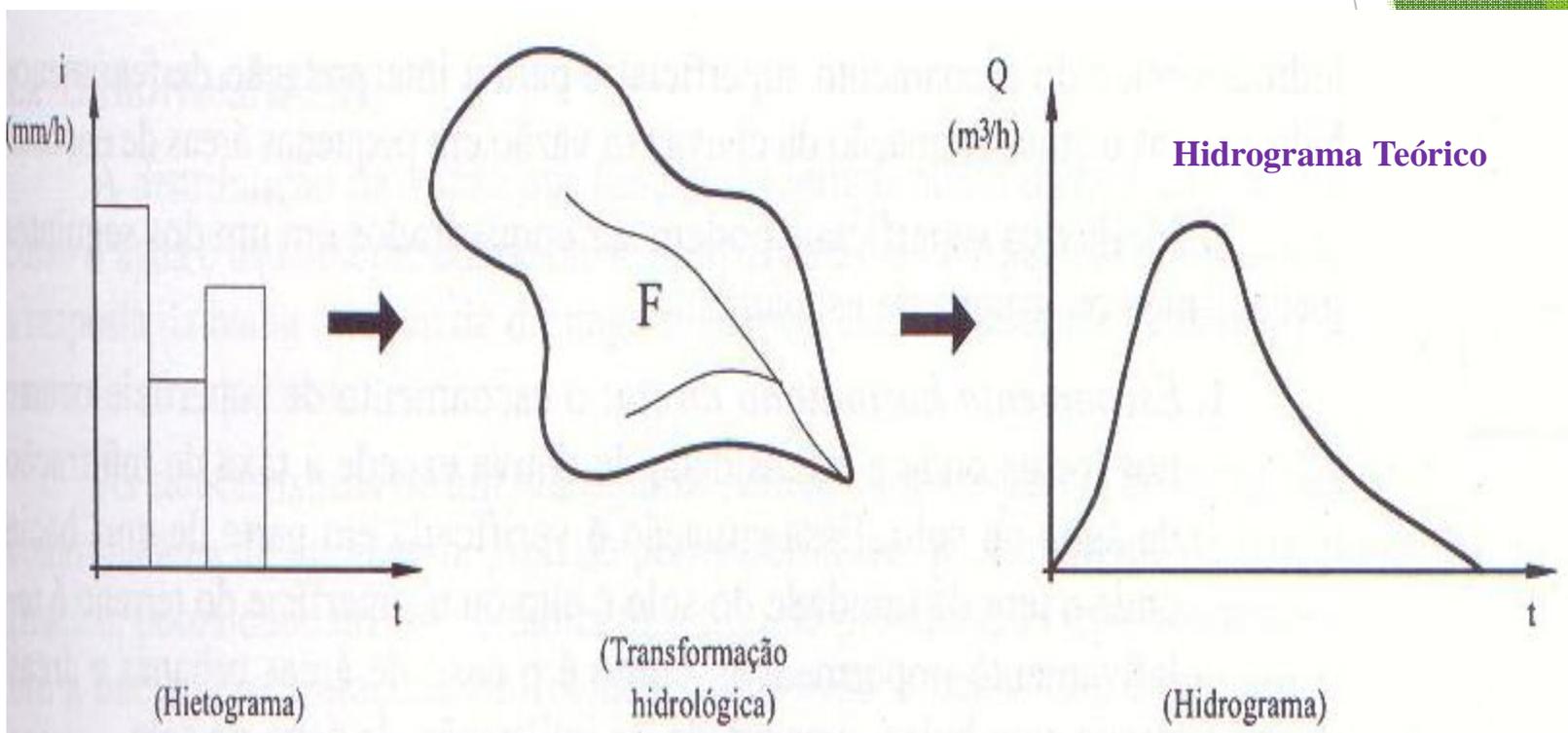


CHUVA:

ARMAZENAMENTO NATURAL

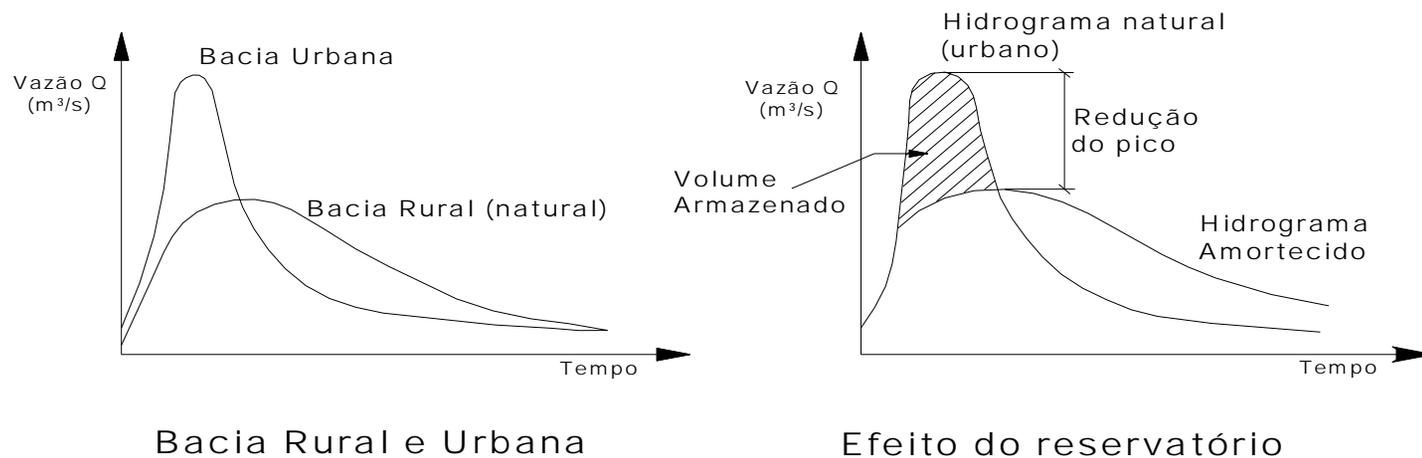
- ▶ Água retida pela vegetação
- ▶ Água infiltrada e retida no solo
- ▶ Água retida em depressões do terreno
- ▶ Água retida em grandes depressões e lagos
- ▶ Água armazenada dinamicamente nos rios e nas várzeas

Hietograma → **Bacia Hidrográfica** → **Hidrograma**





Transformações ocorridas no hidrograma de uma bacia devido à urbanização e intervenção posterior.



Lembre-se:

**1mm de chuva
precipitada em
1,00 m² = 1 litro**



Q_e



$V_s = \text{Volume Retido}$

Q_s



$$V_s = Q_d \times t_d (1 - Q_a / Q_d)$$



Armazenamento Artificial

- ▶ **Objetivo de repor ou aumentar o armazenamento perdido por urbanização ou agricultura**
- ▶ **Objetivo do armazenamento é retardar a taxa de resposta do escoamento superficial das superfícies modificadas**



Controle na Fonte x Controle a Jusante

Categorias de Armazenamentos na Fonte:

▶ **Disposição local:**

- ▶ infiltração, percolação, pavimento poroso

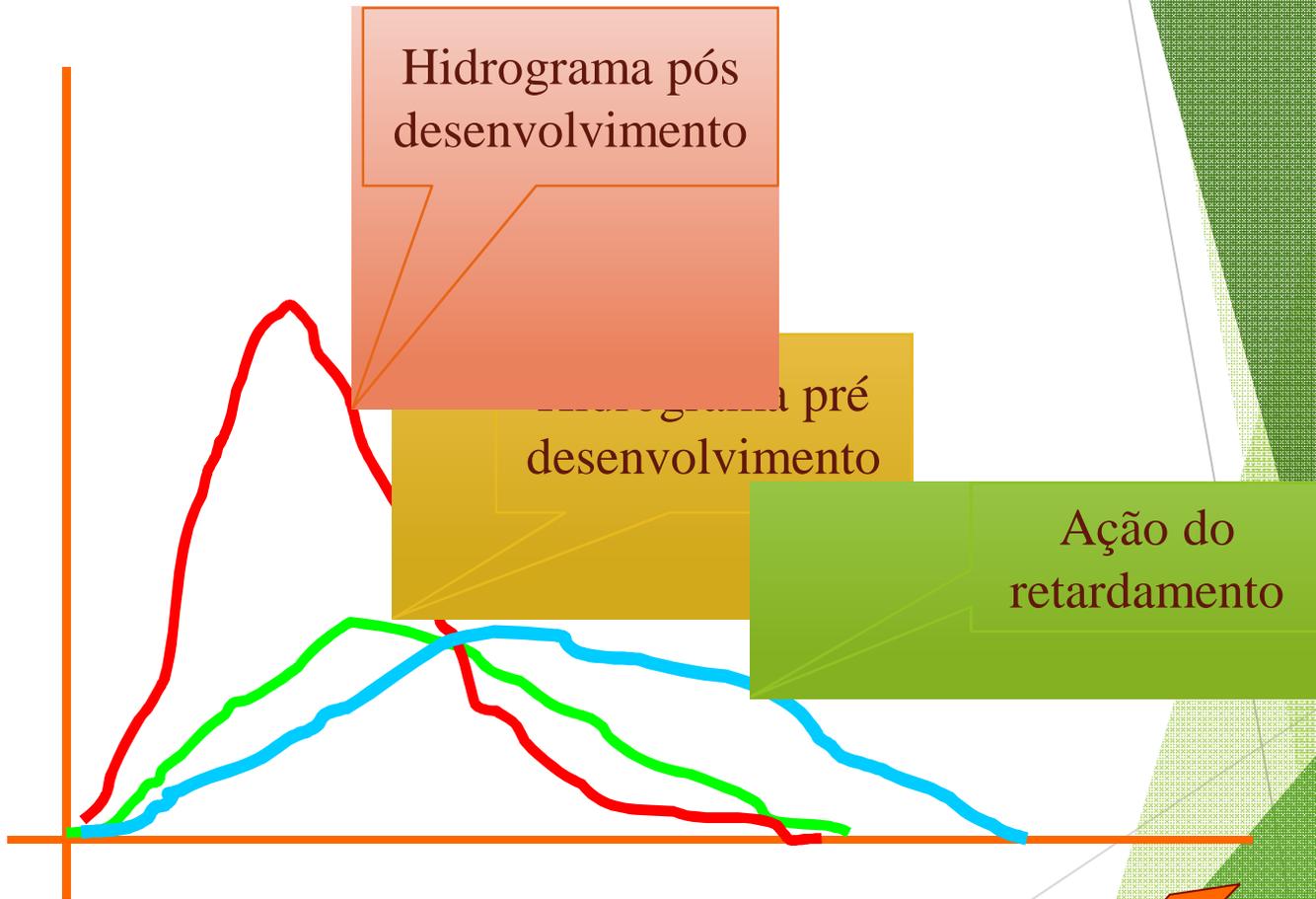
▶ **Controle na entrada**

- ▶ armazenamento em telhados, áreas de estacionamento, Micro reservatório, Trincheiras de infiltração

▶ **Detenção local**

- ▶ drenos, lagoas “secas” ou “molhadas”, reservatórios de concreto, estruturas no lote.

Q



t

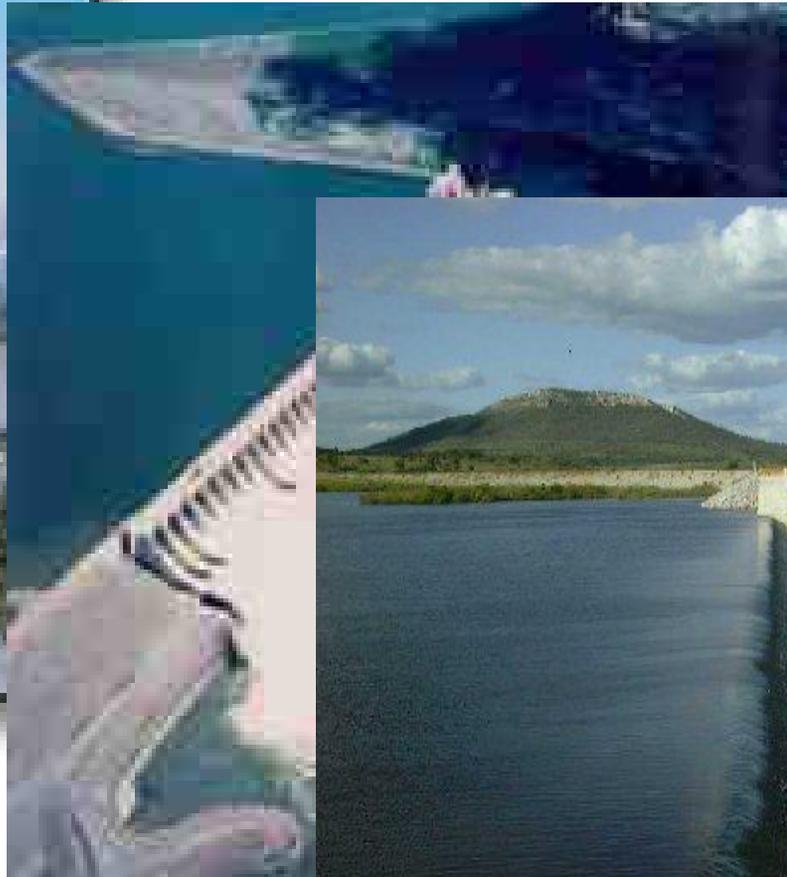
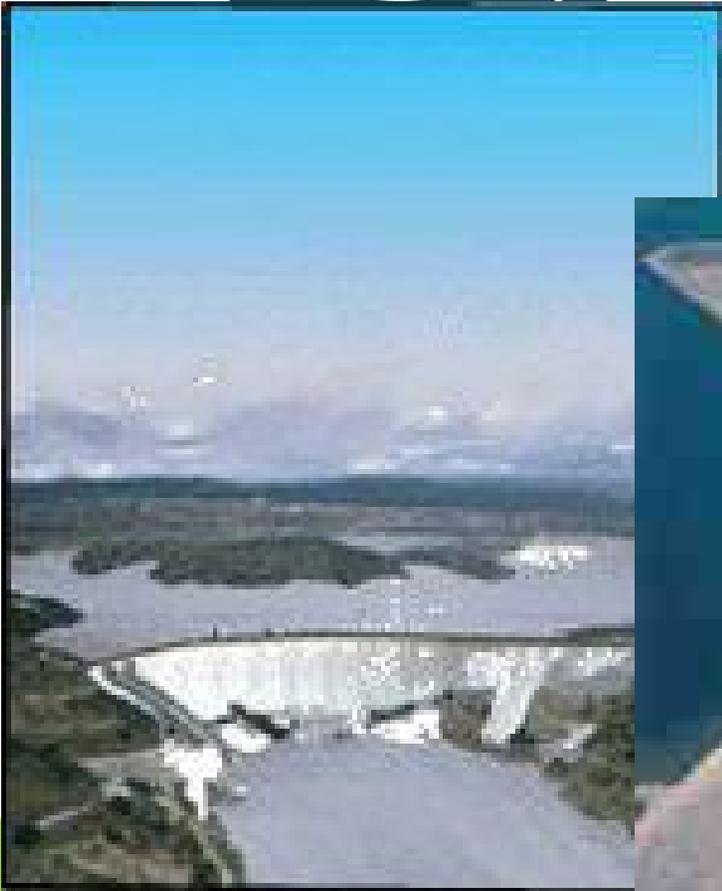


Controle na Fonte x Controle a Jusante

Categorias de Armazenamento a Jusante

- ▶ Reservatório “in stream” (no leito rio)
- ▶ Reservatório “off-stream” (fora do leito do rio)

Reservatório “in stream”



Preparatório da Engenharia - 8º Fórum Mundial da Água - Etapa Campinas - 2017



Reservatório “in stream”

Amortecimento

Rio

Vazão amortecida





Tipos de armazenamento

- ▶ **Retenção**
- ▶ **Detenção**
- ▶ **Condução**



Tipos de Armazenamento

RETENÇÃO :

- ▶ O escoamento de um dado evento de chuva é armazenado e **NÃO** é descarregado no sistema de drenagem a jusante durante e após o evento de chuva.
- ▶ A água armazenada pode ser utilizada para irrigação, manutenção de vazão mínima, para ser evaporada ou infiltrada no solo.
- ▶ O reservatório é permanentemente preenchido com água (reservatório “molhado”)



Lago Permanente - Uso de Recreio



Tipos de Armazenamento

DETENÇÃO :

- ▶ O armazenamento é de curto prazo, com atenuação do pico de vazão de saída a um valor inferior ao de entrada.
- ▶ O volume de água descarregada é igual ao afluente, apenas distribuído em um tempo maior.
- ▶ Usualmente, esvaziam em menos de um dia.
- ▶ A área é seca e pode ser utilizada para fins recreacionais.



PRI
8

Lagoas de Detenção em Série

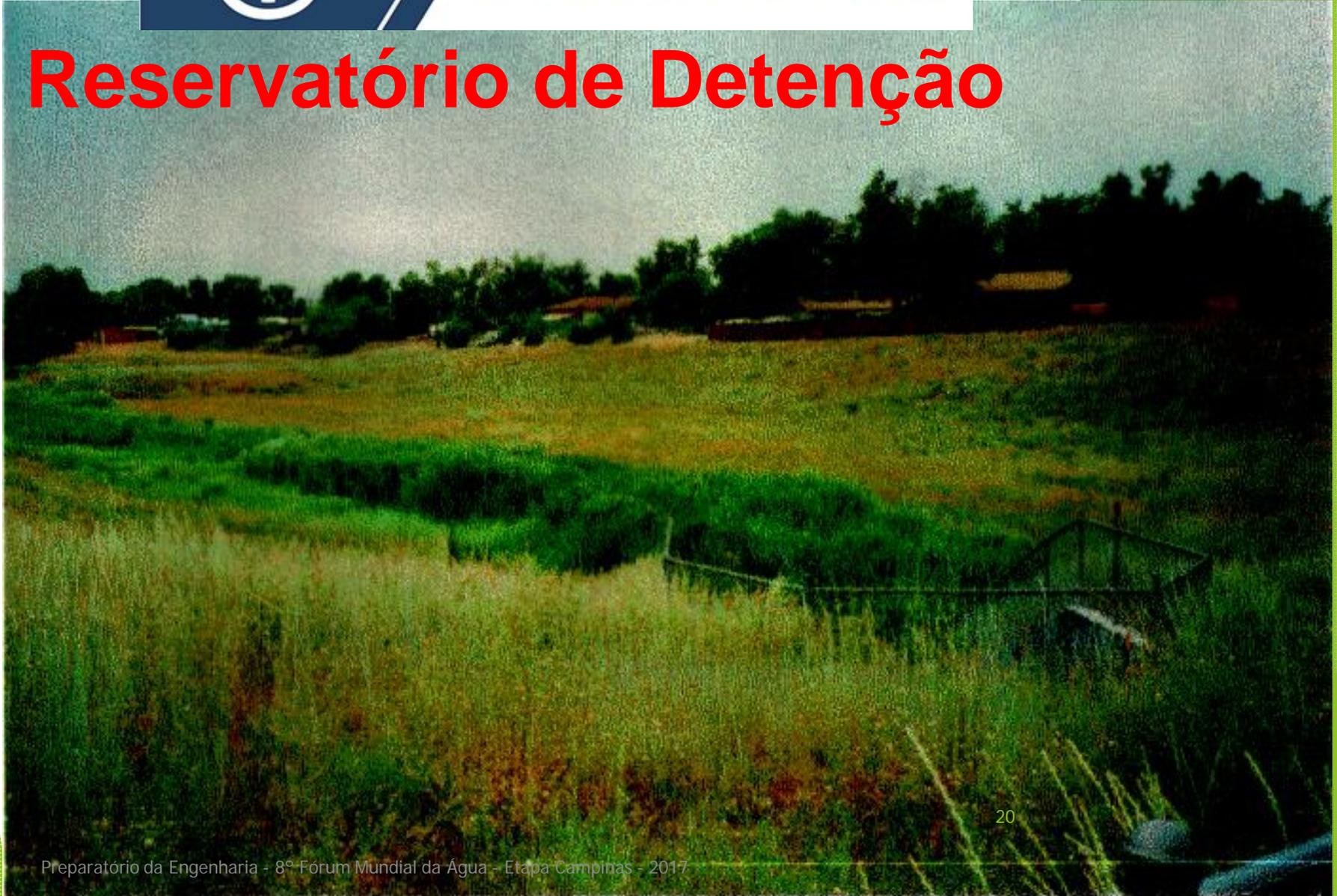


Preparatório da Engenharia - 8º Fórum Mundial da Água - Etapa Campinas - 2017



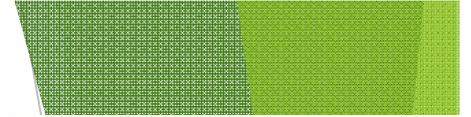
PREPARATÓRIO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA PARA O
8º FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA

Reservatório de Detenção



20

Preparatório da Engenharia - 8º Fórum Mundial da Água - Etapa Campinas - 2017



Reservatório de Detenção de Concreto - Enterrado

21

Preparatório da Engenharia - 8º Fórum Mundial da Água - Etapa Campinas - 2017



Opções de Estruturas de Entrada

Entrada por Gravidade :

Quando a área do reservatório está abaixo da cota da água a ser armazenada.

Entrada por Bombeamento :

Este tipo só é vantajoso quando há um local privilegiado para o reservatório.



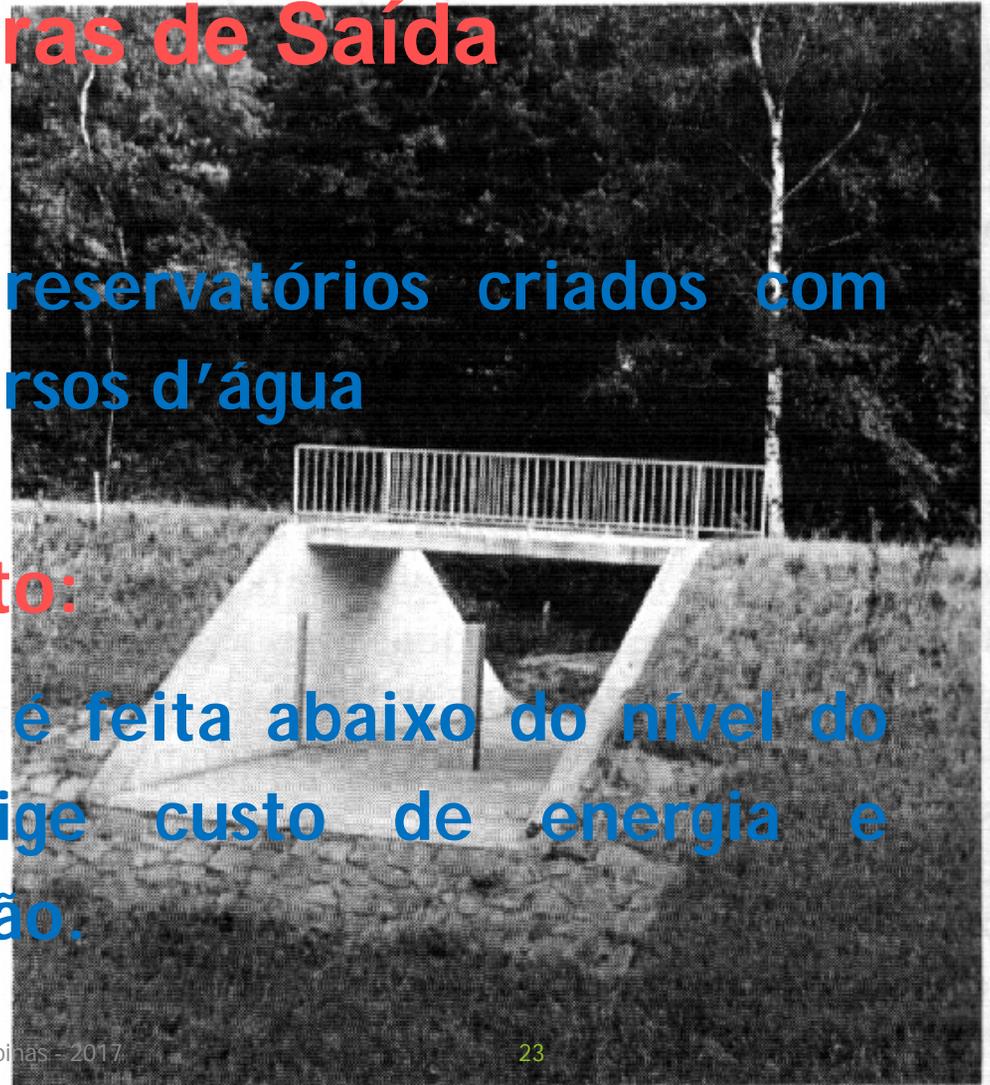
Opções de Estruturas de Saída

Saída por Gravidade :

Condição típica de reservatórios criados com barramentos nos cursos d'água

Saída por Bombeamento:

Quando a escavação é feita abaixo do nível do curso d'água. Exige custo de energia e cuidados na operação.





Medidas Estruturais

- ▶ **implicam na execução de obras**
- ▶ **intervêm na drenagem natural (microdrenagem)**
- ▶ **intervêm no canal (macro drenagem)**
- ▶ **efeitos localizados**
- ▶ **custos elevados e investimentos concentrados**



Medidas Não Estruturais

- ▶ não implicam na execução de obras
- ▶ adaptação ao fenômeno das inundações
- ▶ privilegiam medidas preventivas
- ▶ aplicação difusa (na várzea especialmente)
- ▶ apoiam-se em aspectos de caráter socio-políticos (educação, participação pública, legislação, etc)
- ▶ custos baixos, mas de difícil aplicação



Nos lotes

- ▶ **Controle do Escoamento:**
- ▶ **Princípio:**
- ▶ **A ocupação não deve agravar o hidrograma das condições pré desenvolvimento**
- ▶ **Factível para grandes lotes**
- ▶ **Incentivos financeiros e fiscalização**
- ▶ **Aplicação a toda a bacia: factibilidade duvidosa**
- ▶ **Medidas mais comuns:**
 - ▶ **Micro reservatórios no lote**
 - ▶ **Trincheiras de infiltração**
 - ▶ **pisos permeáveis (porosos)**



Algumas Questões Institucionais

- ▶ Não existem políticas governamentais específicas para o setor
- ▶ Legislações específicas municipais (são poucas)
- ▶ Não existe organização institucional em qualquer dos níveis
- ▶ Planos diretores... O que vem depois?
- ▶ Financiamento dos programas?
- ▶ Sustentabilidade



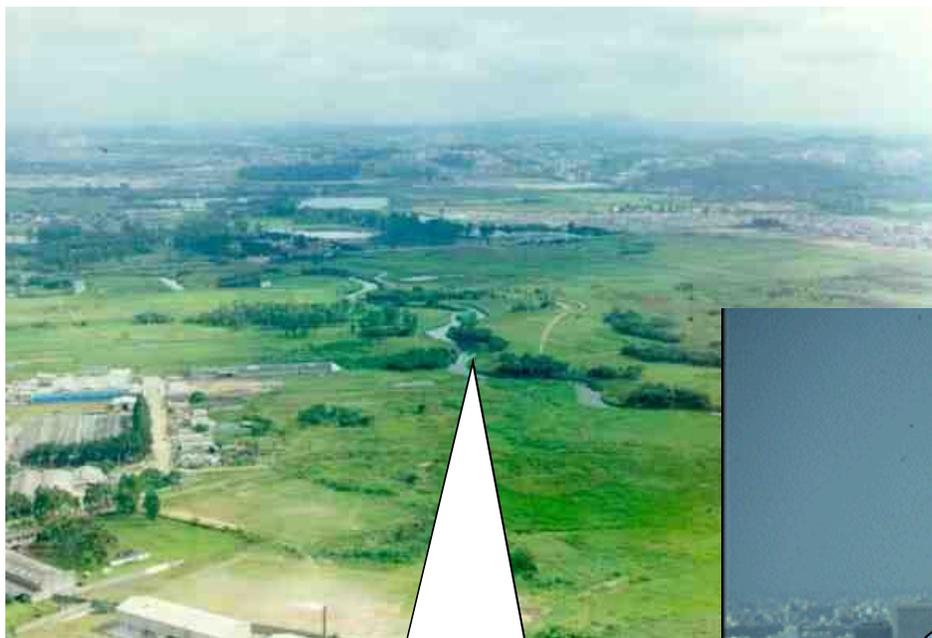
Tendência atual

- ▶ **Medidas mais compreensivas e integradas**
- ▶ **Drenagem urbana é um problema de alocação de espaço**
- ▶ **O planejamento e a disciplina do uso do solo é fator essencial para o combate às inundações.**
- ▶ **A bacia hidrográfica deve ser a unidade de planejamento (Planos Diretores de Drenagem Urbana)**
- ▶ **O Homem deve aprender a conviver com o fenômeno das inundações (Medidas "não estruturais")**



PREPARATÓRIO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA PARA O
8º FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA

Ambição + Falta de Planejamento



Várzea
Domínio do Rio

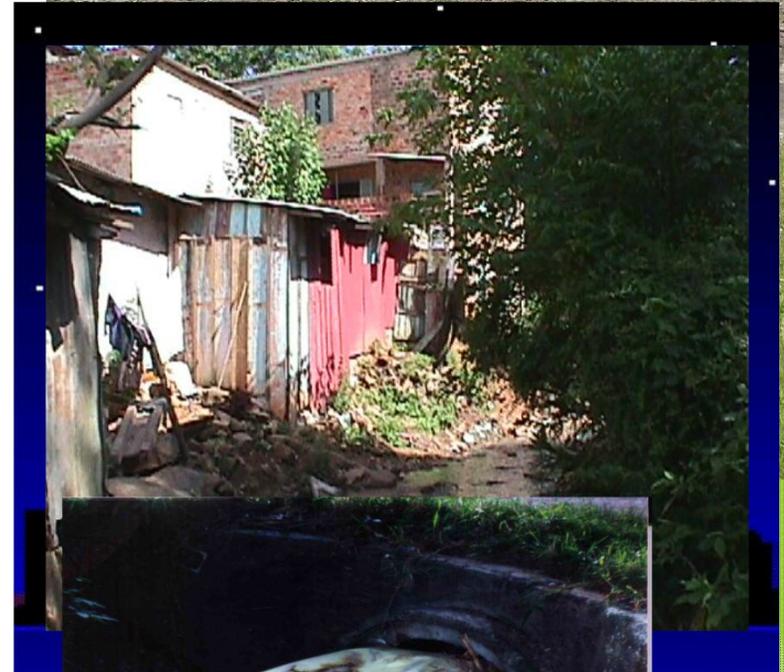
Antiga Várzea
Reclamada pelo
Rio





O que desejamos?

PREPARATÓRIO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA PARA O
8º FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA



Preparatório da Engenharia - 8º Fórum Mundial da Água - Etapa Campinas - 2017



A questão da alocação de espaço

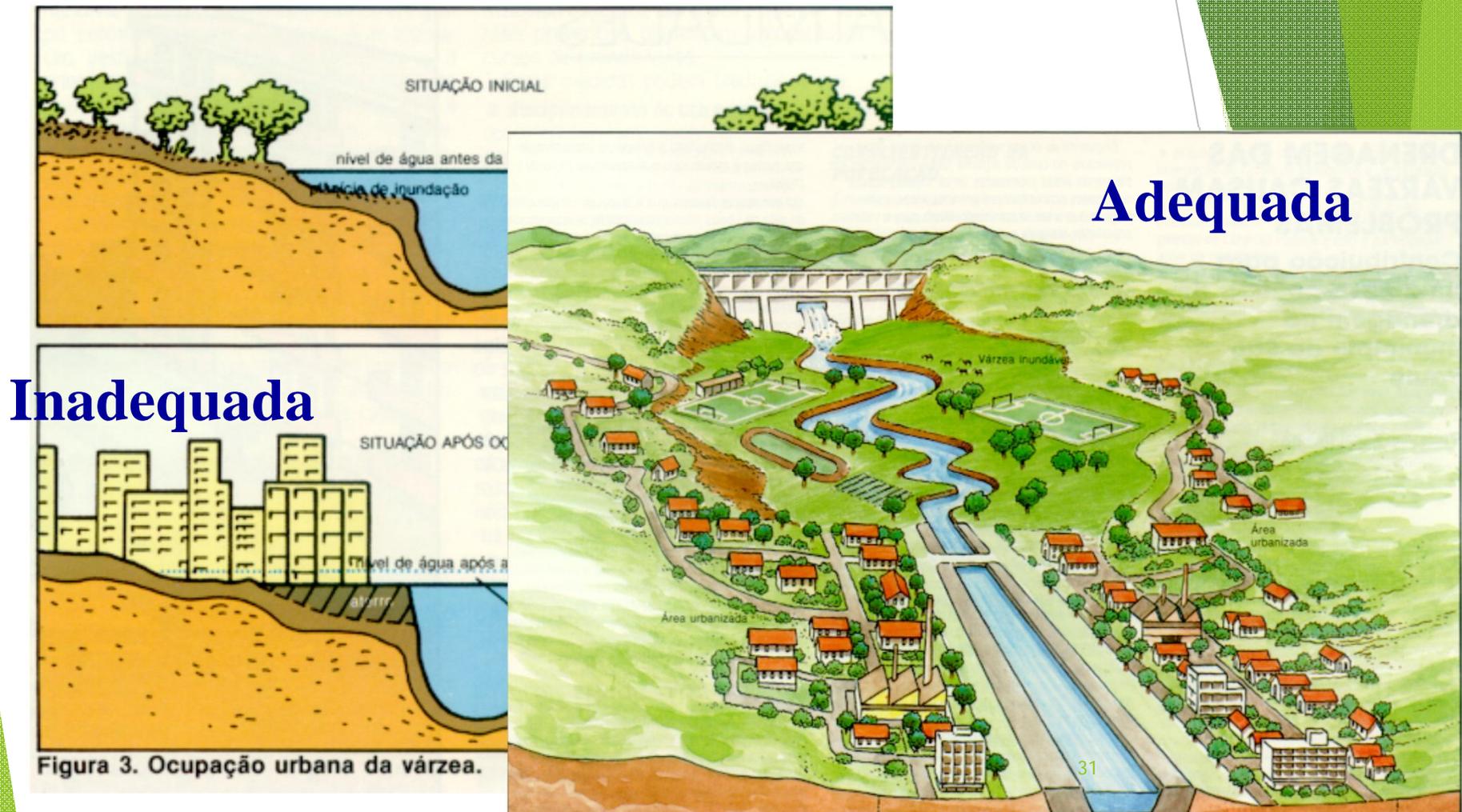


Figura 3. Ocupação urbana da várzea.



- **SOLUÇÕES GENÉRICAS**

- soluções integradas nas bacias urbanas, buscando resolvê-los o mais próximo possível da fonte;
- amortecer os picos de enchente através da detenção em reservatórios;
- conter os escoamentos na fonte, através da melhoria das condições de infiltração ou ainda em tanques de detenção;
- dispositivos armazenadores da água precipitada, que permitam o retardo do tempo de concentração;
- controle do escoamento pluvial objetivando a recuperação do amortecimento natural perdido com a impermeabilização.



▶ SOLUÇÕES ESPECÍFICAS

TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO

- Medida de controle com detenção no próprio Lote

“Trincheira de infiltração são dispositivos que atua na micro-drenagem para o controle do escoamento superficial por meio da infiltração das águas pluviais urbanas na origem de sua formação”

(Graciosa, 2005)



Trincheira de Infiltração



Trincheira experimental



Figura 3 – Revestimento da trincheira com geotêxtil e preenchimento com brita.



Figura 5 – Trincheira após recobrimento com terra e detalhe dos postos de monitoramento.



Figura 4 – Detalhe do dispositivo de extravasamento de vazões excedentes.



Figura 6 – Disposição final da trincheira no terreno.



▶ SOLUÇÕES ESPECÍFICAS

MICRO RESERVATÓRIOS NO LOTE.

Tubulação de entrada



Vertedor

Orifício

- Medida de controle com detenção no próprio Lote

LEGISLAÇÃO

A aceitação por parte da população para a implantação de medidas estruturais de contenção ou retardamento das águas de chuvas no lote, torna-se difícil em face do desconhecimento e da importância de tal medida, da dificuldade da população em geral de diferenciar esgoto sanitário de águas pluviais, principalmente o conhecimento do sistema separador absoluto.



LEGISLAÇÃO

O município de **São Paulo**, através da Lei 13.276 de 4 de janeiro de 2002, torna obrigatório a construção de reservatórios para as águas de chuvas coletadas por coberturas e pavimentos dos lotes, edificadas ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500,00m².

Leis no Brasil

- ▶ Município de Guarulhos:
- ▶ **Lei 6511 de 10/06/2009**
- ▶ Prédios novos com área de telhado maior ou igual a 250m²
- ▶ **Brasília** Lei: 14018 de 28 de junho de 2008: >200m²
- ▶ .

IPTU VERDE Guarulhos

Lei 6793 de 28/12/2010

- ▶ Artigo 61- Desconto máximo de 20%

- ▶ **1. Aproveitamento de água de chuva 3%**
- ▶ **2. Reúso de água 3%**
- ▶ 3. Aquecimento água solar 3%
- ▶ 4. Aquecimento elétrico solar 3%
- ▶ 5. Energia passiva: energia Sol aquecer e iluminar 5%
- ▶ 6. Energia eólica (vento) 5%
- ▶ 7. Telhado verde 3%
- ▶ 8. Separação de resíduos em condomínios para reciclagem 5%



▶ **RESULTADOS:**

- A adoção de uma restrição maior representa um menor custo de implantação do micro reservatório, uma vez que é possível trabalhar com volumes menores.
- A percentagem de micro reservatórios implantados na bacia apresenta uma tendência praticamente linear com a eficiência obtida no controle das vazões de pico.
- Resolve o problema gerado pela urbanização sem transferi-lo espacialmente.



► **BENEFÍCIOS PARA O SISTEMA DE DRENAGEM**

- Possibilidade de reaproveitamento das águas pluviais para utilizações diversas;
- Controle do escoamento superficial, diretamente onde é inicialmente gerado, ou seja, no lote;
- Diminuição das vazões de projeto para obras de micro e macro-drenagem;
- Possibilitar a diminuição do risco de inundações;
- Transferência da responsabilidade de realização de obras para o proprietário ou construtor.



PREPARATÓRIO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA PARA O
8º FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA

APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

Aliado à estrutura de retenção/retardamento, a água de chuva poderá ter seu uso destinado a fins não potáveis.

Fins Domésticos:

**Lavagem de Quintal e Passeios;
Lavagem de Veículos;
Descargas Sanitárias;
Regas de Jardins;**

Fins Públicos:

**Lavagem de Ruas;
Regas de Praças e Jardins;
Incendios, etc.**

Fins Industriais:

**Processo de
Produção**

Esclarecimento 1

- ▶ Nome correto: aproveitamento de água de chuva
- ▶ Errado: reúso de água de chuva
- ▶ Errado: reutilização de água de chuva

Balanço da água

suprimento, overflow, consumo, coleta, armazenamento

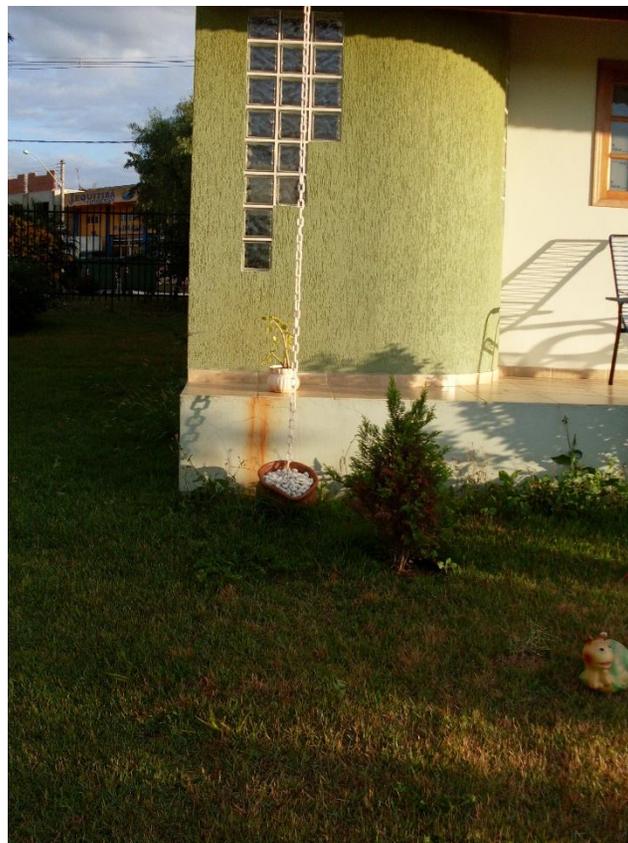


Dimensionamento da cisterna

- ▶ Não existe um método ótimo aceito por todos.
- ▶ **Método de *Rippl*** (determinístico)
- ▶ **Método da Simulação**
- ▶ **Dias consecutivos mensais sem chuva**
- ▶ **Método *Gould Gamma*** (estatístico)
- ▶ **Não esquecer do custo.**

ESTUDO DE CASO

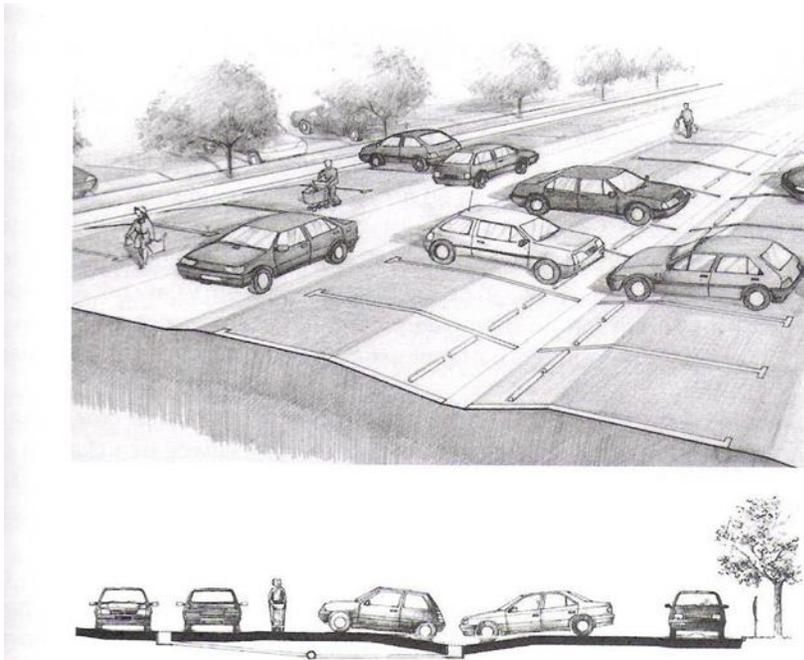
Trincheira de infiltração



Captação de água de chuva-Guarulhos
Picanço: rua Cachoeira x rua Dona Tecla
R\$ 1300,00 > R\$ 300,00 > R\$ 60,00



Empresa BORG WARNER - Itatiba/SP



Preparatório da Engenharia - 8º Fórum Mundial da Água - Etapa Campinas - 2017



PREPARATÓRIO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA PARA O
8º FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA

Tanque de Detenção e Infiltração – Industrias Romi S/A



Reservação:
1.000m³

Infiltração:
174.000m³



Preparatório da Engenharia - 8º Fórum Mundial da Água - Etapa Campinas - 2017



PREPARATÓRIO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA PARA O
8º FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA

Reuso de efluentes de esgoto tratado



População: 6000 hab
1122 lotes
60 km de rede de esgoto



Esgoto tratado:
2.200m³/dia

Água de reuso:
3.100m³/dia



Preparatório da Engenharia - 8º Fórum Mundial da Água - Etapa Campinas - 2017

MUITO OBRIGADO

