



**Técnicas Compensatórias  
para o Controle de  
Cheias Urbanas**

# Águas Pluviais

Guia do profissional em treinamento

Nível 2 e 3



**Promoção** Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA

**Realização** Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – NUCASE

**Instituições integrantes do Nucase** Universidade Federal de Minas Gerais (líder) | Universidade Federal do Espírito Santo | Universidade Federal do Rio de Janeiro | Universidade Estadual de Campinas

**Financiamento** Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia | Fundação Nacional de Saúde do Ministério da Saúde | Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades

**Apoio organizacional** Programa de Modernização do Setor Saneamento – PMSS

#### **Comitê gestor da ReCESA**

- Ministério das Cidades;
- Ministério da Ciência e Tecnologia;
- Ministério do Meio Ambiente
- Ministério da Educação;
- Ministério da Integração Nacional;
- Ministério da Saúde;
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social (BNDES);
- Caixa Econômica Federal (CAIXA);

#### **Comitê consultivo da ReCESA**

- Associação Brasileira de Captação E Manejo de Água de Chuva – ABCMAC
- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária E Ambiental – ABES
- Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH
- Associação Brasileira de Resíduos Sólidos E Limpeza Pública – ABLP
- Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais – AESBE
- Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento – ASSEMAE
- Conselho de Dirigentes dos Centros Federais de Educação Tecnológica – Concefet
- Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura E Agronomia – CONFEA
- Federação de Órgão Para A Assistência Social E Educacional – FASE
- Federação Nacional dos Urbanitários – FNU
- Fórum Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas – Fncbhs
- Fórum Nacional de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras – Forproex
- Fórum Nacional Lixo E Cidadania – L&C
- Frente Nacional Pelo Saneamento Ambiental – FNSA
- Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM
- Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS
- Programa Nacional de Conservação de Energia – Procel
- Rede Brasileira de Capacitação Em Recursos Hídricos – Cap-Net Brasil

#### **Parceiros do Nucase**

- Cedae/RJ – Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro
- Cesan/ES – A Companhia Espírito Santense de Saneamento
- Comlurb/RJ – Companhia Municipal de Limpeza Urbana
- Copasa – Companhia de Saneamento de Minas Gerais
- DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo
- DLU/Campinas – Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de Campinas
- Fundação Rio-Águas
- Incaper/Es – O Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
- IPT/SP – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
- PCJ – Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá
- SAAE/Itabira – Sistema Autônomo de Água e Esgoto de Itabira – MG.
- SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- SANASA/Campinas – Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A.
- SLU/PBH – Serviço de Limpeza Urbana da prefeitura de Belo Horizonte
- Sudecap/PBH – Superintendência de desenvolvimento da capital da prefeitura de Belo Horizonte
- UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto
- UFSCar – Universidade Federal de São Carlos
- UNIVALE – Universidade Vale do Rio Doce





**Técnicas Compensatórias  
para o Controle de  
Cheias Urbanas**

# Águas Pluviais

Guia do profissional em treinamento

Nível **2 e 3**





A282 Águas pluviais : técnicas compensatórias para o controle de cheias urbanas : guia do profissional em treinamento : nível 2 e 3 / Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte : ReCESA, 2007. 52 p.

Nota: Realização do NUCASE – Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental e coordenação de Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, Emília Wanda Rutkowski, Isaac Volschan Junior e Sérgio Túlio Alves Cassini.

1. Águas pluviais. 2. Escoamento urbano. 3. Bacias Hidrográficas – administração. 4. Poluição da água. 5. Controle de inundações. I. Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. II. Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental.

Catálogo da Fonte : Ricardo Miranda – CRB/6–1598

#### **Conselho Editorial Temático**

Paulo Renato Barbosa – DRHMA – POLI – UFRJ

José Teixeira Filho – FEA – UNICAMP

Nilo de Oliveira Nascimento – EHR – EE – UFMG

#### **Profissionais que participaram da elaboração deste guia**

**Professor** Márcio Benedito Baptista

**Consultores** Lucas Samuel Santos Brasil (conteudista) | Izabel Chiodi Freitas (validadora)

**Bolsista** Rodrigo França Coelho Dias

#### **Créditos**

##### **Composição Final**

Cátedra da Unesco – Juliane Correa | Maria José Batista Pinto

Adeíse Lucas Pereira | Sara Shirley Belo Lança

##### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Marco Severo | Rachel Barreto | Romero Ronconi

É permitida a reprodução total ou parcial desta publicação, desde que citada a fonte.





## Apresentação da ReCESA

A criação do Ministério das Cidades no Governo do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, em 2003, permitiu que os imensos desafios urbanos passassem a ser encarados como política de Estado. Nesse contexto, a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) inaugurou um paradigma que inscreve o saneamento como política pública, com dimensão urbana e ambiental, promotora de desenvolvimento e da redução das desigualdades sociais. Uma concepção de saneamento em que a técnica e a tecnologia são colocadas a favor da prestação de um serviço público e essencial.

A missão da SNSA ganhou maior relevância e efetividade com a agenda do saneamento para o quadriênio 2007–2010, haja vista a decisão do Governo Federal de destinar, dos recursos reservados ao Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, 40 bilhões de reais para investimentos em saneamento.

Nesse novo cenário, a SNSA conduz ações em capacitação como um dos instrumentos estratégicos para a modificação de paradigmas, o alcance de melhorias de desempenho e da qualidade na prestação dos serviços e a

integração de políticas setoriais. O projeto de estruturação da Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA constitui importante iniciativa nesta direção.

A ReCESA tem o propósito de reunir um conjunto de instituições e entidades com o objetivo de coordenar o desenvolvimento de propostas pedagógicas e de material didático, bem como promover ações de intercâmbio e de extensão tecnológica que levem em consideração as peculiaridades regionais e as diferentes políticas, técnicas e tecnologias visando capacitar profissionais para a operação, manutenção e gestão dos sistemas de saneamento. Para a estruturação da ReCESA foram formados Núcleos Regionais e um Comitê Gestor, em nível nacional.

Por fim, cabe destacar que este projeto ReCESA tem sido bastante desafiador para todos nós. Um grupo, predominantemente formado por profissionais da engenharia, mas, que compreendeu a necessidade de agregar outros olhares e saberes, ainda que para isso tenha sido necessário “contornar todos os meandros do rio, antes de chegar ao seu curso principal”.

**Comitê gestor da ReCESA**





## Nucase

O Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – NUCASE tem por objetivo o desenvolvimento de atividades de capacitação de profissionais da área de saneamento, nos quatro estados da região sudeste do Brasil.

O NUCASE é coordenado pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, tendo como instituições co-executoras a Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, a Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ e a Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Atendendo aos requisitos de abrangência temática e de capilaridade regional, as universidades que integram o NUCASE têm como parceiros, em seus estados, prestadores de serviços de saneamento e entidades específicas do setor.

**Coordenadores institucionais do Nucase**

## Os guias

A coletânea de materiais didáticos produzidos pelo Nucase é composta de 42 guias que serão utilizados em oficinas de capacitação para profissionais que atuam na área do saneamento. São seis guias que versam sobre o manejo de águas pluviais urbanas, doze relacionados aos sistemas de abastecimento de água, doze sobre sistemas de esgotamento sanitário, nove que contemplam os resíduos sólidos urbanos e três terão por objeto temas que perpassam todas as dimensões do saneamento, denominados temas transversais.

Dentre as diversas metas estabelecidas pelo NUCASE, merece destaque a produção dos Guias dos profissionais em treinamento, que servirão de apoio às oficinas de capacitação de operadores em saneamento que possuem grau de escolaridade variando do semi-alfabetizado ao terceiro grau. Os guias têm uma identidade visual e uma abordagem pedagógica que visa estabelecer um diálogo e a troca de conhecimentos entre os profissionais em treinamento e os instrutores. Para isso, foram tomados cuidados especiais com a forma de abordagem dos conteúdos, tipos de linguagem e recursos de interatividade.

**Equipe da central de produção de material didático - CPMD**





## Apresentação da área temática:

### Manejo de Águas Pluviais Urbanas

A série de guias relacionada ao manejo de águas pluviais urbanas resultou do trabalho coletivo que envolveu a participação de vários profissionais.

Os temas que compõem esta série foram definidos por meio de uma consulta aos serviços públicos dos municípios, instituições de ensino e pesquisa e profissionais da área, com o objetivo de se definir os temas que a comunidade técnica e científica da região Sudeste considera, no momento, os mais relevantes para o desenvolvimento do projeto NUCASE.

No Brasil, o manejo de águas pluviais em áreas urbanizadas encontra-se, diante da necessidade de avançar na melhoria da qualidade destas águas. Atualmente, são priorizados os aspectos quantitativos, que visam, essencialmente, o afastamento das águas pluviais dos limites urbanos.

Todavia, mesmo com este enfoque, as grandes áreas urbanas ainda não estão livres de frequen-


tes inundações e de suas conseqüências sociais, ambientais e econômicas.

As atividades de capacitação apresentadas pelo NUCASE na área de manejo de águas pluviais urbanas pretendem valorizar os aspectos qualitativos e quantitativos, abordando diferentes aspectos associados às áreas de conhecimento da hidrologia e da hidráulica. Serão abordados aspectos de modelagem computacional, de técnicas compensatórias para o controle de águas pluviais urbanas, do planejamento setorial de águas pluviais urbanas, da recuperação e da conservação de rios e canais e do monitoramento hidrológico em áreas urbanas.

Certamente há muitos outros temas importantes a serem abordados, mas considera-se que este é um primeiro e importante passo para que se tenha material didático, produzido no Brasil, destinado a profissionais da área de saneamento que raramente têm oportunidade de receber treinamento e atualização profissional.

**Coordenadores da área temática de manejo de águas pluviais urbanas**





“Questionar o que nos é imposto, sem rebeldias insensatas, mas sem demasiada sensatez. Saborear o bom, mas aqui e ali enfrentar o ruim. Suportar sem se submeter, aceitar sem se humilhar, entregar-se sem renunciar a si mesmo e à possível dignidade. Sonhar, porque se desistimos disso apaga-se a última claridade e nada mais valerá a pena. Escapar, na liberdade do pensamento, desse espírito de manada que trabalha obstinadamente para nos enquadrar, seja lá no que for. E que o mínimo que a gente faça seja, a cada momento, o melhor que afinal se conseguiu fazer.”

Lya Luft  
(Livro Pensar é Transgredir)



# Sumário

Apresentação dos Participantes .....	12
Ligação da Civilização com os Cursos de Água.....	13
Ciclo Hidrológico e Geração de Escoamento Superficial .....	21
Sistemas Clássicos de Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano .....	31
Poluição Hídrica .....	33
Uso de Técnicas Alternativas no Manejo de Águas Pluviais .....	37
Tipos de Técnicas Compensatórias .....	39
Parâmetros Considerados para a Escolha do Tipo de Técnicas Compensatórias a um Determinado Contexto Local ..	44
Encerramento .....	49
Para Saber Mais .....	51





## Introdução

Caro Profissional,

A cada ano percebe-se que temos um aumento da ocorrência de eventos de inundação e alagamento em meio urbano. Este fato é agravado pela falta de controle do uso e ocupação do solo, bem como pela constante impermeabilização de áreas que passam a contribuir, durante eventos de chuva, com maior produção de escoamento superficial para as redes de drenagem e cursos de água existentes. Mesmo com a constante aparição destes problemas nos noticiários, percebe-se que a maioria das cidades ainda não se preocupa de forma sistemática com o desenvolvimento e manutenção de programas de manejo de águas pluviais.

O advento do Estatuto das Cidades no ano de 2001, Lei Federal nº 10.257, possibilitou utilizar mecanismos legais para o controle dos impactos da urbanização sobre os recursos hídricos nos núcleos urbanos. A partir deste instrumento é possível criar, dentro dos planos diretores das cidades, regras de ordenação do município de maneira a **minimizar a geração de escoamento superficial**.

Mesmo com a aplicação de instrumentos de planejamento nas cidades, percebe-se ainda que existem deficiências nos sistemas de drenagem existentes. Assim, algumas perguntas podem ser feitas para melhor entender quais variáveis devem ser levadas em consideração para o manejo de águas pluviais em meio urbano:

- Qual é a escala que deve ser tomada como unidade de referência para o estudo e planejamento de medidas de manejo de águas pluviais em meio urbano?
- Como propor sistemas de drenagem e mecanismos complementares que tenham o potencial de solucionar os problemas de inundação nas cidades?
- Quais técnicas de manejo de águas pluviais são adequadas para solucionar os problemas da minha cidade?

Para responder estas e outras perguntas, o presente guia foi dividido em quatro conceitos chave para a orientação do profissional em treinamento:

- Ligação da Civilização com os Cursos de Água;
- Ciclo Hidrológico e Geração de Escoamento Superficial;
- Sistemas Clássicos de Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano; e
- Uso de Técnicas Alternativas no Manejo de Águas Pluviais.

Esperamos com essa divisão orientar e facilitar as atividades e estudos que serão realizadas nesta oficina.

Antes de seguirmos adiante, vamos realizar a atividade a seguir de maneira a nos apresentarmos e descrevermos o que esperamos e trazemos para esta oficina.



#### OBJETIVOS:

- Promover a integração do grupo
- Partilhar expectativas

## Apresentação dos participantes

Você e seus colegas estão se encontrando para a realização de uma oficina de capacitação que se caracteriza como um espaço de formação coletiva, portanto, é importante dedicarmos um tempo para a apresentação e exposição das expectativas de todos os participantes. Este momento é fundamental para proporcionar uma melhor integração do grupo e um ambiente mais agradável para a realização desta oficina.

Vamos iniciar esta oficina de capacitação nos apresentando através de uma dinâmica. Neste momento você se apresentará ao grupo, colocará as suas expectativas em relação à oficina de capacitação e conhecerá os outros profissionais.



### Atividade 1 - Dinâmica “Mão e Pé”

Esta dinâmica é dividida em dois momentos:

1º Momento: Você receberá dois desenhos: uma mão e um pé.

**Na mão:** você deve escrever o que traz para a oficina.

**No pé:** você deve escrever o que espera levar da oficina.

2º Momento: Neste momento você se apresentará aos demais participantes, dizendo:

- Seu nome.
- Local onde mora e trabalha.
- Função que exerce.
- O que escreveu no desenho da mão e do pé.

Ao longo da oficina, sinta-se à vontade para partilhar suas experiências e aprender com as experiências dos outros.

Bons Estudos!



Águas Pluviais - Técnicas Compensatórias para o Controle de Cheias Urbanas - Nível 2 e 3





# Ligação da civilização com os cursos de água

Começamos a nossa oficina apresentando as relações do homem com o espaço onde ele vive, tendo como foco o uso e ocupação do solo nas cidades. Para aprofundarmos um pouco mais na discussão deste assunto, vamos ver como podemos relacioná-lo com o seu contexto de trabalho. Para isto procure descrever na atividade a seguir como é caracterizada a área onde você vive, quais os mecanismos de drenagem existentes e se existe algum problema de inundação na sua cidade.

## OBJETIVO:

- Refletir sobre a drenagem na história da ocupação humana
- Discutir sobre o uso e a ocupação do solo nas cidades
- Discutir sobre os mecanismos legais de planejamento territorial

## Atividade 2



Refleta como se processa a geração de escoamento superficial na sua cidade. Para isto, procure avaliar os seguintes aspectos:

**1.** Qual o tamanho da área urbana da sua cidade?

.....  
.....

**2.** Como é caracterizado o sistema de drenagem da sua cidade? Existe um sistema de canalizações para receber o volume de chuva que se transforma em escoamento? Em caso positivo, faça um croqui deste sistema.

.....  
.....  
.....  
.....



**3.** Existem problemas de inundação na sua cidade? Se sim, quais são as prováveis causas? E quais os principais impactos sobre a população?

.....

.....

.....

.....

.....

**4.** Qual é o plano de manejo das águas pluviais urbanas no seu município?

.....

.....

.....

.....

.....

Você sabe por que a maioria das grandes cidades sofre problemas de inundação? Como a escolha do local de ocupação de um aglomerado urbano está associada a este problema? Por que o homem preferiu ocupar os fundos de vale, próximos dos cursos de água?

Nesse momento da oficina vamos entender a história e a relação do homem com as cidades, para podermos identificar quais são os pontos de fragilidade existentes na forma como as áreas urbanas foram e são ocupadas. Também vamos explorar alguns mecanismos de planejamento que podem ser utilizados para o controle e manejo das águas pluviais.





## Aspectos Históricos da Drenagem em Áreas Urbanas

Ao longo de toda a história da humanidade sempre houve uma profunda ligação das cidades com os cursos de água. Desde as primeiras aglomerações urbanas constata-se sua localização preferencialmente junto aos cursos de água, tendo em vista que a disponibilidade de água favorece o seu suprimento para consumo e higiene das populações, efetuando ainda a disposição dos dejetos.

A disponibilidade da água constitui ainda um importante fator de produção para as atividades agrícolas e artesanais, ao mesmo tempo em que favorece as comunicações e o comércio. Esta proximidade das cidades e dos cursos de água, entretanto, faz aparecer freqüentes problemas de inundações.

Até meados do século dezoito o risco de inundações periódicas era relativamente bem aceito, sendo considerado como “um preço a pagar” pela disponibilidade da água junto à cidade. Apenas no século dezenove, no entanto, com as grandes epidemias de cólera e tifo que assolaram a Europa, constatou-se uma alteração significativa da situação, com o advento dos princípios do higienismo.

No Brasil, as idéias do “tudo para o esgoto” foram adotadas efetivamente a partir da proclamação da República, em 1889. Esses princípios continuam a vigorar até hoje, mesmo que modificados por aportes científicos e tecnológicos, como a adoção de sistema separador para o esgoto pluvial e o esgoto doméstico e industrial. Eles são a base dos chamados “sistemas clássicos de drenagem”.

### Você Sabia?

Os preceitos higienistas preconizavam que a condução das águas pluviais fosse efetuada através da implantação de condutos, preferencialmente subterrâneos, funcionando por gravidade, facilitando a circulação viária e o desenvolvimento urbano, sem a presença nociva da água na superfície, de forma a evitar doenças de veiculação hídrica. As principais são: amebíase; giardíase; gastroenterite; febres tifóide e paratífóide; hepatite infecciosa e cólera. Indiretamente, a água pode ainda estar ligada à transmissão de algumas verminoses, como esquistossomose, ascaridíase, taeníase, oxiúriase e ancilostomíase.



## Problemática Atual e Tendências da Drenagem Urbana

O processo de urbanização, em sua interação com os cursos de água, acarreta uma série de impactos, que se traduzem em aumento das vazões de pico. Assim, em um quadro de urbanização crescente, observa-se que as redes de drenagem tornam-se obsoletas, levando a eventos de inundação cada vez mais frequentes em áreas urbanas.

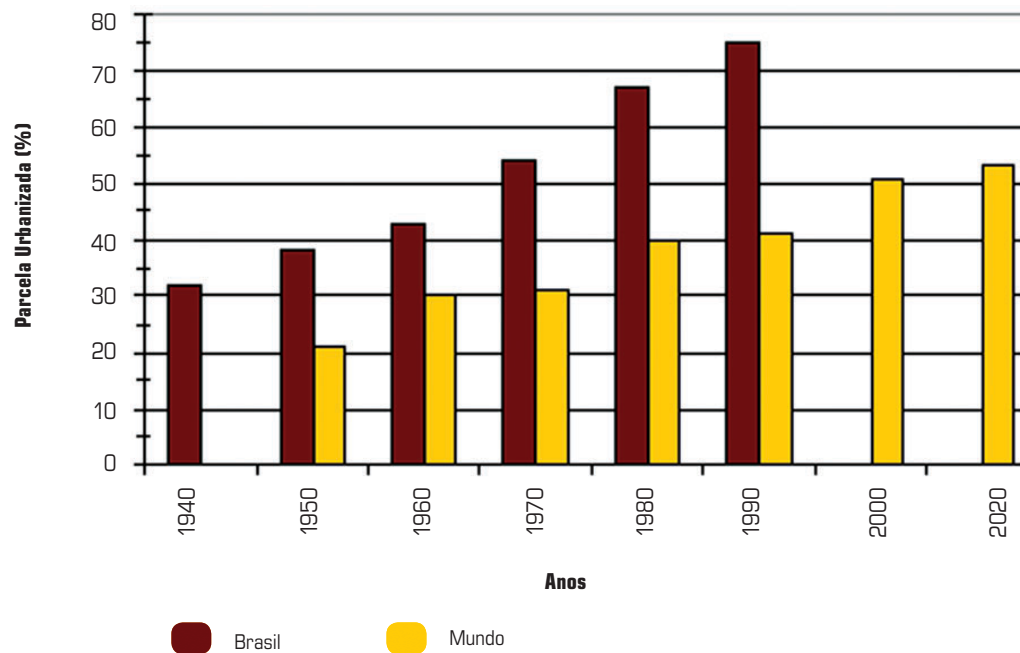
No Brasil pode-se estimar um valor anual superior a 2 bilhões de dólares de despesas e prejuízos com inundações. Do ponto de vista ambiental os impactos da urbanização são também significativos. A carga de poluição das águas pluviais, até recentemente tidas como relativamente limpas, mostra-se, na realidade bastante expressiva, sendo muitas vezes equivalente,

e eventualmente superior às cargas poluentes dos esgotos sanitários.

Desta forma, no quadro atual de intensificação dos processos de urbanização, com os conseqüentes efeitos sobre os sistemas de drenagem, e de demanda ambiental crescente, a questão da drenagem urbana atualmente envolve aspectos ambientais, sanitários e paisagísticos, além dos aspectos puramente técnicos.

Uma nova abordagem para tratar a questão da drenagem urbana, de forma sintonizada com os princípios de desenvolvimento sustentável, se impõe, levando ao questionamento, tanto dos aspectos puramente técnicos, como também das próprias estruturas organizacionais atualmente adotadas.

**Evolução da Urbanização no Brasil e no Mundo**







## Atividade 3



**1.** Avalie se a sua cidade possui um instrumento de organização e regulação da ocupação urbana. De acordo com as respostas da **Atividade 2**, quais as interferências do uso e ocupação do solo na ocorrência de inundações e no desempenho do sistema de drenagem da sua cidade?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**2.** Quando pensamos em instrumentos de gestão do município, você se lembra de quê?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Saiba que a Constituição Federal de 1988, instituiu um instrumento legal de regulação do uso e ocupação do solo dentro das cidades. No ano de 2001, este instrumento legal, denominado Estatuto das Cidades, foi regulamentado pela Lei nº 10.257 (10-Julho-2001). Nele estão descritas as diretrizes gerais da política urbana. Esta lei possui o objetivo de ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante a garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações.

#### **Você Sabia?**

São instrumentos de planejamento previstos no Estatuto da Cidade para a esfera municipal:

- o plano diretor;
- a disciplina do parcelamento, do uso e da ocupação do solo;
- o zoneamento ambiental;
- o plano plurianual;
- as diretrizes orçamentárias e o orçamento anual;
- os planos, programas e projetos setoriais;
- a gestão orçamentária participativa; e
- os planos de desenvolvimento econômico e social.

Identificam-se três grupos de funções sociais da cidade: funções urbanísticas, de cidadania e de gestão. São convencionadas como funções sociais urbanísticas: habitação, trabalho, lazer e mobilidade; funções de cidadania: educação, saúde, segurança e proteção; e as funções de gestão: prestação de serviços, planejamento, preservação do patrimônio cultural e natural, e sustentabilidade urbana.



## Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção

As enchentes em áreas urbanas acontecem principalmente: (1) devido à urbanização - são as enchentes produzidas pela impermeabilização do solo e pelo aumento da capacidade de escoamento da drenagem através de condutos e canais; (2) devido à ocupação das áreas ribeirinhas: são as enchentes naturais que ocorrem em rios de médio e grande porte. O rio extravasa do seu leito menor, ocupando a várzea (leito maior). A população tende a ocupar esse leito devido à seqüência de anos com enchentes pequenas ou pelo reduzido custo dessas áreas, sofrendo prejuízos nos anos de enchentes maiores; (3) devido a problemas localizados: produzidas em consequência de obstruções ao escoamento e por projetos inadequados.

No plano diretor de drenagem é dada ênfase ao controle do zoneamento de áreas de inundação. Nesse zoneamento são especificados os critérios de ocupação do leito maior do rio.

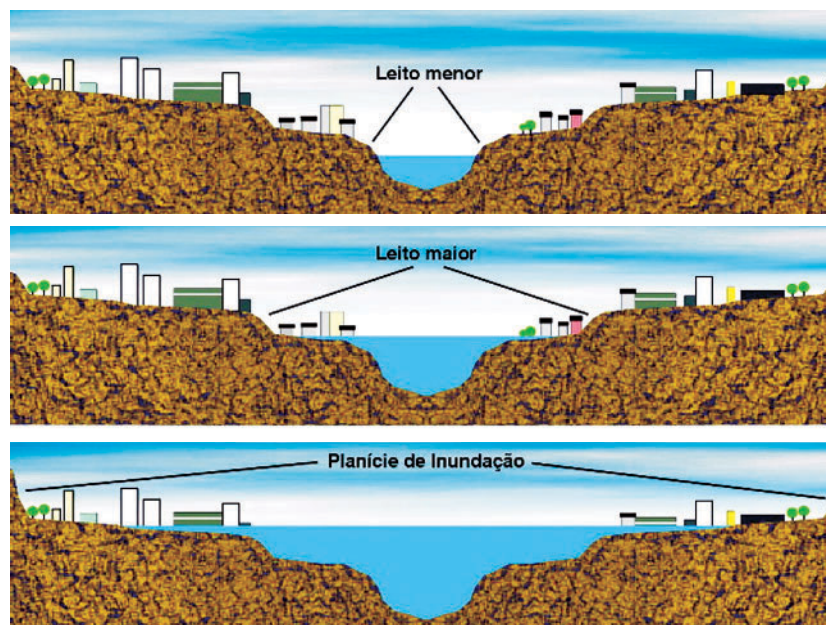
Um plano diretor de drenagem urbana deve buscar: (I) planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana compatibilizando esse desenvolvimento e a infra-estrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais; (II) controlar a ocupação de áreas de risco de inundação através de restrições nas áreas de alto risco e; (III) promover a convivência com as enchentes nas áreas de baixo risco.

Devido à interferência que a ocupação do solo tem sobre a drenagem, existem elementos do Plano

de Drenagem que são introduzidos no Plano Diretor Urbano ou na legislação de ocupação do solo. Portanto, o Plano de Drenagem Urbana deve ser um componente do Plano Diretor de Planejamento Urbano de uma cidade.

Os controles de enchentes são desenvolvidos por sub-bacias e regulamentados no nível de distrito. A filosofia de controle de enchentes é: (I) para a macrodrenagem urbana: reservar espaço urbano para parques laterais ou lineares nos rios que formam a macrodrenagem para amortecimento das enchentes e retenção dos sedimentos e lixo; (II) para as áreas ribeirinhas: zoneamento de áreas de inundação, definindo-se zonas de alto e baixo risco de ocupação, e critérios de construção no código de obras da cidade.

**A figura a seguir indica as zonas de ocupação das áreas lindeiras a um curso d'água.**



Fonte: Texto Original por Carlos E. M. Tucci  
Drenagem Urbana: Menos Alagamentos, mais Qualidade de Vida  
ASSEMAE - Núcleo de Drenagem Urbana, Porto Alegre, 1998, 40-45 p.



## Atividade 4

Refleta e responda, a partir das informações e discussões estabelecidas até o momento e do seu conhecimento prévio, as seguintes questões:

**1.** Quais medidas públicas podem ser adotadas para o controle da ocupação de uma cidade?

.....

.....

.....

.....

**2.** Você avalia que o estabelecimento de critérios associados à aprovação de construções e a geração de escoamento superficial podem ser um tipo de solução para a manutenção da eficiência do sistema de drenagem de sua cidade?

.....

.....

.....

.....

**3.** Para você qual deve ser a unidade de planejamento de um Plano Diretor de Drenagem Urbana? E por quê?

.....

.....

.....

.....





Neste primeiro conceito-chave conversamos sobre a interação do homem com o meio onde ele vive e quais os impactos, levando em consideração aspectos associados ao manejo de águas pluviais dentro da cidade, gerados pelo uso e ocupação do solo.

É possível perceber que a eficiência de sistemas de drenagem urbana fica relacionada à manutenção da capacidade de infiltração da água no solo e que políticas públicas podem ser utilizadas como soluções para a gestão da geração de escoamento superficial.

No próximo conceito-chave vamos entender como é composto o ciclo da água no ambiente e como se processa a geração do escoamento superficial em meio urbano.

## Ciclo hidrológico e geração de escoamento superficial

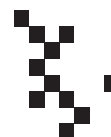
### OBJETIVOS

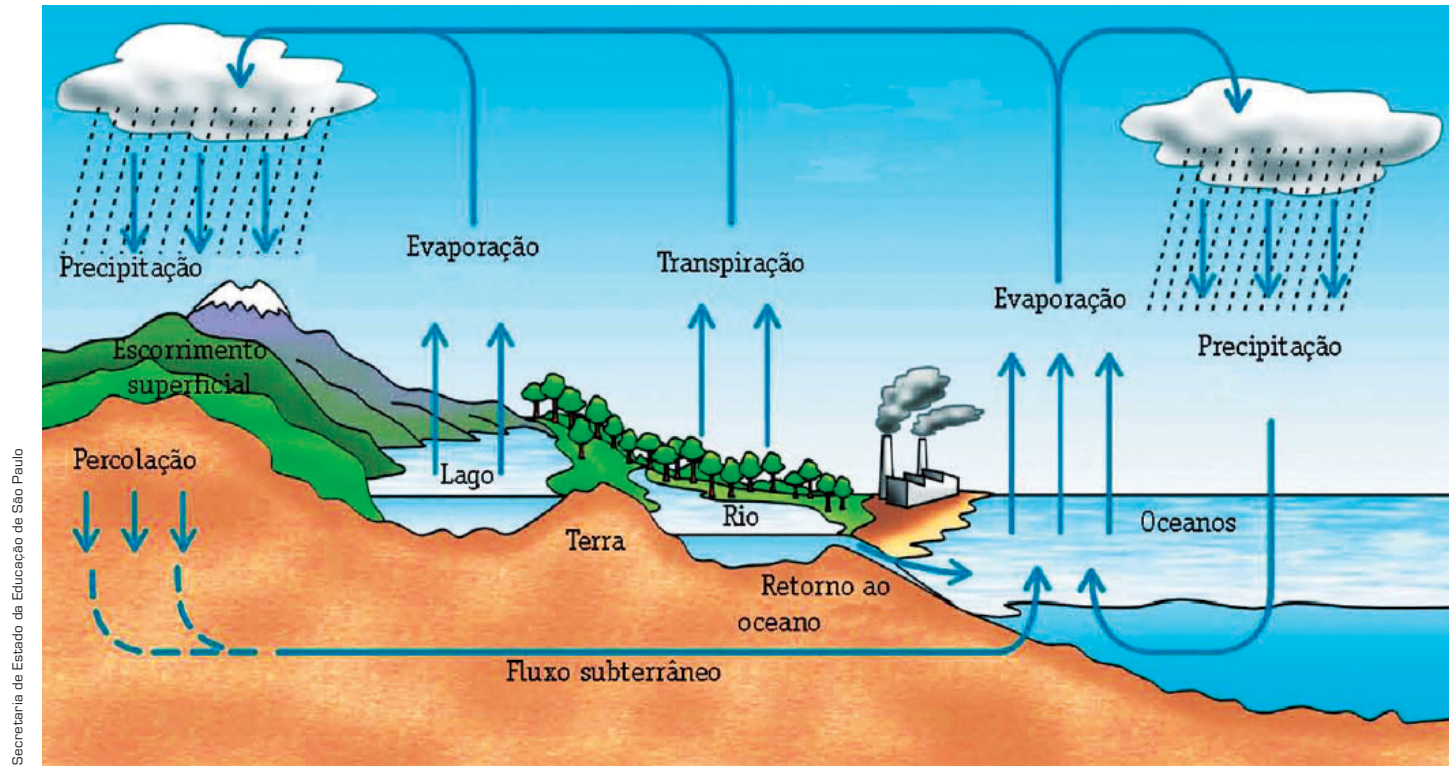
- Refletir sobre o ciclo hidrológico
- Discutir sobre a interferência da urbanização na geração de escoamento superficial
- Identificar medidas que podem ser tomadas para o controle da excedente de escoamento superficial gerado pelo processo de ocupação humana.

Para começar este segundo conceito chave vamos refletir sobre os componentes do ciclo hidrológico. Mas antes disso você se lembra o que é o ciclo hidrológico?

Podemos dizer que o ciclo hidrológico é o ciclo da água no ambiente, é o processo de circulação da água em diferentes locais da hidrosfera (na superfície, dentro e sobre a Terra). Este fenômeno se caracteriza pelo movimento da água em diferentes locais ou através da mudança do seu estado físico na atmosfera.

Assista na multimídia Educativa: “Bacia Hidrográfica Virtual” a atividade “Ciclo Hidrológico”. Vamos avaliar os componentes do ciclo hidrológico.





Portanto, como indicado na figura do Ciclo Hidrológico, as principais etapas que o compõem são:

- Precipitação
- Escoamento superficial
- Infiltração
- Evapotranspiração

### Precipitação

A precipitação compreende toda a água que cai da atmosfera na superfície da Terra, principalmente na forma de chuva, mas também como orvalho, sereno, granizo, neve etc.

Após atingir a superfície da Terra, a água de precipitação tem dois caminhos por onde seguir: escoar na superfície ou infiltrar no solo.





### Escoamento superficial

O escoamento superficial é o deslocamento sobre o terreno, por ação da gravidade, da água precipitada da atmosfera que não se infiltra no solo ou não volta diretamente à atmosfera pela evapotranspiração.



### Infiltração

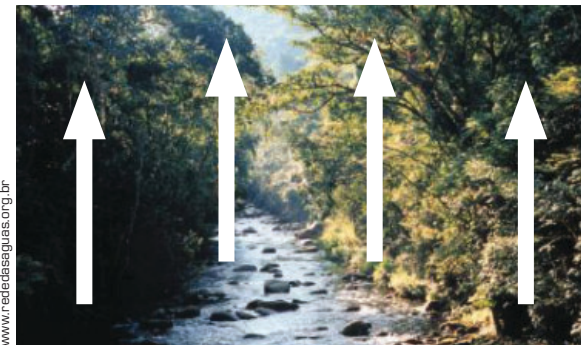
A infiltração corresponde à água que atinge o subsolo, formando os lençóis de água subterrânea que alimentam as nossas nascentes d'água. Existem dois tipos de lençóis de água:

Lençol freático: aquele em que a água se encontra livre, com sua superfície sob a ação da pressão atmosférica.

Lençol subterrâneo: aquele em que a água se encontra confinada por camadas impermeáveis do subsolo, sob ação de pressão superior à pressão atmosférica.

### Evapotranspiração

A transferência da água para a atmosfera se dá através de dois mecanismos:



- Evaporação: transferência da água superficial do estado líquido para o gasoso.
- Transpiração: processo onde as plantas retiram a água do solo pelas raízes. A água é transferida para as folhas e então evapora.

Agora que resgatamos como a água circula de um meio para o outro, vamos entender como o processo de urbanização altera os termos que compõem o ciclo hidrológico.



## Alterações Geradas pela Urbanização no Volume de Escoamento Superficial

Grande parte dos impactos da urbanização sobre o regime hidrológico decorre da impermeabilização de superfícies (edificações e sistema viário, entre outras); e da implantação da rede de canais artificiais que constituem as soluções tradicionais de drenagem urbana de águas pluviais (sarjetas, redes tubulares, galerias de macrodrenagem).

A organização urbana, provoca uma série de interferências no ciclo da água dentro da cidade. De maneira geral, ocorre uma redução dos volumes de interceptação, de evaporação e de infiltração de

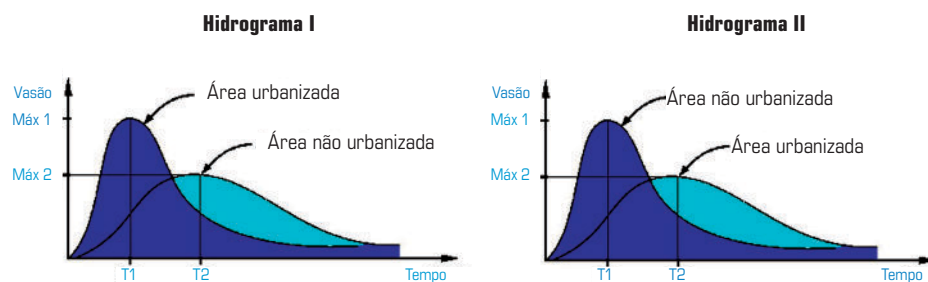
águas pluviais e aumentam, de forma significativa, os volumes de escoamento superficial. Por outro lado, a rede de canais utilizada para drenar a parcela de água que escoar pela superfície, reduz o tempo necessário para que as águas se concentrem nos fundos de vale. A princípio, a utilização deste sistema seria suficiente para prevenir a ocorrência de eventos de inundação, entretanto a dinâmica de crescimento da cidade e de impermeabilização de áreas acaba por reduzir ou anular o funcionamento desta rede de canais.



### Atividade 5

A partir do texto apresentado responda e justifique as questões a seguir:

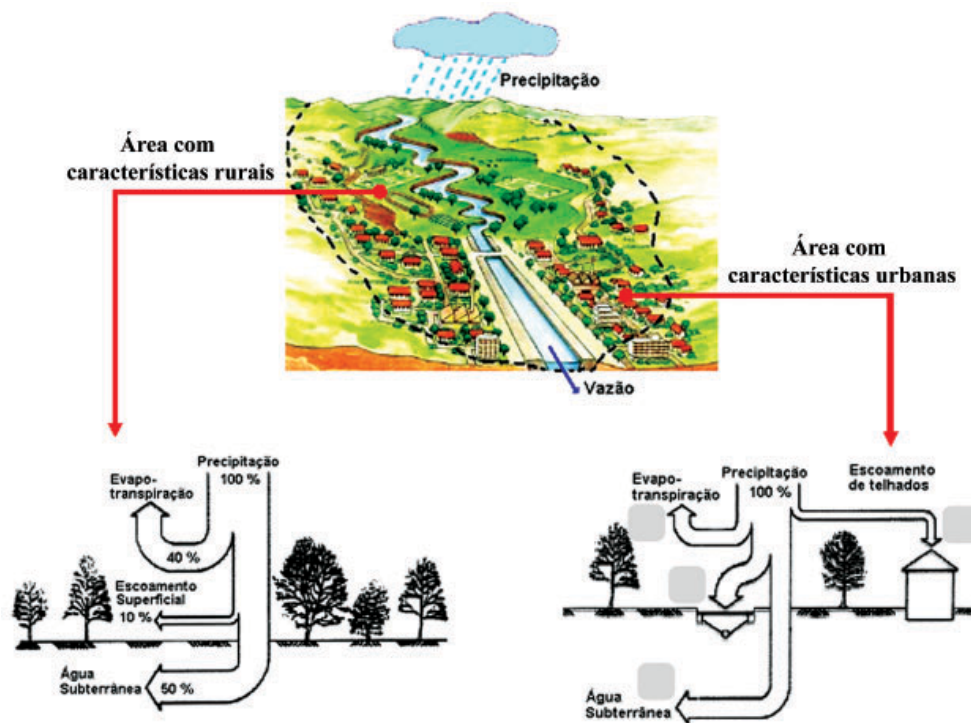
**Situação A:** Ao comparar o hidrograma de uma área urbanizada, com um de uma área não urbanizada, qual dos dois gráficos apresentados a seguir representa melhor a alteração das vazões máximas nestas duas áreas?







**Situação B:** Avalie agora a mudança das parcelas que compõem o ciclo hidrológico, tendo a comparação entre uma área com características rurais e uma área com características urbanas apresentadas na figura a seguir. Complemente os campos que estão em branco com a porcentagem que você julga correta para cada termo do ciclo, na área com características urbanas.





#### Você Sabia?

O gráfico que representa a vazão no tempo é chamado de hidrograma. A vazão, ou volume escoado por unidade de tempo, é a principal grandeza que caracteriza o escoamento. Em geral, é expressa em  $m^3/s$  ou em  $l/s$ . O comportamento do parâmetro vazão no tempo é resultado da interação de todos os componentes do ciclo hidrológico, entre a ocorrência de um evento de chuva e o escoamento na bacia hidrográfica.

Até agora, pelas discussões realizadas, percebemos que a maneira como a cidade se urbaniza, com a concentração humana em regiões metropolitanas, na capital dos estados e nas cidades pólos regionais, leva geralmente à ocorrência dos seguintes impactos sobre os recursos hídricos:

- Aumento das vazões máximas dos cursos de água;
- Aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e à produção de resíduos sólidos (lixo), com inadequada disposição final; e
- Deterioração da qualidade da água, devido à lavagem das ruas, ao transporte de material sólido e a ligações clandestinas de esgoto.

**Assim, esses impactos afetam diretamente todos os setores do saneamento, causando uma deterioração sobre os sistemas relacionados aos recursos hídricos, ao abastecimento de água, ao esgotamento sanitário e à própria geração e manejo dos resíduos sólidos.**

Para que os impactos descritos acima possam ser minimizados ou mitigados, uma série de soluções podem ser propostas. Duas medidas básicas de controle podem ser descritas:

**Medidas Estruturais:** são descritas como aquelas medidas que o homem usa para modificar o curso de água. São exemplos destas medidas: obras hidráulicas, como barragens, diques e canalizações.

**Medidas Não-Estruturais:** são descritas como aquelas medidas que o homem usa para conviver com o curso de água. São exemplos destas medidas: o zoneamento de áreas de inundação, a restrição do uso e ocupação do solo, a implantação de sistemas de alerta, etc.





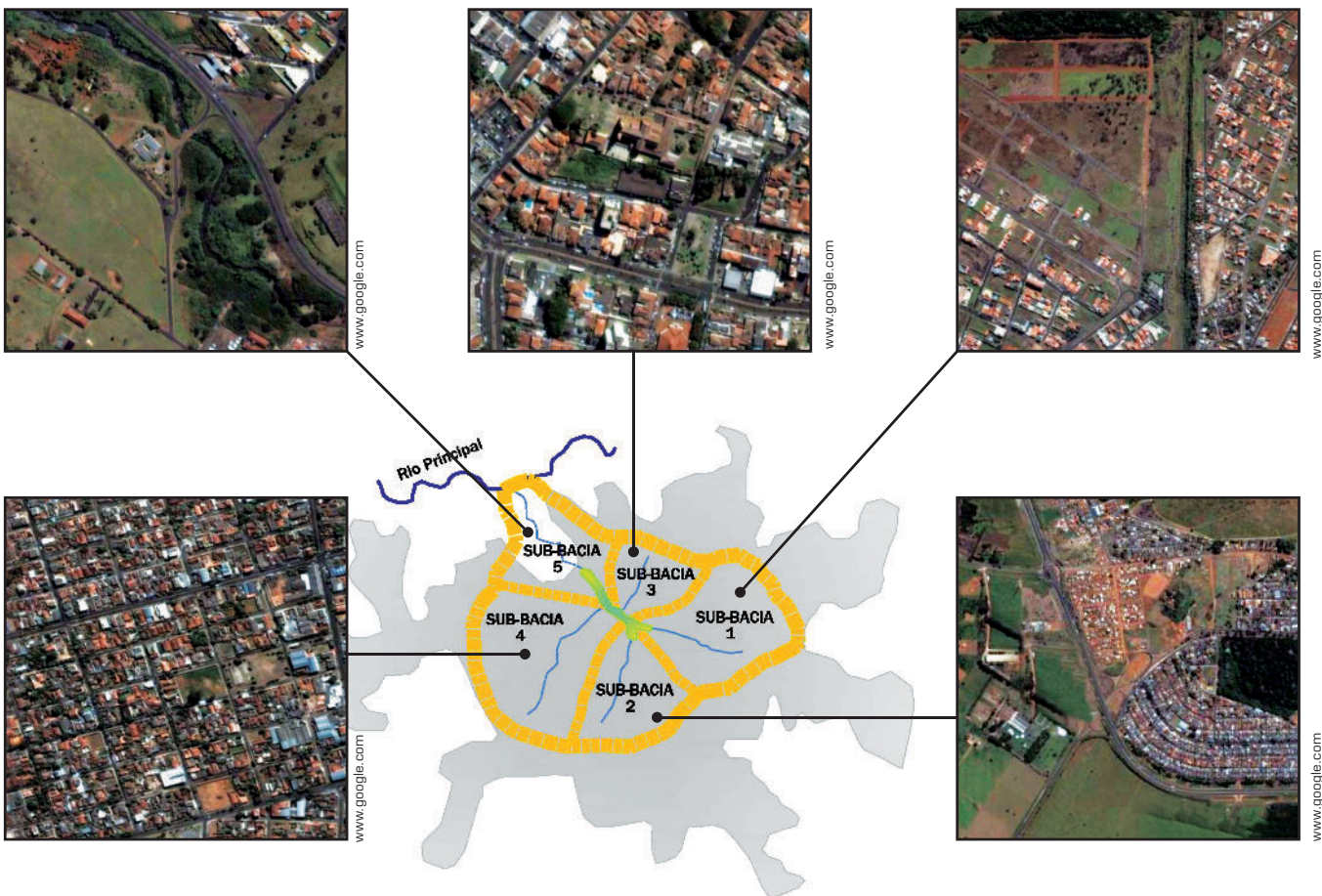
## Atividade 6



Tomando como base a sua experiência e as questões discutidas até este momento, quais medidas podem ser tomadas para o controle do excedente de escoamento superficial gerado pelo processo de ocupação humana para o estudo de caso apresentado a seguir?

Observações:

1. As soluções devem ser tomadas considerando a redução da ocorrência de inundações na área central da cidade (área de inundação delimitada na figura).
2. As soluções serão avaliadas por sub-bacia.
3. Podem ser utilizadas soluções estruturais e não-estruturais.



O município apresentado é dividido em cinco sub-bacias. A seguir são descritas as principais características de cada sub-bacia, de maneira a servir de subsídio para o processo de escolha das soluções, bem como a mitigação de eventos de inundação na cidade.





### Sub-Bacia 1



www.google.com

**População estimada:** 21.840 habitantes

**Área:** 27,30 km<sup>2</sup>

**Renda per capita:** R\$ 420,00

**Uso do solo:** predominância de residências unifamili-  
liares, comércio varejista e pequenas indústrias

**Taxa média de impermeabilização do solo:** 60%

**Existência de áreas não ocupadas:** 30% da área total

**Estado da rede de drenagem:** 60% da rede é cana-  
lizada e 40% permanece em condições naturais

### Sub-Bacia 2



www.google.com

**População estimada:** 12.700 habitantes

**Área:** 12,70 km<sup>2</sup>

**Renda per capita:** R\$ 450,00

**Uso do solo:** predominância de residências unifamili-  
liares e comércio varejista

**Taxa média de impermeabilização do solo:** 40%

**Existência de áreas não ocupadas:** 40% da área total

**Estado da rede de drenagem:** 30% da rede é cana-  
lizada e 70% permanece em condições naturais

### Sub-Bacia 3



www.google.com

**População estimada:** 16.960 habitantes

**Área:** 13,00 km<sup>2</sup>

**Renda per capita:** R\$ 450,00

**Uso do solo:** predominância de residências multifa-  
miliares e comércio varejista

**Taxa média de impermeabilização do solo:** 70%

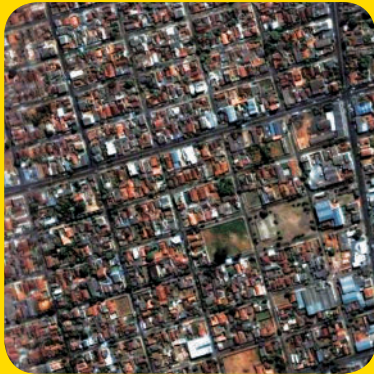
**Existência de áreas não ocupadas:** 15% da área total

**Estado da rede de drenagem:** 80% da rede é cana-  
lizada e 20% permanece em condições naturais





### Sub-Bacia 4



www.google.com

**População estimada:** 36.240 habitantes

**Área:** 30,20 km<sup>2</sup>

**Renda per capita:** R\$ 380,00

**Uso do solo:** predominância de residências multifamiliares, comércio varejista e atacadista, indústrias de médio e grande porte

**Taxa média de impermeabilização do solo:** 85%

**Existência de áreas não ocupadas:** 5% da área total

**Estado da rede de drenagem:** 100% da rede é canalizada

### Sub-Bacia 5



www.google.com

**População estimada:** 3.920 habitantes

**Área:** 19,60 km<sup>2</sup>

**Renda per capita:** R\$ 420,00

**Uso do solo:** predominância de residências unifamiliares e pequenas indústrias

**Taxa média de impermeabilização do solo:** 60%

**Existência de áreas não ocupadas:** 70% da área total

**Estado da rede de drenagem:** 5% da rede é canalizada e 95% permanece em condições naturais

Soluções Propostas:

.....

.....

.....

.....

.....





.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Após a resolução desta atividade, as respostas serão apresentadas, discutidas e guardadas para posterior reavaliação ao final da oficina de capacitação.

Neste conceito-chave conversamos sobre os componentes do ciclo hidrológico e quais as interferências da ocupação urbana na circulação da água no ambiente. Foram ainda discutidas quais alternativas podem ser tomadas para o controle do excedente de escoamento superficial, com a ocorrência de eventos de inundação em uma determinada área urbana.

No próximo momento da oficina iremos falar sobre os sistemas clássicos de drenagem e quais os impactos, em termos de poluição, o escoamento superficial em meio urbano pode gerar.





## Sistemas clássicos de manejo de águas pluviais em meio urbano

### OBJETIVOS

- Apresentar os sistemas clássicos de manejo de águas pluviais em meio urbano
- Avaliar os efeitos da poluição difusa devido ao escoamento superficial sobre os cursos de água naturais

Os denominados **sistemas clássicos de drenagem urbana** estão centrados na filosofia do rápido escoamento das águas pluviais. Você se lembra quando falamos que desde o século dezanove as idéias do “tudo para o esgoto” foram adotadas para a drenagem das águas no meio urbano e que estas idéias prevalecem até hoje? Pois bem, mas você sabe como é caracterizado um sistema clássico de drenagem urbana? Melhor dizendo, como é descrito um sistema típico de **microdrenagem** e **macrodrenagem** de uma cidade?

### Você Sabia?

A microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana.

A macrodrenagem destina-se ao deslocamento final das águas captadas pela drenagem primária, conduzindo as parcelas de escoamento provenientes dos lotes e das ruas.

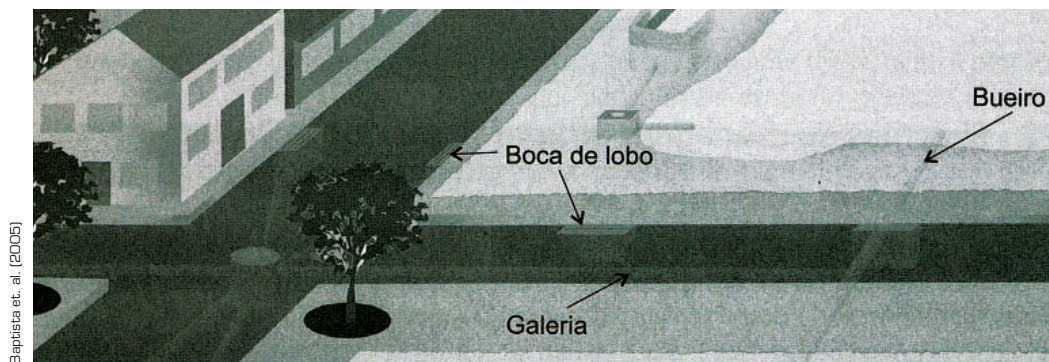
Os sistemas clássicos de drenagem são então constituídos por dois sistemas, **microdrenagem e macrodrenagem**. O sistema de microdrenagem é composto pelas seguintes estruturas: meio-fios, sarjetas, bocas-de-lobo, tubulações de ligação, galerias e poços de visita. O sistema de macrodrenagem é constituído por um conjunto de canais que em geral, corresponde à rede natural de canais existentes nos terrenos antes da ocupação, sendo composto pelos córregos, riachos e rios, localizados nos talwegues e vales.





A seguir apresenta-se um exemplo dos elementos que constituem um sistema clássico de drenagem urbana.

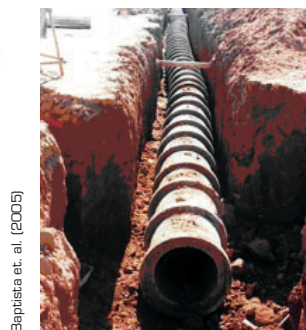
### Visualização Geral de um Sistema Clássico de Drenagem Urbana



**Boca de Lobo**



**Galeria de drenagem**



**Canal artificial aberto**



De maneira geral, as cidades brasileiras utilizam os elementos: bueiro, galeria e canal como sistema de drenagem de águas pluviais. Apesar de serem componentes de um sistema estático, estes elementos ainda se adaptam bem quando se pensa em termos quantitativos de geração de escoamento superficial em áreas urbanas. Entretanto, quando pensamos em termos associados à qualidade e ao manejo de águas pluviais, as técnicas clássicas não possuem mecanismos para se adaptar e controlar os efeitos da poluição das águas pluviais dentro das cidades.

Mas antes de falarmos nas técnicas que possam articular funções de controle da quantidade e da qualidade das águas, vamos conversar um pouco sobre a poluição hídrica.







## Poluição Hídrica



Para perceber os efeitos da poluição das águas e por consequência o que seja a poluição de origem difusa devemos entender quais são as fontes de poluição das águas.

As fontes de poluição são várias, podendo ter origem natural ou ser resultado das atividades humanas. As principais fontes de poluição das águas são:



Área urbana



Área rural

- Esgotos domésticos;
- Esgotos industriais;
- Resíduos sólidos;
- Pesticidas, fertilizantes e detergentes;
- Carreamento de solo; e
- Percolação do chumbo dos depósitos de lixo.

Vimos que a poluição das águas é originada de diferentes fontes e é certo que todas trazem consequências negativas para o meio ambiente e para a qualidade de vida das pessoas. As principais consequências da poluição das águas são:



- Impactos sobre a qualidade de vida da população;
- Veiculação de doenças;
- Prejuízos aos usos da água;
- Agravamento dos problemas de escassez da água;
- Elevação do custo do tratamento da água;
- Desequilíbrios ecológicos; e
- Degradação da paisagem.

O texto a seguir discute o papel da drenagem na poluição dos cursos d'água, além das outras fontes de poluição já apresentadas.



## Um Novo Vilão

### Resíduos Industriais e Esgoto Doméstico Não São os Únicos Agentes de Poluição dos Rios

Na história da poluição dos rios, ganha papel de destaque um personagem desconsiderado até aqui: a drenagem urbana, apontada em recente estudo do Grupo de Química Ambiental (GQA) da Universidade Federal do Paraná. “É preciso desfazer o mito de que a poluição dos rios está essencialmente ligada à atividade industrial”, diz o químico Marco Grassi, do GQA. Segundo ele, as chuvas fortes lavam as ruas e carregam resíduos do solo – inclusive metais pesados – até o corpo d’água mais próximo. Devido aos pavimentos e às construções, o solo das áreas urbanas é impermeável à água que recebe. A canalização dos rios também contribui para que a água se concentre nesse sistema de drenagem.

De acordo com dados da equipe de Grassi, os contaminantes que chegam aos rios por intermédio da drenagem urbana competem ‘meio a meio’ com a atividade industrial e o esgoto residencial. São metais pesados sem função biológica conhecida que podem, na maioria das vezes, causar desequilíbrio ambiental ou, via cadeia alimentar, prejudicar a saúde humana. Em estudo feito em Curitiba em uma área de drenagem de 30 km<sup>2</sup>, os números revelam acúmulo anual de aproximadamente 1.500 kg de chumbo, 900 kg de cobre e 25 kg de cá-





dmio. Esses metais mereceram a atenção da equipe por serem indicadores de atividade humana. As substâncias analisadas têm origem em óleos lubrificantes de veículos, pneus, pastilhas de freio, pavimentação asfáltica, tintas de parede e telhado, entre outros produtos que contêm metais pesados. Além disso, a queima de combustíveis fósseis lança esses metais na atmosfera que, lavados pela chuva, também atingem o leito dos rios. A preocupação com os poluentes levados para os rios pela drenagem superficial teve início há cinco anos, quando a equipe começou a estudar a contaminação por cobre das águas dos rios Iguaçu e Iraí, nas mediações de Curitiba. “Foi quando percebemos que a drenagem urbana podia contaminar os rios”, conta Grassi.

Com esse enfoque, durante um ano o grupo coletou amostras de água de chuva no bairro Bacacheri, zona norte da capital, antes de sua chegada ao rio de mesmo nome, afluente do Iguaçu. “Escolhemos a bacia desse rio por motivo operacional; se investigarmos outra área, provavelmente teremos outros resultados”, pondera Grassi. Segundo ele, a poluição pela água da chuva vai depender do local e da atividade humana ali realizada. Regiões dotadas de áreas verdes, que permitem a absorção de chuva pelo solo, e com menor movimento de veículo, vão

poluir menos os rios vizinhos. Após as coletas, a água foi analisada, e os pesquisadores observaram que a maioria dos metais vinham ligados a partículas ou agregados sólidos. Por isso, foi preciso desenvolver um método para separá-los das partículas sólidas e então quantificá-los. O processo centra-se no emprego de um reator que, aquecido por microondas, gera uma radiação capaz de separar os metais das partículas.

De posse de números expressivos, a equipe de Grassi sugere medidas para minimizar o problema, entre elas a produção de asfaltos mais permeáveis à água e a criação de áreas verdes, que ajudam a absorvê-la. Ele elogia a ação dos condomínios que captam água de chuva para fins menos nobres, como lavar calçadas e regar plantas. Como a maior parte dos metais (75% do chumbo e 50% do cobre) está associada a partículas sólidas, a simples varrição mecanizada das ruas impediria a chegada de boa parcela desses resíduos aos corpos d'água.

O objetivo do GQA no momento é pesquisar a origem dos metais que contaminam os rios para sugerir às indústrias de tinta, pavimentação e material automotivo, por exemplo, que usem material menos poluente na composição de seus produtos.

Fonte: Murilo Alves Pereira Especial para a CH On-Line/PR em 05-08-2005 Instituto Ciência Hoje [http://cienciahoje.uol.com.br/controlPanel/materia/view/3586]







## Uso de técnicas alternativas no manejo de águas pluviais

### OBJETIVOS

- Apresentar os sistemas alternativos de manejo de águas pluviais em meio urbano
- Avaliar a aplicabilidade do uso de cada técnica

Nesta última parte da oficina iremos conversar sobre técnicas de drenagem que possuem como objetivo a proteção de cursos d'água e a valorização das águas como elementos integrantes da paisagem urbana. Para isto vamos avaliar o texto apresentado a seguir.

### Princípios das soluções compensatórias de drenagem urbana de águas pluviais e capacidade de minorar os impactos da urbanização

Nos sistemas clássicos as águas pluviais são captadas e conduzidas a condutos artificiais, preferencialmente subterrâneos, funcionando por gravidade, sendo evacuadas das zonas urbanas e lançadas em corpos d'água rapidamente. Eles são constituídos, essencialmente, de dispositivos de captação das águas superficiais, estruturas de condução das águas captadas, na forma de canais abertos ou condutos enterrados e, eventualmente, obras complementares, tais como bueiros e dissipadores de energia.

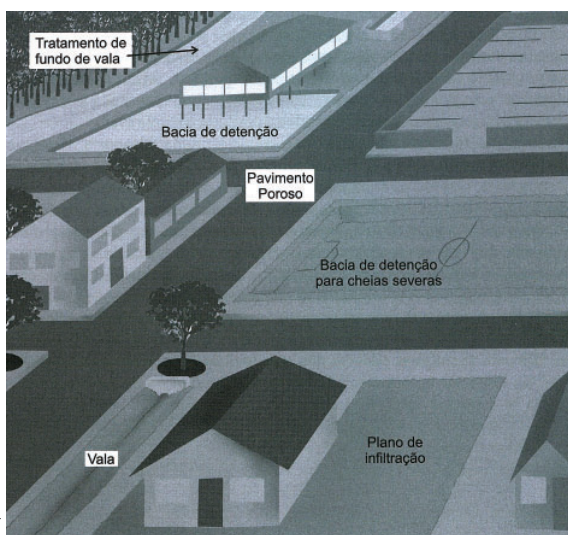
A partir dos anos 70, uma outra abordagem para tratar o problema vem sendo desenvolvida, sobretudo na Europa e na América do Norte. Trata-se do conceito de tecnologias alternativas ou compensatórias de drenagem, que buscam neutralizar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, com benefícios para a qualidade de vida e a preservação ambiental.





Estas tecnologias são alternativas em relação às soluções clássicas porque:

- consideram os impactos da urbanização de forma global, tomando a bacia hidrográfica como base de estudo; e
- buscam compensar sistematicamente os efeitos da urbanização, controlando na fonte, a produção de excedentes de água decorrentes da impermeabilização, através de infiltração, e evitando a sua transferência rápida para jusante, através de estruturas de armazenamento temporário.



A figura ao lado mostra um esquema do conjunto de técnicas alternativas de drenagem existentes.

Assim, estas tecnologias alternativas permitem:

- a continuidade do desenvolvimento urbano sem gerar custos excessivos para as municipalidades;
- a modulação do sistema de drenagem em função do crescimento urbano; e
- o tratamento combinado das questões de drenagem pluvial em meio urbano com outras questões urbanísticas.

Quando bem concebidas, as tecnologias alternativas contribuem efetivamente para a melhoria da qualidade de vida em meio urbano e a recuperação e a preservação do meio ambiente, através da redução da carga de poluição de origem pluvial.

As vantagens citadas acima dependem, naturalmente, da solução adotada e da sua adequada inserção no ambiente, mas, inquestionavelmente, o emprego destas tecnologias alternativas em drenagem urbana vai ao encontro das condições necessárias para o desenvolvimento sustentável em áreas urbanas.





### Você Sabia?

Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações, ou seja, não esgotar os recursos para o futuro.

## Tipos de Técnicas Compensatórias

As técnicas compensatórias estruturais podem ser classificadas de acordo com a posição de implantação da estrutura em relação à área a ser drenada pela mesma.

Desta maneira podem ser apresentadas as seguintes técnicas:

**Técnicas para controle na fonte:** Implantadas junto a parcelas ou pequenos conjuntos de parcelas associadas à drenagem de pequenas áreas.

Estrutura	Custo de Implantação [R\$]		Custos de Operação e Manutenção [R\$/Ano]	
	Unidade	Ano: 2007	Unidade	Ano: 2007
Valas e valetas	metro	94,00	metro	19,90



Bepistita et. al. (2005)

Valetas e planos para armazenamento e/ou infiltração



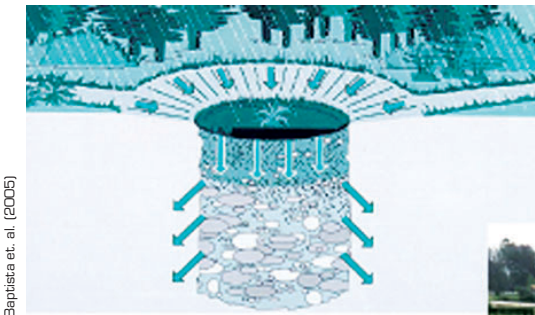
Estrutura	Custo de Implantação [R\$]		Custos de Operação e Manutenção [R\$/Ano]	
	Unidade	Ano: 2007	Unidade	Ano: 2007
Trincheiras	metro	94,73	metro	30,69



Trincheiras de infiltração



Estrutura	Custo de Implantação [R\$]		Custos de Operação e Manutenção [R\$/Ano]	
	Unidade	Ano: 2007	Unidade	Ano: 2007
Poços	m <sup>3</sup>	207,15	metro	23,60



Poços de infiltração

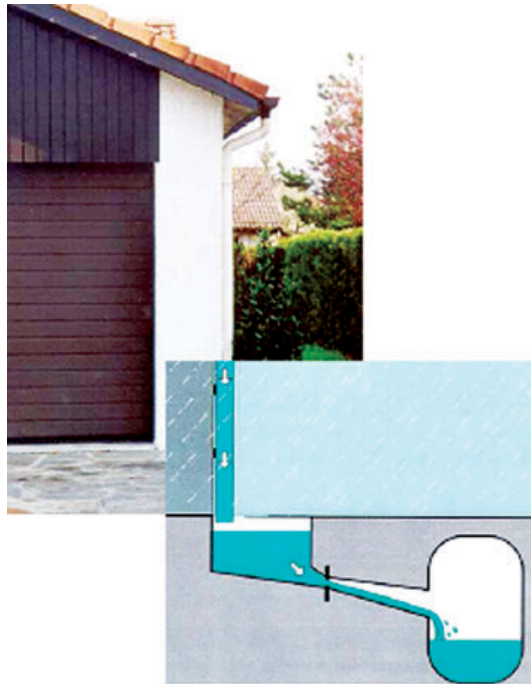




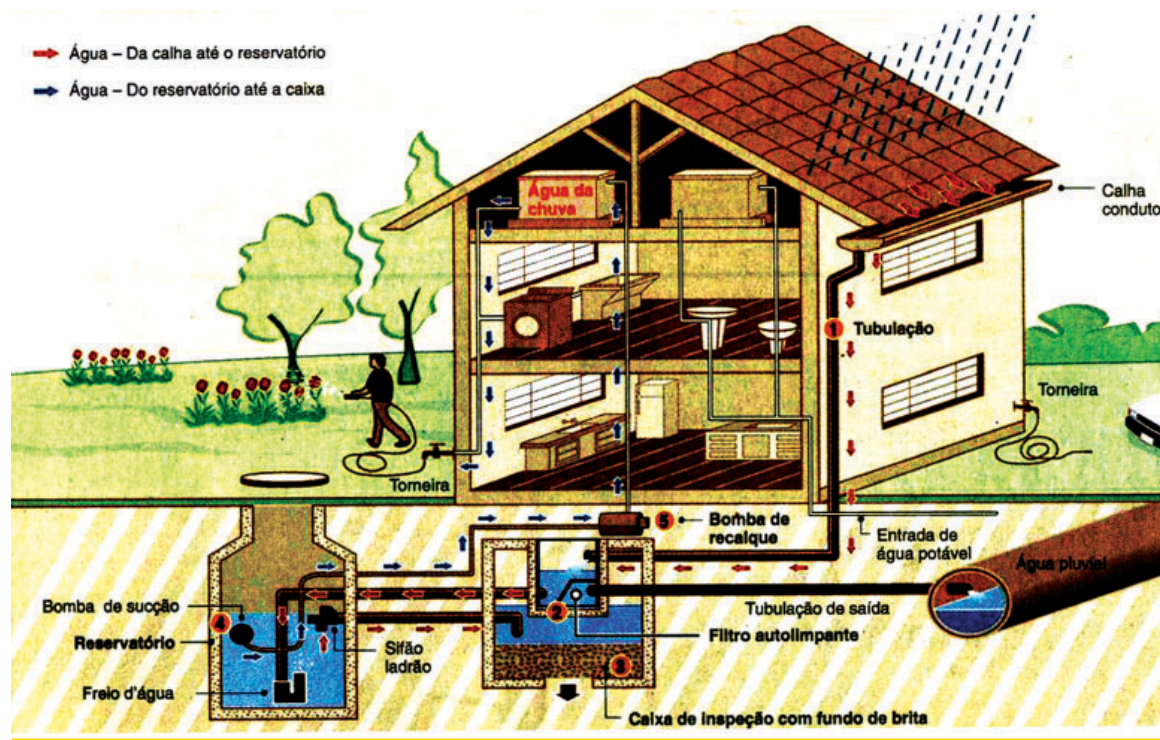


Estrutura	Custo de Implantação [R\$]		Custos de Operação e Manutenção [R\$/Ano]	
	Unidade	Ano: 2007	Unidade	Ano: 2007
Poços	m <sup>3</sup>	225,9	metro	9,7

Baptista et. al. (2005)



Reservatórios domiciliares/individuais

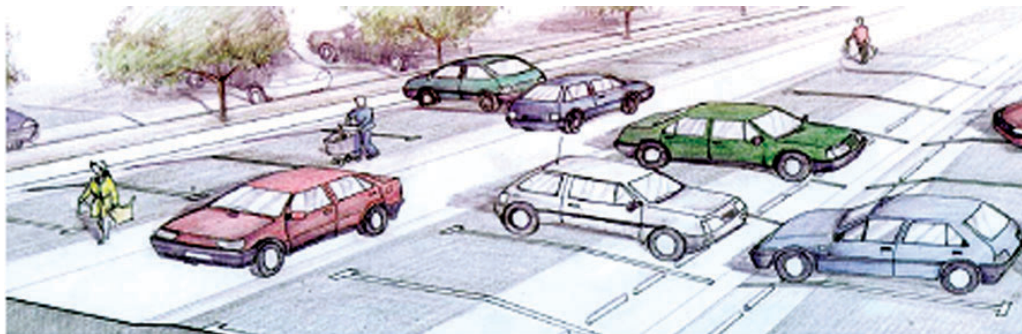




**Técnicas para controle nos sistemas viário:** Implantadas junto aos sistemas de infraestrutura viária existentes.

Estrutura	Custo de Implantação (R\$)		Custos de Operação e Manutenção (R\$/Ano)	
	Unidade	Ano: 2007	Unidade	Ano: 2007
Pavimentos de concreto permeável	m <sup>2</sup>	47,01	m <sup>2</sup>	2,76
Pavimentos de asfalto permeável	m <sup>2</sup>	34,47	m <sup>2</sup>	1,41
Pavimentos de blocos vazados	m <sup>2</sup>	62,41	m <sup>2</sup>	3,76
Pavimentos intertravados	m <sup>2</sup>	20,90	m <sup>2</sup>	8,03
Pavimentos de alvenaria poliédrica	m <sup>2</sup>	20,65	m <sup>2</sup>	5,14

**Armazenamento em áreas de pátios e estacionamentos**



Baptista et. al. (2005)



Baptista et. al. (2005)

**Pavimentos porosos**



Baptista et. al. (2005)

Baptista et. al. (2005)





**Técnicas para controle a jusante:** Implantadas junto a parcelas ou conjuntos de parcelas associadas à drenagem de grandes áreas.

Estrutura	Custo de Implantação [R\$]		Custos de Operação e Manutenção [R\$/Ano]	
	Unidade	Ano: 2007	Unidade	Ano: 2007
Bacias de retenção gramadas	m <sup>3</sup>	51,46	ha + m <sup>3</sup>	312,44 + 20,66
Bacias de retenção em concreto	m <sup>3</sup>	63,52	ha + m <sup>3</sup>	312,44 + 19,88
Bacias de retenção enterradas	m <sup>3</sup>	212,94	ha + m <sup>3</sup>	294,84 + 34,41



Bacia de retenção

Estrutura	Custo de Implantação [R\$]		Custos de Operação e Manutenção [R\$/Ano]	
	Unidade	Ano: 2007	Unidade	Ano: 2007
Bacias de infiltração	m <sup>3</sup>	40,94	m <sup>3</sup>	20,44



Bacia de infiltração

Baptista et. al. (2005)



## Parâmetros Considerados para a Escolha do Tipo de Técnicas Compensatórias a um Determinado Contexto Local

Acima foram apresentadas as principais técnicas compensatórias estruturais para o manejo das águas pluviais em áreas urbanas. Iremos agora descrever os principais parâmetros que devem ser levados em conta para adequação dos diferentes tipos de soluções a um determinado contexto local.

### **Com relação aos Aspectos Físicos devem ser levados em conta os seguintes parâmetros:**

- Topografia do local;
- Capacidade de infiltração do solo;
- Estabilidade do subsolo;
- Nível das águas subterrâneas; e
- Aporte permanente de água.

### **Com relação aos Aspectos Urbanísticos e de Infra-estrutura devem ser levados em conta os seguintes parâmetros:**

- Disponibilidade de espaço;
- Inclinação e forma dos telhados; e
- Redes existentes.

### **Com relação aos Aspectos Sanitários e Ambientais devem ser levados em conta os seguintes parâmetros:**

- Risco de poluição;
- Risco de água com finos; e
- Risco sanitário associado à proliferação de doenças.

### **Com relação aos Aspectos Sócio-Econômicos devem ser levados em conta os seguintes parâmetros:**

- Percepção da população próxima à área com relação à estrutura a ser implantada; e
- Critérios relativos à manutenção e ao custo.

Diversas tentativas de sistematização e de desenvolvimento de sistemas de auxílio à decisão para a escolha de técnicas compensatórias vêm sendo desenvolvidas no sentido de identificar as técnicas adaptadas a uma dada situação. Desta maneira esforços vêm também sendo desenvolvidos no sentido de estabelecer sistemas informatizados de auxílio à decisão para a fase de indicação de uma técnica em relação a outra. Os softwares acadêmicos TecAlt e AvDren (disponíveis em: [www.ehr.ufmg.br](http://www.ehr.ufmg.br)) são exemplos destes sistemas informatizados.





## Atividade 8



Avalie dentre as técnicas compensatórias apresentadas quais se adaptam melhor a cada uma das cinco sub-bacias apresentadas na **Atividade 6**.

A seguir são apresentadas algumas características complementares associadas às sub-bacias.

Observações:

1. As soluções devem ser tomadas considerando a redução da ocorrência de inundações na área central da cidade (área de inundação delimitada na figura).
2. As soluções serão avaliadas por sub-bacia.
3. Podem ser utilizadas soluções estruturais e não-estruturais.
4. Lembre-se, deve-se pensar em soluções integradas para a minimização de problemas de qualidade das águas superficiais.

### Sub-Bacia 1

**População estimada:** 21.840 habitantes

**Área:** 27,30 km<sup>2</sup>

**Renda per capita:** R\$ 420,00

**Uso do solo:** predominância de residências unifamiliares, comércio varejista e pequenas indústrias

**Taxa média de impermeabilização do solo:** 60%

**Existência de áreas não ocupadas:** 30% da área total

**Estado da rede de drenagem:** 60% da rede é canalizada e 40% permanece em condições naturais

**Informações complementares:**

- Presença de lençol freático superficial
- Escoamento superficial de origem pluvial apresenta alto carreamento de solo
- Rede canalizada bem preservada
- Sistema viário predominantemente não asfaltado
- Cursos d'água com indícios de poluição de origem doméstica



### Sub-Bacia 2

**População estimada:** 12.700 habitantes

**Área:** 12,70 km<sup>2</sup>

**Renda per capita:** R\$ 450,00

**Uso do solo:** predominância de residências unifamiliares e comércio varejista

**Taxa média de impermeabilização do solo:** 40%

**Existência de áreas não ocupadas:** 40% da área total

**Estado da rede de drenagem:** 30% da rede é canalizada e 70% permanece em condições naturais

**Informações complementares:**

- Sem presença de lençol freático superficial
- Escoamento superficial de origem pluvial apresenta alto carregamento de solo
- Rede canalizada bem preservada
- Sistema viário predominantemente não asfaltado
- Cursos d'água bem preservados, sem indícios de poluição

### Sub-Bacia 3

**População estimada:** 16.960 habitantes

**Área:** 13,00 km<sup>2</sup>

**Renda per capita:** R\$ 450,00

**Uso do solo:** predominância de residências multifamiliares e comércio varejista

**Taxa média de impermeabilização do solo:** 70%

**Existência de áreas não ocupadas:** 15% da área total

**Estado da rede de drenagem:** 80% da rede é canalizada e 20% permanece em condições naturais

**Informações complementares:**

- Sem presença de lençol freático superficial
- Escoamento superficial de origem pluvial apresenta carregamento de resíduos sólidos
- Rede canalizada mal preservada
- Sistema viário predominantemente asfaltado
- Cursos d'água bem preservados, sem indícios de poluição



#### Sub-Bacia 4

**População estimada:** 36.240 habitantes

**Área:** 30,20 km<sup>2</sup>

**Renda per capita:** R\$ 380,00

**Uso do solo:** predominância de residências multifamiliares, comércio varejista e atacadista, indústrias de médio e grande porte

**Taxa média de impermeabilização do solo:** 85%

**Existência de áreas não ocupadas:** 5% da área total

**Estado da rede de drenagem:** 100% da rede é canalizada

**Informações complementares:**

- Sem presença de lençol freático superficial
- Escoamento superficial de origem pluvial apresenta carreamento de resíduos sólidos
- Rede canalizada mal preservada e sub-dimensionada
- Sistema viário predominantemente asfaltado
- Curso d'água principal mal preservado, com indícios de poluição doméstica e industrial

#### Sub-Bacia 5

**População estimada:** 3.920 habitantes

**Área:** 19,60 km<sup>2</sup>

**Renda per capita:** R\$ 420,00

**Uso do solo:** predominância de residências unifamiliares e pequenas indústrias

**Taxa média de impermeabilização do solo:** 60%

**Existência de áreas não ocupadas:** 70% da área total

**Estado da rede de drenagem:** 5% da rede é canalizada e 95% permanece em condições naturais

**Informações complementares:**

- Sem presença de lençol freático superficial
- Escoamento superficial de origem pluvial apresenta alto carreamento de solo e de resíduos sólidos
- Curso d'água principal mal preservado, com indícios de poluição doméstica e industrial
- Parte da bacia não se encontra dentro do município



### Soluções Propostas:

Area for writing proposed solutions, consisting of 20 horizontal dotted lines.







## Encerramento

Chegamos ao final do nosso encontro. Esperamos que este guia tenha contribuído bastante neste processo de troca de conhecimentos!

Ao recapitularmos o que foi trabalhado, podemos verificar que nesta oficina foram apresentados aspectos importantes da relação de uso do espaço urbano, com a dinâmica de geração de escoamento superficial. Foram apresentadas informações históricas de como as cidades foram e são organizadas. Discutimos como é constituída a técnica tradicional para afastar o excedente das águas e quais mecanismos legais podem ser instituídos para o manejo das águas pluviais nas cidades.

No último conceito-chave, foram descritas as técnicas compensatórias que buscam incorporar aspectos de controle de quantidade e de qualidade de água de origem pluvial.

Por fim, cabe ressaltar que as técnicas compensatórias, agindo em conjunto com as estruturas convencionais de drenagem, procuram compensar sistematicamente os efeitos da urbanização.

Com relação ao dimensionamento de cada técnica apresentada são requeridos conhecimentos prévios, que envolvem os campos de conhecimento da hidrologia e hidráulica. Desta maneira, pretendeu-se em um primeiro momento apresentar qualitativamente os conceitos associados à mudança de paradigma do uso de sistemas clássicos, com a incorporação de soluções mais abrangentes e integradas ao espaço como um todo.

Estamos encerrando as nossas atividades. É o momento de refletirmos sobre o que estamos levando da oficina de capacitação e se as nossas expectativas iniciais foram contempladas. Faremos isso por meio da atividade a seguir.



## Atividade 9 - Dinâmica de Encerramento

Cada participante deve ler aquilo que escreveu no desenho do pé, da Atividade 1, e dizer se a oficina de capacitação atendeu ou não as suas expectativas e o que realmente está levando da mesma.



## PARA SABER MAIS

Baptista, M., Nascimento, N., Barraud, S. (2005). “Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana”. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), Porto Alegre, 266 p.

Castro, L. M. A. (2002). “Proposição de indicadores para a avaliação de sistemas de drenagem urbana”. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 118 p.

Moura, P.M. (2004). “Avaliação Global de Sistemas de Drenagem Urbana”. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 122 p.

Secretaria de Estado da Educação de São Paulo – Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas (2004). “Água Hoje e Sempre: Consumo Sustentável”, São Paulo, 256 p

Urbonas, B. e P. Stahre, D. (1993). “Stormwater – Best management, practices and detention for water quality drainage, and CSO management”. Prentice Hall, Englewood Cliffs (EUA), 449 p.

