

## **Infraestrutura verde: mecanismos sustentáveis de drenagem urbana**

### *Green Infrastructure: sustainable mechanisms to urban drainage*

**Bruna Calabria Diniz, acadêmica de Engenharia Civil, UNIJUÍ**

bbrunadiniz@hotmail.com

**Adriéli Raquéil da Silva Rader, acadêmica de Engenharia Civil, UNIJUÍ.**

adri\_rader@hotmail.com

**Gabriela Pires da Silva, acadêmica de Engenharia Civil, UNIJUÍ.**

gabrielapires@outlook.com

**Rafael Soares, acadêmico de Engenharia Civil, UNIJUÍ.**

rafael\_soaresrs@hotmail.com

**Giuliano Crauss Daronco, Dr. em Recursos Hídricos e Saneamento, Docente da UNIJUÍ.**

giulianodaronco@gmail.com

### **Resumo**

O processo de urbanização fez com que as áreas de solo permeáveis fossem gradativamente diminuídas devido ao aumento das obras da construção civil. A drenagem urbana, antes idealizada por projetos que não visavam a sustentabilidade, passou a não comportar a demanda das cidades com o passar dos anos. Desse modo, tornou-se necessário incorporar aos projetos de saneamento básico, mais especificamente de drenagem pluvial urbana, novos mecanismos que visassem a integração do meio ambiente com as necessidades do meio urbano. Esse artigo visa apresentar mecanismos passíveis de serem aplicados em projetos de drenagem urbana utilizando o solo e vegetação como principais recursos para conciliar a sustentabilidade, conforto e segurança para habitantes dos centros urbanos. A metodologia utilizada para elaboração da pesquisa foi a revisão bibliográfica, objetivando apresentar uma série de elementos passíveis de serem utilizados no ambiente urbano com a finalidade de melhorar sua drenagem. Salienta-se que, para que tais concepções apresentadas na pesquisa sejam realmente postas em prática, são necessárias mudanças nas legislações vigentes, divulgação de projetos já executados para a população em geral, campanhas de conscientização e qualificação dos profissionais existentes no mercado.

**Palavras-chave:** sustentabilidade; infiltração da água; métodos alternativos; permeabilidade;

### **Abstract**

*The urbanization process made that permeable soil areas were gradually reduced due to the increase in civil construction. The urban drainage, once idealized by projects that did not aimed at sustainability, has not been able to meet the cities demand over the years. For this reason, it became necessary to introduce on the basic sanitation projects, more specifically in the urban storm drainage system, new mechanisms that aimed the integration between the environment with the urban environment needs. This article will present mechanisms that can be applied in urban drainage projects by using soil and vegetation as the main resources to conciliate sustainability, comfort and safety for citizens in the urban area. The methodology used to elaborate the research was the bibliographical review, aiming to present a series of elements that can be used in the urban environment in order to improve drainage. However, for such conceptions to be really put into practice, changes in existing legislation are necessary, dissemination of projects already done for the general population, awareness campaigns and qualification of the existing professionals in the market.*

**Keywords:** *sustainability; water infiltration; alternative methods; permeability.*

## **1. Introdução**

A pesquisa visa apresentar um grupo de técnicas passíveis de serem aplicadas no ambiente urbano para obtenção de melhorias na drenagem, principalmente em grandes centros. Buscou-se apresentar técnicas que fossem o mais sustentáveis possíveis, utilizando vegetação em seu conjunto.

Para Herzog e Rosa (2010, p. 6) infraestrutura verde consiste em: "redes multifuncionais de fragmentos permeáveis e vegetados, preferencialmente arborizados (inclui ruas e propriedades públicas e privadas), interconectados que reestruturam o mosaico da paisagem".

Nas áreas urbanas a alta taxa de impermeabilização dos solos, conseqüente canalização para escoamento das águas pluviais, contaminação das superfícies pelos resíduos sólidos gerados pela população e contaminação do ar fez com que o ciclo hidrológico sofresse fortes impactos (TUCCI, 2003). O autor conclui que graves problemas podem ser observados em países em desenvolvimento, aonde as obras de drenagem e urbanização são realizadas de maneira não sustentável. Além disso, Peiter e Poletto (2012) indicam que em decorrência da impermeabilização das superfícies houve um aumento do escoamento superficial, como resultado, a canalização destinada a realizar a drenagem urbana tornou-se ineficiente.

A incorporação de projetos de drenagem sustentável e infraestrutura verde em centros urbanos são de extrema importância para a minimização de impactos ambientais. Obter uma drenagem urbana eficiente e conciliá-la com benefícios ao meio ambiente é o que os centros urbanos precisam para minimizar maiores problemas futuros e agregar outros inúmeros benefícios à qualidade de vida de seus habitantes.

Na drenagem sustentável o escoamento da água pluvial em excesso ocorre por meio da infiltração da mesma no subsolo, através do armazenamento temporário - permitindo o reuso da água ou realizando posteriormente um descarte lento da mesma, após a precipitação - pela evapotranspiração e evaporação - transferindo parte da água precipitada para a atmosfera (DIAS e ANTUNES, 2010).

O foco principal da drenagem sustentável é acabar com os processos erosivos do solo, minimizar e prevenir as enchentes urbanas e perdas das atribuições das fontes de água (KOBAYASHI et al, 2008). Os autores apresentam algumas ações passíveis de serem aplicadas nesse tipo de drenagem a fim de que se obtenham bons resultados. Nisso incluem-se: gestão urbana (a drenagem sustentável passar a ser incluída nos planos diretores de cada cidade), proteção das fontes de água (evitando o desmatamento, erosões e assoreamento) e por fim a preservação dos recursos hídricos, mantendo-se a qualidade das águas subterrâneas e superficiais. É importante a ressalva da necessidade de constante manutenção dos métodos sustentáveis, para que os mesmos mantenham sua longevidade e bom funcionamento (BEUX; OTTONI, 2015).

## **2. Metodologia**

Através de pesquisa bibliográfica pertinente, buscou-se apresentar alguns mecanismos passíveis de serem aplicados a projetos de drenagem urbana sustentável. Buscou-se expor o funcionamento desses métodos, aonde e como podem ser aplicados. Além disso, através da presente pesquisa, procurou-se apresentar e disseminar as técnicas para que as mesmas obtenham maior visibilidade e possam ser amplamente utilizadas nos projetos de engenharia e arquitetura.

## **3. Desenvolvimento**

O alto tráfego de veículos e pessoas, além da presença de obras da construção civil, faz com que os solos urbanos sejam compactados. Além disso, há uma insuficiência ou inexistência de vegetação nas áreas urbanas fazendo com que a infiltração das águas pluviais seja reduzida (EMER, 2014). Almeida e Ferreira (2008) salientam a importância da vegetação nas áreas das bacias hidrográficas: interceptando parte da precipitação (principalmente em copas de árvores), infiltrando maior volume de água que escorreria superficialmente ocasionando erosões no solo ou desagregando-o, enchendo os cursos d'água de sedimentos e dificultando o escoamento fluvial.

A pesquisa apresenta a seguir métodos não convencionais de drenagem urbana que conciliam outros benefícios ao ar, água e solo dos centros urbanos. A importância de aplicá-los consiste basicamente em projetar as cidades garantindo com que parte do ciclo hidrológico não sofra drásticas mudanças, impactando positivamente na qualidade de vida da população.

### 3.1. Bio-retenção

A bio-retenção (ou jardins de chuva) é um método que realiza o tratamento das águas pluviais através de um solo preparado para receber vegetação e com materiais que estejam dentro de uma depressão rasa filtrando o escoamento (SOUZA, 2005). Nesse sistema podem ser aplicados compostos ou outros insumos que aumentem a porosidade do solo, enquanto outros microrganismos e vegetação nele aplicados fazem a remoção de poluentes (CORMIER e PELLEGRINO, 2008). A figura 01 apresenta um exemplo de bio-retenção e esquema de funcionamento.

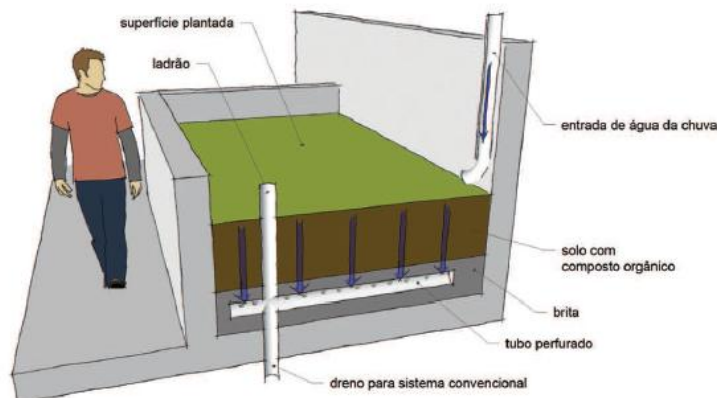


**Figura 01: exemplo de bio-retenção.**

**Fonte: Cormier e Pellegrino (2008, p. 128).**

O método combina filtragem física e adsorção por processos biológicos, estimulando interceptação, infiltração, deposição de partículas e sólidos suspensos, evaporação, absorção, transpiração, evapotranspiração, assimilação de poluentes, nitrificação, desnitrificação, volatilização, atenuação termal, degradação de componentes químicos e decomposição (SOUZA, 2015, p. 35).

Existem os canteiros pluviais que tem basicamente a mesma função da bio-retenção, porém estão inseridos em espaços menores, conforme apresenta a figura 02. Esses canteiros também podem receber águas providas das coberturas das edificações (CORMIER e PELLEGRINO, 2008).



**Figura 02: esquema de um canteiro pluvial sem infiltração.**

**Fonte: Cormier e Pellegrino (2008, p.131).**

Essa tipologia também pode dispensar a infiltração da água no solo, realizando apenas os processos de evaporação e evapotranspiração (BONZI, 2015). É passível de ser aplicada em locais nos quais se deseja evitar processos erosivos e deslizamentos, aonde é necessário realizar o manejo do escoamento superficial.



**Figura 03: esquema de um canteiro pluvial com infiltração.**

**Fonte: Bonzi (2015, p.109).**

### 3.2. Telhados verdes

Esse sistema trata-se de um reservatório de drenagem. Seu topo é composto por uma cobertura vegetal fixada em solo com composto orgânico e areia (CORMIER e PELLEGRINO, 2008). Quanto a sua tipologia Tassi et al (2014) apresentam que os telhados verdes podem ser classificados em dois tipos: extensivos (coberturas leves com pouca profundidade de solo -cerca de 5 a 15cm) e intensivos (com profundidade do solo de 15 a 90cm). De um modo geral, os autores apresentam que os telhados do tipo intensivos são os mais indicados para o controle do escoamento pluvial, devido a sua capacidade de reterem mais água. No caso de telhados extensivos, a cobertura vegetal mais indicada são plantas de pequeno porte como sedos e gramíneas; já em telhados intensivos pode-se utilizar plantas de maior porte, como por exemplo, herbáceas ou arbustos (CORMIER e PELLEGRINO) .

Nesse sistema, alguns pontos positivos podem ser observados, Kobayashi *et al*(2008) apresenta a ocorrência de um atraso do deflúvio superficial direto, como também benefício acústico para a edificação, que passa a ter uma diminuição dos níveis de ruídos vindos do exterior. Os autores apresentam que como pontos negativos ocorrem aumento de carga na estrutura e alto custo de manutenção e instalação.

A estrutura do telhado verde é composta pelas seguintes camadas: vegetação (responsável pela interceptação, evapotranspiração e retenção de água), substrato (camada de solo que fixa a vegetação e armazena água), geotêxtil (filtro que evita a entrada de solo para o dreno), camada de drenagem (responsável pela detenção de parte da água pluvial), camada protetora (fornece proteção à membrana de impermeabilização), impermeabilização (protege a estrutura do contato com a água) e estrutura do telhado (tem a função de suportar a carga total do sistema)(PENNSYLVANIA, 2006).





**Figura 04: exemplo de telhado verde.**

**Fonte: Kobayashi *et al* (2008, p.5).**

### **3.3. Trincheira de infiltração**

Trincheiras de infiltração são mecanismos com função de armazenamento de águas pluviais até que ocorra sua infiltração no solo; eles são compostos por valetas preenchidas com material granular de porosidade de aproximadamente 40%, envolvido com filtro geotêxtil (DIAS e ANTUNES, 2010). Segundo as autoras, esse tipo de mecanismo permite a minoração da vazão de enchente máxima, reduzindo suas possíveis consequências.

Elas também podem ser utilizadas para ligar condutores verticais de águas pluviais das edificações, desde que em cada um deles seja aplicado um filtro (para que não sejam transportados sedimentos para a trincheira) (PENNSYLVANIA, 2006). Existe uma variação desse dispositivo chamada “trincheira de retenção”, cuja função é levar a água captada para uma determinada saída. Essa variante é utilizada quando se dispõe de solos pouco permeáveis (SILVEIRA, 2002).

Silveira (2002) ainda apresenta que as paredes e o topo da trincheira devem ser revestidos com filtro geotêxtil, a fim de evitar a entrada de finos para dentro do sistema. Quanto ao preenchimento da trincheira de infiltração, pesquisas realizadas por Peiter e Poletto (2012) indicam que os agregados que proporcionam melhor infiltração de água (respectivamente) são: rachão, pedra de argila, pedra britada e pedrisco.

O manual do estado da Pensilvânia - Estados Unidos, lançado em 2006, traz algumas recomendações quanto a realização do projeto e execução das trincheiras de infiltração: investigar a capacidade de infiltração do solo do local, nivelar o fundo da trincheira e não projetar a mesma com inclinação menor do que 1% e instalar uma tubulação contínua em toda trincheira para permitir que os fluxos elevados de água sejam transportados. Essa tubulação deverá ter acessos em seu início, fim e intervalos apropriados que permitam a entrada ao interior da mesma para eventuais limpezas.



**Figura 05: execução de uma trincheira de infiltração.**

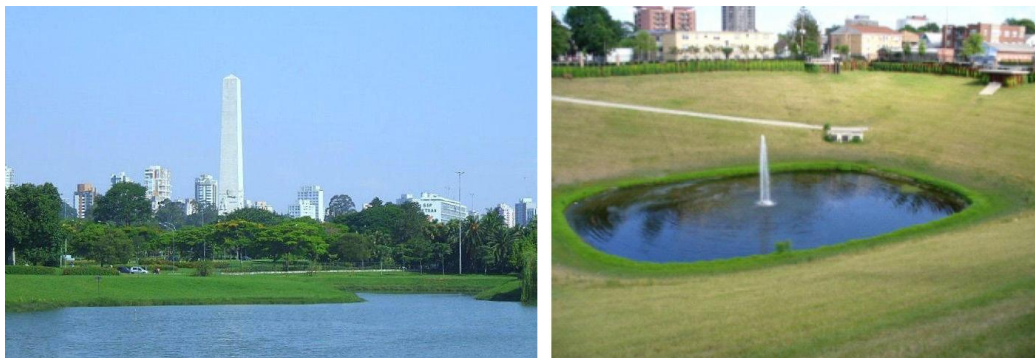
**Fonte: Pennsylvania (2006, p.45).**

### **3.4. Bacias de retenção**

Silveira (2002) conceitua bacia de retenção como reservatório com água permanente onde ocorre armazenamento temporário e infiltração das águas pluviais da área contribuinte da bacia. O autor esclarece que como efeito desse sistema aconteça diminuição e atraso do escoamento pluvial das áreas impermeabilizadas.

Entre os benefícios adquiridos por esse tipo de sistema, podem ser observadas melhorias recreativas, ganhos estéticos no local de aplicação, atraso do deflúvio superficial direto, controle de grandes áreas de drenagem, valorização dos terrenos próximos, etc. (KOBAYASHI et al, 2008). A técnica possibilita melhorias na qualidade do ar, aumentando sua umidade devido à evaporação e evapotranspiração, assim como geram ambientes necessários à fauna e flora (BONZI, 2015). Para o autor, essa tipologia é indicada para depressões, aonde já ocorre acúmulo de água naturalmente.

Kobayashi et al (2008) salienta alguns aspectos negativos quanto a implantação das bacias de retenção. Os autores observam que existem custos elevados de manutenção, possibilidade de crescimento intenso de algas, sedimentação no reservatório e proliferação de mosquitos.



**Figura 06: exemplo de bacia de retenção.**

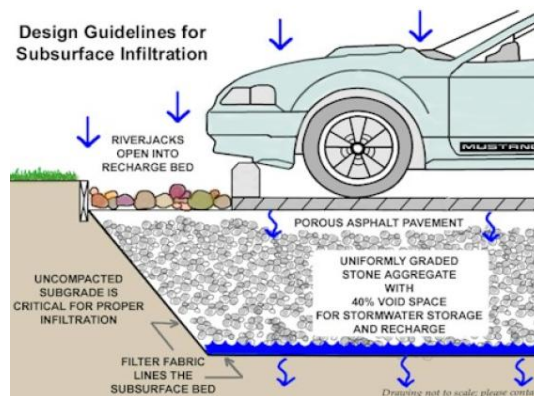
**Fonte: Kobayashi et al (2008, p.14).**

### 3.5. Pavimentos permeáveis

Esse sistema proporciona a infiltração das águas pluviais e por consequência a recarga do lençol freático. Todavia, dependendo do tipo de solo abaixo desse pavimento -caso seja muito compactado- poderá ter sua capacidade de infiltração reduzida (KOBAYASHI et al, 2008). Alguns estudos tem demonstrado que esses sistemas são eficientes na redução de contaminantes como: sólidos, metais, óleo e graxas; o que os torna indicados a serem aplicáveis em estacionamentos (PENNSYLVANIA, 2006).

Podem ser constituídos por blocos vazados, concreto ou asfalto. No caso de ser de concreto ou asfalto, o material fino é retirado da composição granulométrica da mistura, sendo essa sua única diferença das misturas convencionais (TUCCI, 2005). O autor apresenta que alguns cuidados na construção desse sistema devem ser levados em consideração: em ruas de elevado tráfego de veículos o pavimento pode ser deformado ou entupido; os pavimentos deverão ser construídos cerca de 1,20 metros do lençol freático do período chuvoso; sua base deverá ser drenada com canos perfurados, etc.

Pennsylvania (2006) indica que o leito de materiais granulares abaixo do pavimento deverá ter um volume de vazios de pelo menos 40%. O manual prescreve que um geotêxtil deverá ser incluído no sistema, a fim de separar os materiais granulares do leito do solo subjacente impedindo a entrada de finos no sistema e posterior entupimento. Tucci (2005) salienta a viabilidade do sistema para solos com capacidade de infiltração superior a 7mm/h. Além disso, enfatiza que a combinação percentual do solo que receberá o sistema não deverá ser superior a 30% de argila, 40% de silte e argila (combinados).



**Figura 07: esquema do pavimento permeável.**

**Fonte: Pennsylvania (2006, p.16).**

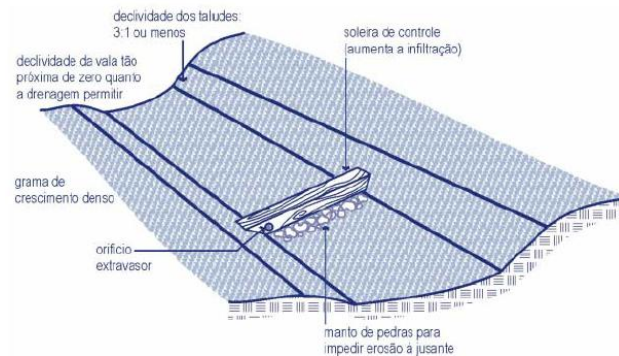
### 3.6. Valas de infiltração

Tucci (2005) apresenta que esses são dispositivos de drenagem lateral, que podem ser aplicados em paralelo a estradas, ruas, conjuntos habitacionais, etc. Esse sistema concentra determinado fluxo de uma área para qual foi projetado e proporciona a infiltração da água



ao longo de seu comprimento. O funcionamento do dispositivo tem por base um reservatório de retenção, aonde a capacidade de infiltração é inferior à drenagem que escoo para o valo.

Na vala podem ser incorporadas pequenas barragens a fim de retardar o fluxo da água de modo a favorecer a infiltração da mesma no solo (SILVEIRA, 2002). A utilização dessa estrutura somente é viável em terrenos com solo permeável, Beux e Ottoni (2015) evidenciam a necessidade do nível médio do lençol freático ser inferior ao fundo da vala.



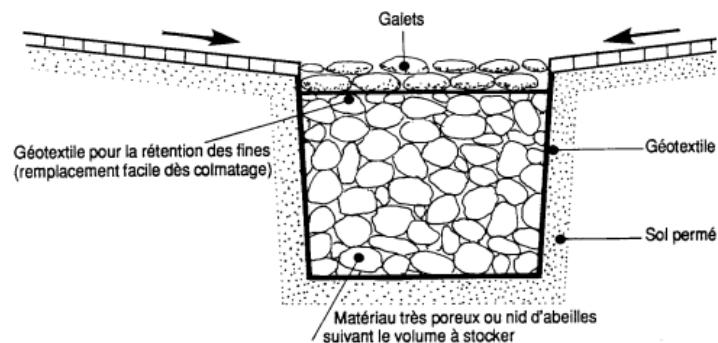
**Figura 08: vala de infiltração.**

**Fonte: SUDERHSA (2002, p.51).**

### 3.7. Poço de infiltração

Os poços de infiltração são dispositivos pontuais que permitem a evacuação do escoamento superficial para dentro do solo. Construtivamente podem estar estruturados por um preenchimento com brita (meio poroso) ou por um revestimento estrutural fixando a parede interna e possibilitando o interior vazio (SILVEIRA, 2002, p. 42).

A principal aplicação desse sistema é no controle das águas pluviais provenientes das coberturas das edificações (BEUX e OTTONI, 2015). Quando a camada superficial de solo é pouco permeável, há a possibilidade de escavar até encontrar uma camada de solo permeável para implantar o sistema (SUDERHSA, 2002).



**Figura 09: poço de infiltração preenchido com brita.**

**Fonte: Silveira (2002, p. 42).**

### 3.8. Faixas gramadas

Esse mecanismo tem efeito de desacelerar o escoamento laminar- embora não reduza grandemente seu pico- proveniente das superfícies impermeáveis. No caso da macrodrenagem, ela funciona como ponto de saída para enchentes. Atuam como filtro de poluentes e outras partículas (SUDERHSA, 2002).

Quanto à infraestrutura urbana, a aplicação de faixas permeáveis nos passeios públicos forma uma estratégia para o aumento da infiltração da água no solo, melhoria na qualidade do ar e embelezamento das áreas urbanas (EMER, 2014). A arborização das cidades além de ser de suma importância para o ciclo hidrológico propicia: o melhoramento do conforto térmico (absorvendo o calor diurno e liberando o noturno), melhorias na qualidade do ar (na umidade e poluição) e ameniza a poluição sonora (ALMEIDA e FERREIRA, 2008). Silveira (2002) evidencia a função dessas faixas em fornecer uma área de escape para enchentes, tendo como efeito a atenuação de cheias, proporcionando áreas de infiltração de contribuição lateral.



**Figura 10: faixas permeáveis em passeios públicos.**

**Fonte: Decoração e Projetos (2012).**

## 4. Considerações finais

Com o propósito de mitigar os efeitos causados pela crescente urbanização e consequente impermeabilização dos solos, atitudes providas do poder público, população e profissionais da área, são necessárias. Mudanças nos códigos de obra de cada município ou criação de leis que abranjam tais métodos são indispensáveis, além de prever um aumento das áreas permeáveis obrigatórias para cada terreno. Além disso, uma fiscalização eficiente que controle se as áreas permeáveis realmente condizem com o mínimo previsto por lei/código de obras é de suma importância para a eficácia do sistema.

A conscientização da população quanto à necessidade de periódica manutenção dos sistemas e implantação dos mesmos são essenciais. Com essa intenção podem ser criadas cartilhas por órgãos municipais abrangendo a sustentabilidade envolvendo a drenagem urbana, além de campanhas de maior escala para divulgação do tema para a população em geral.

A qualificação e atualização dos profissionais existentes no mercado são fundamentais para que tais dispositivos sejam implantados nos projetos de drenagem urbana. Todavia, tal

assunto deve começar a ser explorado com maior ênfase também durante o período acadêmico.

## Referências

ALMEIDA, Rodrigo Braga de; FERREIRA, Osmar Mendes. **Calçadas Ecológicas: construção e benefícios socioambientais**. Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental. Goiânia: PROPE. PUC, jun.2008. 28p.

BEUX, Fernanda Christiane; OTTONI, Adacto Benedicto. Métodos alternativos de drenagem a partir da retenção e infiltração das águas de chuva no solo, visando a redução das enchentes urbanas. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, Tupã, v. 03, n. 17, p. 1-13, 2015.

BONZI, Ramón Stock. **Andar sobre Água Preta: a aplicação da Infraestrutura Verde em áreas densamente urbanizadas**. 2015. 159 p. Dissertação (Mestrado: Paisagem e Ambiente) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

CORMIER, Nathaniel S; PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita. Infraestrutura verde: Uma estratégia paisagística para a água urbana. **Paisagem Ambiente: Ensaios**, São Paulo, n. 25, p. 125-142, 2008.

DECORAÇÃOEPROJETOS. Calçadas com Grama, 2012. Disponível em: <<http://www.decoracaoeobjetos.com.br/fotos-de-calcadas-com-grama/>>. Acesso em: 15/11/2016.

DIAS, Fernanda Spitz; ANTUNES, Patricia Tainá da Silva Correa. **Estudo comparativo de projeto de drenagem convencional e sustentável para controle de escoamento superficial em ambientes urbanos**. 2010. 98 f. Projeto (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

EMER, Aquélis Armiliato. **Utilização da área livre de pavimentação nas calçadas para ornamentação visando benefícios ambientais**. 2014. 122 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

PEITER, Thiago Veronez; POLETO, Cristiano. Estudos dos efeitos de trincheiras de infiltração sobre o escoamento superficial. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 14, n. 2, p. 57-67, 2012.

PENNSYLVANIA - **Stormwater Best Management practices manual**. Chapter 6: Structural BMPs. Dez. 2006.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da. **DRENAGEM URBANA: Aspectos de Gestão**. 1 ed. Posto Alegre: IPH, UFRGS, 2002. 70 p.

SOUZA, Christopher Freire. **Mecanismos técnico-institucionais para a sustentabilidade da drenagem urbana**. 2005. Dissertação (Mestrado em Recursos

Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SUDERHSA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná. **MANUAL DE DRENAGEM URBANA: Região Metropolitana de Curitiba- PR.** 1. Ed. Curitiba, 2002, 150 p.

TASSI, Rutinéia; TASSINARI, Lucas Camargo da Silva; PICCILLI, Daniel Gustavo Allasia; PERSCH, Cristiano Gabriel. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, jan./mar. 2014.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; Drenagem Urbana. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, n. 4, Out./Dez. 2003. Disponível em: <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252003000400020](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400020)>.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Gestão das Inundações Urbanas. 2005.

KOBAYASHI, Fabiana; FAGGION, Flávio H. M.; BOSCO, Lara M. Del; CHIRINÉA, Maria Leticia B.. **Drenagem Urbana Sustentável**. São Paulo: USP, 16 p., 2008.

HERZOG, Cecília Polacow; ROSA, Lourdes Zunino. Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista LABVERDE: FAUUSP**, São Paulo, n. 1, out. 2010. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/61281>>.