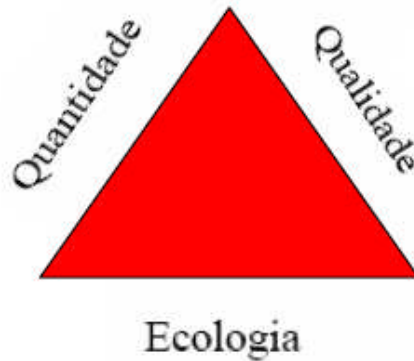


Curso de Manejo de Águas Pluviais





Engenheiro Plínio Tomaz

“O Senhor Deus colocou o homem no jardim do Éden para cuidar dele e cultivá-lo.”

Referência ecológica encontrada em Gênesis 2:15

COMUNICAÇÃO COM O AUTOR
Engenheiro civil Plínio Tomaz
e-mail: pliniotomaz@uol.com.br

Título: Curso de Manejo de Águas Pluviais
Livro eletrônico em A4, Word 10 e 12, 1.800 páginas
5 agosto 2010
Editor: Plínio Tomaz
Autor: Plínio Tomaz
Revisão: Composição e diagramação: Plínio Tomaz
ISBN: 85-905933-3-9

Apresentação

Este livro nasceu do **Curso de Manejo de Águas Pluviais** ministrado no SAAE de Guarulhos em 2008 com 64 horas de duração.

Quando comecei a estudar engenharia civil aprendimos que o problema das águas pluviais era retirar de um lugar e levar para outro. Hoje os conceitos mudaram muito devido a aplicação das teorias do impacto zero e da melhoria da qualidade das águas pluviais e da preservação do ecossistema aquático.

O mundo moderno exige soluções sustentáveis. Para isto, a melhor solução de um problema de águas pluviais que seja sustentável.

Os estudos exigem que no manejo de águas pluviais sejam estudados quatro pontos fundamentais:

- técnico,
- social urbano,
- meio ambiente e
- econômico.

Não existem normas técnicas sobre manejo de águas pluviais no Brasil até o presente momento.

O livro destina-se a engenheiros, arquitetos e tecnólogos que trabalham nos municípios pois fornecem elementos e base para que se façam manuais ou guias para o problema do manejo de águas pluviais

Agradeço a Deus, o Grande Arquiteto do Universo, a oportunidade de poder contribuir na procura do conhecimento com a publicação deste livro.

Guarulhos, 30 abril 2009
Engenheiro civil Plínio Tomaz

Curso Manejo de Águas Pluviais

64h Engenheiros, arquitetos e tecnólogos, 71 capítulos

Capítulo	Curso de Manejo de águas pluviais
01	Sistema de manejo de águas pluviais urbana
02	Método Racional
03	Engenheiro Plínio Tomaz 19 de dezembro de 2010 pliniotomaz@uol.com.br
04	Calhas e condutores
05	Microdrenagem
06	Vazão excedente
07	Bueiros
08	Falhas em pequenas barragens
09	Perdas de cargas localizadas
10	Dimensionamento de reservatório de detenção
11	Bombeamento de águas pluviais
12	Chuva excedente número da curva CN
13	Melhoria da qualidade das águas pluviais
14	Trincheira de infiltração
15	Pavimento modular
16	Bacia de infiltração
17	Infiltração e condutividade hidráulica
18	Escada hidráulica
19	Rip-rap
20	Lei das piscininhas
21	Canais gramados
22	Chuvas Intensas
23	RUSLE- equação universal de perda de solo
24	Método Santa Bárbara
25	Pré-tratamento
26	Método TR-55
27	Regulador de fluxo
28	Economia ecológica
29	Método de Muskingum-Cunge
30	Poluentes pelo Método Simples de Schueler
31	Infiltração de água de chuva do telhado em trincheiras
32	Rains gardens
33	Armazenamento do solo em estacionamentos
34	Nivelamento do solo perto dos edifícios
35	Cerca de sedimentos (silte)
36	Captação de óleos e graxas
37	Drenagem e recarga
38	Método SCS
39	Routing de reservatório
40	Balço Hídrico
41	Crítério Unificado
42	Hietograma de blocos alternados
43	Hietograma pelo método de Chicago
44	Equação de volume do reservatório
45	Tempo de esvaziamento
46	Reabilitação de córregos e rios
47	Reservatório de detenção estendido
48	Recarga de aquíferos
49	Dissipador de energia
50	Fórmula de Manning
51	Cobertura verde
52	Técnicas de avaliação das BMPs
53	Método de avaliação de BMPs
54	Cargas de poluentes e análise de custo de BMPs
55	Análise de incerteza
56	Faixa de filtro gramada
57	Filtro de areia
58	Escada hidráulica com reservatórios no patamar
59	Wetlands
60	Pavimento poroso
61	Aproveitamento de água de chuva de cobertura em áreas urbanas e fins não potáveis
62	Reservatório de detenção
63	Revestimento de canais com gabião colchão
64	Tempo de concentração
65	Método de Ven Te Chow
66	Método de I PAI WU
67	Exemplo critério unificado
68	Trash rack
69	Curva de remanso
70	Número de Vedernikov para canais
71	Canais em rampas
72	Bibliografia e livros consultados

Capítulo 1- Sistema de Manejo de Águas Pluviais em áreas urbanas

1.1 Objetivo

Os objetivos do manejo das águas pluviais em áreas urbanas conforme Figura (1.1) são basicamente três:

- *quantidade de água,*
- *qualidade*
- *preservação do meio ambiente.*



Figura 1.1- Triângulo do manejo das águas pluviais: quantidade, qualidade e ecologia.

O curso de Manejo de Águas Pluviais foi elaborado para bacias municipais com até 250km² de área de contribuição onde estudaremos os fundamentos hidrológicos e hidráulicos para contenção de enchentes, porém com a visão moderna da quantidade, qualidade e ecologia.

Para áreas até 3 km² iremos usar as idéias de Schueler, 1987 que denominaremos BMP (*Best Management Practices*) que são as obras para melhoria da qualidade das águas pluviais.

No Reino Unido as BMPs são chamadas de SUDS (*Sustainable Urban Drainage Systems*) conforme Daywater, 2003, portanto, **BMP=SUD**.

Para as enchentes temos o controle da quantidade e para melhoria do ecossistema aquático temos que melhorar a qualidade das águas pluviais.

Podemos na prática controlar enchentes e também a qualidade das águas pluviais, sendo que isto se pode chamar de critério unificado. Um reservatório de detenção estendido é um exemplo moderno de aplicação do critério unificado, pois além do controle de enchentes melhoramos a qualidade das águas pluviais usando basicamente a sedimentação.

O reservatório de detenção do Pacaembu construído em 1992 foi destinado somente a deter as enchentes na av. Pacaembu na capital de São Paulo.

A vazão máxima de enchente para período de retorno de 25anos para a área de 222ha é de 43m³/s, mas a vazão da galeria da av. Pacaembu só suporta 13m³/s. O reservatório de detenção de 74.000m³ foi construído para deter o pico de vazão, deixando passar somente 13m³/s num período de aproximadamente 6h.

Caso a detenção fosse mais de 24h teríamos o reservatório de detenção estendido, que facilitaria o depósito dos poluentes dentro do reservatório, os quais seriam depois retirados e depositados em aterros sanitários. Desta maneira melhoraria a qualidade das águas pluviais que seriam lançadas no rio Tietê pela galeria da av. Pacaembu.

1.2 Manejo de águas pluviais

Para os estudos de gestão de águas pluviais ou manejo, são necessários a serem levados em consideração não só aspectos técnicos, mas aspectos econômicos, legais e sociais que de certa forma complicam mais as decisões a serem tomadas.

Antigamente as decisões eram somente de cunho técnico, necessitando somente de uma obra que tirasse as águas pluviais de um lado e as levasse o mais rapidamente para jusante, sem prejudicar os moradores de montante. Mas isto acarretava, mais tarde problemas para os moradores de jusantes. Daí a complexidade das obras de drenagem na atualidade.

Para a sustentabilidade da drenagem do sistema urbano de drenagem é necessário que se obedecem às legislações e feito um planejamento estrutural baseado em quatro pontos principais conforme Figura (1.2):

- **Técnico:** autoridades locais, engenheiros, autoridades políticas e legislação
- **Econômico:** fomentadores do desenvolvimento, grupos especiais, etc
- **Meio Ambiente:** ecologistas, arquitetos, ONGs, administradores, etc
- **Responsabilidade Social:** ONGs, associações de moradores, políticos, público em geral

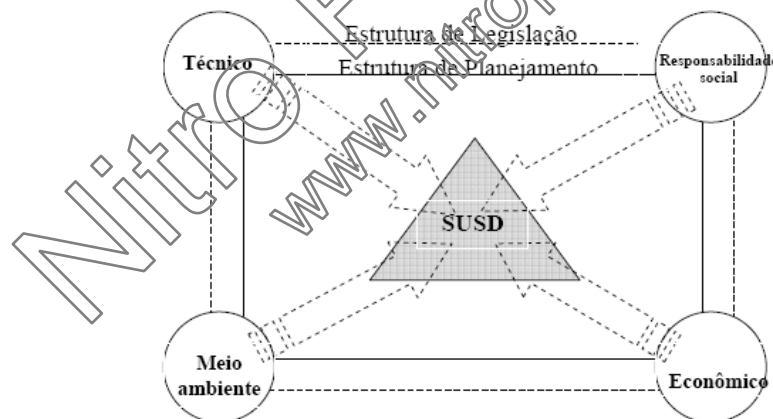


Figura 1.2 – Triângulo das BMPs e relação com o tomador de decisões (prefeito, governador, etc e os benefícios e critérios de sustentabilidade).

Fonte: Use of Stormwater BMPs in Europe, 18 de agosto de 2003, 98 p, Contract EVK1-CT-2002-00111.

O sistema de manejo das águas pluviais urbanas pode ser dividido em vários subsistemas:

1. **Subsistema de escoamento superficial de águas pluviais:** riscos para pessoas, automóveis e propriedades. Equação universal de perdas de solo (USLE)
2. **Subsistema de galerias de águas pluviais:** tubos de concreto e outros materiais, poços de visita, bueiros, bocas de lobo, bombeamento de águas pluviais, extravasamento de poços de visita
3. **Subsistema de canais de águas pluviais:** canais revestidos ou não, pontes, grandes obras.
4. **Subsistema de detenção, armazenamento de águas pluviais e redução de pico de enchente (atenuação):** reservatório de detenção seco, reservatório de detenção estendido, lagoa de retenção, piscininha, separador de óleos e graxas, detenção em telhado, tubos superdimensionados, critério unificado: enchentes+qualidade+erosão, falhas em barragens, armazenamento em estacionamentos de veículos, telhados verdes, reservatórios geoculares e aproveitamento da água de chuva.
5. **Subsistema de infiltração de águas pluviais:** trincheira de infiltração, bacia de infiltração, *rain garden*, canal gramado, pavimento permeável, tubos de drenagem perfurados, bacia de infiltração com detenção, recarga artificial, infiltração de água de chuva do telhado em trincheiras. Infiltração em estacionamentos de veículos. É a primeira coisa que devemos fazer.
6. **Subsistema de filtração de águas pluviais:** filtro de areia, faixa de filtro gramado, canal gramado.
7. **Subsistema de armazenamento e melhoria do habitat do ecossistema aquático:** *wetland* artificiais
8. **Subsistema de planejamento do uso do solo**
9. **Subsistema de limpeza de ruas.**

Esclarecemos que até o presente momento não existem normas da ABNT sobre o sistema de águas pluviais.

O Manejo de Águas Pluviais contempla três objetivos: **quantidade** de água, **qualidade** da água e **preservação do meio ambiente**. Deverá ser minimizado os impactos no desenvolvimento na quantidade e qualidade das águas pluviais bem como ser maximizado a preservação do meio ambiente.

A filosofia do Manejo de Águas Pluviais é imitar o mais possível a natureza o sistema de drenagem no estágio de pré-desenvolvimento através de unidades pequenas discretas.

O desenvolvimento sustentável tem como objetivo uma melhor qualidade de vida para todos, agora e para as futuras gerações conforme CIRIA, 2007.

Os objetivos do desenvolvimento sustentável são basicamente três:

- Equidade social
- Proteção efetiva do meio ambiente
- Uso prudente dos recursos naturais.

1.3 Quantidade de água

A quantidade das águas pluviais pode ser controlada segundo CIRIA, 2007 pelas seguintes obras estruturais:

a) Infiltração

Quando a água pluvial penetra no solo voltando ao ciclo hidrológico natural. Infelizmente não é todo o tipo de solo que pode ser feita a infiltração e há também problemas de solos contaminados ou potencialmente perigosos para a infiltração.

b) Detenção

Um determinado volume fica detido um certo tempo atenuando os efeitos de enchentes a jusante. Podemos ter um reservatório de detenção seco ou um reservatório de detenção estendido.

c) Transporte de águas pluviais

O transporte de águas pluviais se dá por intermédio de: escoamento superficial, galerias, canais, microdrenagem em que as águas pluviais são transferidas de um local para outro através de obras.

d) Captação da água de chuva

A captação de água de chuva em cisternas diminui o impacto de enchentes e poderá ser usada em descargas de bacias sanitárias, por exemplo.

1.4 Melhoria da qualidade das águas pluviais

Segundo CIRIA, 2007 os processos que são usados para a melhoria da qualidade das águas pluviais são:

a) Sedimentação

É o processo primário das BMPs. O poluente fica aderido às partículas sedimentáveis. Temos que diminuir a velocidade para a sedimentação e deveremos ter o cuidado para a ressuspensão dos mesmos.

b) Filtração e biofiltração

Os poluentes que estão no *runoff* podem ser filtrados com a vegetação, com as plantas ou pelo geotêxtil.

c) Adsorção

A adsorção acontece quando o poluente fica preso à superfície do solo ou das partículas de agregados.

Adsorção: os poluentes ficam presos na superfície do solo ou dos agregados.

Troca catiônica: é a atração entre os cátions e a argila mineral

Sorção química: o soluto é incorporado à estrutura do solo ou do agregado.

Absorção: é a difusão do soluto no solo, agregado ou matéria orgânica.

d) Biodegradação

Além dos processos físicos e químicos podem ocorrer os processos biológicos.

e) Volatilização

A volatilização é a transferência do composto que está em solução na água para a atmosfera. É o conceito usado basicamente com os compostos orgânicos de produtos de petróleo e pesticidas.

f) Precipitação química

É o processo mais comum de remover metais solúveis. Pode remover arsênio, cádmio, cromo, cobre, ferro, chumbo, mercúrio, níquel e zinco e anion de fosfatos, sulfatos e fluoretos.

g) Absorção pelas plantas

Nutrientes como fósforo e nitrogênio são absorvidos pelas plantas.

h) Nitrificação

A amônia e íons de amônia podem ser oxidados por bactérias para formar nitratos que é solúvel na água em forma de nitrogênio. O nitrato é imediatamente usado pelas plantas como nutriente.

i) Fotólise

É a quebra da poluição orgânica pela exposição de raio ultra violeta.

Segundo CIRIA, 2007 os mecanismos de remoção dos poluentes estão na Tabela (1.1).

Tabela 1.1- Mecanismos de remoção de cada categoria de poluente

Poluente	Mecanismo de remoção no BMPs
Nutrientes (fósforo, nitrogênio)	Sedimentação, biodegradação, precipitação e denitrificação
Sedimentos (sólidos totais em suspensão)	Sedimentação e filtração
Hidrocarbonetos (TPH, PAH, VOC, MTBE)	Biodegradação, fotólise, filtração e adsorção
Metais (chumbo, cobre, cádmio, mercúrio, zinco, cromo e alumínio)	Sedimentação, adsorção, filtração, precipitação e absorção pelas plantas
Pesticidas	Biodegradação, adsorção e volatilização
Cloretos	Prevenção
Cianetos	Volatilização e fotólise
Detritos	Captação, remoção e rotina de manutenção
DBO (demanda bioquímica de oxigênio)	Filtração, sedimentação e biodegradação

Fonte: CIRIA, 2007

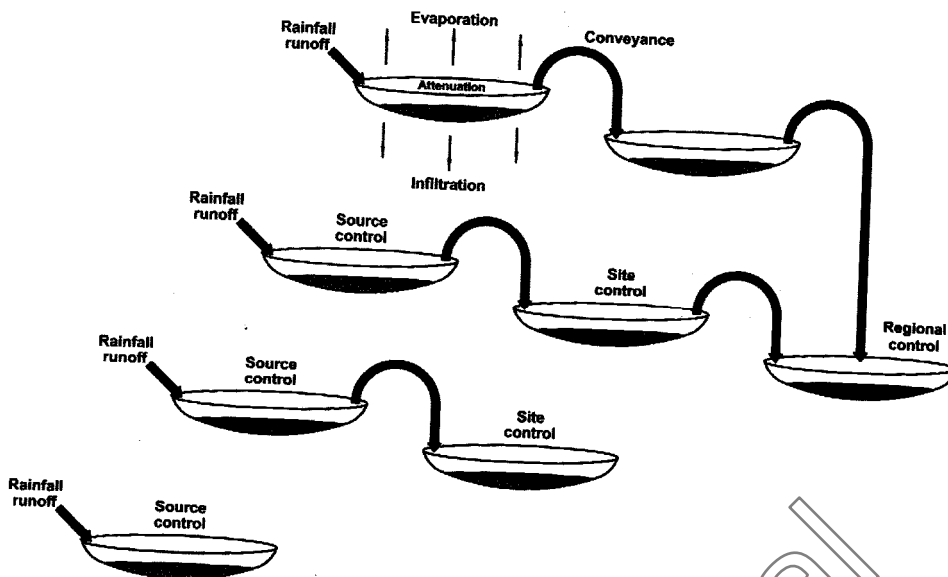


Figura 1.3- Trem do sistema da BMP
Fonte: Berry, 2002 in CIRIA, 2007

Conforme CIRIA, 2007 as BMPs devem ser aplicadas as seguintes técnicas:

1. **Prevenção:** que é a limpeza das ruas e estacionamentos para remover a poeira das superfícies bem como os detritos. O aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis é também uma prevenção conforme CIRIA, 2007.
2. **Controle da Fonte:** o controle deve ser feito de preferência na origem, na fonte e poder ser usado trincheira de infiltração de água do telhado (*soakaway*), infiltração, telhados verdes, pavimento permeável e outros.
3. **Controle próximo a fonte:** como exemplo várias casas podem ser destinadas a um *soakway* de grandes dimensões, infiltração e bacia de detenção.
4. **Controle regional:** quando através de vários locais próximos a fonte são encaminhado um reservatório de detenção regional ou uma *wetland*.

CIRIA, 2007 recomenda que quando possível o manejo das águas pluviais deve ser pequeno, com baixo custo e melhorar a paisagem e para isto deve ser feito em pequenas bacias ao invés de transportar a água para uma bacia maior.

Na Figura (1.4) temos o trenzinho do tratamento para melhoria das águas pluviais, iniciando com as medidas de controle na fonte, isto é, dentro do próprio lote para evitar o lançamento de resíduos perigosos a serem levados pelas águas pluviais. No outro vagão temos as práticas de infiltração, seguido pelo vagão da filtração e o último vagão são as lagoas.

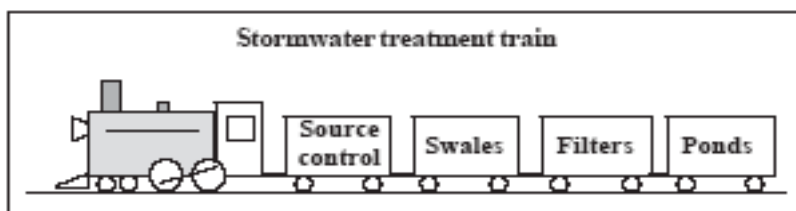


Figura 1.4 - Trenzinho das opções das BMPs
Fonte: Cidade de Auckland, 2000

Observar as semelhanças conceituais entre o chamado **trem da CIRIA, 2007** da Figura (1.3) com o **trem de Auckland** da Figura (1.4).

1.5 Tipos de controle conforme Ontário, 2003

Conforme Ontário, 2003 há dois tipos básicos de controle de uma BMP.

- **Controle à montante (ou controle no lote)**
- **Controle à jusante.**

O controle à montante adotado em Ontário, 2003 baseado nas funções de armazenamento e de infiltração, geralmente para áreas menores que <2ha.

- **Controle por armazenamento**
- **Controle por infiltração**

Controle por armazenamento

O controle por armazenamento está destinado a deter as águas pluviais e, assim reduzir o pico de vazões de enchente. A detenção é, em geral, de curta duração e não ajuda a diminuir o volume do *runoff*. Também não melhora a qualidade das águas pluviais e nem detém a erosão.

Os controles de armazenamento mais importantes são:

- Armazenamento no telhado;
- Armazenamento nos estacionamentos de veículos;
- Armazenamento em reservatórios enterrados (piscininhas);
- Armazenamento no jardim.

Controle por infiltração

O controle por infiltração é destinado a mitigar os impactos da urbanização, contribuindo para a melhoria do balanço hídrico na região; funcionam para pequenas áreas e possuem o problema de entupimento, a não ser que se faça um pré-tratamento.

Os controles por infiltração para áreas menores que 2ha são:

- Aplainar o terreno para aumentar o armazenamento e a infiltração no solo;
- Bombeamento de água de drenagem de prédios para caixas de pedras com infiltração;
- Elaboração de pequenas lagoas com 100mm de profundidade para melhorar a infiltração das águas dos telhados perto dos edifícios;
- Trincheira de infiltração;
- Vala gramada;
- Microdrenagem com tubos perfurados;
- Faixa de filtro gramada;
- Vegetação ripariana e ao longo dos cursos de água;
- *Rain gardens*;
- Captação de água de chuva.

1.6 Controle à jusante

Temos dois controles: controle à montante, isto é, no lote e controle à jusante, isto é, no fim da tubulação. No controle à jusante temos o objetivo de controlar os impactos da urbanização de maneira a melhorar a qualidade das águas pluviais, antes de serem lançadas nos cursos de água existente. O controle à jusante geralmente é para áreas maiores que 2ha.

Para o controle à jusante temos os controles de armazenamento e de infiltração que são:

- Reservatório de retenção;
- *Wetlands*;
- Reservatório de detenção estendido;
- Reservatório de infiltração

1.7 Conceito de análise e síntese

No conceito de análise, são fornecidos os *Input* e os *Output* e achamos a função de transferência, que será o nosso modelo, conforme *McCuen*, 1998, segundo a Figura (1.5):

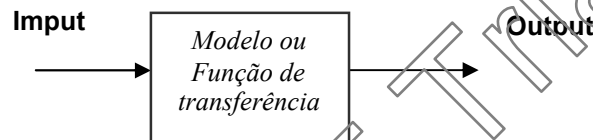


Figura 1.5- Esquema do conceito de análise e síntese

Quando estiver pronta a análise, o modelo poderá ser usado para previsões e neste caso são conhecidos os “*Input*” e é desconhecido o “*Output*”. É necessário saber na fase de síntese, como foi feita a análise e os limites do modelo.

Como exemplo seja o modelo $Q=CIA$ da conhecida *fórmula racional*, onde “*Q*” é a vazão de pico de enchente, “*C*” o coeficiente de escoamento superficial, “*I*” é a intensidade da chuva e “*A*” área da bacia.

Quando da análise, são conhecidos os valores de *Q*, *I*, *A* e desconhecido o valor de *C*.

Quando da síntese, isto é, da aplicação da fórmula racional, são conhecidos *CIA* desconhecendo-se o valor de *Q*. É necessário conhecer muito bem os parâmetros para se conseguir um valor mais correto possível da vazão máxima *Q*.

É importante os conceitos de análise e síntese, principalmente na escolha adequada da fórmula do tempo de concentração, na qual o conhecimento de como a mesma foi elaborada (análise) e da maneira que a mesma vai ser aplicada (síntese).

“*O melhor método de cálculo é aquele que você conhece*”, como diz o Professor Kokei Uehara da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

A palavra “conhecer” pressupõe o perfeito entendimento da análise.

1.8 Bibliografia e livros consultados

- CIRIA. *The SUDS manual*. London, 2007, CIRIA C697, ISBN 978-0-86017-697-8, 606 páginas.
- DAYWATER. *Report 5.1. Review of the use of stormwater BMPs in Europe*. 18 de agosto de 2003. Preparado pela Middlesex University.
- TOMAZ, PLINIO. *Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais*. Navegar, São Paulo, 2002.
- URBONAS, BEN e STAHR, PETER. *Best Management Practices and detention for water quality drainage and CSO management*. Prentice-Hall, 1993, 449 páginas, ISBN 0-13-847492-3,

Nitro PDF Trial
www.nitropdf.com