

IX-020 - AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA IMPERMEABILIZAÇÃO GERADO NA IMPLANTAÇÃO DE CONDOMÍNIOS E O ESTUDO DE AÇÕES MITIGADORAS QUE REDUZAM OS EFEITOS SOBRE O HIDROGRAMA DE SAÍDA

Bruno Victor Veiga⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade de Brasília - UnB. Mestre em Engenharia Hidráulica pela Universidade Federal do Paraná - UFPR. Doutor em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP. Professor Assistente da Universidade Positivo - UP. Professor da Universidade Federal do Paraná - UFPR. Sócio da RDR Consultores Associados.

Ana Maria de Oliveira⁽²⁾

Engenheira Civil pela Universidade Positivo - UP.

Victória Frizzo⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Positivo - UP.

Livingstone Novacki⁽⁴⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Positivo - UP.

Endereço⁽¹⁾: Rua Parigot de Souza, 5300 - Campo Comprido - Curitiba - PR - Brasil - Tel: (41) 3317-3000 - e-mail: bruno.veiga@up.edu.br

Endereço⁽²⁾: Rua Guaratuba 96, Ap 13 - Ahu - Curitiba - PR

Endereço⁽³⁾: Rua Gen. Daltro Filho, 529 - Seminário - Curitiba - PR

Endereço⁽⁴⁾: Rua Frei Orlando, 255 - Jardim Social - Curitiba - PR

RESUMO

O estudo consistiu em um estudo de caso aplicado em um empreendimento residencial, na Cidade de Curitiba, no Estado do Paraná e teve como objetivo principal a mitigação das cheias urbanas, buscando para tanto, manter as condições naturais do lote antes da ocupação do empreendimento através da utilização de dispositivos de drenagem sustentável. Foi utilizado o software Storm Water Management Model para realizar simulações de precipitações no lote do empreendimento antes da ocupação, após ocupação e posteriormente após ocupação com a introdução de dispositivos de drenagem na fonte, sendo estes poços de infiltração, jardins de chuva e pavimento permeável. Após as simulações observou-se que com a introdução dos dispositivos de drenagem sustentável é possível reduzir significativamente o volume de água de chuva que escoar para a rede de drenagem pública do município, deixando evidenciado que através destes mecanismos é possível manter as condições naturais de um lote mesmo após a sua ocupação.

PALAVRAS-CHAVE: Controle de Cheias, Drenagem sustentável, Storm Water Management Model, Rede de drenagem.

INTRODUÇÃO

A urbanização no Brasil ocorreu de forma significativa após a década de 60, onde essa população urbana vivia com pouca infraestrutura para suportar esse crescimento acelerado. Devido a essa urbanização, ocorreram alterações na rede de drenagem natural, que foi substituída por estruturas artificiais, com novas construções. Além disso, a extensão de áreas impermeáveis também aumentou gerando mudanças no microclima local. Tais alterações geraram volumes maiores de águas pluviais escoada rapidamente e com isso começaram a gerar as enchentes, sendo essas consideradas atualmente como o segundo dos maiores problemas hidrológicos (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

Para Souza e Goldenfum (2001 apud TUCCI; MARQUES, 2001), as soluções clássicas não são definitivas ou sustentáveis, pois estas resolvem o problema das cheias em uma área, entretanto transfere o problema para a jusante, o que exige, o redimensionamento da rede de drenagem de jusante, resultando em custos elevados e cada vez mais onerosos para a sociedade.

Visando a proteção contra as cheias urbanas, evitando o redimensionamento do sistema de drenagem, surge a ideia de reconstruir a vazão de pré-ocupação, fazendo com que a água das chuvas volte a ser interceptada antes de atingir a rede de drenagem, ou seja, o uso das chamadas estruturas alternativas ou compensatórias de drenagem, como trincheiras de infiltração, pavimento poroso, reservatório de retenção, dentre outras, tornam-se bons instrumentos de controle de escoamento superficial (SOUZA e GOLDENFUM, 2001 apud TUCCI; MARQUES, 2001).

Ainda, para Tucci e Genz (1995 apud TUCCI; MARQUES 2001) as medidas de controle sustentáveis procuram manter o controle do escoamento na fonte, através da recuperação da capacidade de infiltração ou da retenção do escoamento adicional gerada pelas superfícies urbanas. O princípio fundamental deste controle é de que qualquer novo empreendimento deve manter as condições naturais pré-existentes de vazão para um determinado risco definido.

De acordo com Tucci e Marques (2001), ao contrário das técnicas convencionais que canalizam o escoamento superficial transportando-o rapidamente para um ponto à jusante e criando sistemas de galerias pluviais cada vez mais extensos, os sistemas de drenagem na fonte atuam diretamente na origem do problema, controlando o excesso de escoamento superficial no local onde é gerado.

Desta forma, o estudo irá avaliar o impacto gerado pela impermeabilização no hidrograma de um terreno na implantação de um condomínio residencial, na cidade de Curitiba, através de simulações de precipitações variáveis no tempo e infiltração das precipitações em camadas do solo não saturadas, com o uso do software Storm Water Management Model-SWMM (ENHS, 2017) . Ainda, o estudo buscará, através de soluções de drenagens sustentáveis, ações que mitiguem o volume excedente de escoamento das águas pluviais, geradas pela impermeabilização, visando manter as condições naturais pré-existentes do lote em estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo foi utilizado a obra de um condomínio residencial, denominado Barigui Woodland na cidade de Curitiba, no Estado do Paraná. O estudo consistiu basicamente em realizar simulações no software Storm Water Management Model, a fim de obterem-se os dados do escoamento superficial do lote, levando em consideração três situações, sendo a primeira com o terreno antes da implantação do condomínio, a segunda levando em consideração o projeto real de implantação do condomínio residencial e por fim a terceira situação levando em conta mecanismos de drenagem na fonte, que buscam o controle do escoamento superficial gerado pela impermeabilização do solo.

Inicialmente, foram levantados os dados do lote onde está sendo implantado o condomínio residencial Barigui Woodland, como localização, área e curvas de nível. Também, para o estudo foi determinada, através de ensaio realizado no lote do condomínio, a velocidade de infiltração básica e infiltração acumulada do solo, utilizando-se o método do infiltrômetro de anel simples, que consiste em um anel, sendo este um cano de PVC com 30 cm de comprimento e 20 cm de diâmetro, enterrado no solo até a metade de seu comprimento, ou seja, 15 cm, revestido inicialmente com um plástico. Após sua instalação, foi adicionada água ao anel e retirado o plástico de proteção e o com o auxílio de uma régua acompanhou-se a infiltração vertical no cilindro, iniciando a contagem de tempo em minuto com o auxílio de um cronômetro.

De posse destas informações, foram realizadas simulações de precipitações variáveis no tempo e infiltração das precipitações em camadas do solo não saturadas com o uso do software Storm Water Management Model, sendo através desta obtido o coeficiente de escoamento superficial e hidrograma de saída do terreno. Portanto, o método de abordagem utilizado foi o quantitativo, para quantificar e tabular os coeficientes de escoamento superficial do terreno. Posteriormente, foram levantados os dados do projeto de implantação do condomínio Barigui Woodland, junto à construtora CostaGuerra, como áreas construídas impermeáveis e permeáveis e então foram realizadas novas simulações de precipitações variáveis no tempo e infiltração das precipitações em camadas do solo não saturadas com o uso do software Storm Water Management Model, para obtenção do escoamento superficial e hidrograma de saída do terreno após a implantação do condomínio.

Sendo assim, a classificação do estudo quanto aos fins pode ser como descritiva e exploratória. A pesquisa descritiva foi utilizada devido à necessidade de avaliação do hidrograma do terreno antes e após impermeabilização gerada pela implantação do condomínio residencial através das simulações efetuadas para obtenção do coeficiente de escoamento superficial. Já a classificação exploratória foi utilizada devido à aplicação do estudo de caso na obra de implantação do condomínio residencial.

Quanto aos meios a pesquisa foi classificada como um estudo de caso e bibliográfica. Foi classificada como estudo de caso, pois foram realizados levantamentos de dados junto à Construtora Costa Guerra, ou seja, diretamente da fonte, sendo estes dados classificados como primários, ou seja, foram coletados pelos próprios pesquisadores. Também, o modo bibliográfico, devido à necessidade de embasamento teórico de soluções de drenagem na fonte que utilizem infiltração de águas pluviais, os quais foram buscados em livros, teses e artigos aprimorando o conteúdo de conhecimento técnico envolvido na pesquisa, a pesquisa foi classificada também como bibliográfica.

Para a coleta de dados foi utilizada a observação direta intensiva não participativa e direta intensiva participativa. A coleta de dados foi realizada através da observação direta em documentos já existentes junto à construtora Costa Guerra referentes ao terreno onde será implantada a obra. Ainda, a técnica não participativa se deu pelo fato de que não houve interferência dos pesquisadores nas ações que resultaram nos dados coletados junto à Construtora. Já a observação direta intensiva participativa se dará pelo fato de que foram simuladas precipitações para o terreno no software Storm Water Management Model para a obtenção de dados referentes ao escoamento superficial e hidrograma de saída do mesmo.

A respeito da tabulação e apresentação dos dados coletados/observados o objetivo foi organizá-los em planilhas eletrônicas.

Na sequência, foram propostos modelos de drenagem sustentável para o controle do volume calculado e ainda sucederam simulações no SWMM para a obtenção do hidrograma de saída do lote com o uso das técnicas de drenagem na fonte.

Finalmente, foram analisados os resultados obtidos através das três simulações, como já descrito, na primeira simulação considerando o lote natural, na segunda considerando o empreendimento e na terceira o empreendimento com o uso de drenagem sustentável.

Para a técnica de análise de dados foram utilizados os métodos de abordagem qualitativos e quantitativos. A técnica de análise quantitativa foi utilizada para a análise dos resultados obtidos através das simulações no SWMM. Já a técnica de análise qualitativa foi utilizada para descrever e analisar os dados obtidos na pesquisa que não resultaram de dados quantitativos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através dos resultados obtidos por meio das simulações realizadas com o software SWMM foi possível analisar que a rede de drenagem do condomínio em estudo se comportou de forma satisfatória em todas as situações.

Observou-se também que para as simulações realizadas com o lote antes da ocupação, ou seja, com o terreno natural, os escoamentos superficiais obtidos para as chuvas de volume total de 25 mm, 50 mm e 120 mm em espaços de cinco horas foram respectivamente, 1,047 mm, 2,185 mm e 5,498 mm. Ainda, os resultados mostraram, que a afluência máxima ocorrida no exutório foi de 0,429 litros por segundo para a precipitação total de 25 mm, 0,895 litros por segundo para a precipitação total de 50 mm e 4,822 litros por segundo para a precipitação total de 120 mm.

Já nas simulações realizadas após a ocupação do lote, ou seja, após a impermeabilização do local pela implantação do condomínio residencial, os escoamentos superficiais obtidos para as chuvas de volume total de 25 mm, 50 mm e 120 mm em espaços de cinco horas foram respectivamente, 10,807 mm, 35,420 mm e 106,108 mm. Também, os resultados mostraram, que a afluência máxima ocorrida no exutório 5,99 litros por

segundo para a precipitação total de 25 mm, 15,85 litro por segundo para a precipitação total de 50 mm e 99,41 litros por segundo para a precipitação total de 120 mm.

Como é possível verificar, após a implantação do condomínio o escoamento superficial gerado pelo lote aumentou em cerca de 90% para a chuva com volume total de 25 mm, 93,83% para a chuva com volume total de 50 mm e 94,82% para a chuva com volume total de 120 mm.

Ainda, se comparado a afluência total no exutório após a implantação do condomínio, nota-se um aumento de 92,8% na precipitação total de 25 mm, 94,4% para a precipitação total de 50 mm e 95,1% para a precipitação total de 120 mm.

Já as simulações realizadas levando em conta os sistemas de drenagem sustentáveis, ou seja, buscando tratar o escoamento superficial excedente gerado após a implantação do condomínio, foram bastante satisfatórias, visto que foram previstos três tipos dispositivos de drenagem que usam a infiltração e retenção de águas pluviais para o tratamento do escoamento superficial no empreendimento.

O escoamento apresentado para a simulação com volume total de 25 mm de chuva foi de 0,113 mm, ou seja, os sistemas de drenagem sustentáveis aplicados no empreendimento foram capazes de absorver praticamente todo o volume de escoamento superficial gerado na implantação do condomínio e mantiveram um escoamento inferior ao gerado pelo lote antes de sua ocupação. Ainda, a afluência máxima no exutório foi de 0,56 litros por segundo.

Para a simulação com volume total de 50 mm de chuva, o escoamento superficial apresentado foi de 3,725 mm. Se comparado com o escoamento superficial do terreno antes da ocupação que era de 2,185 mm, percebe-se que os sistemas de drenagem sustentável não estão sendo capazes de tratar o volume excedente que o empreendimento gerou, visto que para isso o escoamento superficial final deveria ser exatamente igual ao volume de 2,185 mm afim de manter as condições naturais do lote antes da ocupação. Ainda, a afluência máxima apresentada no exutório foi de 3,19 litros por segundo.

Finalmente, para a simulação com o volume extremo de 120 mm distribuídos em um período de cinco horas, o escoamento superficial foi de 20,991 mm. Comparando este volume com ao do lote natural que era de 5,498 mm, percebe-se que os sistemas de drenagem sustentável não estão sendo capazes de tratar o volume excedente que o empreendimento gerou, visto que para isso o escoamento superficial final deveria ser exatamente igual ao volume de 5,498 mm afim de manter as condições naturais do lote antes da ocupação. Ainda, a afluência máxima no exutório foi de 22,48 litros por segundo.

O Quadro 1 apresenta os resultados das comparações dos resultados para as três situações, sendo lote natural antes da ocupação, após ocupação e ocupação com o uso dos dispositivos de drenagem sustentável.

Quadro 1 – Comparação dos resultados obtidos através das simulações no SWMM.

PRECIPITAÇÃO TOTAL DE 25 MM				
Situação	Escoamento Superficial (mm)	Afluência Máxima no Exutório (LPS)	% Aumento da Afluência sobre as condições naturais	% Aumento do Escoamento Superficial sobre as condições naturais
Lote antes da ocupação	1,047	0,429	-	-
Lote após ocupação	10,807	5,99	92,8%	90,3%
Lote após ocupação com uso de dispositivos de drenagem sustentável	0,113	0,56	23,4%	-
PRECIPITAÇÃO TOTAL DE 50 MM				
Situação	Escoamento Superficial (mm)	Afluência Máxima no Exutório (LPS)	% Aumento da Afluência sobre as condições naturais	% Aumento do Escoamento Superficial sobre as condições naturais
Lote antes da ocupação	2,185	0,895	-	-
Lote após ocupação	35,42	15,85	94,4%	93,8%
Lote após ocupação com uso de dispositivos de drenagem sustentável	3,725	3,19	71,9%	41,3%
PRECIPITAÇÃO TOTAL DE 120 MM				
Situação	Escoamento Superficial (mm)	Afluência Máxima no Exutório (LPS)	% Aumento da Afluência sobre as condições naturais	% Aumento do Escoamento Superficial sobre as condições naturais
Lote antes da ocupação	5,498	4,822	-	-
Lote após ocupação	106,108	99,41	95,1%	94,8%
Lote após ocupação com uso de dispositivos de drenagem sustentável	20,991	22,48	78,5%	73,8%

Embora os dispositivos previstos nas simulações não tenham sido capazes de tratar todo o escoamento superficial excedente, os mesmos foram capazes de amortecer grande parte do volume que o condomínio gera, visto que, a afluência total no exutório foi reduzida de forma significativa.

Ressalta-se que poderiam ser previstos outros dispositivos de drenagem sustentável para o empreendimento afim de que todo o volume excedente fosse tratado, entretanto, apenas com os dispositivos previstos já pode-se verificar que com medidas simples é possível reduzir em muito o impacto gerado no hidrograma de saída de um terreno na implantação de um empreendimento.

CONCLUSÕES

Através das simulações realizadas com o uso do software SWMM, verificou-se que a rede de drenagem do condomínio em estudo atende a demandas de chuvas intensas de forma satisfatória.

Ainda que a rede seja capaz de suportar a drenagem do empreendimento, mesmo em situações extremas, como na simulação do volume total de 120 mm em um espaçamento de apenas cinco horas, ressalta-se que a rede de drenagem do mesmo é ligada diretamente a rede de águas pluviais do município, ou seja, a rede do município passou a receber um volume de água de chuva bastante superior ao que recebia antes da execução do empreendimento.

Nota-se que neste tipo de solução clássica o problema é resolvido em uma determinada área, entretanto, o mesmo é transferido à jusante, o que exige o redimensionamento da rede de drenagem de jusante, visto que, à medida que o centro urbano se desenvolve é necessário um novo modelamento do sistema de drenagem a fim de adaptá-lo há uma nova situação, resultando em custos elevados e cada vez mais onerosos para a sociedade. Diferentemente das soluções de drenagem clássicas, os dispositivos de drenagem sustentável tratam o problema diretamente na fonte, ou seja, não o transfere a jusante. Neste tipo de solução, onde os particulares tratam do problema gerado com a implantação de um empreendimento, não é necessário que a população arque com o remodelamento constante das redes de drenagem existentes a fim de atender a novas demandas de particulares.

Os dispositivos de drenagem sustentável, além de colaborarem para o controle das cheias urbanas, contribuem também, quando empregados dispositivos que utilizam a infiltração, para a preservação da água, visto que como já discorrido, a infiltração da água permite a recarga de aquíferos.

Embora o Brasil seja o primeiro país em disponibilidade hídrica em rios do mundo, a poluição e o uso inadequado comprometem a disponibilidade deste recurso. A impermeabilização e compactação do solo cada vez mais frequente, devido a grande urbanização, também contribuem para este fator.

Diante disso e dos resultados positivos significativos obtidos através das simulações realizadas no empreendimento em estudo com o uso de dispositivos de drenagem na fonte, surge a ideia de que todo e qualquer empreendimento devesse ser responsável pelo tratamento excedente de escoamento superficial gerado na sua implantação, utilizando-se de dispositivos sustentáveis que buscam o equilíbrio do ciclo hidrológico.

O que se tem com o tratamento do escoamento superficial gerado pela implantação de um novo empreendimento, buscando dispositivos de drenagem que utilizam mecanismos de infiltração e retenção de águas pluviais é uma iniciativa que busque a mitigação dos efeitos da intensa urbanização das grandes cidades. Portanto, levando em conta todos estes fatores, bem como os resultados positivos das simulações realizadas utilizando dispositivos de drenagem sustentável, fica evidenciada a importância que estes mecanismos têm diante de soluções simples para mitigar os problemas das cheias urbanas, como também, contribuem para a preservação do bem comum que se constitui a água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH. Porto Alegre, 2005.
2. BRAGA, B; TUCCI, C; TOZZI, M. **Drenagem urbana: gerenciamento, simulação, controle**. Ed. Universidade/UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 1998.
3. ENHS – Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento. SWMM. Universidade Federal da Paraíba, 2017. Disponível em: < http://www.lenhs.ct.ufpb.br/?page_id=1017>. Acessado em: 23/05/2017.
4. TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mario T. (Org.). Drenagem Urbana. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS; ABRH, 1995.
5. TUCCI, Carlos E. M.; MARQUES, David da Mota. Avaliação da Drenagem Urbana. Porto Alegre: Editora ABRH, 2001.