

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

EFEITOS QUANTITATIVOS DA ADOÇÃO DO ÍNDICE DE PERMEABILIDADE NO PLANEJAMENTO DO USO DO SOLO NUMA BACIA URBANA

Údson Renan dos Santos Silva ¹; Lafayette Dantas da Luz ²

RESUMO – A preservação e manutenção de rios urbanos depende não somente de soluções estruturais, mas não estruturais, como o planejamento do uso do solo urbano, podendo-se adotar o Índice de Permeabilidade (IP), como forma de promover a infiltração das águas. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos quantitativos da adoção de um índice IP no escoamento superficial de uma bacia urbana, tendo como base o planejamento do uso do solo previsto num PDDU. A área de estudo corresponde à bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, no município de Salvador. Essa avaliação baseou-se na análise da precipitação efetiva obtida pelo método *Soil Conservation Service (SCS)* para 3 diferentes cenários de uso e ocupação do solo: cenário natural sem antropização, o cenário atual e o cenário futuro baseado no zoneamento do PDDU do município de Salvador. Os efeitos quantitativos do IP foram avaliados para o cenário futuro previsto no PDDU. Os resultados mostraram que no cenário futuro, caso seja o modelo de zoneamento do uso do solo indicado no PDDU e adotado um Índice de Permeabilidade de 20% poderá ocorrer redução de 16% no escoamento superficial quando comparado com o cenário atual, podendo favorecer a infiltração e a manutenção do rio urbano.

ABSTRACT– The preservation and maintenance of urban rivers depends not only on structural but non-structural solutions, such as urban land use planning. A Permeability Index (IP) can be adopted in planning as a way to promote water infiltration. The objective of this work was to evaluate the quantitative effects of the adoption of an IP index on the runoff of an urban basin, based on the planned land use considered in a PDDU. The study area corresponds to the catchment of the Jaguaribe river, in the municipality of Salvador. This evaluation was based on the analysis of the effective precipitation obtained by the *Soil Conservation Service (SCS)* method for 3 different scenarios of land use and occupation: natural scenario without anthropization, the current scenario and the future scenario based on land use zonation of the PDDU of Salvador. The quantitative effects of IP were evaluated for the future scenario predicted in the PDDU. The results showed that in the future scenario, if the model of land use zoning indicated in the PDDU is adopted and a Permeability Index of 20% is adopted, a 16% reduction in surface runoff can occur when compared to the current scenario, which may favor infiltration and the maintenance of the urban river.

Palavras-Chave – Rios urbanos. Índice de Permeabilidade. Uso e ocupação do solo.

¹) Afiliação: Discente do Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento da UFBA. Professor substituto do Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias da UFOB. E-mail: udson.renan14@gmail.com

²) Afiliação: Professor Associado do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFBA. UFBA. E: mail: lluz@ufba.br

1 - INTRODUÇÃO

A ausência de planejamento urbano, especificamente quanto à oferta de serviços de saneamento adequados, como a drenagem urbana historicamente ocasiona problemas ambientais, sociais e econômicos nas grandes cidades. A adoção exclusiva de ações de infraestrutura convencionais de drenagem urbana não se mostra suficiente, sendo necessário reavaliar-se o uso e ocupação do solo urbano, assim como se promover a execução de ações de baixo impacto. Nesse contexto, as estratégias de *Low Impact Development* (LID) podem promover a obtenção de paisagens com comportamento mais similar possível com o natural, controlando picos de vazões, volumes e duração, além de manter a qualidade das águas pluviais, principalmente de rios urbanos (Department of Defense, 2004). Como forma de promoção dos LIDs se tem utilizado como critério o índice de permeabilidade (IP), que objetiva definir um percentual de área permeável urbana e que tem sido adotado em planos diretores urbanos, mas são limitadas as investigações quanto aos reais efeitos quantitativos da adoção do mesmo.

A questão do planejamento do uso e ocupação do solo envolve decisões políticas que influenciam diretamente em aspectos hidrológicos das bacias urbanas, sejam eles ambientais como da implantação de ações estruturantes. Nesse contexto, Genz e Tucci (1995) *apud* Nunes (2011) destacam que o recobrimento da superfície do terreno por obras de engenharia, sejam residenciais, comerciais e outros, implica em uma maior quantidade e velocidade do escoamento superficial em um tempo menor, aumentando a vazão de cheia, diminuição da vazão de base e aumento das inundações.

Nunes *et al* (2011) aplicaram o método do *Soil Conservation Service* (SCS) numa bacia hidrográfica no estado do Paraná, objetivando avaliar a variação temporal e espacial dos coeficientes de escoamento superficial devido a impermeabilização do solo, constaram que o coeficiente de escoamento superficial é dependente do tipo e das variações, ao longo do tempo e do espaço, da cobertura superficial do terreno e de outros elementos físicos. Já num outro estudo realizado por Tucci (2000) ao avaliar a relação entre o coeficiente de escoamento de bacias urbanas brasileiras, e pelo método do SCS em função da área impermeável pode constatar que em bacias urbanas experimentais um habitante introduz cerca de 49 m² de área impermeável numa bacia e que para cada 10% de aumento de área impermeável ocorre cerca de 100% de aumento do coeficiente de escoamento de cheia. Logo, infere-se por esses estudos a influência que o planejamento do uso do solo provoca no escoamento superficial e sua relevância para o planejamento urbano.

Como forma alternativa de avaliar o impacto da adoção de alternativas que minimizem o escoamento superficial, Tavanti *et al* (2012) aplicou métodos convencionais e de desenvolvimento de

baixo impacto (LID), a partir dos quais foi possível comprovar que a partir do planejamento urbano é possível criar paisagens hidrologicamente funcionais, semelhantes às condições naturais. No trabalho de Tavanti *et al* (2012) foram comparados três cenários: pré-desenvolvimento, desenvolvimento convencional e desenvolvimento de baixo impacto (LID) nos quais constatou-se ganhos paisagísticos no projeto de baixo impacto com criação de áreas de cobertura vegetal, quanto a aspectos hidrológicos ocorreu redução da vazão de pico e com o uso de práticas de gerenciamento integradas (IMP's) a infiltração mantém as condições próximas às condições naturais.

Atualmente, no município de Salvador vigora a Lei Nº 9.069/2016, que dispõe sobre o ordenamento do uso e da ocupação do solo, com o objetivo de orientar e ordenar o crescimento da cidade em consonância com as diretrizes do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU). Essa lei delimitou o município em zonas de ocupação, seja para fins residenciais, de desenvolvimento econômico, de interesse turístico, de proteção ambiental, dentre outros. Contudo, para a ocupação do solo foram definidos sete índices, dentre os quais destaca-se no Art. 77 o índice de permeabilidade (IP), o qual objetiva promover a qualificação ambiental, em especial a melhoria da retenção e infiltração da água nos terrenos e ampliação da vegetação.

Esse trabalho objetiva investigar se a adoção do IP num plano diretor urbano influencia quantitativamente no escoamento superficial de uma bacia urbana, como forma de promover o fluxo de rios urbanos.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Descrição da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Jaguaribe possui uma área de 40,29 km², abrangendo cerca de 17,08% da área do município de Salvador e sendo considerada a segunda maior bacia do município, desaguardo no Oceano Atlântico. Atualmente a bacia drena áreas urbanas densamente povoadas com infraestrutura de saneamento precária, e com remanescentes de vegetação nativa, característicos do bioma Mata Atlântica em estágio médio e avançado de regeneração, constituindo-se num corredor natural (SANTOS, 2010; SEDHAM, 2009).

Na maior área da bacia a influência do escoamento subterrâneo a partir do aquífero fraturado é desprezível ou inexistente, assim, o escoamento de base ocorrente nos períodos de estiagem é mais fortemente influenciado pelo armazenamento de água no subsolo da bacia com predomínio de Argissolos Vermelho-Amarelo.

2.2 – Dados disponíveis

Os dados utilizados foram o Modelo Digital de Terreno (MDE) obtido pelo projeto Topodata (Folha 12S39) com escala de 1:250.000, obtendo-se a delimitação da bacia e da rede hidrográfica pelo *software* ArcGis. As imagens de satélite para análise de uso e ocupação do solo foram obtidas no *software* Google Earth Pro e datadas em setembro/2018.

2.3 - Estimativa do escoamento superficial pelo método do *Soil Conservation Service* (SCS)

A metodologia proposta para essa análise baseia-se na aplicação do método do *Soil Conservation Service* (SCS-CN) desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, o qual permite estimar o potencial de escoamento superficial em função do tipo de uso e ocupação do solo da bacia, dado pela equação 1:

$$Q = \frac{(P-0,2.S)^2}{(P+0,8.S)} \quad (1)$$

Onde P é a precipitação ocorrida ao longo de um evento de chuva (mm), Q é a chuva efetiva ou escoamento superficial (mm) e S é a máxima infiltração acumulada potencial (mm). A equação 1 é válida quando $P > I_a$ e $Q = 0$ quando $P \leq I_a$, onde I_a são as perdas iniciais e correspondem a 20% da máxima infiltração acumulada potencial (S), em mm. De acordo com Collischonn e Dornelles (2015), essas perdas iniciais incluem acúmulo de água na superfície, interceptação e infiltração no solo antes do escoamento superficial.

O parâmetro S é dado pela equação 2:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

Onde CN é um parâmetro adimensional, variável entre 0 e 100, o qual é obtido em tabelas nas quais variam-se o tipo de solo e o tipo de ocupação. São considerados quatro tipos de solos ou grupos hidrológicos: A, B, C e D (SARTORI *et al*, 2005). Os valores dos parâmetros CN para diferentes condições podem ser obtidos por Tucci (1993) para bacias rurais e urbanas adotando-se para este trabalho os valores indicados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de CN para uso do solo do grupo hidrológico tipo B

Uso do Solo Tipo B	CN
Zonas industriais	88
Zonas residenciais (Lotes < 500 m ² e média impermeável de 65%)	85
Florestas esparsas	68
Florestas densas	52

Fonte: Adaptado Tucci (1993)

A precipitação P obteve-se a partir do produto i (intensidade pluviométrica) x t (tempo de duração). A intensidade i , em mm/h foi obtida pela equação de chuvas para Salvador apresentada por Matos (2006) (Equação 3) onde T é o período de retorno em anos, adotado $T= 25$ anos, usual em projetos de macrodrenagem e t é a duração da chuva, em min.

$$i = \frac{1.578,61.T^{0,2443}}{(t+22)^{0,94}.T^{-0,0355}} \quad (3)$$

A duração da chuva, igualada ao tempo de concentração (t_c) da bacia, foi calculada a partir da equação de Kirpich.

2.3 – Avaliação de cenários do uso e ocupação do solo na bacia

São considerados três cenários de análise, os quais são avaliados os valores de CN, de precipitação efetiva e capacidade de infiltração:

- Cenário natural, que considera uma situação de menor antropização ou inexistência da mesma, no caso da área de estudo será adotado como referência a década de 1970. Este cenário será considerado como o representativo das condições naturais, onde predominam as vazões naturais de escoamento fluvial;
- Cenário atual: considerando a ocupação observada em imagens do *software* Google Earth e com data de referência: setembro/2018;
- Cenário futuro: considerando o uso e ocupação do solo indicado no PDDU de Salvador (PDDU 2016), no qual são indicadas áreas de zoneamento, como residencial e de proteção ambiental, e o respectivo efeito da utilização do índice IP em comparação com os demais cenários. O PDDU prevê que os empreendimentos atendam ao IP, que estabelece área permeável para cada zona de uso, no qual os valores de áreas permeáveis devem corresponder entre 0,20 a 0,30 da área do empreendimento.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Análise dos tipos de ocupação do solo considerados para cada cenário

O cenário natural, referente à década de 70 considera toda a área da bacia ocupada por florestas densas em toda a área da bacia, e no cenário atual e cenário futuro considerou-se zonas industriais, zonas residenciais e florestas esparsas. Os cenários atual e futuro diferenciam-se somente na redução das áreas de florestas.

O cenário atual possui áreas com remanescentes do bioma Mata Atlântica e parte da área de proteção ambiental Parque Metropolitano Lagoas e Dunas do Abaeté, que inserem-se na área da bacia, a partir das imagens do Google Earth. Constatou-se que atualmente essas áreas representam cerca de 27% (10,84 km²) da área da bacia, estando concentradas na parte central e superior, 70% (28,08 km²) corresponde a áreas ocupadas por residências e 3% (1,35 km²) corresponde a áreas industriais. A região da bacia delimitada entre a Avenida Paralela e a Avenida Otávio Mangabeira (trecho da orla) encontra-se totalmente ocupado por conjuntos residenciais, enquanto que na região da cabeceira da bacia predominam unidades industriais, como empresas de transporte e distribuição de produtos. A Figura 1 apresenta a delimitação das áreas remanescentes de vegetação identificadas.

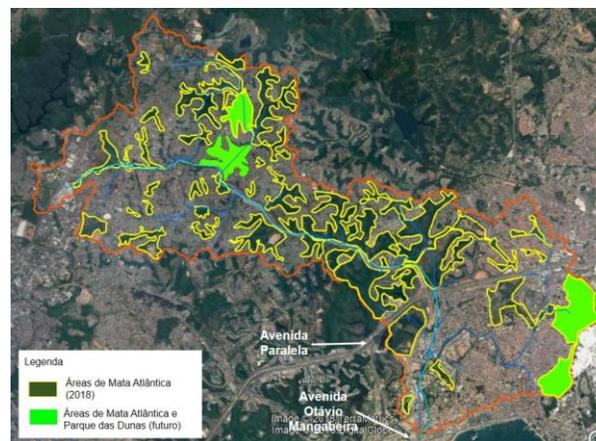


Figura 1 – Delimitação da bacia e das áreas remanescentes de vegetação no cenário atual
Fonte: Adaptado Google Earth, 2018

As áreas de remanescentes de vegetação localizam-se principalmente nos trechos mais íngremes, de ocupação mais difícil, e nas zonas baixas, onde localizam-se as nascentes e as regiões mais embrejadas da bacia.

A diferença entre o cenário atual e o cenário futuro, verificado a partir do mapa de zonas de uso anexado à Lei N° 9.148/2016 corresponde à redução de 27% para 5% das áreas verdes atualmente existentes, conforme visualizado na Figura 1. Destaca-se que a área do Parque das Dunas mantém-se inalterável no zoneamento proposto, sendo responsável pela maior parcela da Zona de Proteção Ambiental (ZPAM) prevista no PDDU, enquanto que a redução ocorrerá nas áreas de Mata Atlântica ainda existente na bacia, principalmente na parte central. No PDDU a maior parcela das atuais áreas de Mata Atlântica estão classificadas como Zona Predominantemente Residencial 3 (ZR3), classificada como de alta densidade construtiva e demográfica.

Além disso, o cenário futuro que baseia-se nas indicações do PDDU não considera as áreas de Áreas de Preservação Permanente (APP) do curso d'água principal e afluentes, classificando o percurso principal do leito do rio Jaguaribe como zonas de centralidade. De acordo com o Art. 23 do PDDU configuram-se como zonas nas quais convergem fluxos de integração, ou mais explicitamente, onde preveem-se vias de circulação, o que irá consolidar a ocupação residencial da região central da bacia e que se assemelham-se ao modelo de ocupação “vias de vale” adotado na década de 60 adotado na década de 60 pelo município, com o agravante de que na concepção atualmente praticada sequer são deixadas faixas marginais ao leito normal dos rios, neste caso concebidos como canais artificializados. Para cada cenário foram obtidos valores de CN ponderados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores das áreas por tipo de uso do solo (km²) e CN ponderado

Usos dos solos	Cenário natural (1970)	Cenário atual (2018)	Cenário futuro (PDDU)
Zonas industriais (km ²)	-	1,36	1,36
Zonas residenciais (Lotes < 500 m ² e média impermeável de 65%) (km ²)	-	28,09	36,95
Florestas esparsas/Parques (km ²)	-	10,85	1,98
Florestas densas (km ²)	40,29	-	-
Área total (km ²)	40,29	40,29	40,29
CN ponderado	52,00	80,52	84,26

Observa-se na Tabela 2 que no cenário futuro considerado na Lei 9.148/2016 ocorrerá redução da área de floresta em cerca de 22%, resultante do aumento da área residencial e consequentemente o aumento do valor de CN, ou seja do escoamento superficial. Adotando-se como referência o valor de CN do cenário natural, no qual considera a situação de menor interferência antrópica na bacia, constata-se que ocorreu um aumento de 55% no valor do CN, num intervalo de quatro décadas, podendo-se atingir um aumento de até 62% no cenário futuro. Logo, infere-se que o modelo de ocupação do solo da bacia indicado no PDDU (2016) resultará num aumento do escoamento superficial em períodos chuvosos, reduzindo processos hidrológicos como infiltração, que poderão impactar na redução das vazões naturais nos períodos de estiagem devido à menor recarga do solo.

3.2 – Estimativa do escoamento superficial para os diferentes cenários

Para a aplicação do método do SCS calculou-se o tempo de concentração no exutório da bacia igual a 188 min (3,15 h), adoção do período de retorno de 25 anos e pela equação de chuvas de Matos (2006) a intensidade pluviométrica igual a 39 mm/h. Essa intensidade corresponde a uma precipitação total de 122 mm de chuva. Considera-se nessa análise que o regime pluviométrico não altera-se no futuro

mantendo-se a mesma precipitação, independente do cenário analisado. Os resultados obtidos quanto à estimativa do escoamento superficial ($Q_{efetiva}$), em mm, para os diferentes cenários propostos está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados obtidos com a aplicação do método SCS na bacia para diferentes cenários

Parâmetros	Cenário natural (1970)	Cenário atual (2018)	Cenário futuro
CN ponderado	52,0	80,5	84,3
S (mm)	234,5	61,4	47,4
Ia (mm)	46,9	12,3	9,5
P (mm)	122,8	122,8	122,8
$Q_{efetiva}$ (mm)	18,6	71,0	79,9

Observa-se a partir dos dados obtidos que devido ao padrão de ocupação atual e futuro previsto para a bacia prevê-se uma redução na infiltração potencial do solo (S) de até 80%, em comparação com as condições naturais da bacia registradas na década de 70. Como as perdas iniciais estão relacionadas diretamente à infiltração potencial, as mesmas também reduzem-se nos cenários analisados.

Nesta análise destaca-se que no cenário natural a precipitação efetiva, ou seja, a que escoar nos períodos chuvosos, representa somente 23 a 26% da parcela da precipitação efetiva dos cenários atual e futuro. Os resultados mostram que o padrão de ocupação do solo resultou em aumento de 3,82 vezes da precipitação escoada em relação ao escoado no cenário atual, com possibilidade de ser até 4,30 vezes superior no cenário futuro.

3.3 – Efeito do aplicação do Índice de Permeabilidade no cenário futuro

Para o cenário futuro realizou-se outra simulação que considera somente a ocupação do solo por zonas residenciais prevista no PDDU, mas com a consideração do IP. Adotou-se que 20% da área prevista para zona residencial será permeável, ou seja, adotou-se o menor valor da faixa IP, além do menor valor de CN indicado para bacias urbanas e para o grupo hidrológico tipo B, no caso, CN igual a 55. Na Tabela 4 apresenta-se o resultado obtido com o cálculo do valor de CN ponderado e da precipitação efetiva para o cenário futuro considerando que parcela das áreas residenciais adotarão dispositivos de infiltração para as águas pluviais ou manutenção de áreas florestadas.

Tabela 4 – Valor de CN ponderado para o cenário futuro com IP

Uso dos solos	Área (km ²)	Parâmetros	Valores
Zonas industriais	1,36	CN ponderado	78,76
Zonas residenciais (Lotes < 500 m ² e média impermeável de 65%)	29,56	S (mm)	68,49

Uso dos solos	Área (km ²)	Parâmetros	Valores
Áreas das zonas residenciais com dispositivos de infiltração	7,39	Ia (mm)	13,69
Florestas esparsas/Parques	1,98	P (mm)	122,8
Total	40,29	Q _{efetiva} (mm)	67,0

Os resultados apresentados na Tabela 4 mostram que no cenário futuro com IP o valor de CN e a precipitação efetiva são menores do que aqueles obtidos para o cenário atual e cenário futuro apresentados na Tabela 3. A adoção de dispositivos de infiltração na área da bacia nessa situação poderá reduzir em até 16% o valor da precipitação efetiva num cenário futuro quando comparado com o cenário atual. Contudo, a redução da precipitação efetiva com a adoção do IP resulta num valor de CN que ainda corresponde a 3,6 vezes àquele relacionado à condição natural da bacia. Ressalta-se que a obtenção de condições semelhantes àquelas obtidas com a situação natural da bacia inexistente, contudo, no mínimo devem ser consideradas condições para a manutenção ou recuperação do estado natural dos rio e seus afluentes.

4 - CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com o estudo ressaltam que o tipo de zoneamento dos usos do solo numa bacia hidrográfica urbana podem influenciar nos processos hidrológicos de escoamento superficial e infiltração, principalmente nas vazões mínimas ocorrentes nos períodos de estiagem.

Na bacia estudada constatou-se que num cenário futuro, se prevê uma redução das áreas florestais de 27% (ano 2018) para 5%, que poderá resultar em valores de CN até 62% superiores em relação àqueles estimados para a condição natural da bacia. Em consequência disso, haverá o aumento do escoamento superficial, podendo este ser até 4 vezes superior àquele estimado numa condição sem antropização, o que indica também menor infiltração e conseqüentemente redução da recarga do solo e das vazões contribuintes ao rio. Caso o índice IP seja considerado para os novos empreendimentos conforme previsto no PDDU, poderá ocorrer a redução de até 16% do escoamento superficial num cenário futuro resultando inclusive em condições mais favoráveis do que a atual (2018).

A adoção do índice de permeabilidade IP pode promover a redução das precipitações efetivas, e favorecer uma condição hídrica de infiltração superior à atual, contudo, não garante-se que os valores obtidos sejam adequados, pois, nessas simulações considera-se que as áreas de APP são consideradas como futuramente ocupadas, conforme indicado no PDDU. Por fim, destaca-se a necessidade de revisão do tipo de planejamento de uso do solo da bacia, caso deseje-se promover a integração do rio com o meio urbano. Constata-se a necessidade de avaliar as incertezas dos valores dos CN em bacias urbanas e de

índices de impermeabilização a fim de verificar os efeitos nas vazões dos rios, e seu reflexo social e econômico.

REFERÊNCIAS

- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. (2015) *Hidrologia para engenharia e ciências ambientais*. Porto Alegre, 2ª ed., Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). 336 p.
- DEPARTMENT OF DEFENSE (2004). Unified Facilities Criteria (UFC) Design: Low Impact Development Manual. Disponível em: <http://www.wbdg.org/>
- GAMBÁ. Disponível em: <http://www.gamba.org.br/noticias/ministerio-publico-federal-pede-a-suspensao-da-canalizacao-do-rio-jaguaribe-para-defender-patrimonio-paisagistico>. Acesso em: 25 nov. 18.
- MATOS, J. E. R (2006). *Chuvas intensas na Bahia: equações e metodologias de regionalização*. Salvador: EDUFBA. 296p.
- NUNES, F.G.; FIORI, A.P.; FIRPO, G. (2011) *Estimativa de coeficientes de escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Atuba: Curitiba e região metropolitana – Paraná/Brasil*. Boletim paranaense de geociências, v. 64-65, p. 27-39.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR (PMS/SSA). Lei Nº 9.069/2016 de 20/06/2016. Dispõe sobre o Plano diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Salvador – PDDU 2016 e dá outras providências.
- SANTOS, E.; PINHO, J. A. G.; MORAES, L. R. S.; FISCHER, T (2010). *O Caminho das Águas em Salvador: Bacias hidrográficas, bairros e fontes*. CIAGS/UFBA; SEMA. 486 p.
- SARTORI, A.; NETO, F. L.; GENOVEZ, A. M. *Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos Parte I: Classificação*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.10, n. 4, out/dez, 2005, 05-18.
- SEDHAM. Cadernos da Cidade. Volume 1 – Uso e Ocupação do Solo em Salvador. Ano I, Nº 1, jun/09, 111p.
- TAVANTI, D. R.; BARBASSA, A. P. (2012) *Análise dos desenvolvimentos urbanos de baixo impacto e convencional*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 17, nº 4, out/dez, p.17-28.
- TUCCI, C.E.M. (Org.) (1993). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Universidade. ABRH: EDUSP. 943 p.
- TUCCI, C. E. M. (2000) *Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5, nº1, jan/mar, p.61-68.