

**IX-094 - PROPOSTA DE UM SISTEMA DE MICRODRENAGEM COM
JARDINS DRENANTES. ESTUDO DE CASO –
UNIVERSIDADE POSITIVO-CURITIBA-PR**

Angela Lara

Engenheira Civil pela Universidade Positivo .

Patrícia Barboza

Engenheira Civil pela Universidade Positivo .

Silvana Louro Lacerda

Engenheira Civil pela Universidade Positivo .

Elaine Nunes Jordan

Engenheira Cartógrafa pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Ciências Geodésicas pela Universidade Federal do Paraná. Professora Adjunta da Universidade Positivo

Selma Aparecida Cubas⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. Professora Adjunta da Universidade Federal do Paraná.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia - Departamento de Hidráulica e Saneamento. ACF Centro Politécnico – Jardim das Américas – Curitiba - PR – CEP: 81531-980 - Brasil - Tel: +55 (41) 3361-3435 - e-mail: selmacubas@gmail.com / selmacubas.dhs@ufpr.br

RESUMO

O crescimento desordenado das cidades vem sendo uma das principais causas de enchentes e alagamentos, pois com a impermeabilização do solo, diminui-se a infiltração destes volumes e desta forma os sistemas de drenagens convencionais não suportam a vazão de pico e acabam extravasando estes volumes para os locais mais suscetíveis. Desta forma, drenagens sustentáveis estão sendo cada vez mais estudadas e empregadas nos mais diversos locais, como ruas, parques, praças e residências, pois além de contribuírem com a diminuição da vazão de pico e da poluição das águas que reabastecem os aquíferos, são de baixo custo de implantação e manutenção além de possuir apelo paisagístico, como é o caso dos jardins drenantes. A metodologia aplicada para realização desta pesquisa é do tipo quali quantitativa e de estudo de caso, com objetivo de avaliar a aplicação de jardins drenantes como um sistema de drenagem urbana alternativo que possa ser inserido no contexto paisagístico das cidades e ainda desenvolver, para uma área sujeita a alagamentos no Campus da Universidade Positivo, um projeto executivo de jardim drenante e um protótipo didático. Utilizou-se a metodologia de definição de camadas do Projeto de Oregon (USA), Método Racional e a Equação de Parigot para Curitiba para realizar os dimensionamentos. Para o projeto executivo foi proposto um jardim drenante de 15,45m² com profundidade de 30 cm, onde os excessos das águas serão encaminhados para o sistema de microdrenagem por gravidade e as camadas drenantes serão compostas por brita 2, areia média e camada de cascalho branco e casca de pinus. As plantas selecionadas para sua composição serão a Zantedeschia (Lírio do Nilo, Copo de Leite) e a Strelitzia reginae (Ave do Paraíso). O Protótipo didático foi dimensionado por metro quadrado de área, respeitando e evidenciando as camadas drenantes do projeto executivo, desta forma, este possui 1 m² de base e altura de 70 cm, construído em vidro 8 mm, com capacidade de 120 litros de armazenamento, sobre uma base com rodinhas de silicone para facilitar a movimentação. No estudo realizado na Universidade Positivo, evidenciou-se que a implantação do jardim diminuirá a incidência de pontos de alagamentos nos locais visitados, trabalhando em conjunto com o paisagismo, sendo uma opção econômica e sustentável de drenagem urbana.

PALAVRAS-CHAVE: Enchentes e Alagamentos, Drenagem Sustentável, Jardins Drenantes.

INTRODUÇÃO

Desde o século XIX, as implantações das primeiras soluções de drenagem surgiram com a urbanização, pois neste período foram constatadas as primeiras enchentes e alagamentos, que pioraram no século XX em função da urbanização das cidades, onde o acúmulo de casas e consequentemente a impermeabilização do solo aumentaram o escoamento superficial (TUCCI *et al.*, 2004).

Com a urbanização, impactos ao meio ambiente, agravamento das enchentes e alagamentos começaram a fazer parte do dia-a-dia das cidades, ainda impera entre os projetistas a ideia de se escoar o volume das chuvas o mais rápido possível, porém esta alternativa apenas leva o problema para outro ponto.

No início, os projetos de drenagem convencionais eram obras de grande porte como barragens, diques e canais, com alto custo de implantação e manutenção, que resolviam problemas pontuais de uma região, porém acabavam transferindo estes volumes para outras áreas da cidade, assim foi perdendo a eficácia devido o desenvolvimento urbano e a falta de manutenção deste sistema tornou o problema da drenagem ainda mais grave (MIGUEZ *et al.*, 2016).

Os sistemas de drenagens nas cidades brasileiras, em grande parte, ainda é do tipo combinado, ou seja, recebem águas pluviais e esgoto, o que além de prejudicial ainda tem a questão de saúde pública como agravante. Existe uma grande quantidade de resíduos sólidos que acabam chegando às galerias, obstruindo as passagens e o sistema como um todo, o que se agrava pela falta de manutenção e de educação ambiental (CRUZ *et al.*, 2007).

Segundo Braga *et al.* (1998), os países em desenvolvimento, como o Brasil, têm problemas na infraestrutura dos recursos hídricos, onde a maioria dos sistemas de microdrenagem urbana, formado por meio fio, sarjeta, boca de lobo, condutores, galerias e canais, apenas captam as águas pluviais de precipitação, onde essa muitas vezes está contaminada com óleos provenientes da malha viária e resíduos de lixo, depositados nas vias e nas calçadas e sem nenhum tratamento essa água é lançada nos corpos hídricos.

Por fim, segundo Miguez *et al.* (2016), há grande necessidade de escoamento das águas de regiões impermeáveis, em contrapartida, o sistema de drenagem convencional tem se tornado impraticável, pois o mesmo apenas transfere o problema para outras regiões gerando custos altíssimos e inviabilizando os projetos de melhorias dos municípios

Os sistemas de drenagem convencionais são divididos em micro e macrodrenagem, sendo a microdrenagem responsável por captar e conduzir as águas de escoamentos superficiais por meio de bocas de lobo, sarjetas, canaletas, poços de visita e galerias, destinando estes volumes até os canais das redes de macrodrenagem que se encarregam de conduzi-los até os corpos hídricos (TUCCI *et al.*, 2007).

Curitiba, assim como outras cidades do Brasil, sofre com alagamentos e enchentes repentinas, quando grandes volumes de chuvas ultrapassam a vazão de pico suportada pelos sistemas de drenagens convencionais e acabam inundando as áreas localizadas em cotas mais baixas. Na região central de Curitiba existem muitos pontos de alagamentos, onde há rios canalizados e poucas áreas permeáveis, desta forma, existe a necessidade de se implantar sistemas mais eficientes de drenagem e com um conceito inovador, a sustentabilidade.

Nas últimas décadas foram desenvolvidos estudos sobre Drenagem Sustentável, que consiste em sistemas que visam diminuir o escoamento superficial através de pequenos componentes que controlam as águas pluviais com a retenção e infiltração destes volumes, aumentando o tempo de detenção e proporcionando a diminuição da velocidade dos escoamentos, desta forma a vazão de pico é reduzida diminuindo a incidência dos alagamentos (MIGUEZ *et al.*, 2016).

Segundo Tucci (2012), para atingir as metas de sustentabilidade vem sendo implantadas diversas técnicas e desenvolvidos diversos estudos sobre drenagem sustentável, por exemplo:

- Low Impact Development (LID, desenvolvimento de baixo impacto);
- Water Sensitive Urban Design (WSUD, Projeto Urbano de Água Adequado);
- Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS, Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável).

O Low Impact Development (LID) é um sistema que visa à gestão e a utilização dos recursos naturais de maneira a diminuir os impactos no meio ambiente, por meio da busca das condições hidrológicas pré-existentes. O foco do projeto é analisar lotes individualmente, buscando a retenção das águas pluviais no local por mais tempo por meio da utilização de recursos naturais e de baixo custo (DAVIS, 2005).

O Water Sensitive Urban Design (WSUD) busca restabelecer o fluxo natural das águas da chuva, melhorar a qualidade e a quantidade da água, seus estudos estão mais avançados e aplicados na Austrália e podem servir como modelo para o Brasil devido às circunstâncias climáticas serem equivalentes (POLETO, 2011).

Os princípios do WSUD são: gerar o reaproveitamento de águas da chuva e criar ambientes urbanos sustentáveis, por meio da utilização dos pavimentos permeáveis, jardins de chuva, valas e poços de infiltração e sistemas de reaproveitamento de água da chuva para fins não potáveis (ACT GOVERNMENT, 2014; CORKERY *et al.*, 2004).

O Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) tem por objetivo amenizar o escoamento das águas na superfície e, por consequência, diminuir a poluição causada por detritos levados pelas águas das chuvas, erosão, alagamentos e enchentes. Essa condição é possível com a implantação de sistemas de infiltração e armazenamento, que permitem o retardo do escoamento, a diminuição do escoamento superficial e o tratamento das águas para aproveitamento de fins não potáveis (CIRIA, 2015).

Um dos primeiros projetos sustentáveis, SUDS, implantado em larga escala, foi no distrito de Augustenborg na Dinamarca na década de 90. Foi constituído de canais de escoamento das águas pluviais, pavimentos permeáveis, Jardins Drenantes e telhados verdes, o que tornou Augustenborg um referencial de reestruturação do sistema de drenagem urbano (POLETO, 2011).

Segundo o mesmo autor, o Sistema de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS – Sustainable Urban Drainage Systems) são soluções de baixo custo de implantação e impactos ambientais, como as Faixas de Infiltração, Valas de Infiltração, Bacias de Infiltração, Pavimentos Drenantes, Telhados Verdes e os Jardins Drenantes, também conhecidos como Jardins de Chuva (Rain Garden) ou Bioretentores.

Segundo Drummond *et al.* (2015), os Jardins Drenantes possuem diversos benefícios, por exemplo, o aumento da infiltração e filtração das águas que abastecem os aquíferos regionais diminuindo a poluição, pois sua estrutura funciona como um filtro, retendo os poluentes e evitando o transporte dos mesmos até os corpos hídricos, contribuem também para a diminuição das ilhas de calor nas cidades e o aumento da biodiversidade urbana.

Uma das vantagens em se construir Jardins Drenantes está na filtragem de óleos, graxas e outros poluentes que estejam sobre a superfície de ruas e calçadas e que acabam nos corpos hídricos. Há também a filtração destas águas que abastecem os aquíferos contribuindo para sua manutenção, existe a infiltração dessa água, que poderá ficar em parte num reservatório para ser reutilizada e não ficarão paradas na superfície por muitos dias, evitando a reprodução de mosquitos, vetores de doenças (CARVALHO *et al.*, 2015).

Segundo Melo *et al.* (2014), os Jardins Drenantes necessitam de alguns cuidados como a escolha da vegetação a ser utilizada, pois estas precisam ser adaptadas ao clima e as condições de solos saturados ou com grandes períodos de estiagem da região, desta forma a vegetação nativa sempre será a escolha mais correta, outro cuidado está com o transporte de materiais de granulometria muito pequena, os chamados finos como a areia, silte e argila, que podem obstruir o sistema de drenagem.

Os Jardins Drenantes podem ser aplicados em ruas, praças, parques e residências, coletando os escoamentos das vias, calçadas e telhados, pois são de fácil manejo e proporcionam um ambiente agradável, agregando beleza e funcionalidade, bem aceitas pela população, sendo uma solução para a microdrenagem das cidades contribuindo com a diminuição dos pontos de alagamentos (TUCCI, 2007).

No Campus Ecoville foram observados pontos de alagamentos momentâneos que poderiam ser minimizados com a implantação de dispositivos de retenção e infiltração como os Jardins Drenantes. A Universidade Positivo preza por manter intactos vários locais do seu Campus, onde há bosques preservados e muitas áreas verdes e arborizadas, a implantação destes jardins pode auxiliar no controle dos volumes escoados superficialmente, além de acompanhar o conceito paisagístico. Desta forma, para o desenvolvimento deste

trabalho utilizou-se o Campus Ecoville da Universidade Positivo como local de estudo, devido à realização de visitas técnicas em intervalos sequenciais, assim como, a obtenção de dados e informações, construindo um projeto executivo de implantação que pode servir de exemplo para aplicação nas cidades e ainda avaliar a aplicação de Jardins Drenantes como sistema de drenagem urbana alternativa, podendo ser inserido no contexto paisagístico das cidades.

PARÂMETROS PARA O DIMENSIONAMENTO DE JARDINS DRENANTES

O dimensionamento de quaisquer unidades de drenagem inicia-se pela determinação da vazão a ser drenada ou vazão de projeto, que depende da intensidade, duração e frequência da chuva.

As metodologias empregadas para a determinação das vazões de projeto recaem a modelos probabilísticos e relacionados a um tempo de recorrência (T_r) pré-estabelecido, por se tratar de uma bacia urbana (FENDRICH *et al.*, 1997). O autor ainda cita que para pequenos intervalos de tempo, como minutos e horas, analisando os pluviogramas e pluviógrafos, pode-se estimar a intensidade das precipitações.

O coeficiente de escoamento superficial pode ser definido como sendo a razão do volume escoado pelo precipitado, depende do tipo de solo e da área (urbana ou rural) drenada (TOMAZ, 2013).

O tempo de duração de chuva expressa o tempo de concentração em função do tempo de escoamento superficial (Equação 1), que pode ser determinado por meio de diferentes métodos, por exemplo, o Califórnia Culverts Practice, geralmente aplicado para bacias maiores que 1km² e áreas rurais, relacionando o comprimento de talvegue e a diferença de cotas, (FENDRICH *et al.*, 1997).

$$tc = 57 \times L^{1,155} \times H^{-0,385} \quad (1)$$

Sendo:

tc = tempo de concentração (min); L = comprimento do talvegue (km); T = diferença de cotas entre a saída da bacia e o ponto mais alto do talvegue (m);

A intensidade de chuva é um valor médio no tempo e no espaço, ou seja, é uma relação entre duração e a frequência da chuva, que são obtidos em postos pluviométricos. Para cada região são estabelecidas equações para determinação da intensidade da chuva, em Curitiba a mais utilizada é a equação determinada pelo Professor Parigot de Souza na década de 60 (PINTO, 1976, MIGUEZ *et al.*, 2016).

Segundo Miguez *et al.* (2016) e Tomaz (2013), o método racional (Equação 2) foi apresentado pela primeira vez em 1851, por Mulvaney, estabelecido por hidrogramas unitários de forma triangular, onde o tempo de ascensão do pico é igual ao tempo de recessão e representado pelo tempo de concentração da bacia. Esse método é utilizado em pequenas bacias com dimensões menores de 5 km².

$$Q = \frac{C \times i \times A}{3,6} \quad (2)$$

Sendo:

Q = Vazão (m³/s); C = Coeficiente de escoamento superficial; A = Área da bacia, (km²); i = Intensidade da precipitação, (mm/h);

O manual de drenagem do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem- DNER apresenta alguns coeficientes de condutividade hidráulica (k) para o cálculo da permeabilidade do solo, utilizando a lei de Darcy, conforme apresentado na Tabela 1.

A lei de Darcy descreve o fluxo de um fluido em meio poroso, foi formulada com base em experimentos sobre o fluxo de água através de leitos de areia, ou seja, faz parte do estudo da permeabilidade dos fluidos, publicada em 1856.

Tabela 1: Coeficiente de condutividade hidráulica (m/s) para cálculo da permeabilidade do solo.

Cobertura superficial	Coeficiente de condutividade hidráulica (m/s)
Brita 5	1
Brita 4	0,6
Brita 3	0,45
Brita 2	0,25
Brita 1	0,15
Brita 0	0,05
Areia Grossa	0,001
Areia Fina	0,00001
Silte	1×10^7
Argila	1×10^{10}

Fonte: Manual de drenagem do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem- DNER (1990).

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia aplicada para realização desta pesquisa é do tipo quali quantitativa, com objetivo principal de desenvolver um projeto executivo de Jardim Drenante como drenagem sustentável inseridos no contexto paisagístico das cidades. Para tanto, tendo como estudo de caso a área do Bloco de Engenharia Civil da Universidade Positivo e, especificamente, o dimensionamento e execução de um protótipo didático, que auxiliará na explicação do funcionamento do sistema de drenagem sustentável das cidades, demonstrando também as possíveis relações com o paisagismo como por exemplo, parques, praças, ruas e residências. Desta forma, serão descritos a seguir os passos necessários para realização deste projeto de drenagem sustentável.

VERIFICAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM EXISTENTE E IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS SUJEITAS A ALAGAMENTOS

Foram utilizadas informações sobre os dados hidrológicos da região e dados pluviométricos, dispostos no apêndice, para definição de parâmetros de chuvas entre a literatura específica e metodologias aplicadas à Drenagem Sustentável.

O local estudado para implantação do projeto executivo de Jardim Drenante foi o Campus Ecoville da Universidade Positivo, localizado no bairro Campo Comprido, em Curitiba – PR, possui 424,8 mil m² de área, conta com vários blocos destinados a laboratórios e salas de aula, praças de alimentação, teatros e auditórios, biblioteca, estacionamentos e um lago que foi construído com a função de um reservatório de acumulação das águas das chuvas, assim como outros dois reservatórios retenção. O córrego Muller corta o campus possuindo trechos a céu aberto e trechos canalizados (autorizados pela SMMA - Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba) e ainda existe uma grande área verde composta por bosques, gramados, canteiros de flores e arbustos que estão inseridos no conceito ambiental e paisagístico desta Universidade (Figura 1).



Figura 1 - Vista aérea da Universidade Positivo.
Fonte -WEBSITE da Universidade Positivo (2016)

Os projetos existentes de microdrenagem da área estudada foram analisados para se compreender o funcionamento do sistema de drenagem do campus, por exemplo, em que direção são encaminhadas as águas das chuvas e de que forma elas escoam.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio de visitas técnicas, identificou-se que o sistema de microdrenagem pluvial do Campus é composto por pequenas e médias galerias, que são responsáveis por encaminhar toda a água da chuva até o lago, o reservatório de acumulação da Universidade, com área de 216.781,01m² e volume de aproximadamente 3.594,72m³, localizado em uma cota inferior. Nas proximidades da jusante do córrego Muller, encontra-se localizado um reservatório de retenção com aproximadamente 260m³ de capacidade e outro com 27m³ nas proximidades do templo da paz e refeitório dos funcionários. Na microdrenagem a água de chuva é captada pelas sarjetas e sarjetões, distribuídas em toda a área do Campus, que seguem para as bocas-de-lobo simples ou dupla com caixas de captação e grelhas ligadas às tubulações de drenagem de diferentes diâmetros, as quais transportam a água até o lago. Também são utilizadas no sistema de microdrenagem pequenas galerias abertas, alguns com degraus ou tubulações em meia seção (*meia cana*) constituídas de concreto, que recebem a água captada e direcionam ao lago.

Devido perfil topográfico do Campus de um relevo bastante acidentado, obteve-se o registro fotográfico de alguns pontos sujeitos a alagamentos, (Figura 2).

VISITAS TÉCNICAS, DEFINIÇÃO DO SOLO DA REGIÃO E VEGETAÇÃO EXISTENTE

Na composição do projeto, foram realizadas 10 (dez) visitas técnicas para determinação dos pontos sujeitos a alagamentos e os locais possíveis de implantação do projeto em dias de chuva e após alguns dias (3 a 4) foram realizadas novas visitas para verificar se ainda havia água na superfície dos locais.

Para os Estudos Hidrológicos foram realizadas medições das áreas de calçada, ruas e gramados e a altimetria do local para a determinação da bacia de influência, a fim de se obter a vazão da água da chuva no local onde foi desenvolvido o projeto de Jardim Drenante. Foram utilizados a Equação de Parigot, com o tempo de concentração (t_c) de 10 minutos, o tempo de recorrência na microdrenagem (Tr) entre 2 a 3 anos, conforme o Manual de Drenagem Urbana (SUDERHSA, 2002).

Para a avaliação dos tipos de vegetação que poderiam ser utilizadas nos Jardins Drenantes, foram realizadas três visitas técnicas preliminares com registros fotográficos a fim de observar os tipos de plantas e vegetação aplicadas aos jardins do Campus.

Foram realizados ensaios granulométricos, de plasticidade, de percolação e de permeabilidade do solo para se definir as dimensões e o tipo de jardim mais adequado. Para a determinação do teor de umidade do solo utilizou-se a NBR 6457, na sequência foram realizados os ensaios para a determinação do Limite de Liquidez (LL), conforme a NBR 6459, Limite de Plasticidade (LP), conforme a NBR 7180 e Análise Granulométrica, conforme a NBR 7181. O ensaio “in situ” da percolação do solo foi baseado na NBR 7229, conforme a figura 4.

Para obter a porcentagem do solo em suspensão foi construído um gráfico, conforme a NBR 7181, utilizando como base as tabelas de granulometria por peneiramento e por sedimentação.



Figura 4 - Ensaios de percolação, granulometria, limite de liquidez.

Fonte - Autores 2016.

Vegetação escolhida para compor o projeto executivo com auxílio de visitas técnicas para avaliação da vegetação existente.

Foram verificados os tipos de vegetação existentes no campus a partir de visitas técnicas e pesquisadas suas propriedades básicas quanto a resistência a umidade e períodos de estiagem, assim como, adaptação ao clima da região. Algumas destas vegetações estão dispostas na figura 5.



Impatiens walleriana (Maria-sem-vergonha)



Agapanthus africanus (Agapanto)



Agave angustifolia (Piteira do Caribe, Agave)



Hemerocallis flava L (Lírio de São José, Lírio-de-um-dia, Lírio)



Rhododendron yedoense (azaléia-coreana)



Strelitzia reginae (flor-ave-do-paráiso, flor-de-rainha)



Gazania rigens (gazânia)



Diets bicolor (moréia-bicolor, dietes, moréia)



Guzmania ligulata "Cherry" (gusmânia-cherry)



Clivia miniata (clívia)



Calliandra brevipes (Espanja, esponjinha, manduruvá, quebra-foice)



Syagrus romanzoffiana (jerivá)

Figura 5 - Análise da vegetação existente, Universidade Positivo.

Fonte - Autores, 2016.

A vegetação escolhida para o Jardim Drenante foi a *Zantedeschia aethiopica*, têm os nomes populares de Copo-de-leite, Calla-branca e Lírio-do-Nilo, originária da África, pertence à família *Araceae*, é considerada uma planta angiosperma, ou seja, suas sementes estão protegidas dentro do fruto, planta perene e herbácea (caule não lenhoso ou semi-lenhoso) e macrófita aquática (macro = grande, fita = planta), que podem crescer até um metro de altura dependendo das condições climáticas e do solo onde estão inseridas, suas folhas apresentam uma coloração de verde-escuro muito vibrante. A planta consegue se adaptar em diversos tipos de substratos e com climas variados modificando o tamanho das flores e a quantidade de folhagem, por exemplo, em lugares úmidos e sombreados se desenvolve mais viçoso, tanto as folhagens quanto a sua flor tornam-se mais exuberantes e em ambientes mais secos e ensolarados este desenvolve folhagens e flores menores (TAVARES *et al.*, 2005).

Existem aproximadamente três mil espécies da planta *Zantedeschia*, onde algumas espécies florescem no inverno, outras na primavera e verão (Figura 6). Suportam temperaturas que podem variar de 2°C e 27°C, suas flores são firmes e duradouras e com uma variedade de cores vivas, o seu fruto é do tipo baga e pelas suas características exuberantes é considerada uma planta exótica e ornamental, onde seu ciclo completo varia de 60 a 120 dias, por ser uma planta invasora, em boas condições de solo e clima, deve-se monitorá-la para evitar a proliferação (RIBEIRO, 2007).



Figura 6 - Alguns tipos de *Zantedeschia*, (Lírio do Nilo, Copo de leite). Fonte -WEBSITE. CULTURA MIX. Calla Colorida: Copo-de-leite colorido.

Disponível em:

<<http://flores.culturamix.com/flores/calla-colorida-copo-de-leite-colorido>> Acessado em: Set/2016.

Outra planta selecionada foi a *Strelitzia reginae*, (Figura 7), nomes populares de flor-ave-do-paraíso e flor-da-rainha, da família *Musaceae* é considerada uma planta angiosperma. Natural da África do Sul, seu tamanho varia entre 1,2 a 1,5m de altura, suas folhagens são firmes e coriáceas, tem flor ereta decorativa e durável de coloração alaranjada e azul. A mesma já existe no paisagismo do Campus Ecoville e suas propriedades são apropriadas para a utilização de Jardins Drenantes (LORENZI,2001).



Figura 7 - *Strelitzia reginae*, passarela coberta próxima ao bloco bege. Fonte - Autores, 2016.

Como o local de escolha para o projeto do Jardim Drenante não recebe luz solar diretamente, em condições extremas de saturação e períodos de estiagem podem ser substituídas pelas seguintes plantas (Figura 8), entre outras:



Anthurium andraeanum
(Antúrio)



Spathiphyllum cannifolium
(Lírio-da-paz)



Philodendron martianum
(Babosa-de-pau)



Xanthosoma robustum
(Taioba)



Zamioculcas zamiifolia
(Brilhante)

Figura 8 - Sugestões de plantas para Jardins Drenantes com pouca iluminação.

Fonte: Lorenzi (2011)

Características do solo existente no local de estudo;

O solo no local é proveniente de reaterro, existem muitas caliças e está compactado dificultando a infiltração superficialmente, porém a partir de 40 cm o solo natural é encontrado e este tem boa permeabilidade e capacidade de infiltração.

Os ensaios resultaram em um solo de areia-silte-argiloso, onde a percolação da água é de 122 L/m². dia, caracterizando este solo como permeável e pode-se, desta forma, ser o Projeto de Jardim Drenante

desenvolvido com a função de poço de infiltração e de bacia de retenção, onde a água acumulada em excesso é lançada para a galeria de água pluvial, ou ainda, podendo ser reaproveitada na sua totalidade para fins de jardinagem com a inserção de cisternas.

DIMENSIONAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DE JARDIM DRENANTE

A área do jardim escolhido foi determinada a partir do volume necessário para suportar a vazão de pico da chuva e do tipo de solo. A determinação das espessuras das camadas e do sistema de drenagem necessário teve como base o Projeto de Oregon, desenvolvido pelo instituto Oregon Sea Grant em conjunto com a Oregon State University (OSU), lançado no ano de 2009.

RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DE JARDIM DRENANTE

Para o projeto executivo do Jardim Drenante foram adotadas as camadas drenantes de 30cm do agregado brita 2, cascalhos ou argilas expandidas, com porcentagem de porosidade de entre 30 a 40% e peso específico 1362 kg/m³, com coeficiente de condutividade hidráulica de 0,25m/s, areia média ou grossa com uma camada variando entre 8 a 10cm, possuindo 25% de porosidade efetiva, peso específico de 1800kg/m³ e com a condutividade hidráulica de 0,001.

A vazão de projeto foi de 1,81m³/d ou 1.810L/ d considerando o TC (tempo de concentração) de 10 minutos e Tr (tempo de recorrência) de 3 anos, normalmente utilizado em sistemas de microdrenagem.

A intensidade da chuva foi determinada pela equação de Parigot para Curitiba, resultando em 22,55mm/h. Desta forma, em função da vazão de escoamento foi determinado o volume do reservatório que resultou em 1,83m³, com área mínima de armazenamento de 15,45m².

Adotou-se para fins estéticos e paisagísticos, casca de pinus e granilha branca para compor o Jardim Drenante, esta camada está localizada acima do substrato e têm aproximadamente 1 cm de espessura. As camadas podem ser observadas nos esquemas apresentados nas Figuras 9 e 10.



Figura 9-Esquemas do Projeto Executivo de Jardim Drenante, camadas de brita 2, areia e substrato.

Fonte - Autores 2016.

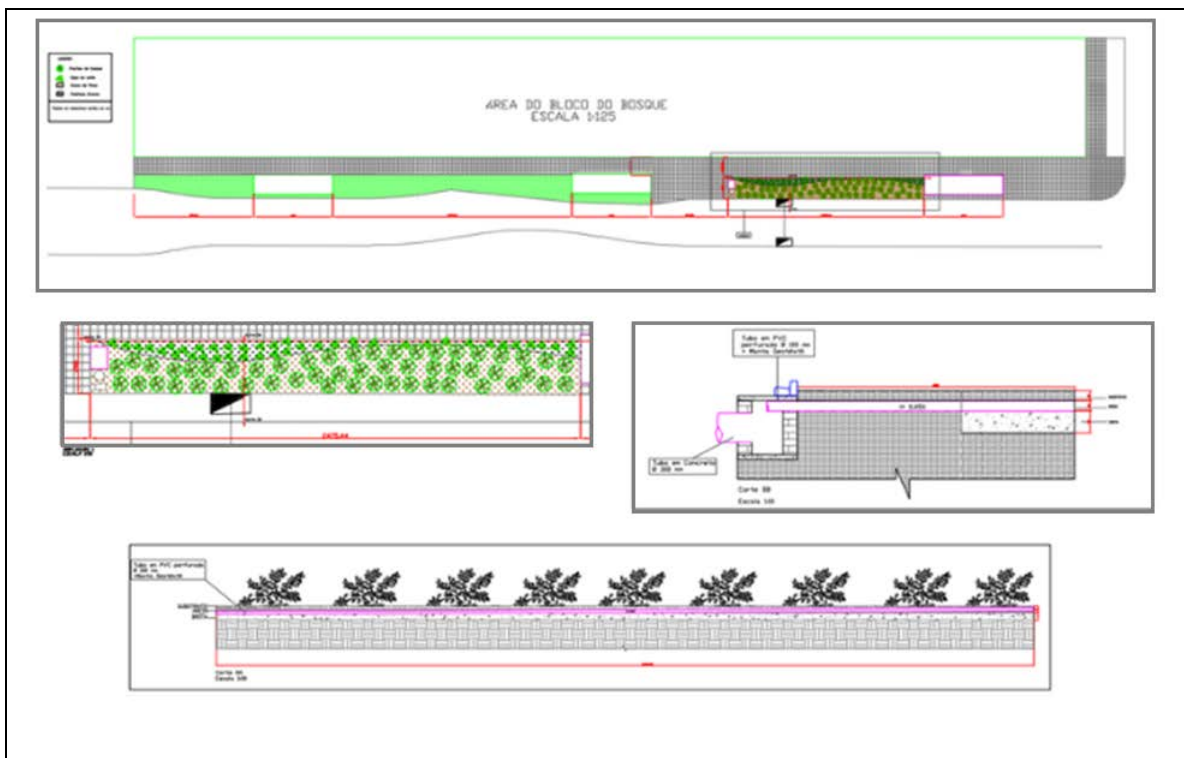


Figura 10 - Esquema do Projeto Executivo de Jardim Drenante, camadas de brita 2, areia e substrato.
Fonte - Autores 2016.

Estabelecendo uma comparação entre a condição atual e a proposta de implantação do projeto executivo, em uma simulação em 3D, após a implantação do projeto de Jardim Drenante (Figura 11).



Figura 11 – Simulação em 3D de implantação de Jardim Drenante no Bloco de Engenharia Civil. Fonte: Autores, 2016.

Estimativa de custo para a implantação do Jardim Drenante

Para a realização do Projeto do Jardim Drenante, no bloco da Engenharia Civil, com uma área 15,45m², devem ser utilizadas as seguintes quantidades de materiais e estimativa de gastos de materiais (valores de referência - Outubro de 2016 – Tabela 2).

Tabela 2 - Previsão de custos do projeto executivo de Jardim Drenante para Outubro de 2016.

Estimativa de quantidade de Materiais, Custo Unitário e Total						
	Unidades	Altura (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Custo Unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Brita 2	-	0,21	15,45	3,25	83,21/m ³	270,44
Areia média	-	0,09	15,45	1,39	98,70/m ³	137,20
Manta de Bidim	-	-	15,45	-	5,54/m ²	85,60
Planta <i>Zantedeschia</i> , (Lírio do Nilo)	5 und/m ²	-	-	-	30,00/m ²	463,50
<i>Strelitzia reginae</i> (Flor ave do paraíso)	10	-	-	-	25,00/unidade	250,00
Substrato	3 kg/ planta	0,10	0,15	0,015	20,22/pacote de 20kg	264,70

Fonte: Autores 2016.

DIMENSIONAMENTO DO PROTÓTIPO DIDÁTICO DE JARDIM DRENANTE

Definiu-se a utilização de material translúcido, para facilitar a observação das camadas Drenantes, podendo ser de vidro ou acrílico.

Por ser um Protótipo Didático, esse necessita ser transportado com facilidade para os laboratórios, feiras, exposições e palestras, então se projetou uma base de madeira com rodinhas para acomodar o protótipo e a seleção de um material emborrachado que pudesse absorver parte dos esforços da movimentação.

As camadas constituintes foram baseadas no projeto executivo e com camadas filtrantes de argila expandida, areia e substrato para que as plantas tenham nutrientes necessários, uma camada de argila para a base, simulando o solo existente no local e por sua baixa possibilidade de infiltração e percolação de água, e para finalizar o protótipo uma camada de casca de pinus e granilha branca, com função estética e paisagística. Outra camada de Manta de Bidim foi pensada para ser colocada entre as camadas de substrato e areia e a de argila expandida ou brita 2, para evitar o carregamento de materiais finos e obstrução da tubulação de drenagem.

Definiu-se em uma base de 1m² e uma altura de aproximadamente 0,7m, pois o dimensionamento por metro quadrado possibilita a reprodução do jardim e os cálculos das áreas de influência, taxas pluviométricas, entre outras, também seriam obtidas por metro quadrado de área.

Projetou-se um Sistema de Drenagem simples, por gravidade, para evitar o acúmulo de água no interior do protótipo, onde uma tubulação perfurada drena todo excesso de água e a encaminha para uma torneira e como todo sistema de drenagem, sob a tubulação adicionou-se uma Manta de Bidim para evitar possíveis obstruções.

A vegetação para composição do protótipo didático foi escolhida, com o apoio da Professora Dra Leila Teresinha Maranhão, coordenadora do Mestrado Profissional em Biotecnologia Industrial e professora do curso de Biologia da Universidade Positivo, com base na revisão da literatura e nas características necessárias para composição do Jardim Drenante.

RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO DO PROTÓTIPO DIDÁTICO DE JARDIM DRENANTE

O Protótipo Didático de Jardim Drenante foi construído em vidro 8mm, por sua transparência facilitando a observação das camadas constituintes, com dimensões de 1 m² de base e altura de 0,70m. A escala foi escolhida para demonstrar o jardim por metro quadrado de área e a altura de 0,70 m para a composição das camadas Drenantes e proteção da vegetação.

As camadas infiltrantes foram adotadas do projeto executivo, conforme valores pluviométricos para a cidade de Curitiba e com esquemas de camadas sugeridas na literatura, que já foram testadas e obtiveram excelentes resultados.

A figura 12 ilustra como foram compostas as camadas do Protótipo Didático de Jardim Drenante.

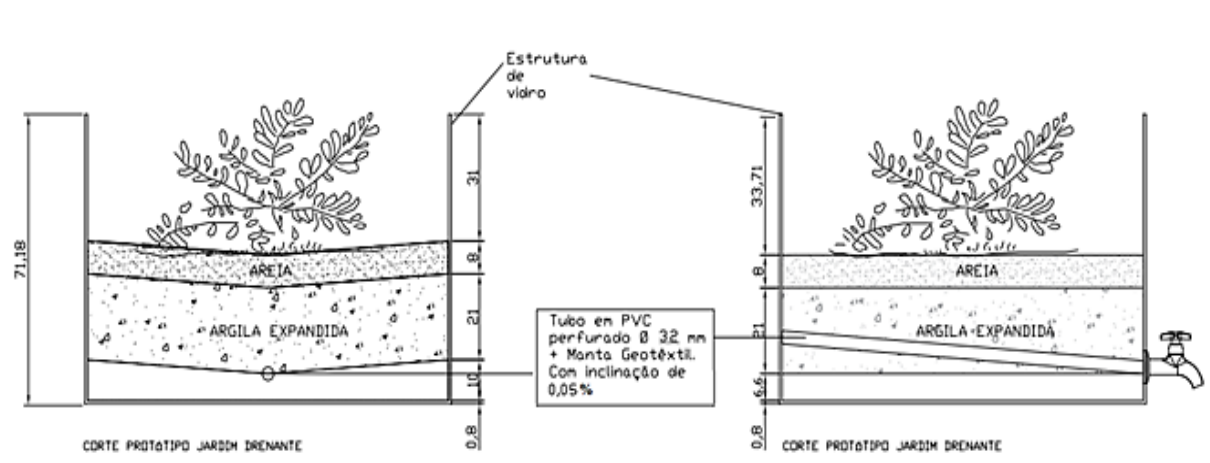




Figura 12 –Cortes A_A e B_B do Protótipo de Jardim Drenante.

Fonte: Autores, 2016.

O protótipo didático, em suas camadas drenantes, possui a capacidade de armazenar 120 litros de água de chuva, já considerando a porosidade de suas camadas de areia e argila expandida.





Para a realização da montagem do Protótipo Didático de Jardim Drenante, com uma área 1m² e profundidade de 0,70m, se fez necessário as seguintes passos para sua execução, Quadro 1.

Quadro 1 - Passos da execução do Protótipo Didático, Universidade Positivo.

ETAPAS DA EXECUÇÃO	
	<ul style="list-style-type: none"> -Base de madeira com rodinhas para montagem do protótipo didático; -Vidro com espessura de 8mm, por ser um material transparente, resistente e com o custo inferior ao do acrílico.
	<p>Camada de argila para simular o solo existente com uma inclinação voltada para o centro de 3,43°, foi escolhido a inclinação para que a água se direcione para o dreno, para ser retirada.</p> <p>Tubulação perfurada ligada a um redutor e uma torneira, para a retirada da água em excesso;</p> <p>Manta de bidim sobre esta tubulação para evitar obstruções;</p>

Continua...

Quadro 1 - Passos da execução do Protótipo Didático, Universidade Positivo (Continuação).

ETAPAS DA EXECUÇÃO	
	<p>Acrescentou-se 0,21m³ de argila expandida, 21cm aproximadamente, acompanhando a inclinação inicial.</p> <p>A argila expansiva foi escolhida por ter peso específico de 0,79(g/cm) uma porosidade de 12,70%, um índice de vazios de 0,73% e com o diâmetro efetivo de 12,50mm, assim tendo seu peso menor do que a brita 2 e possuir as mesmas características de camada filtrante e infiltrante, pelo fato do protótipo ser construído em vidro 8 mm, precisava de um agregado mais leve que a brita.</p> <p>Manta de bidim de 1m² foi colocada sobre a argila expandida para evitar que a areia, substrato e sujeiras das camadas superiores passassem e chegassem a tubulação de drenagem.</p>
	<p>Camada de 0,08m³ de areia foi colocada sobre a manta, aproximadamente 8 cm, esta camada tem função de filtrar a água e drena-la rapidamente para camadas inferiores do jardim.</p> <p>Areia média com granulometria que 0,004 a 2cm e condutividade hidráulica próxima de 0,001m/s.</p>
	<p>A Zantedeschia, (Lírio do Nilo, Copo de leite) foi plantada em quatro vasos de aproximadamente 3 litros cada, em substrato adequado ao tipo de planta e colocada no Jardim Drenante.</p> <p>Camada de aproximadamente 1cm de pedras brancas (Granilha branca) e casca de pinus, para efeito paisagístico.</p>
	<p>A base foi pintada de preto assim como as cantoneiras de sustentação.</p>

Fonte - Autores, 2016.

A organização e distribuição das flores e das camadas de casca de pinus e granilha branca pode ser mudada, desta forma o protótipo didático pode ser reorganizado com flores diversas, desde que respeitem as condições mínimas que este jardim exige.

O trabalho foi apresentado em duas oportunidades e com configurações diferentes. Na Innovation Week, 2016 (4º Engeworkshop), evento que reúne toda comunidade acadêmica, pesquisadores, empresas e investidores das áreas de saúde e engenharia para conhecer e discutir sobre novas tecnologias em pesquisas e inovação, o protótipo didático foi montado e apresentado com sua configuração original, mostrando as camadas drenantes e as plantas utilizadas para sua composição respeitando o projeto executivo de jardim drenante.

No Simpósio Internacional sobre Mudanças Climáticas Saneamento e Biodiversidade no contexto do desenvolvimento sustentável das cidades, promovido pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – Seção Paraná (ABES-PR) em parceria com a Prefeitura Municipal de Curitiba e as universidades: UFPR, PUCPR, UTFPR e UP, e com a participação especial da Swedish Environmental Protection Agency (Swedish EPA), KTH Royal Institute of Technology e do Climate & Clean Air Coalition (CCAC), com objetivo de permitir a troca de conhecimento sobre as questões ambientais que envolvem as relações diretas e indiretas sobre as mudanças climáticas a biodiversidade e o saneamento, visando estabelecer ações que possam

diminuir os impactos negativos e promover os desenvolvimento sustentáveis nas cidades. O protótipo didático foi montado com o contexto de hortas urbanas, foram utilizadas flores como a Kalanchoe (Calandivia) e a Alyssum (Flor do mel), pimentas amarelas, alfaces, beterrabas, rúculas, salsa, cebolinha, orégano e manjeriço, assim como morangos orgânicos, desta forma, as camadas drenantes mantiveram-se as mesmas, porém foi mostrado que em um pequeno espaço utilizado para drenar as águas superficiais também pode ser aproveitado para cultivar flores, hortaliças, frutas e verduras aproveitando as águas proveniente de telhados nas residências, obtendo um cultivo sem agrotóxicos que as pessoas podem implantar em seus quintais.

No quadro 2 estão apresentadas as configurações do protótipo didático para os eventos.

Quadro 2 - Apresentação do protótipo didáticos em eventos.

<p>Innovation Week, 2016 (4º Engeworkshop)</p>	<p>Simpósio Internacional sobre Mudanças Climáticas Saneamento e Biodiversidade no contexto do desenvolvimento sustentável das cidades</p>
	

Fonte: Autores, 2016.

CONCLUSÕES

No estudo realizado na Universidade Positivo, evidenciou-se que a implantação do jardim diminuirá a incidência de pontos de alagamentos nos locais visitados, trabalhando em conjunto com o paisagismo. Inúmeras são as vantagens em se adotar a metodologia de um sistema de drenagem com enfoque na sustentabilidade, tão discutida e necessária, que possa atender a demanda de água da chuva, filtrando os poluentes, com baixo custo de implantação e de fácil manutenção. Para tanto alguns ensaios do solo da região escolhida e o estabelecimento de um padrão de vegetação perene, resistente ao sistema de Jardim Drenante e ao clima da região são pontos fundamentais para seu dimensionamento.

Para análise da aplicação destes jardins propôs-se um projeto executivo de Jardim Drenante, onde após visitas técnicas e análises de solo determinou-se o jardim lateral do Bloco de Engenharia Civil como seu local de implantação. Para o seu dimensionamento utilizou-se o Método Racional, a Equação de Parigot para Curitiba e o projeto de Oregon (USA).

O jardim proposto possui uma área de 15,45m² e profundidade de 30 cm, sendo as camadas drenantes compostas por 21 cm de brita 2, que pode ser substituída por cascalho ou argila expandida, 8 cm de areia grossa e 1 cm de material drenante como casca de pinus e pedras brancas (granilha) para efeito paisagístico, entre as camadas drenantes existe a necessidade da colocação de uma manta de bidim para evitar a obstrução do sistema de drenagem. As plantas utilizadas na composição do jardim foram definidas em conjunto com a Professora Dra. Leila Teresinha Maranhão, coordenadora do Mestrado Profissional em Biotecnologia Industrial e professora do curso de Biologia da Universidade Positivo.

Para fins didáticos, foi desenvolvido um protótipo de dimensões de camadas equivalentes ao projeto executivo, com escala adotada por metro quadrado para facilitar a reprodução do projeto em escalas maiores, construído em vidro de 8mm para possibilitar a visualização, explicação e demonstração do funcionamento do sistema de drenagem sustentável em aulas que podem ser integradas com os cursos de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo e Biologia.

A sustentabilidade, muito discutida nos dias atuais está presente neste projeto e pode ser implantado em ruas, parques, praças e residências, diminuindo a poluição e principalmente evitando a sobrecarga nos sistemas de drenagens das cidades que levam a situações desastrosas como as enchentes e alagamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACT Government - Environment and Planning. **WATER sensitive urban design**.Camberra, Austrália, 2014.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7181: Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro, 1984
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6459: Solo - Determinação de limite de liquidez**. Rio de Janeiro, 1984
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7181: Solo - Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, 1984
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6457: Amostras de solo-Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, 1986
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistema de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, 1993.
7. BRAGA, B.; TUCCI, C.; TOZZI, M. **Drenagem Urbana Gerenciamento, simulação, controle**. Rio Grande do Sul – UFRS 1998.
8. CARVALHO, J. C. F.; SANTOS, V. P.; SCHUELER, A. S. Proposta para a Redução do Escoamento Superficial das Águas Pluviais em Seropédica RJ. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, São Paulo, 2015.
9. CIRIA. **The Philosophy of SUDS – CIRIA Manual**. London, 2015.
10. CORKERY, N.; KIELNIACZ, A.; CHUBB, D. **The Water Sensitive Urban Design Technical Guidelines for Western Sydney**. URS Australia, Sydney, 2004.
11. CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C., Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. **XVII simpósio brasileiro de recursos hídricos**, São Paulo, 2007.

12. DAVIS, A. P. **GREEN Engineering Promote Low**. Environmental Science & Technology, Maryland, ago. 2005.
13. DNER-Ministério dos Transportes Departamento Nacional de Estradas de Rodagem-Manual de Drenagem e Rodovia. 1990. Disponível em: http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Drenagem.pdf
14. DRUMMOND, R. B.; REGO, A. Q.; VEROL, A. P. **“Projeto Urbano em Sítio Histórico Aliado a Técnicas Compensatória em Drenagem Urbana”**, Marechal Hermes, RJ – Revista Nacional de Gerenciamento de Cidade, 2015.
15. FENDRICH, R. *et al.* **Drenagem e controle de erosão urbana**. 4 ed. Curitiba: Champagnat, 1997. 486 p.
16. LORENZE, H.; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais no Brasil : arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 3 ed. Nova Odessa: Institute Plant arum, 2001. 869 p.
17. MELO, T. A. T.; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. S. P.; ANTONINO, A. C. D. CIRILO, J. A. **Jardim de chuva: Sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas**. Associação Nacional do Ambiente Construído. Porto Alegre, 2014.
18. MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem Urbana – Do Projeto Tradicional a Sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
19. PINTO, N S. *et al.*, **“Hidrologia Básica”**, Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo-SP, 1976.
20. POLETO, C. **SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems): Uma Contextualização Histórica**. Revista Thema, Pelotas, RS, 2011.
21. SUDERHSA. **Manual de Drenagem Urbana**. Curitiba, Paraná, dez. 2002.
22. TAVARES, S. T. *et al.* **Desenvolvimento de mudas de copo-de-leite submetidas ao pré-tratamento com ácido giberélico e cultivadas em diferentes substratos**. Ornamental Horticulture, Campinas, v. 11, n. 2, p. 127-131, 2005.
23. TOMAZ, P., **Poluição Difusa. Capítulo 17- Infiltração e condutividade K**, 2013.
24. TUCCI, C.E.M. (Organizador). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**, 3ª edição, Porto Alegre, Editora da UFRGS/ABRH, 2004.
25. TUCCI, C E.M; SOUZA, C.F; CRUZ M. A. S. **Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, IPH/UFRGS, Porto Alegre-RS.
26. TUCCI, C. E. M. **Drenagem urbana**. Ciência e cultura, São paulo, v. 55, n. 4, p.111-222, out. /dez. 2007.
27. TUCCI, C. E. M. **Gestão de Drenagem Urbana**. CEPAL – IPEA, Brasília, DF, 2012.
28. WEBSITE. UNIVERSIDADE POSITIVO. Disponível em: <http://www.up.edu.br/blogs/english/> Acesso em: Jun/2016
29. WEBSITE. FLORES CULTURA MIX. Picão – A planta que cura. 2013. Disponível em: <<http://flores.culturamix.com/dicas/picao-a-planta-que-cura>> Acessado em: Julho/2016.
30. WEBSITE. CULTURA MIX. Calla Colorida: Copo-de-leite colorido. Disponível em: <<http://flores.culturamix.com/flores/calla-colorida-copo-de-leite-colorido>> Acessado em: Set/2016.