



Análise dos impactos sobre o escoamento superficial decorrentes da urbanização em bairros da zona norte de Aracaju, Sergipe

Denison dos Santos de Sena¹, Ludmilson Abritta Mendes²

¹ Universidade Federal de Sergipe/UFS (d.sena.civil@gmail.br)

² Universidade Federal de Sergipe/UFS (ludmilsonmendes@yahoo.com.br)

Resumo

O presente trabalho tem o objetivo avaliar os impactos causados na cobertura natural do solo e nas vazões de pico após a urbanização de uma bacia localizada na zona norte de Aracaju-SE. Para tais fins foram identificados manualmente, no software QGIS, as ocupações e usos do solo na região em duas épocas, anos 70 e nos dias atuais. As áreas permeáveis e impermeáveis identificadas para as duas épocas foram lançadas no software ABC, a fim de avaliar as alterações ocorridas nas vazões de pico da região. Os resultados gerados no programa ABC6 indicaram aumento no escoamento superficial e na vazão de pico de 73% e redução de 22% do tempo de concentração. Para minimização das inundações, foi proposta a construção de reservatórios de detenção, os quais amorteceram a vazão de pico em até 50%.

Palavras-chave: Urbanização, Drenagem Urbana, Reservatórios.

Área Temática: Recursos Hídricos

Analysis of the impacts on surface runoff due to urbanization in neighborhoods in the north of Aracaju, Sergipe

Abstract

The present study has the objective to evaluate the impacts caused in the natural cover of the soil and in the peak flows after the urbanization of a basin located in the northern zone of Aracaju-SE. For such purposes, the occupations and uses of the ground in that location, where manually identified in QGIS software in two different seasons, the 70's and the current days. The permeable and impermeable areas identified in those seasons were launched in the ABC software, aiming to evaluate the changes in the peak flow rates and in the superficial flow of that location. The results generated in the ABC6 indicated a raise over the superficial flow and over the peak flow rate, and these facts are causing floods. To minimize the overflows, which are floods causers, the construction of detentions reservoirs was proposed, which caused the reduction of 50% of the peak flow.

Key words: Urbanization, Urban Drainage, Reservoirs.

Theme Area: Water Resources



1. Introdução

À medida que as cidades crescem, ficam evidentes as modificações no ambiente natural. Como consequência da urbanização, Mota (1981) relata que o escoamento superficial da precipitação torna-se superior à parcela de infiltração e interceptação, fator esse que é de grande influência no aumento das vazões de pico e ocorrência de enchentes.

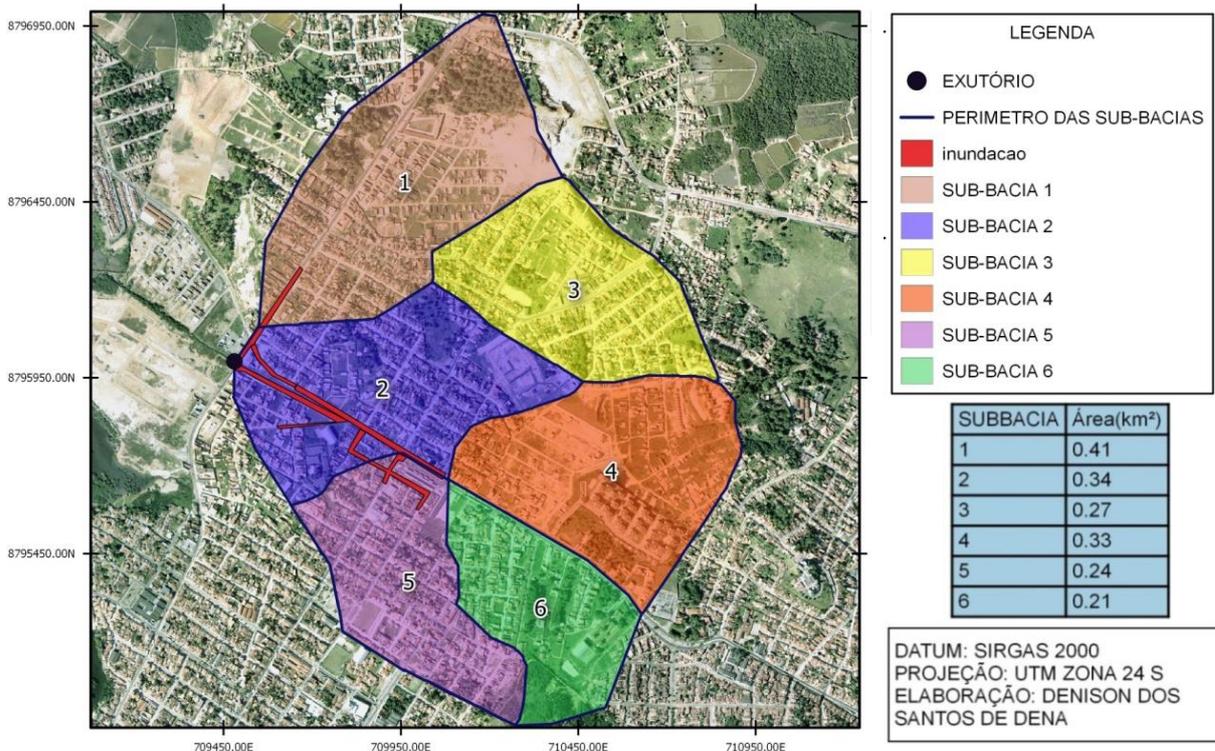
Aracaju é uma das cidades que se desenvolveu descaracterizando a cobertura natural de suas áreas, originando dessa forma interferência no ciclo hidrológico e problemas indesejáveis como inundações (ARAÚJO et al., 2006).

O presente trabalho objetiva avaliar o desenvolvimento ocupacional da área de estudo e as interferências que tal desenvolvimento provoca na taxa de infiltração, precipitação excedente e vazão de pico. No fim, o trabalho propõe uma solução para as inundações potencializadas pelo acréscimo da vazão de pico.

2. Área de estudo

A área de estudo, apresentada na Figura 1, está localizada no município de Aracaju, capital do Estado de Sergipe, e compreende seis sub-bacias urbanas que somam uma área de contribuição de 1,8 km². A região, que engloba os bairros Santos Dumont, Soledade e Cidade Nova, é marcada por frequentes inundações.

Figura 1 - Área de estudo



Fonte – Os autores.

3. Metodologia

3.1. Determinação do uso do solo para diferentes cenários



No estudo foi avaliada a ocupação da área de estudo no período de pré-urbanização (anos 1970) e pós-urbanização (ano de 2017). Para o cenário de pré-urbanização (C1), o uso e ocupação do solo foram definidos a partir da realização de enquetes com os moradores mais antigos da região. Para o cenário de pós-urbanização (C2), foram realizadas delimitações do uso e ocupação, na interface do software QGIS, sobre uma imagem em arquivo TIFF (*Tagged Image File Format*) e do Google Earth Pro (2014). Em áreas supostas pelo Google como abertas e sem aplicação de elementos impermeáveis, foram realizadas visitas para constatação dos dados e atualização das informações para os dias atuais.

As delimitações foram realizadas por meio de polígonos, sendo que todos os elementos poligonais e imagens trabalhadas foram georreferenciados para possibilitar a sobreposição de imagens. O sistema de referência de coordenadas (SRC) da região de Aracaju adotado no software foi o EPSG: SIRGAS 2000/UTM zona 24 Sul.

As tipologias identificadas para os cenários C1 e C2 e adotadas neste trabalho foram definidas como áreas de pavimentos, espaços abertos e residências.

3.2. Análise do hietograma e hidrograma nos cenários

O hietograma de projeto e o hidrograma de projeto no exutório da bacia em cada cenário foram determinados com o uso do *software* ABC6, adotando o modelo de cálculo *Soil Conservation Service* (SCS).

Foram fornecidos os dados exigidos pelo *software* ABC6 para a simulação hidrológica. Os dados de entrada fornecidos dizem respeito ao intervalo de discretização do hidrograma, o período de retorno (T_r), o tempo de concentração (t_c), o comprimento do talvegue, o coeficiente de retardo, o coeficiente de rugosidade, a curva de Intensidade-Duração-Frequência (IDF), a duração da chuva (d) e o número de curva (CN).

O tempo de retorno para a área de estudo, que possui sistema de microdrenagem com áreas de residências, comerciais, ruas e avenidas, foi adotado igual a 10 anos (TUCCI, 2003). Tendo em vista a pequena área da bacia, o intervalo de discretização e o tempo de duração da chuva foram, respectivamente, 5 min e 60 min.

Levando em consideração que as superfícies da bacia são impermeáveis não lisas, adotou-se um coeficiente de retardo semelhante ao de superfície de concreto (0,012). Já para o coeficiente de rugosidade, foi adotado para todas as áreas da bacia o valor de 0,015.

Os números de curva (CN) foram definidos no próprio *software* para os respectivos usos da cobertura superficial e considerando que a bacia possui o tipo hidrológico do solo enquadrado no grupo C (solos pouco profundos com camadas subsuperficiais que impedem o fluxo descendente da água). Adotou-se a curva IDF (Equação 1) formulada por Aragão et al. (2012), por ser a mais recente dentre as elaboradas para a região e presentes no *software*.

$$i = \frac{20,84 * T_r^{0,188}}{(t + 10,52)^{0,753}} \quad \text{Eq. (1)}$$

O tempo de concentração foi calculado de forma manual para cada sub-bacia, utilizando a fórmula do SCS (Equação 2). Os resultados dos tempos de concentração para os cenários, bem como o comprimento dos talwegues e suas declividades, os quais foram medidos na planta em arquivo dwg, foram introduzidos no *software* ABC6.

$$t_c = 0,00536 * L^{0,8} ((1000/CN) - 9)^{0,7} * S^{-0,5} \quad \text{Eq. (2)}$$



onde t_c é o tempo de concentração na sub-bacia (min), L é o comprimento do talvegue (m), CN é o número de curva e S é a declividade do talvegue (m/m).

4. Resultados

4.1. Delimitação do uso e ocupação do solo

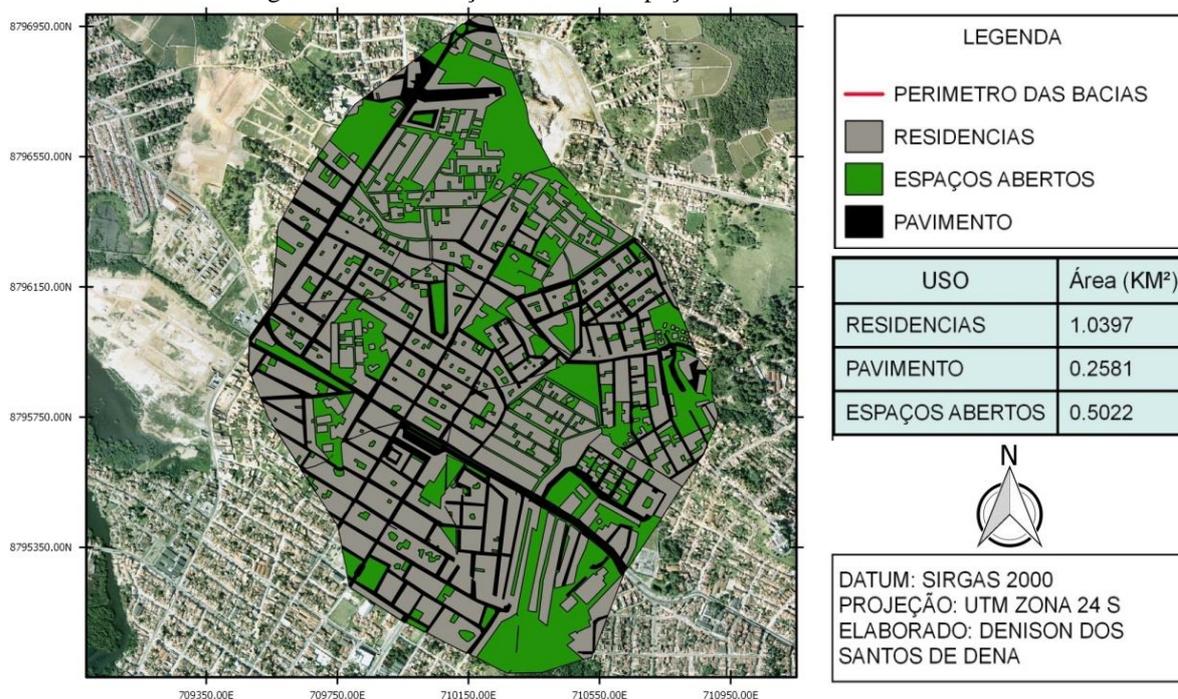
Para os dois cenários foram avaliados o uso e ocupação do solo com as sub-bacias possuindo as mesmas dimensões, ou seja, sem alterações nas sub-bacias (SB) com o passar dos anos. Os resultados das áreas para cada tipo de uso nos cenários C1 e C2 podem ser encontradas na Tabela 1. A Figura 2 apresenta a distribuição das áreas residenciais, espaços abertos e pavimentos na região de estudo para o cenário C2, realizadas no *software* QGIS.

Quadro 1 – Identificação do uso e ocupação do solo nos cenários C1 e C2.

Uso	Sub-bacia Cenário	Distribuição aproximada das áreas (%)											
		SB-1		SB-2		SB-3		SB - 4		SB - 5		SB - 6	
		C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
Residencial		11	53	18	63	0	60	0	56	33	63	10	53
Espaços abertos		89	35	82	18	100	30	100	31	67	18	90	35

Fonte – Os autores.

Figura 2 – Identificação do uso e ocupação do solo no cenário C2.



Fonte – Os autores.

4.2. Hietogramas

Os resultados para os tempos de concentração, bem como os comprimentos dos talvegues e intensidade da chuva são apresentados na Tabela 2. Para a curva IDF o tempo, t , da Equação 1 foi calculado como sendo igual ao tempo de duração da chuva (d).



Tabela 2 - Tempo de concentração nos cenários C1 e C2.

Dados semelhantes nos cenários			CENÁRIO C1		CENÁRIO C2	
Sub-bacia	L (m)	i (mm/h)	CN _{médio}	tc (min)	CN _{médio}	tc (min)
1	1066,1	78,16	75	33,6	81	28,02
2	1246,4	78,16	75	34,1	83	26,65
3	765,7	78,16	74	13,6	81	11,01
4	1003,4	78,16	74	17,7	81	14,32
5	1100,9	78,16	76	16,5	83	13,28
6	874,1	78,16	75	16,0	81	13,31

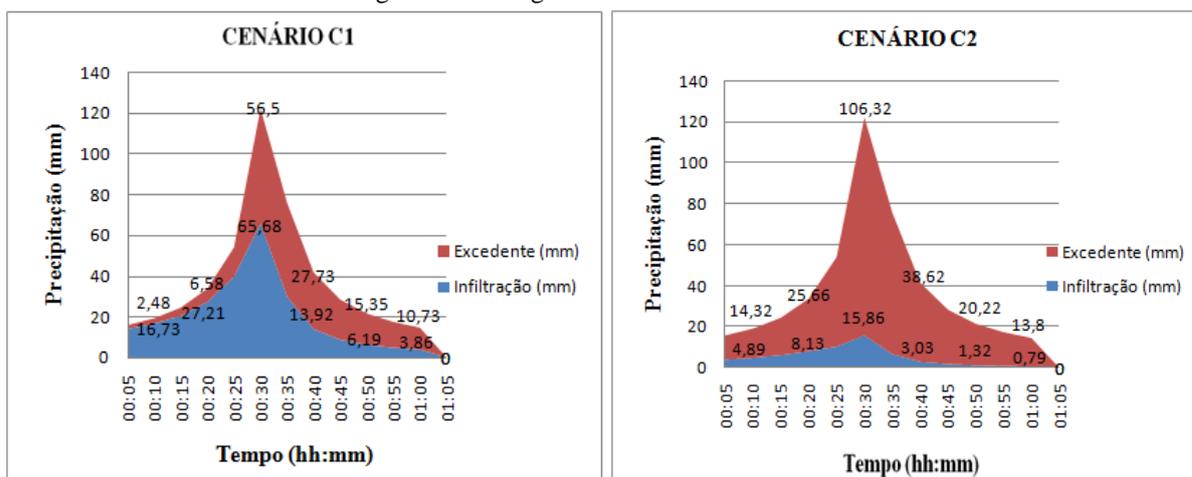
Fonte – Os autores.

O tempo de concentração de uma bacia é definido como o maior tempo que uma partícula de água leva para percorrer a superfície até a seção de controle considerada (TOMAZ, 2013). O tempo de concentração da bacia para os cenários C1 e C2 resultaram em 34,09 min e 26,65 min, respectivamente.

Após a introdução dos dados no *software* ABC6, os hietogramas de precipitação das sub-bacias para os dois cenários foram gerados automaticamente. Os mesmos hietogramas indicaram variações nas taxas de precipitações infiltradas e excedentes, variações estas que já eram esperadas devido às mudanças ocorridas na área de estudo.

Na Figura 3 pode-se avaliar para o cenário C1 que a capacidade de infiltração da bacia é considerável, o que diminui a precipitação que escoar superficialmente (chuva excedente). À medida que a região se desenvolveu, a bacia passou a perder a sua capacidade de infiltração devido à implantação de elementos permeáveis, o que pode ser verificado no hietograma do cenário C2.

Figura 3 – Hietogramas dos cenários C1 e C2



Fonte – Os autores.

4.3. Hidrograma de projeto

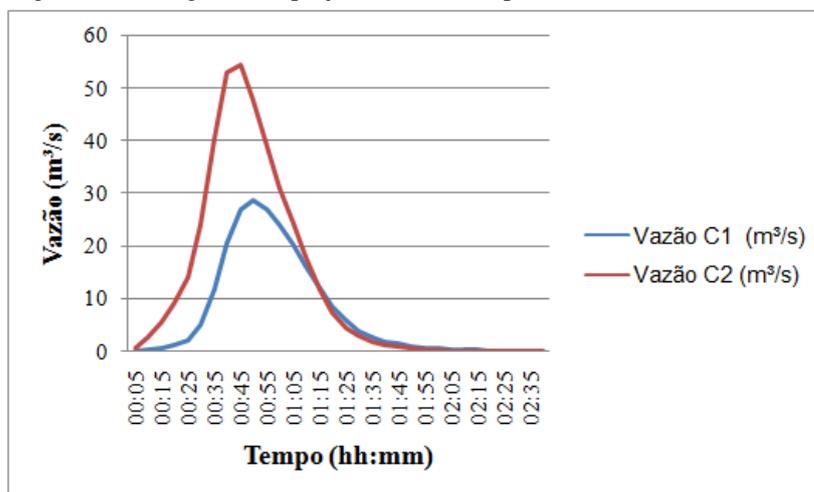
Os hidrogramas de projeto gerados no ABC6, com o modelo de cálculo SCS, comprovaram o impacto gerado nas vazões de pico após a urbanização. Ao comparar as duas curvas apresentadas na Figura 4, fica evidente a elevação da vazão de pico devido à descaracterização da cobertura do solo da região.



Para o cenário C1, a vazão de pico obtida foi de 32,03 m³/s. Para os dias atuais (cenário C2), a vazão de pico chega a 55,32 m³/s. Tal acréscimo na vazão de pico potencializa as inundações frequentes durante a estação chuvosa na região.

Tucci (2007) relaciona o aumento das vazões ao crescimento da taxa de escoamento superficial da precipitação excedente. O autor afirma que esse fato é um dos vários impactos gerados após a urbanização.

Figura 4 - Hidrograma de projeto no exutório para os cenários C1 e C2.



Fonte – Os autores.

4.4. Medida estrutural para amortecimento de vazão

Parte do volume excedente da precipitação que ocorre no cenário C2 pode ser armazenado em reservatórios de retenção a serem implementados na bacia, com a finalidade de amortecer a vazão de pico até a mesma regredir para vazões abaixo da vazão pré-urbanização. Os volumes dos reservatórios foram introduzidos no *software* ABC6 para avaliar o resultado do amortecimento gerado. As dimensões de tais reservatórios podem ser encontradas na Tabela 3 e foram determinadas conforme as áreas disponíveis na região, sem ocupação e localizadas em pontos baixos.

Tabela 3 – Características dos reservatórios de retenção.

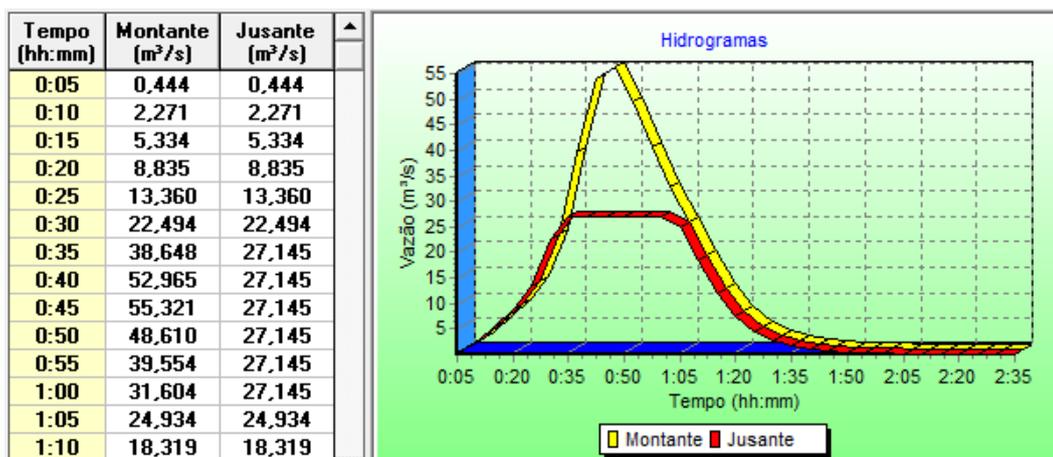
Reservatório	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Volume (m ³)
R1	15	100	3,5	5.250
R2	55	80	3,5	15.400
R3	25	120	3,5	10.500

Fonte – Os autores.

Ao avaliar a Figura 4, nota-se que a implantação dos reservatórios amorteceu a vazão de pico de 55,32 m³/s para 27,15 m³/s, valor abaixo da vazão de pico no cenário C1 (32,03 m³/s). A implementação dos reservatórios mostra-se, assim, capaz de mitigar as inundações causadas na área de estudo, sendo a mesma uma solução eficiente para tais problemas.



Figura 5 - Hidrograma amortecido devido à implantação dos reservatórios



5. Conclusão

Após avaliação do desenvolvimento urbano na área de estudo, ficou comprovado neste trabalho a influência de tal crescimento na ocorrência de impactos provocados ao meio. Para realizar tal análise a delimitação das sub-bacias e da ocupação das áreas foram de suma importância.

O crescimento urbano na região trouxe consigo a descaracterização da cobertura natural da superfície, resultado da impermeabilização dos lotes. Como consequência, a vazão de pico aumentou 73% e o tempo de concentração diminuiu 22%.

Uma solução possível para reduzir as inundações na região seria a implantação de três reservatórios, com a finalidade de amortecer a vazão de pico. Os resultados de amortecimento da vazão de pico mostraram-se satisfatórios, chegando a uma redução da ordem de 50% da vazão.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, H. M. Elementos componentes do sistema ambiental físico de Aracaju. In: ARAÚJO, H. M.; VILAR, J. W. C.; WANDERLEY, L. L.; SOUZA, R. M. (Orgs.). **O ambiente urbano: visões geográficas de Aracaju**. Editora UFS, Aracaju, 2006.

MOTA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental**. Fortaleza: UFC, 1981.

TOMAZ, P. **Tempo de concentração**. 2013. Disponível em: < http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculoshidraulicos/capitulo04.pdf>. Acesso em: 07 out 2017.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. Disponível em: <<https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/inbr02803.pdf>> Acesso em: 20 jul 2017.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.