

INFLUÊNCIA DE POÇOS DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UM LOTEAMENTO URBANO

SAULO BRUNO SILVEIRA E SOUZA¹, KARLA ALCIONE DA SILVA CRUVINEL²,
HUMBERTO CARLOS RUGGERI JÚNIOR³; RICARDO PRADO ABREU REIS⁴, GABRIEL DE
ASSIS ANDRADE CRINCOLI⁵

¹Dr. em Engenharia, Prof. Adj UFG, Goiânia/GO, saulobrunosouza@gmail.com;

²Dra. em Engenharia, Profa. Adj UFG, Goiânia/GO, karlaalcione.ufg@gmail.com;

³Dr. em Engenharia, Prof. Adj UFG, Goiânia/GO, hcruggeri35@gmail.com;

⁴Dr. em Engenharia, Prof. Adj UFG, Goiânia/GO, ricardoprado.reis@outlook.com;

⁵Graduado em Engenharia Civil pela UFG, Goiânia/GO, gabriel.crincoli@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
Palmas/TO – Brasil
17 a 19 de setembro de 2019

RESUMO: O aumento da taxa de urbanização intensifica o processo de impermeabilização das superfícies, dificultando a infiltração da água pluvial nas áreas urbanas. Com isso, há o aumento das enchentes urbanas, gerando perdas materiais e imateriais. Uma das estratégias de manejo de águas pluviais é a adoção de práticas de desenvolvimento de baixo impacto (*Low Impact Development - LID*), que são obtidas por meio da implementação de técnicas de retenção e detenção de água pluvial, as quais, desde que adequadamente dimensionadas, podem amortecer a vazão de pico e reduzir o volume escoado pela bacia. O objetivo desse estudo foi avaliar o impacto da adoção de poços de infiltração para cada lote que compõem a malha urbana estudada, por meio de simulações de duas chuvas de projeto em diferentes cenários de urbanização, variando o diâmetro dos poços em 1,1, 1,5 e 1,8 m com profundidade de 4 m. Para as chuvas estabelecidas, a adoção de apenas um poço de infiltração por lote foi eficaz em reduzir picos de vazão e volumes escoados para chuvas de 15 minutos e intensidade 149,3 mm/h, para poços com diâmetros de 1,5 e 1,8 m

PALAVRAS-CHAVE: Poço de infiltração. Desenvolvimento de baixo impacto. Cheias urbanas, infiltração de águas pluviais.

INFLUENCE OF DRY-WELLS IN AN URBAN SITE

ABSTRACT: The increase in the urbanization rate intensifies the process of waterproofing of the surfaces, making it difficult to stormwater infiltration in built-up areas. As a result of this impact, urban floods and floods have increased, resulting in damages to society and urban infrastructures. One of the strategies for the management of stormwater runoff is the adoption of Low Impact Development (LID) practices, which are obtained through the implementation of stormwater retention and detention techniques. These techniques when properly sized, can reduce the peak flow and dampen the runoff volume of the lot and consequently of the drainage basin. Therefore, the objective of this study is to evaluate the impact of the adoption of dry-wells for each lot that compose in the studied urban network, through simulations of design rains in different urbanization scenarios, varying the diameter of the dry-wells. For the established design rains, the adoption of only one dry-well per lot was effective in reducing the discharge peaks flow and runoff volumes for a rainfall of 15-minute, for diameters of 1.5 and 1.8 m.

KEYWORDS: Dry-well. *Low Impact Development (LID)*, Urban floods, stormwater infiltration.

INTRODUÇÃO

A população brasileira em 1950 era de 41 milhões de habitantes e em 60 anos chegou-se ao número de 170 milhões. Nesse mesmo período, no Brasil, também houve o aumento da parcela da população residindo em meios urbanos, crescendo de 36% para 84% da população, segundo dados do IBGE (2010).

O processo de urbanização tem forte influência sobre os recursos hídricos, afetando de forma qualitativa e quantitativa o ciclo hidrológico de um ecossistema local. A transformação do meio pela construção de edifícios, vias de transporte, viadutos, empreendimentos comerciais e industriais, resulta na criação de extensas regiões impermeabilizadas, o que implica na alteração de processos de escoamento da água pluvial que ocorrem na superfície terrestre (CARVALHO, 2008).

Um dos problemas imediatos de uma região muito impermeabilizada é o aumento da recorrência de cheias urbanas, que podem causar danos à própria infraestrutura urbana, como deterioração de vias de trânsito e edificações. Outros problemas também podem ser citados, como o carreamento de sedimento e materiais sólidos que podem causar processos de erosão, assoreamento de seções de drenagem e mananciais, além do transporte de poluentes (TUCCI, 2005).

Buscando maior sustentabilidade e melhoria da gestão dos recursos hídricos, busca-se estratégias para atenuar os impactos negativos da urbanização na drenagem urbana. Uma das estratégias atuais é conhecida por LID (*Low Impact Development*), uma estratégia de manejo das águas pluviais que visa preservar as condições de pré desenvolvimento da bacia com o uso de estruturas descentralizadas de retenção da água da chuva advinda das edificações (LI et al, 2018).

O sistema de infiltração de águas pluviais é um exemplo de solução estrutural que permite uma melhor gestão do escoamento superficial, promovendo o aumento da parcela de infiltração existente no período de pós-urbanização, podendo ser aplicado como um sistema compensatório para infiltrar a água pluvial advinda dos telhados das edificações do meio urbano (REIS E ILHA, 2014).

Portanto, o objetivo desse estudo é avaliar a capacidade de poços de infiltração de águas pluviais, implantados em edificações urbanas, em reduzir os volumes escoados e amortecer o pico de vazão em um loteamento urbano ao simular chuvas de projeto sobre a bacia estudada.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se uma planta de um loteamento urbano, no qual avaliou-se dois cenários distintos quanto às características de urbanização da área de estudo, variando parâmetros do sistema de infiltração e da chuva de projeto.

O loteamento estudado é um condomínio horizontal residencial constituído de 303 lotes com área média de 398,57 m², cuja área total é de 187.882,57 m², na qual 64,3% são destinadas aos lotes, 24,1% e 4,6% são áreas asfaltadas e de calçadas respectivamente, formando o sistema viário, e 7% são áreas de jardins e vegetação.

O índice de permeabilidade adotado em cada lote é de 15% da área do terreno, conforme a Lei 9511 (Goiânia, 2014). Em cada lote será adotado uma edificação padrão, com cobertura de telhado ocupando 85% da área do lote, na qual a água pluvial captada será destinada a um poço de infiltração.

Com o objetivo de avaliar o escoamento da água pluvial em diferentes situações de urbanização, foram definidos três cenários distintos para o desenvolvimento do trabalho.

- Cenário 1: Neste cenário foi considerado o estado de pré-urbanização. Portanto, por simplificação, foi definido que toda a área do loteamento será coberta por grama bermuda, com intuito de simular uma região que não tenha sofrido alterações da sua cobertura vegetal.

- Cenário 2: Nesta configuração da bacia foi estabelecido o estado de pós-urbanização da região de estudo. O índice de permeabilidade adotado em cada lote será de 15% da área do terreno, esse critério foi adotado conforme a Lei 9511 (Goiânia, 2014). Em cada lote será adotado uma edificação padrão, com cobertura de telhado ocupando 85% da área do lote.

Para cada cenário de estudo foi utilizado o Coeficiente de *runoff* de acordo com as referências consolidadas da literatura.

Para elaborar os hidrogramas referente a cada cenário de estudo foi obtido o tempo de concentração. A escolha das metodologias de cálculo do tempo de concentração foi pautada pelo enquadramento das características da bacia de cada cenário nos limites de utilização das fórmulas existentes. As características avaliadas para a escolha das metodologias são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características das bacias

Características	Cenário 1	Cenários 2
Tipo de Bacia	Rural	Urbana
Área (km ²)	0,19	0,19
Comprimento (m)	581	694
Declividade Média	3,18%	2,89%

O tempo de concentração para os cenários 1 e 2 será a média dos valores obtidos pelas fórmulas adotadas. As metodologias escolhidas são apresentadas pela Tabela 2.

Tabela 2: Metodologias adotadas

Metodologias Adotadas	Cenário	Parâmetros de cálculo
FAA	2	C composto para cada cenário
SCS Lag	1	CN = 71 (solo tipo B – zona cultivada em bom estado de conservação)
Onda Cinemática	1,2	n = 0,41 (grama bermuda – cenário 1); n = 0,012 (asfalto – cenário 1 e 2)
Kerby-Hathaway	1,2	N = 0,8 para vegetação (cenário 1) e N = 0,02 para concreto liso ou asfalto (cenário 2 e 3)

Foi utilizada neste estudo a equação IDF aplicada ao município de Goiânia, conforme a Lei 9511, dada pela Equação 1:

$$i = \frac{56,7928 \times TR^{0,1471}}{(td + 24,8)^{0,97471}}, \text{ para } 8 < TR \leq 100 \text{ anos;} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: i = intensidade pluviométrica em mm/min; TR = tempo de retorno em anos; e td = tempo de duração da chuva em min.

Apesar da literatura determinar um TR para estruturas de drenagem, não se têm um valor de TR específico para poços de infiltração. Embora normalmente se adote o valor de 2 anos para microdrenagem em áreas residenciais, será definido um TR de 10 anos, valor superior ao adotado por Reis e Ilha (2014), 5 anos, para avaliar os sistemas de infiltração estudados, que representa uma chuva de maior intensidade para simular o evento de precipitação. Assim, será adotado uma chuva de projeto com 15 min de duração com intensidades de 149,3 mm/h.

A estrutura de infiltração estudada será padrão em todos os lotes, no entanto, apenas o diâmetro do sistema sofrerá alterações dentre os seguintes diâmetros comerciais de manilhas de concreto perfuradas: 1,1 m, 1,5 m e 1,8 m, os quais têm os respectivos volumes úteis indicados na Tabela 3.

Tabela 3: Volume útil dos poços adotados

Diâmetro externo do poço (m)	Volume útil do poço (m ³)	Tempo de esgotamento (h)
1,1	3,14	5,9
1,5	6,16	8,3
1,8	9,08	10

Para a quantificar os volumes de água pluvial escoados pela bacia, foram gerados hidrogramas pelo método racional para cada cenário de estudo.

Nos Cenários 1 e 2, procedeu-se com a construção de hidrogramas com o formato trapezoidal, onde o tempo de concentração constitui a reta de ascensão até atingir o pico de escoamento da bacia, onde a vazão se mantém constante ao longo do tempo de duração da precipitação e, após o fim do evento, temos uma reta de declínio a partir do pico de vazão com intervalo de tempo igual ao tempo de concentração da bacia.

Portanto, foi elaborada uma planilha para contabilizar as vazões de entrada e saída do poço, ou seja, realizou-se o balanço hídrico do sistema durante a precipitação estudada.

Assim, a partir do momento em que os poços extravasam, obtém-se o tempo de detenção das estruturas de infiltração individuais. Após o extravasamento inicia-se o escoamento referente aos lotes com as edificações, adotando-se o tempo de concentração obtido para o Cenário 2 e uma vazão de pico dada pelo somatório dos volumes extravasados de cada lote por minuto, constrói-se o hidrograma da região impermeabilizada das edificações.

Elaborados os hidrogramas, é possível calcular os volumes escoados em cada cenário pela obtenção da área dos gráficos.

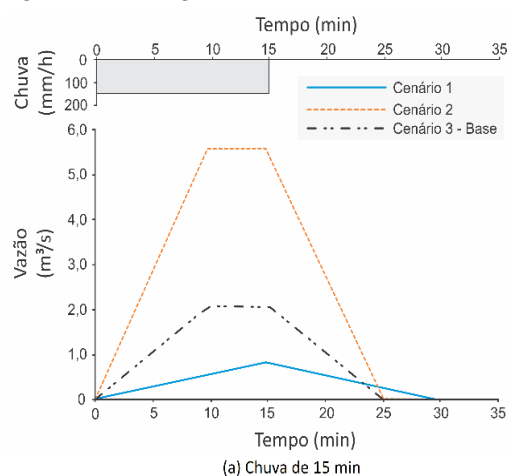
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tempos de concentração obtidos por meio das formulações adotadas, para os Cenários 1 e 2, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Tempos de concentração Cenário 1 e 2

Cenário	Metodologia	Tempo de Concentração (min)
Cenário 1	Kerby	58,2
	Onda Cinemática	41,8
	SCS lag	87,9
	Média	62,7
Cenário 2	FAA	13,5
	Kerby	11,4
	Onda Cinemática	4,5
	Média	9,8

Figura 1: Hidrograma das Chuvas de 15 min



Conforme os resultados observados na Tabela 2, é possível observar a diminuição do tempo de concentração em 84% do Cenário 1, pré-urbanização, para o Cenário 2, pós-urbanização, devido ao processo de impermeabilização da bacia que aumenta a velocidade de escoamento superficial.

Com a implementação do poço de infiltração em cada um dos lotes foi observado o aumento do tempo de concentração do loteamento a medida em que se aumenta o diâmetro do poço. O aumento do tempo de concentração também ocorre ao estender a duração da chuva, pois a intensidade da precipitação diminui, aumentando o tempo de enchimento do poço e consequentemente o tempo de infiltração antes do sistema extravasar.

As chuvas de projeto estimadas pela IDF da equação 1, chegaram a 149,3 mm/h para as durações da precipitação de 15. Na Figura 1 é possível observar o aumento do pico de vazão e do volume escoado pela bacia urbanizada, ambos em 85%, sobretudo devido a impermeabilização do solo, impedindo o processo de infiltração da água.

O pico de vazão ocorre primeiramente no Cenário 2, devido ao aumento da velocidade de escoamento da água na bacia urbanizada, ocorrendo também um patamar de vazão constante, no entanto, no Cenário 1 não se têm o patamar, pois o tempo de duração da precipitação não ultrapassa o tempo de concentração da bacia.

Na tabela 5 é possível observar a redução do pico de vazão e do volume escoado pela bacia. Para o poço de 1,1 m, o tempo de concentração da bacia é de aproximadamente 14 min, portanto, não houve uma redução significativa do pico de vazão.

Porém, houve a redução do pico de vazão em relação ao Cenário 2 de 32% para o poço de 1,5 m e de 50% para o poço de 1,8 m. Consequentemente, houve uma redução expressiva do volume escoado de 38%, para o poço de 1,5 m e de 56% para o poço de 1,8 m, em relação ao cenário 2. Isso ocorre, pois, o tempo de concentração para o Cenário 2 com os poços de 1,5 m e 1,8 m são maiores

que a duração da chuva, evitando que o hidrograma atinja a vazão de pico para o escoamento advindo dos lotes.

Tabela 5: Comparativo de volume escoado e vazão de pico para a chuva de 15 min

cenários	Volume escoado (m ³)	Vazão de pico (m ³ /s)	Volume detido (m ³)	Volume infiltrado (m ³)	Redução do volume escoado % - em relação ao cenário 2	Redução da vazão de pico % - em relação ao cenário 2
cenário 1	736,35	0,82	-	-	85%	85%
cenário 2	5013,26	5,57	-	-	0%	0%
(D=1,1m)	4020,82	5,52	951,9	40,5	20%	1%
(D=1,5m)	3090,96	3,81	1865,7	56,6	38%	32%
(D=1,8m)	2198,14	2,76	2751,0	64,1	56%	50%

Avaliando apenas um lote, ou seja, a contribuição individual de apenas uma parcela do loteamento urbanizado, para as mesmas chuvas e cenários, obteve-se os seguintes hidrogramas apresentados pela Figura 10, na qual a vazão de entrada especificada representa o volume escoado pelo lote com apenas 15% de área permeável, simulando o cenário 2.

CONCLUSÃO

A adoção de medidas de desenvolvimento de baixo impacto, baseadas em sistemas de infiltração de água de chuva, são soluções capazes de compensar o aumento do escoamento superficial gerado pela impermeabilização das áreas urbanas. No entanto, tais práticas ainda carecem de informações a respeito do processo de dimensionamento e normas específicas.

No loteamento avaliado, para uma precipitação com período de retorno de 10 anos e duração de 15 min, cuja intensidade média equivale a 149,3 mm/h, chegou-se a redução em 56% do volume escoado e do pico de vazão em 50% em relação ao cenário 2, ao instalar poços de infiltração com diâmetro de 1,8 m e 4,0 m de profundidades.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, Eufrosina Terezinha Leão. Avaliação de elementos de infiltração de águas pluviais na zona norte da cidade de Goiânia. 2008. 222 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.
- GOIÂNIA, Prefeitura Municipal. Lei Complementar nº 9.511, de 15 de dezembro de 2014. Estabelece regras de Controle de Águas Pluviais e Drenagem Urbana e dá outras providências. Goiânia, 2014.
- IBGE, Censo Demográfico 1950/2010. Até 1991, dados extraídos de Estatísticas do Século XX, Rio de Janeiro: IBGE, 2010, no Anuário Estatístico do Brasil, 1993, vol 53, 1993.
- LI, C.; LIU, M.; Hu, Y.; HAN, R.; SHI, T.; QU, X.; WU, Y. Evaluating the Hydrologic Performance of Low Impact Development Scenarios in a Micro Urban Catchment. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018, 15, 273.
- REIS, Ricardo Prado Abreu; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira. Comparação de desempenho hidrológico de sistemas de água de chuva: poço de infiltração e jardim de chuva. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p.79-90, jun. 2014.
- TUCCI, Carlos E. M.. *Gestão das Inundações Urbanas*. Porto Alegre, 2005. 2005 p.