

September 16 – 18 de 2014 – São Paulo, Brazil

AVALIAÇÃO DO SWMM COMO FERRAMENTA PARA A SIMULAÇÃO DE TÉCNICAS DE LID (LOW IMPACT DEVELOPMENT) EM PEQUENAS BACIAS URBANAS

Assessment of SWMM as a tool for LID (low Impact Development) techniques simulation in small urban watersheds

Lucas Camargo da Silva Tassinari¹; Carla Fernanda Perius²; Rutinéia Tassi³

¹Universidade Federal de Santa Maria, lucascstassinari@gmail.com; ²Universidade Federal de Santa Maria;

³Universidade Federal de Santa Maria

Palavras-Chave: SWMM; LID; pequenas bacias urbanas

Key Words: SWMM; LID; small urban watersheds

1. INTRODUÇÃO

O SWMM (Storm Water Management Model) é mundialmente empregado para o planejamento, análises e projetos relacionados ao escoamento das águas pluviais, esgotamento sanitário e outros sistemas de drenagem em áreas urbanas. O SWMM é um modelo de simulação que permite a realização de modelagem hidrológica, hidráulica e de qualidade da água, podendo ser utilizado para eventos simples, ou para simulação contínua (US EPA, 2010).

A componente hidrológica permite a realização de processos do tipo chuva-vazão, sendo a bacia hidrográfica a unidade receptora da precipitação incidente, e a geradora de escoamento superficial e poluentes. Na sequência, o escoamento e poluentes gerados podem ser transportados através do sistema de redes de tubos, canais, unidades de armazenamento, bombas, etc.

A atual versão do SWMM (5.0) apresenta com extensão adicional da modelagem hidrológica a possibilidade de representação e simulação de diferentes estruturas de controle do escoamento pluvial, conhecidas como LID (Low Impact Development).

Todas as técnicas de LID apresentadas no modelo fazem parte de um conjunto de estruturas conhecidas como infraestrutura verde, voltada para a drenagem pluvial sustentável, na medida em que procuram reproduzir o comportamento hidrológico natural na região urbanizada. Entre as opções de LID apresentadas no SWMM são encontrados: células de biorretenção, trincheiras de infiltração, valos de infiltração, pavimentos permeáveis e barris de chuva. De acordo com a US EPA (2010), a inserção do módulo de LID ao SWMM permite aos engenheiros e demais profissionais envolvidos com o planejamento da drenagem em meio urbano avaliar diferentes

September 16 – 18 de 2014 – São Paulo, Brazil

combinações de técnicas de LID em uma determinada área, e atuar de maneira mais efetiva no manejo da água no espaço urbano.

Questiona-se, no entanto, a capacidade do módulo de LID do SWMM em representar processos extremamente rápidos que ocorrem em pequenas áreas de drenagem, a exemplo de um lote, já que as técnicas de LID são consideradas como subunidades das bacias hidrográficas dentro deste modelo. Nessas condições de funcionamento, o modelo não permite o controle do resultado em diferentes escalas de análise, a exemplo da resposta de cada LID individualmente – o modelo fornece apenas um hidrograma final no exutório da bacia hidrográfica.

Diante do exposto, este trabalho apresenta uma análise conduzida no sentido de investigar possíveis diferenças encontradas nos resultados produzidos entre a modelagem de barris de chuva, considerando o módulo LID do SWMM, e a modelagem considerando a unidade de armazenamento (storage unit) do mesmo modelo. O trabalho buscou reportar, também, dificuldades e inconsistências encontradas durante este processo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia empregada constou, basicamente, de simulações chuva-vazão para um lote padrão utilizando-se das duas ferramentas disponibilizadas pelo SWMM: módulo LID com barris de chuva e módulo reservatório (storage unit). O módulo LID de barris de chuva permite que se crie um microrreservatório com profundidade e dreno. Ao aplicar este LID na bacia hidrográfica, define-se a área que este dispositivo irá ocupar.

Assim, visando comparar ambas as ferramentas, realizaram-se 6 simulações, sendo três para cada ferramenta, com a área superficial do dispositivo ocupando 2,5%, 5% e 10% da área total do lote para uma mesma profundidade.

O lote padrão foi definido como sendo quadrado, totalmente impermeabilizado, com área de 2.000 m² (0,2 ha). Julgou-se que esta é uma grandeza de área a qual justifica a presença de um microrreservatório para controle de escoamento pluvial na fonte e, inclusive, demonstra necessidade deste tipo de controle de escoamento na maioria das cidades brasileiras onde há legislação que trate do assunto, a exemplo de Porto Alegre/RS (Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2006).

O evento de projeto contou com uma precipitação com 60 minutos de duração e com intervalo de tempo a cada 60 segundos. A IDF do posto Aeroporto de Porto Alegre/RS foi utilizada, a distribuição temporal do evento seguiu o método dos Blocos Alternados, com pico em 50% da duração da chuva e o período de retorno utilizado foi 10 anos.

A separação do escoamento foi realizada com o método do Curve Number, do *Soil Conservation Service* – SCS, com CN 98, e a propagação do escoamento foi realizada com o

September 16 – 18 de 2014 – São Paulo, Brazil

método do Hidrograma Unitário Triangular do SCS. Merece destaque o fato de que o mesmo hidrograma foi utilizado na entrada das duas simulações.

Foi restringida a vazão de saída do lote em $20,8 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$, resultando numa vazão de $4,2 \text{ l.s}^{-1}$, de acordo com exigência legal para a cidade de Porto Alegre (Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2006). Essa vazão é equivalente a $7,5 \text{ mm.hr}^{-1}$, sendo este valor utilizado como vazão do dreno do LID Barril de Chuva, já que este módulo do SWMM utiliza-se de dreno fazendo a função do orifício no microrreservatório. Quando simulado o microrreservatório, utilizou-se um orifício com diâmetro de 50 mm e coeficiente de descarga 0,62. Tanto para reservatório quanto para o Barril de Chuva, utilizaram-se dispositivos com altura constante de 110 cm. As áreas superficiais dos dispositivos para cada uma das 3 simulações por ferramenta do SWMM foram 50 m^2 , 100 m^2 e 200 m^2 . As simulações no SWMM foram realizadas com 24 horas de duração e o programa foi configurado para que as saídas de vazão e precipitação fossem com precisão de 6 casas decimais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra um resumo dos resultados obtidos para cada simulação. O dispositivo reservatório (RES) refere-se às simulações realizadas com propagação em reservatórios, enquanto que o dispositivo Barril de Chuva (BC) refere-se às simulações feitas com o módulo LID. Cita-se aqui que o volume do hidrograma de entrada no reservatório é $72,6 \text{ m}^3$ e que o pico deste hidrograma de entrada ocorre em 00:32:00 (32 minutos após o início da chuva).

Tabela 1. Resultados das simulações no SWMM

Simulação	RES	BC	RES	BC	RES	BC
	A=50m ²	A=50m ²	A=100m ²	A=100m ²	A=200m ²	A=200m ²
Volume Escoado (m ³)	69,95	18,00	75,13	33,00	74,31	70,80
Tempo de Pico no hidrograma de saída	00:48:00	00:42:00	01:04:00	06:44:00	01:06:00	05:05:00
Escoamento Máximo (l.s-1)	5,59	20,00	4,23	10,00	3,01	10,00

É possível verificar que quanto maior for o BC, menor é o erro da simulação quanto ao balanço de volumes, o que demonstra a dificuldade do SWMM em trabalhar com vazões de escoamentos gerados ao nível de lote. É notável a diferença entre os tempos de pico das simulações, quando comparado RES com BC. Em relação a essa variável, destaca-se ainda a sua grande variabilidade em relação ao aumento das dimensões do BC.

Durante as simulações observou-se que os resultados de hidrogramas apresentados na forma de tabela para BC são múltiplos de $0,01 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Mesmo que se tenha configurado o SWMM para que a saída de dados de vazão fosse dada com 6 casas decimais de precisão, no módulo LID, a precisão é de apenas 2 casas decimais, o que, para pequenos valores de vazão, gerou hidrogramas descontínuos e equivocados.

September 16 – 18 de 2014 – São Paulo, Brazil

Quando se observa a saída gráfica do SWMM, tem-se um hidrograma melhor definido, mas, diferente do esperado para a simulação, como se observa na Figura 1, que mostra o resultado apresentado para a simulação com BC de área superficial de 50 m². O primeiro pico do hidrograma não deveria existir, e não foi observado nas saídas gráficas das demais simulações, confirmando divergências entre saídas numéricas e gráficas, e problemas numéricos ou de programação deste módulo do modelo.

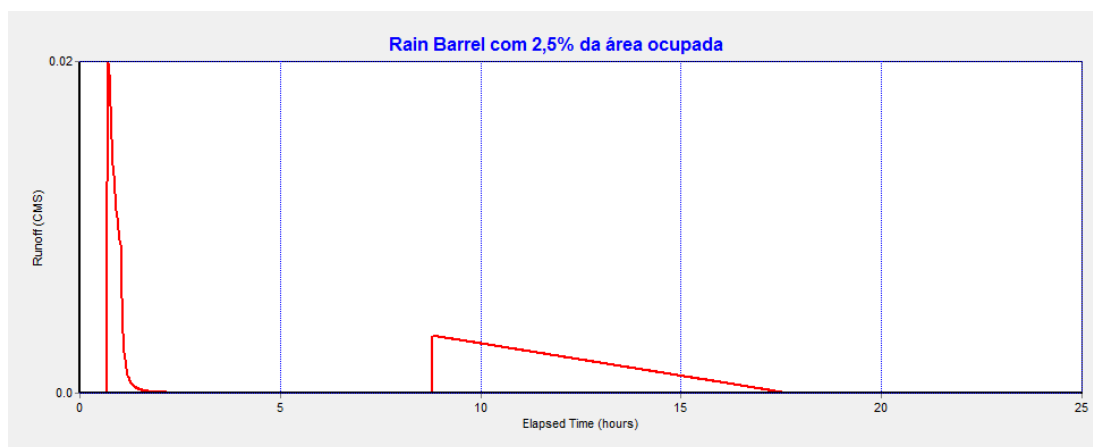


Figura 1. Saída gráfica do SWMM. Hidrograma de saída de um BC com área superficial de 50 m²

4. CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos, percebe-se a limitação do módulo de LID do SWMM em simular dispositivos de drenagem na fonte, a exemplo do BC. Em função dos resultados encontrados, verificou-se que as grandezas de áreas, volumes e vazões em um lote são muito pequenas, e numericamente este módulo não está preparado para reproduzir resultados confiáveis.

Neste trabalho, foi avaliado apenas o BC, contudo, como a versão 5.0 do SWMM (versão utilizada nesse trabalho) é fechada, qualquer outro dispositivo que se utilize deste módulo deve ser utilizado com muito cuidado, pois as limitações poderão ser as mesmas.

Ainda, destaca-se que embora não discutido neste artigo, verificou-se a dificuldade de avaliar individualmente as respostas produzidas de diferentes unidades de LID dentro de uma mesma bacia, já que o modelo fornece apenas o hidrograma final de escoamento.

REFERÊNCIAS

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. Decreto N° 15.371 de 17 de Novembro de 2006. Regulamenta o controle da drenagem urbana.

US EPA, United States Environmental Protection Agency. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0. Cincinnati, OH: National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development, 2010.