

## XII ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS

### A EVOLUÇÃO DAS PESQUISAS RELACIONADAS AO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO PLANEJAMENTO URBANO

*Geovana Geloni Parra<sup>1</sup> ; Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira<sup>2</sup>; Erico Masiero<sup>3</sup>; Ricardo Fernandes<sup>4</sup>*

**RESUMO** – O grande crescimento das cidades, tem ocorrido em todo o mundo devido ao processo de urbanização. Este crescimento muitas vezes não planejado tem contribuído para a ocorrência de graves danos ambientais. Dentro deste viés, o manejo de águas pluviais e o planejamento urbano devem estar integrados, a fim de colaborar com o desenvolvimento das cidades. O objetivo do trabalho é realizar uma pesquisa de análise bibliométrica dos trabalhos relacionados à área de manejo de águas pluviais aplicado ao planejamento urbano, analisando a ocorrência de pesquisas desde a década de 70, para isso são realizadas as buscas pelos termos Stormwater Management and Urban Planning, WSUD (Water Sen-sitive Urban Design) e LID (Low Impact Development) na base de dados da Scopus e posterior análise através do sis-tema BibView. Os resultados sintetizam informações referentes ao número de artigos publicados, autores que mais publicam, países onde as pesquisas são realizadas e palavras-chave, que mostram que os Estados Unidos e a Austrália são os países que mais publicam pesquisas utilizando estes termos científicos, tendo o maior número de publicações a partir de 2010.

**ABSTRACT**– The great growth of cities has occurred all over the world due to the urbanization process. This often unplanned growth has contributed to the occurrence of serious environmental damage. Within this bias, stormwater management and urban planning must be integrated, in order to collaborate with the development of cities. The aim of this paper is to carry out a bibliometric analysis of the papers related to the area of stormwater management applied to urban planning, analyzing the occurrence of researches since the 70s, for which the search for the terms Stormwater Management and Urban Planning, WSUD (Water Sen-sitive Urban Design) and LID (Low Impact Development) in the Scopus database and later analysis through the BibView system. The results summarize information on the number of articles published, the most authors, countries where research is conducted and keywords, the results show which the United States and Australia are the most publish countries research using these scientific terms, obtaining the major number of publications in 2010.

**Palavras-Chave** – Manejo de águas pluviais; Planejamento urbano; Análise bibliométrica.

---

1) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luis, km 235 - São Carlos - SP - BR , CEP: 13565-905 , geovanaparra.arquiteta@gmail.com

2) Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luis, km 235 - São Carlos - SP - BR , CEP: 13565-905 , bernardo@ufscar.br

3) Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luis, km 235 - São Carlos - SP - BR , CEP: 13565-905 , erico@ufscar.br

4) Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luis, km 235 - São Carlos - SP - BR , CEP: 13565-905 , ricardo.asf@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A qualidade e a quantidade das águas urbanas têm diminuído ao longo dos anos em todo o mundo. Essas ocorrências se devem muitas vezes ao planejamento urbano e ambiental realizado de maneira equivocada. As cidades têm crescido de maneira desordenada, o que contribui para o aumento das redes de infraestrutura, enchentes e inundações, doenças de veiculação hídrica, escassez de recursos hídricos para abastecimento público, e poluição de mananciais.

As primeiras formas de resolução desses problemas foram as técnicas higienistas de drenagem urbana que tiveram sua origem na Europa no século XIX quando grandes epidemias de veiculação hídrica atingiram o continente. A partir da década de 70 surgiu na América do Norte e na Europa, o conceito de Técnicas Compensatórias, que buscam neutralizar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, essa tecnologia busca estudar a urbanização de forma global, utilizando a bacia hidrográfica como unidade de estudo (Baptista; Nascimento; Barraud, 2005).

Após esse período surgiram pelo mundo outras técnicas e definições para o gerenciamento mais sustentável das águas pluviais como o Best Management Practices - BMPs (Schueler, 1987), Water Sensitive Urban Design - WSUD (Whelans et al., 1994)(Wong, 2007), Low Impact Development – LID (Prince Ge-orge's County, 1999), Sustainable Urban Drainage Systems - SUDS (Ciria, 2000).

Essas tecnologias ou infraestruturas urbanas mais sustentáveis são conhecidas como técnicas de manejo de águas pluviais. O manejo de águas pluviais se apresenta com o propósito de contrapor as antigas técnicas de drenagem convencional que tinham por objetivo esconder a água dos olhos humanos e levá-la para cada vez mais longe das cidades, canalizando rios e impermeabilizando o solo. As cidades precisam acompanhar as evoluções tecnológicas que possibilitam um planejamento urbano mais sustentável, a fim de reduzir problemas ambientais e evitar problemas antigos como a repetição de técnicas higienistas de drenagem urbana. A escassez de água, a poluição de águas, as enchentes e erosões podem ser amenizadas com a implantação das técnicas de manejo de águas pluviais.

É necessário acompanhar como este assunto tem sido abordado em todo o mundo, portanto o objetivo do trabalho é analisar como ocorreu a evolução das pesquisas relacionadas ao manejo de águas pluviais desde a década de 70, quais os países que mais se desenvolveram nesta área e os pesquisadores mais importantes, através de análise bibliométrica utilizando os Periódicos da Capes, base de dados da Scopus e sintetização dos resultados obtidos através do sistema BibView.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Manejo de águas pluviais

As técnicas convencionais de drenagem urbana têm como principal objetivo afastar as águas de chuva o mais rápido possível das áreas urbanizadas, descarregando a jusante através de canalizações subterrâneas.

Segundo Mascaró (2005), a drenagem das águas pluviais está presente nas áreas urbanizadas desde a idade média, onde as cidades já apresentavam perfis transversais que afastavam as águas pluviais das edificações, ou através de escadarias que evitavam a estagnação das águas, essas soluções já apresentavam galerias subterrâneas que facilitavam a limpeza e inspeção.

Neste período as galerias apresentavam um sistema unificado de escoamento das águas pluviais e do esgoto. Esse sistema dificulta o tratamento do esgoto, pois aumenta muito o volume de efluentes e os gastos com o tratamento, razão essa de ter sido abandonado em muitas cidades pelo mundo, porém ainda existe a aplicação desta técnica em cidades brasileiras.

Esses sistemas surgiram, pois, as cidades passavam por grandes crises de doenças de veiculação hídrica, como a peste negra e a malária. A cidade de Londres por exemplo foi dizimada duas vezes devido a peste negra durante a idade média. Esses acontecimentos fizeram com o que a população desenvolvesse no-vas técnicas para escoar as águas de chuva e seus dejetos.

No Brasil, o engenheiro sanitaria Saturnino de Brito defendia o planejamento controlado das cidades, em sua visão deveriam ser considerados para o planejamento a hidrografia, o relevo, o clima e as condições de salubridade. Brito preocupava-se com a morfologia dos leitos fluviais, e a preservação das matas ciliares, era contra a retificação do leito dos rios e a favor da formação de barragens nas cabeceiras para o controle das ações de chuvas torrenciais (Gorski 2010). Saturnino de Brito chegou a fazer um plano para a cidade de São Paulo prevendo manter o desenho dos leitos dos rios, porém não ganhou o concurso na época, o que teria sido um grande avanço para o saneamento na cidade de São Paulo, pois Brito apresentava ideias inovadoras a partir de sua experiência e influência de Camilo Sitte (Simões Junior, 2007).

O sistema de drenagem urbana convencional pode ser dividido em três partes segundo Mascaró (2005): ruas pavimentadas, incluindo guias e sarjetas; redes de tubulações e seus sistemas de captação e áreas deliberadamente alagáveis.

Baptista; Nascimento; Barraud, (2005) afirmam que os sistemas convencionais são compostos de macrodrenagem, que são as sarjetas, bocas de lobo e condutos, e de macrodrenagem, que são as

canalizações abertas ou não. Estas soluções conduzem muitas vezes a situações que limitam outros usos da água em meio urbano.

Existem inúmeras áreas do conhecimento relacionado ao urbanismo que podem ser abordadas a fim de proporcionar um planejamento urbano mais adequado para as cidades. Em relação ao manejo de águas pluviais é possível planejar espaços urbanos considerando condições de pré-ocupação do espaço, para isso são necessários estudos projetuais desde a fase de implantação dos projetos de arquitetura e urbanismo.

Um lote antes de ser urbanizado apresenta suas condições naturais de ocupação, com áreas vegetadas e topografia natural, as condições naturais de ocupação do solo permitem que cerca de 50% da água que cai no lote em dias de chuva seja infiltrada e 40% volte a atmosfera através da evapotranspiração (Prince George's County, 1999 apud Tavanti, 2009), enquanto que em um espaço com área 100% impermeável apenas 15% do volume de chuva infiltra no solo e cerca de 55% contribui para o escoamento superficial.

## 2.2 Técnicas de manejo de águas pluviais

As técnicas compensatórias surgiram na América do Norte e na Europa a partir da década de 70. Essas técnicas buscam neutralizar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, buscando estudar a urbanização de forma global, utilizando a bacia hidrográfica como unidade de estudo (Baptista; Nascimento; Barraud, 2005).

Algumas técnicas compensatórias que buscam reduzir das enchentes e inundações, erosão, e alteração da qualidade das águas, consideradas técnicas que auxiliam no Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto são: bacias ou reservatórios de detenção; estruturas para armazenamento temporário; pavimentos porosos ou permeáveis; trincheiras, poços, valas e valetas; canalização de cursos d'água com técnicas que favorecem o escoamento lento e a detenção temporária de águas; tratamento de fundos de vale, com zoneamento de planícies de inundação e delimitação de áreas não edificadas destinadas ao armazenamento temporário.

Após esse período surgiram pelo mundo outras técnicas e definições para o gerenciamento mais sustentável das águas pluviais como o Best Management Practices - BMPs (Schueler, 1987), Water Sensitive Urban Design - WSUD (Whelans et al., 1994)(Wong, 2007), Low Impact Development – LID (Prince George's County, 1999), Sustainable Urban Drainage Systems - SUDS (Ciria, 2000).

## 2.3 Low Impact Development – LID

O termo LID – Low Impact Development é muito utilizado nos Estados Unidos e na Nova Zelândia, apareceu pela primeira vez em um relatório elaborado por Barlow et al em 1977 (Fletcher

et al, 2015), em um relatório sobre planejamento e uso do solo em Vermont, Estados Unidos. O LID tenta minimizar o custo do manejo das águas pluviais utilizando um projeto integrado à natureza.

A concepção inicial do LID era utilizar as características naturais do espaço juntamente com as medidas de controle. Atualmente o objetivo é gerenciar e controlar o escoamento das águas pluviais de forma semelhante as condições de pré-ocupação local, usando técnicas de projeto que auxiliem na formação de uma paisagem hidrológicamente funcional (Maryland, 1999). Existem 5 conceitos de uso dessas técnicas que devem ser utilizados no processo de planejamento urbano: uso da hidrologia como parte integrante do projeto; foco na microgestão; controle das águas pluviais na fonte; uso de métodos simples não-estruturais; criação de uma paisagem multifuncional.

#### 2.4 Water Sensitive Urban Design – WSUD

O termo Water Sensitive Urban design começou a ser utilizado em 1990 na Austrália, sua primeira referência foi Mouritz (1992) e posteriormente um documento para o Governo Australiano em 1994. Os objetivos do WSUD, são listados por Whelans et al (1994) apud Fletcher et al (2015) como: gerenciar o balanço hídrico, manter e sempre que possível melhorar a qualidade da água; incentivar a conservação da água e manter oportunidades ambientais e recreativas em relação a água.

Lloyd et al (2002) apud Fletcher et al (2015) descreve o WSUD como uma abordagem filosófica do planejamento e design urbano que visa minimizar os impactos hidrológicos do desenvolvimento urbano sobre o meio ambiente, através de técnicas que possibilitem o controle de qualidade, gerenciamento de fluxo, e formas de captar água de chuva para usos não potáveis.

Esse termo embora tenha nascido na Austrália, tem sido muito utilizado no Reino Unido e na Nova Zelândia. A abordagem do seu uso funciona em todas as escalas urbanas envolve profissões como arquitetos, planejadores, cientistas sociais e ecologistas.

#### 2.5 Sustainable Urban Drainage Systems - SUDS

O SUDS (Sustainable Urban Drainage) foi desenvolvido no Reino Unido no final da década de 80 e em 1992 foi publicado o “Escopo para o Controle do Escoamento Urbano”, um guia que orientava sobre várias formas de controle das águas pluviais (Fletcher et al, 2015).

Esse conceito avançou mais rapidamente na Escócia do que na Inglaterra, e impulsionou as legislações locais como o triângulo de drenagem sustentável que incorpora qualidade, quantidade, habitat e comodidade. O SUDS acabou sendo utilizado para descrever tecnologias relacionadas as águas pluviais. O guia mais importante publicado relativo ao termo é o The SUDS Manual que fornece informações sobre a implementação das práticas no Reino Unido, que praticamente se baseia na implementação da drenagem natural de antes do processo de urbanização, que se assemelha com a filosofia do LID.

## 2.6 Best Management Practices - BMPs

O termo foi mais utilizado nos Estados Unidos e está relacionado a qualidade da água urbana. Abrange técnicas “não estruturais e estruturais”, as “não estruturais” são aquelas que procuram reduzir as consequências causadas pelas enchentes, com ações preventivas, de conscientização e políticas públicas, enquanto as “estruturais” são aquelas que utilizam obras para controle, solução e prevenção das enchentes. As medidas “estruturais” são utilizadas como forma de controle na fonte, na macrodrenagem e na microdrenagem (Tucci, 2005) (Baptista; Nascimento; Barraud, 2005). As técnicas não estruturais podem ser agrupadas nas categorias de dispositivos de recargas, de retenção, e de manutenção, de forma a reduzir o teor de poluentes.

## 2.7 Green Infrastructure – GI

O termo Green Infrastructure – GI ou no português Infraestrutura Verde surgiu nos Estados Unidos em 1990, sua origem foi na arquitetura paisagística, pode ser considerado um conceito ou um processo, influencia o planejamento urbano para a implementação de centros e corredores verdes (Fletcher et al, 2015).

Pode ser utilizado no manejo de águas pluviais como forma de descentralização das técnicas, utilizando telhados verdes, áreas de jardins de chuva e pavimentos permeáveis, estruturas que permitem que a água de chuva infiltre no mesmo local onde ela cai.

Em Seattle nos Estados Unidos essas técnicas devem ser implementadas o máximo possível na cidade e nos empreendimentos até que sejam esgotadas as possibilidades do local.

As utilizações de corredores verdes permitem usos diversos e com funções simultâneas, permitem o homem estabelecer uma relação cotidiana com a natureza, essas áreas próximas a rios permitem que em períodos de cheia sirvam para práticas esportivas, e de contemplação além de reduzir o risco das inundações urbanas (Hellmund & Smith, 2006).

## **METODOLOGIA**

A metodologia utilizada para análise da evolução das pesquisas relacionadas ao manejo de águas pluviais no planejamento urbano utiliza a análise bibliométrica, que parte do conceito referente a bibliometria que é a análise métrica da informação. O objetivo da bibliometria é mensurar o desempenho de instituições, pesquisadores e áreas específicas de determinadas grandes áreas de pesquisa.

Para a realização da análise bibliométrica foi utilizado o software BibView, desenvolvido por Diego Cavalca.

O processo consiste na realização do levantamento de referências bibliográficas na base de dados da Scopus, a partir de termos fundamentais da grande área de pesquisa relacionada ao manejo de águas pluviais.

Foram pesquisados individualmente os termos, LID (Low Impact Development), WSUD (Water Sensitive Urban Design), Stormwater Management and Urban Planning.

Ao pesquisar cada termo, foram selecionados todos os artigos que retornaram da pesquisa e exportados em formato. bib. Esse arquivo em formato. bib foi utilizado no software BibView onde foram obtidos dados que resumem a quantidade de artigos, periódicos, palavras-chave, datas de publicação, autores mais citados, e autores mais produtivos, artigos mais citados e número de produção por país. Com esses dados compilados foi possível fazer a evolução histórica da produção científica da área de pesquisa, as tendências e os trabalhos mais importantes, além das subáreas de menor interesse pelos pesquisadores.

## RESULTADOS

A partir da busca utilizando o termo Stormwater management and urban planning foi possível identificar que os países que mais publicam, a partir do primeiro: Estados Unidos, Austrália, Canadá, China, Reino Unido, Alemanha, França, África do Sul, Suécia e Brasil, totalizando 1044 artigos, e de acordo com a Figura 2, também existem uma relação de troca de informações e publicação conjunta entre Estados Unidos, Reino Unido e Austrália(Figura 1).



Figura 1 – Países que publicam entre si com o termo Stormwater management and urban planning

Com a busca do termo WSUD os países que apareceram foram: Austrália, seguida dos Estados Unidos, Reino Unido, China, Alemanha, Espanha, Nova Zelândia, Canadá, Dinamarca e Irã, totalizando 436 artigos, e uma grande contribuição entre Austrália, Estados Unidos e Reino Unido (Figura 2).

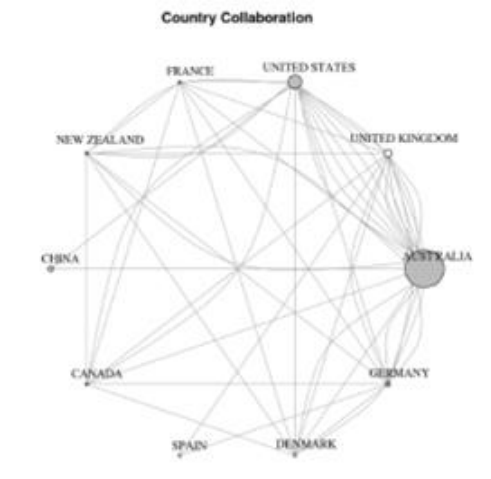


Figura 2. Países que publicam entre si com o termo WSUD

Já em relação ao termo LID, em primeiro lugar apareceu os Estados Unidos, seguido da China, Coreia, Canadá, Austrália, Itália, Reino Unido, Nova Zelândia, Taiwan e Hong Kong, totalizando 1000 artigos publicados, e forte relação de contribuição acadêmica entre Estados Unidos, China, Austrália e Canadá, conforme Figura 3.

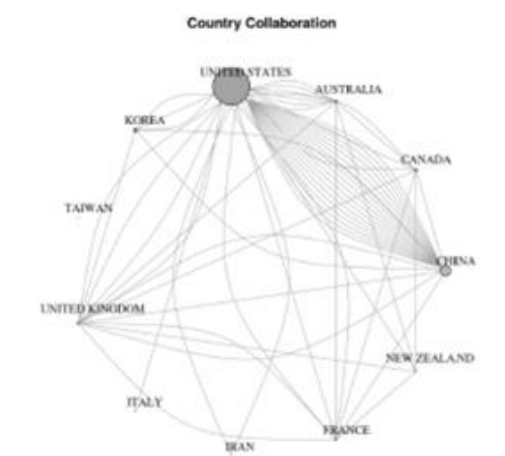


Figura 3. Países que publicam entre si com o termo LID

As palavras chaves que tem maior incidência em cada termo pesquisado também foram obtidas, algumas se repetem nos três termos. A pesquisa das palavras chave do termo Stormwater management and urban planning retornou as seguintes palavras: water pollution, urban planning, rain, urban area, storms, runoff, stormwater, water management, water quality e storm sewers.



As palavras chave relativas ao termo WSUD que retornaram a pesquisa foram: Australia, water quality, runoff, rain, storms, urban design, water management, urban área, stormwater, storm sewers.

O termo LID retornou as palavras: Stormwaters, water quality, storm sewers, rain, storms, water management, stormwater, water pollution, runoff, low impact development.

As pesquisas relacionadas a área de manejo de água pluviais aplicado ao planejamento urbano tiveram seu auge em todo o mundo por volta dos anos 2000, porém no Brasil esse número tem aumentado a partir de 2010. Os países que mais desenvolveram trabalhos nesta área são os responsáveis pelo surgimento das técnicas já mencionadas anteriormente.

O termo Stormwater management and urban planning apresenta artigos publicados desde o ano 1974 até 2018, porém o seu auge foi em 2017 com 77 artigos publicados na base de dados da Scopus. O termo WSUD, tem artigos desde 1969 a 2018, sendo 2012 ano de maior número de artigos, com 62 artigos publicados, seguido por 2017 com 56 artigos. Já o termo LID, iniciou suas publicações um pouco mais tarde, por volta de 1998 seu auge ocorreu em 2010 com 141 artigos seguido de 2017 com 116 artigos.

Os autores mais citados nos três termos se repetem, com maior ou menor frequência, os quais são possíveis citar: Fletcher, T; Baptista et al; Booth, D; Jackson,C; Wong, T; Ashley, R; Hunt, W; Dietz, M; Brown, R; Li, J; Urbonas.

## CONCLUSÃO

A partir dos resultados encontrados após a análise feita com o BibView, é possível observar que a área de manejo de águas pluviais está em crescimento desde a década de 70 com o surgimento das Técnicas Compensatórias de Drenagem Urbana, e teve grande aumento no número de publicações principalmente após o ano de 2010. O termo Stormwater management and urban planning e LID obtiveram grandes publicações no ano de 2017, o que mostra que esses dois termos estão em constante pesquisa e desenvolvimento, em 2018 ainda não é possível identificar se houve crescimento ou baixa devido a data de escrita do presente trabalho ser em meados do mesmo, o que significa que ainda podem ocorrer novas publicações.

Os países com maior número de publicação que fazem parte da rede de pesquisadores dos termos procurados se repetem na maioria dos termos, os Estados Unidos e a Austrália lideram o ranking de publicações, seguidos do Reino Unido e Nova Zelândia. O Brasil ainda aparece um pouco tímido, somente na pesquisa com o termo Stormwater management and urban planning, isso se deve pela pequena quantidade de pesquisadores brasileiros que trabalham com técnicas de manejo de águas

pluviais. As palavras chave que mais aparecem na pesquisa dos três termos são runoff (escoamento), urban area (área urbana), water management (gerenciamento de águas), significa que o gerenciamento de águas pluviais e as áreas urbanas estão intimamente ligados.

O conhecimento dos principais autores também possibilita a pesquisa mais específica das áreas de trabalho, e embasa a teoria do mesmo, facilitando na revisão bibliográfica de futuros trabalhos.

Portanto é possível verificar que o manejo de água pluviais e o planejamento urbano integrado tem sido trabalhados em várias partes do mundo, e com um constante crescimento e difusão do conhecimento aplicado para o planejamento das cidades de modo mais sustentável.

## REFERÊNCIAS

- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S (2005). *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*. Porto Alegre: ABRH, 266 p.
- Barlow, D., Burrill, G., and Nolfi, J., (1977). *Research report on developing a community level natural resource inventory system: Center for Studies in Food Self-Sufficiency*. Retrieved from [http://vtpeakoil.net/docs/NR\\_inventory.pdf](http://vtpeakoil.net/docs/NR_inventory.pdf).
- FLETCHER, T. D.; SHUSTER, W.; HUNT, W. F.; ASHLHEY, R.; BUTLER, D.; ARTHUR, S.; TROWSDALE, S.; BARRAUD, S.; SEMADENI-DAVIES, A.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J. L.; MIKKELSEN, P. S.; RIVARD, G.; UHL, M.; DAGENAIS, D. e VIKLANDER, M. (2015). *SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage*. Urban Water Journal, 56p.
- GORSKI, M. C. B (2010). *Rios e Cidades. Ruptura e Reconciliação*. Editora SENAC São Paulo.
- HELLMUND, P.C.; SMITH, D.S. (2006) *Designing Greenways – Sustainable landscapes for nature and people*. Island Press, Washington.
- LLOYD, S.D., (2001). *Water sensitive urban design in the Australian context; synthesis of a conference held 30–31 August 2000, Melbourne, Australia. (Technical Report No. 01/7)*. Melbourne: Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology.
- MASCARÓ, J. L.(2005) *Loteamentos urbanos*. Editora Masquatro, Porto Alegre.
- Mouritz, M., (1992). *Sustainable urban water systems; policy & professional praxis*. Perth, Australia: Murdoch University.
- PRINCE GEORGE’S COUNTY(1999). Maryland Department of Environmental Resources Programs and Planning Division. *LID - Low-Impact Development Design strategies*.
- TAVANTI, D. R. (2009) *Desenvolvimento de baixo impacto aplicado ao processo de planejamento urbano*. 151p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- TUCCI, C. E. M. (2005) *Gestão das Inundações Urbanas*. Porto Alegre, RS, 200p.
- VAN ROON, M., (2011). *Low Impact Urban Design And Development: Catchment-Based Structure Planning To Optimise Ecological Outcomes*. Urban Water Journal, 8 (5), 293–308.