



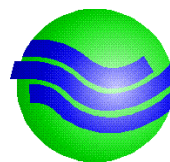
DESENVOLVIMENTO DA SUSTENTABILIDADE NA USP

EDITAL 2013

PROPOSTA PARA PROJETO E INSTALAÇÃO DE UM JARDIM
DRENANTE NO LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA



**ESCOLA
POLITÉCNICA
DA USP**



FCTH

Pesquisadores Responsáveis

Prof. Dr. José Rodolfo Scarati Martins

Prof.ª. Dra. Monica Ferreira do Amaral Porto

Equipe

Eng^a Fernanda Dias Radesca

Eng^a Ana Paula Zubiaurre Brites

Eng^o Luiz Fernando Orsini de Lima Yazaki

Unidade USP

Campus USP da Capital

Escola Politécnica

Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (PHA)

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH)

Resumo

Baseando-se nos princípios estabelecidos pelo Programa de Incentivo à Sustentabilidade na Universidade de São Paulo, o Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (PHA) em parceria com a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), propõem a construção e monitoramento de um jardim drenante para avaliar sua eficiência no abatimento de picos de cheia e na melhoria da qualidade das águas pluviais provenientes do escoamento superficial de um telhado localizado no Laboratório de Hidráulica.

Os jardins drenantes, são medidas que utilizam a atividade biológica de plantas e microrganismos para remover os poluentes das águas pluviais, e contribuir para a infiltração e retenção dos volumes de água precipitados. Apesar de serem amplamente utilizados em países como Inglaterra, Estados Unidos e Austrália; no Brasil, pouco se estudou a respeito destas medidas.

Sendo assim, os principais objetivos deste projeto são: (1) desenvolver uma metodologia de projeto, uso e manutenção dos jardins drenantes; (2) realizar o monitoramento do funcionamento dos jardins drenantes, para que sejam estabelecidos indicadores de eficiência e (3) estimular o desenvolvimento de alternativas de projeto com custos mais baixos.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	2
1.1 DESCRIÇÃO DO PROJETO	2
2. JUSTIFICATIVA.....	4
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	6
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE COLETA DE ÁGUAS PLUVIAIS	6
3.2 DIMENSIONAMENTO DO JARDIM DRENANTE.....	6
3.2.1 Determinação da vazão pelo Método Racional	6
3.2.2 Determinação das dimensões das calhas e condutores	7
3.2.3 Determinação das dimensões do Jardim Drenante	7
3.3 SISTEMA DE MONITORAMENTO	8
3.4 OBRAS DE ADEQUAÇÃO DO TELHADO.....	9
4. RESULTADOS.....	10
4.1 AVALIAÇÃO E DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS.....	10
4.2 RESULTADOS ESPERADOS.....	10
5. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	12
6. ORÇAMENTO	13
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14

1. INTRODUÇÃO

Visando aprimorar e difundir as práticas sustentáveis no âmbito da drenagem urbana nos *campi* da USP, pesquisadores da Escola Politécnica em parceria com a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, desejam implantar um sistema de coleta de águas pluviais de um telhado e seu aproveitamento em um jardim drenante.

Dentre os princípios do Programa de Incentivo à Sustentabilidade na Universidade de São Paulo, os adotados para este projeto são:

- Promover o uso racional de recursos, na medida em que promove o uso racional da água;
- Conduzir a Universidade para tornar-se um modelo de sustentabilidade para a sociedade, na medida em que apresenta uma prática que poderia ser aplicada em diversos tipos de edificações existentes nas cidades.

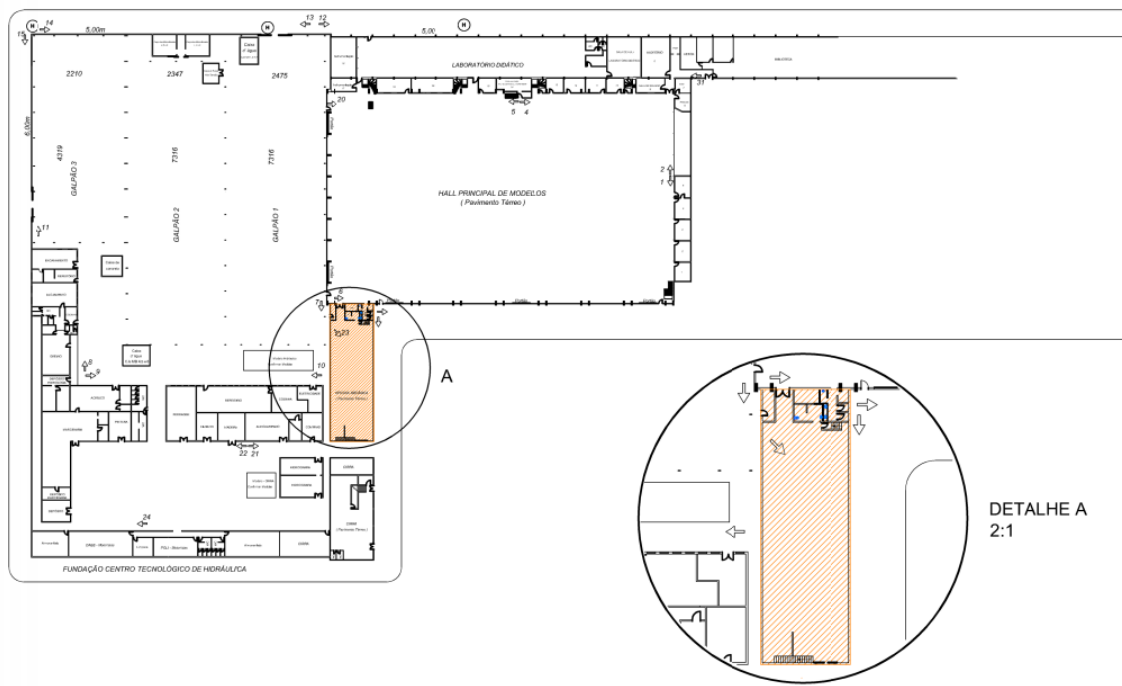
As diretrizes contempladas pelo projeto são:

- (IV) conscientizar o público interno sobre a importância e as alternativas para a conservação dos recursos naturais na Universidade;
- (VII) incentivar a utilização de critérios de sustentabilidade em projetos de construção e recuperação de edifícios e áreas urbanizadas;
- (VIII) identificar, controlar, monitorar e reduzir emissões de efluentes e poluentes sólidos, líquidos e gasosos;
- (XIV) estimular pesquisas visando tecnologias inovadoras para ampliar a sustentabilidade da Universidade.

1.1 DESCRIÇÃO DO PROJETO

Na ocorrência de eventos chuvosos, o escoamento superficial gerado pelo telhado de uma edificação da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, seria direcionado para um jardim drenante através de suas calhas. O jardim drenante funcionaria como um filtro biológico, removendo grande parte da carga poluidora presente nas águas pluviais. Dessa maneira, águas com menor concentração de metais, matéria orgânica e sedimentos atingiriam o sistema de microdrenagem e, posteriormente, os corpos hídricos.

As águas utilizadas para abastecer o jardim seriam provenientes do escoamento superficial de um telhado de aproximadamente 340 m², conforme apresentado na **Figura 1**.



Desenvolvimento da Sustentabilidade na USP

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - Planta da Oficina Mecânica

Legenda:

 Área total do telhado (342,91 m²)

Escala:

1:100

Figura 1 – Telhado onde será feita captação das águas para abastecer o jardim drenante.

Para monitoramento do sistema serão realizadas medições de vazão e coletas de amostras de água para análise laboratorial na entrada e na saída do jardim drenante. Assim, será possível comparar a qualidade da água que entra no jardim drenante com a que sai do mesmo. Também será possível avaliar a capacidade do jardim no abatimento do escoamento superficial, ou seja, seu impacto na contenção de cheias.

Se a chuva real for mais intensa do que a utilizada para o projeto do jardim drenante, o volume excedente será diretamente direcionado para a rede de drenagem.

2. JUSTIFICATIVA

Os jardins drenantes, são medidas que utilizam a atividade biológica de plantas e microrganismos para remover os poluentes das águas pluviais, e contribuir para a infiltração e retenção dos volumes de água precipitados. Uma das configurações possíveis para o jardim drenante é apresentada na **Figura 2**.

Em geral, estas estruturas podem ser descritas como rasas depressões de terra, que recebem águas do escoamento superficial. Os fluxos de água se acumulam nas depressões formando pequenas poças, e gradualmente a água é infiltrada no solo. Os poluentes são removidos por adsorção, filtração, volatilização, troca de íons e decomposição. A água limpa pode ser infiltrada no terreno para recarga de aquífero ou coletada em um dreno e descarregada no sistema de microdrenagem. Assim, além de melhorar a qualidade das águas que chegam aos rios, o jardim drenante pode ajudar a reduzir o tamanho e custo do sistema de microdrenagem e integrar os recursos hídricos ao cenário urbano das cidades.

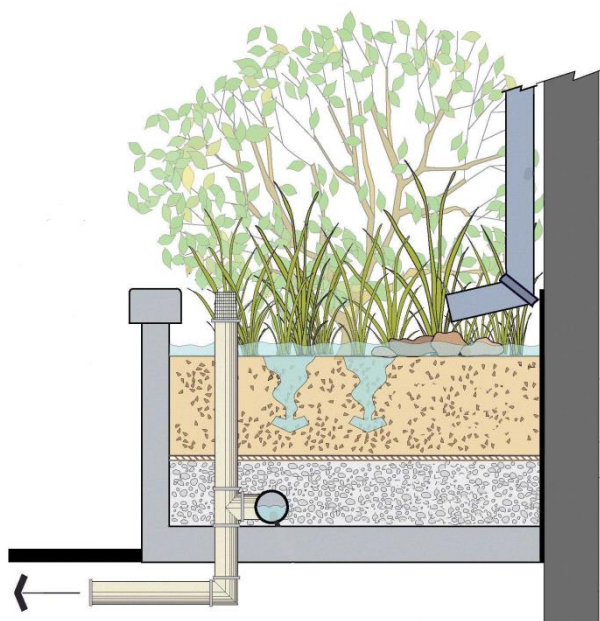


Figura 2 – Desenho esquemático de um jardim drenante

Apesar de serem amplamente utilizados em países Europeus, como Inglaterra (*UK – Rain Garden Guide*), Estados Unidos (*National Pollutant Discharge Elimination System - EPA*) e Austrália (*Water Sensitive Urban Design Program*); no Brasil, pouco se estudou a respeito destas medidas.

Sendo assim, este projeto contribuirá para que os jardins drenantes possam ser difundidos entre as práticas de drenagem adotadas no país, uma vez que prevê:

- O desenvolvimento de uma metodologia de projeto, uso e manutenção dos jardins drenantes;
- O monitoramento do funcionamento dos jardins drenantes, para que sejam estabelecidos indicadores de eficiência;
- O desenvolvimento de alternativas de projeto com custos mais baixos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste item serão apresentadas as etapas de desenvolvimento do projeto.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE COLETA DE ÁGUAS PLUVIAIS

O telhado em questão é composto de telhas de cimento amianto, dividido em 2 partes com dimensões de 5,00 x 32,35 metros e com inclinação de 30%.

A configuração do telhado está apresentada na **Figura 3**.

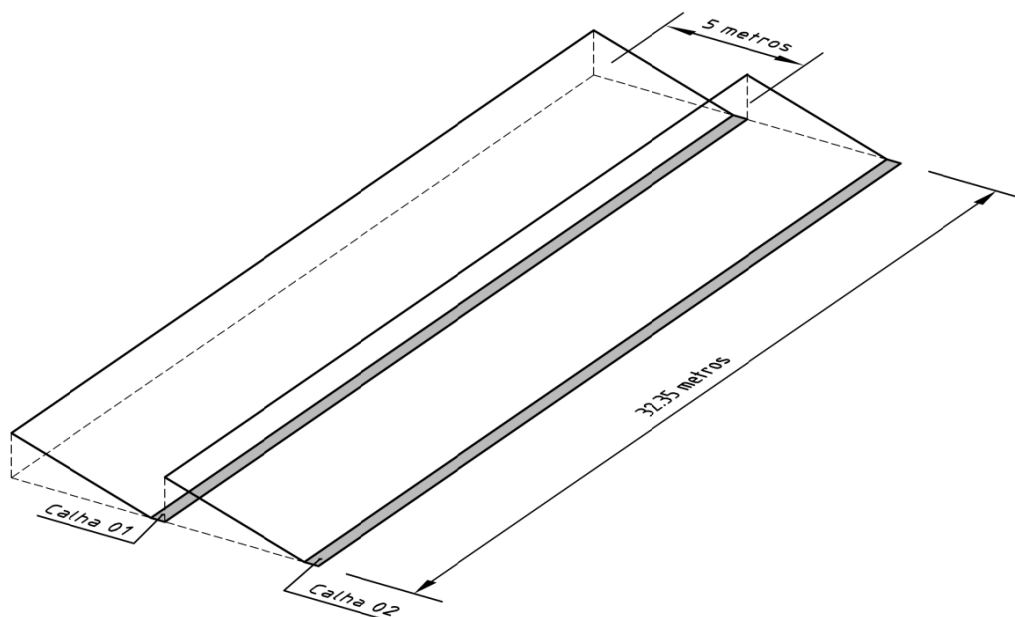


Figura 3 – Configuração do telhado

3.2 DIMENSIONAMENTO DO JARDIM DRENANTE

3.2.1 Determinação da vazão pelo Método Racional

O método racional é um método indireto que estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial. Este método deve ser aplicado somente em pequenas bacias ou áreas (menores do que 3 km²) ou quando o tempo de concentração é inferior a uma hora.

As principais hipóteses do método racional são:

- O tempo de concentração é igual à duração da chuva e
- A distribuição da chuva é uniforme por toda a área.

A fórmula deste método é:

$$V = \frac{C \cdot H \cdot A}{1000}$$

Onde:

V = Volume de projeto (m³);

C = Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

A = Área de contribuição (m²);

H = Altura média da chuva (mm).

Utilizando o método racional (1), obtém-se o volume gerado pelo escoamento do telhado e assim será possível realizar o dimensionamento das calhas do telhado e do jardim drenante.

3.2.2 Determinação das dimensões das calhas e condutores

O cálculo para o dimensionamento das calhas e condutores seguirá as recomendações da NBR 10.844 de 1989 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Essa norma fixa as exigências necessárias aos projetos das instalações prediais de drenagem de águas pluviais.

3.2.3 Determinação das dimensões do Jardim Drenante

De acordo com o Manual de Manejo de águas Pluviais da cidade de Portland, Oregon – EUA, a camada do reservatório deve ser composta de material de granulometria entre 30 e 19 milímetros (correspondente à Brita 01) e deve ter espessura de no mínimo 30,5 centímetros e no máximo 122 centímetros. O substrato para as plantas (mistura de areia, argila e composto orgânico) deve ter espessura de no mínimo 46 centímetros e entre o substrato e o reservatório deve existir uma camada de transição com espessura variando de 5 a 8 centímetros de material com granulometria entre 6 e 19 milímetros (correspondente à Brita 01 Fina e à Brita 0).

Assim, com os dados de volume, de permeabilidade do solo, porosidade do material que forma a camada de reservatório e de tempo de enchimento do reservatório, será determinada as dimensões do jardim drenante através do método *Presumptive Approach Calculator* (PAC). Esse método foi desenvolvido por técnicos da cidade de Portland (EUA) e é uma simplificação dos cálculos utilizados pelo *Storm Water Management Model* (SWMM), software de modelagem matemática hidrológica desenvolvido pela EPA (*Environmental Protection Agency*).

O PAC foi desenvolvido em linguagem VBA do Excel, para o projeto de estruturas de biorretenção, podendo ser utilizado para as seguintes análises:

- Dimensionamento de estruturas de infiltração com ou sem camada de reservatório;

- Avaliação de alternativas de estruturas com diferentes formas, tamanhos e profundidades;
- Balanço da área da estrutura com sua profundidade;
- Dimensionamento para controle de cheias, para pico de cheia conhecido;
- Dentre outros.

3.3 SISTEMA DE MONITORAMENTO

O sistema de monitoramento envolverá a caracterização da água que entra no jardim drenante e da que, após atravessá-lo, segue para a rede de drenagem. O monitoramento deve ser realizado por no mínimo 6 meses e deve cobrir uma parte do período seco e uma parte do período chuvoso.

A caracterização da água de chuva oriunda do escoamento superficial do telhado é feita através da análise de amostras coletadas das calhas verticais do telhado, imediatamente após o início da chuva.

Para a caracterização da água de chuva oriunda da infiltração pelo jardim drenante deverá ser construída uma caixa para coleta do escoamento subsuperficial, dotada de um medidor de nível e um vertedouro triangular para a medição da vazão de saída, conforme ilustrado na **Figura 4**.

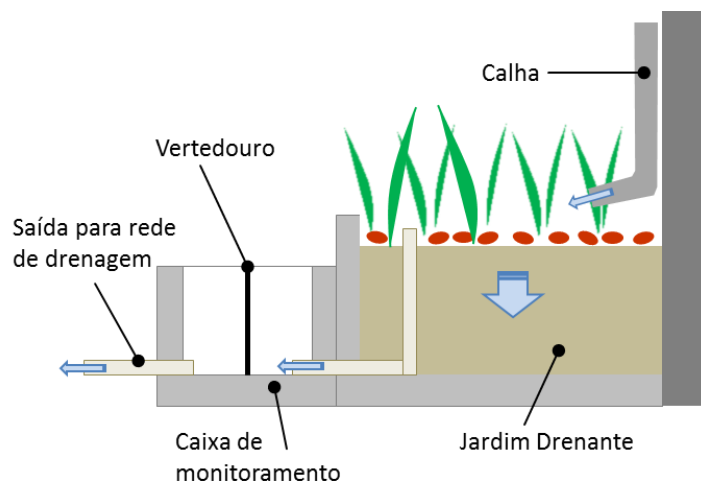


Figura 4 – Desenho esquemático de um jardim drenante com sistema de monitoramento

As amostras coletadas serão encaminhadas para laboratório para a realização das análises físicas, físico-químicas e biológicas (DBO, DQO, COT, Cor, Turbidez, Coliformes

Termotolerantes, pH, Alcalinidade, Dureza, Série de sólidos, Série de Nitrogênio, Série de fósforo e Óleos e Graxas) .

3.4 OBRAS DE ADEQUAÇÃO DO TELHADO

O telhado em questão encontra-se inadequado para esta pesquisa, pois algumas de suas telhas encontram-se muito degradadas. Dessa maneira, sua substituição deverá ser realizada. Também deverão ser readequadas as calhas horizontais e verticais do telhado para que o escoamento seja direcionado para o jardim e para que possam ser instalados dispositivos para a coleta de amostras de água.

4. RESULTADOS

4.1 AVALIAÇÃO E DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS

Para avaliação do desempenho do jardim drenante serão feitas medições das concentrações de poluentes das águas pluviais que chegam ao telhado, medições das concentrações de poluentes das águas pluviais que chegam a rede de drenagem após sua passagem pela estrutura e medições de nível da linha d'água para cálculo das vazões. Com os resultados das medições será possível obter a porcentagem de remoção desses poluentes e quantificar o abatimento das vazões afluentes. Finalmente, utilizando estes dados em modelos hidrológicos, será possível simular os efeitos da implantação de um ou mais jardins em qualquer localidade do campus.

Os resultados serão divulgados por meio da sua disponibilização no website da FCTH e pela publicação de artigos para Congressos.

4.2 RESULTADOS ESPERADOS

A porcentagem de remoção depende de diversos fatores, como: geometria, tipo de solo utilizado, tipo de plantas utilizadas, intensidade de chuva, latitude e uso do solo. Assim, pode-se dizer que é difícil prever os resultados advindos deste experimento. Alguns resultados de estudos conduzidos internacionalmente são mostrados na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Efetividade de remoção de poluentes do jardim drenante

Poluente	Remoção de Poluentes (Maryland)	Remoção de Poluentes (Davis et al., 1997)
Cobre	43% - 97%	95%
Chumbo	70% - 95%	-
Zinco	64% - 95%	-
Fósforo	65% - 87%	98%
Nitrogênio Kjeldahl Total	52% - 67%	50%
Amônia	92%	-
Nitrato	16%	20%
Nitrogênio Total	49%	-
Cálcio	27%	-

Fonte: EPA – Environmental Protection Agency U.S.A.

Mesmo com as particularidades de cada jardim drenante, nos Estados Unidos, foi realizada uma compilação de análises realizadas em diversos jardins drenantes, por todo o país. O desempenho medido é apresentado na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Efetividade de remoção de poluentes do jardim drenante nos Estados Unidos

Poluente	Remoção Média de Poluentes	Remoção Máxima de Poluentes	Remoção Mínima de Poluentes
Sólidos em Suspensão Totais (SST)	59%	98%	0
Fósforo Total	5%	65%	0
Fósforo Solúvel	0	69%	0
Nitrogênio Total	46%	61%	0
Nitrito e Nitrato	43%	76%	0
Cobre	81%	99%	9%
Zinco	79%	98%	91%

Fonte: Center for Watershed Protection, 2007.

Assim, espera-se que o jardim drenante remova significativas quantidades de matéria orgânica, amônia e metais pesados.

5. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

ATIVIDADE	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Avaliação do telhado e da área para construção do jardim drenante	■											
Dimensionamento do jardim drenante	■	■										
Projeto paisagístico do jardim drenante	■	■										
Adequação do telhado e das calhas			■	■								
Construção do jardim drenante			■	■	■	■						
Implantação do sistema de monitoramento					■	■						
Coleta e análise das amostras							■	■	■	■	■	■

6. ORÇAMENTO

ATIVIDADE	CUSTO (R\$)
Materiais de consumo para construção do jardim drenante e do sistema de monitoramento	16.000,00
Adequação do telhado e das calhas	20.000,00
Serviços de terceiros	10.000,00
Bolsa de estudo (8 x R\$ 500,00)	4.000,00
TOTAL	50.000,00

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAY, B.; GEDGE, D.; GRANT, G.; LEUTHVILAY, L. Rain Garden Guide. Disponível em: <http://raingardens.info/wp-content/uploads/2012/07/UK-Rain-Garden-Guide.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2013.

NATIONAL POLLUTANT DISCHARGE ELIMINATION SYSTEM (NPDES). Bioretention (Rain Gardens). Disponível em: http://cfpub.epa.gov/npdes/stormwater/menuofbmps/index.cfm?action=factsheet_results&view=specific&bmp=72. Acesso em: 22 de abril de 2013

WATER SENSITIVE URBAN DESIGN PROGRAM (WSUD). Landcom Case Studies Book 3. Disponível em: <http://www.wsud.org/resources-examples/case-studies/landcom-case-studies-book-3/>. Acesso em: 22 de abril de 2013.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 4ª Edição. São Paulo: Navegar Editora, 2011. 208 p.

MARTINEZ JUNIOR, F.; MAGNI, N. L. G. Equações de chuvas intensas do Estado de São Paulo. Convênio Departamento de Águas e Energia Elétrica e Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999. 125 p.

PORTLAND'S BUREAU OF ENVIRONMENTAL SERVICES. Stormwater Management Manual – Chapter 2. Disponível em: <http://www.portlandoregon.gov/bes/47952>. Acesso em: 22 de abril de 2013.

PORTLAND'S BUREAU OF ENVIRONMENTAL SERVICES. Stormwater Management Manual – Presumptive Approach Calculator. Disponível em: <http://www.portlandoregon.gov/bes/47958>. Acesso em: 02 de maio de 2013.

URBONAS, B.; STAHERE, P. Stormwater: Best Management Practices and Detention for Water Quality. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 450 p.

CENTER FOR WATERSHED PROTECTION. National Pollutant Removal Performance Database: Version 3. Disponível em: <http://www.stormwaterok.net/CWP%20Documents/CWP-07%20Natl%20Pollutant%20Removal%20Perform%20Database.pdf>. Acesso em: 23 de abril de 2013.