

Simulação de técnicas de infraestrutura verde de drenagem urbana para captação do escoamento superficial.

RESUMO

A falta de interação das áreas de urbanismo e infraestrutura urbana de drenagem resultam em alagamentos e/ou deslizamentos sejam decorrentes de ausência de infraestrutura ou as vezes da adoção de técnicas tradicionais que levam ao desequilíbrio do ciclo da água nas cidades. O presente artigo visa simular a contribuição efetiva da infraestrutura verde, que se utiliza da lógica do metabolismo circular urbano, para minimização dos impactos de alagamentos urbanos. Foi estudada uma bacia de drenagem em Brasília, com considerável percentual de áreas verdes que, possui sistema convencional de drenagem e que conta com alagamentos recorrentes. A pergunta a ser respondida é como se apropriar das áreas verdes para explorar seu potencial de infiltração reduzindo os alagamentos? Como método se utilizou mapas de uso e ocupação do solo e programa CAD na seleção de áreas públicas da bacia com predominância de vegetação para inserção de trincheiras e jardins de chuva com posteriormente simulação dos processos hidráulicos e hidrológicos no modelo SWMM. Como resultado se obteve dados quantitativos para propor medidas de infraestrutura verde que significam a maximização da infiltração e um percentual menor de escoamento para ser resolvido por técnicas tradicionais significando maior equilíbrio ecossistêmico e redução de impactos ambientais

PALAVRAS-CHAVE: Urbanismo. Drenagem Urbana. Técnicas compensatória. Infraestrutura verde.

Maria do Carmo Bezerra
mdclbezerra@gmail.com
Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo da
Universidade de Brasília

Aline da Nóbrega Oliveira
aline.no@hotmail.com
Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo da
Universidade de Brasília

Maria Elisa Costa
leite.costa.me@gmail.com
Programa de Pós-Graduação em
Tecnologia Ambiental e Recursos
Hídricos da Faculdade de
Tecnologia da Universidade de
Brasília.

Sérgio Koide
skoide@unb.br
Programa de Pós-Graduação em
Tecnologia Ambiental e Recursos
Hídricos da Faculdade de
Tecnologia da Universidade de
Brasília.

INTRODUÇÃO

A forma de ocupação do solo predominante nas cidades não considera a dimensão ambiental da urbanização (características climáticas e condicionantes do meio físico), ou seja, as decisões sobre como ocupar e expandir as cidades não avaliam suas consequências ambientais o que tem, entre outros aspectos, contribuído para um desequilíbrio do ciclo da água tanto no que tange ao escoamento como a infiltração.

Assim, cada vez mais se torna atual a leitura sobre o metabolismo urbano, termo definido por Herbert Girardet, no fim do século XX, para descrever as relações entre o meio natural e antrópico. Dois modelos sintetizam essa leitura do espaço urbano: metabolismo linear e circular. O linear traduz a forma tradicional de construirmos cidades num contínuo de consumo de recursos naturais e produção de resíduos e o metabolismo circular traduz que a entrada de insumos (recursos naturais) e saída de resíduos ocorre de modo a maximizar os processos de reaproveitamento e reciclagem, com soluções que se assemelham ao comportamento natural do ambiente. A lógica da implementação de um metabolismo circular seria reduzir a pegada ecológica¹.

Contudo, esses tipos de metabolismos podem ser utilizados para leitura de diferentes condições de funcionamento das cidades, mas tem, nos sistemas de infraestrutura urbana, um paralelo muito apropriado em que facilmente se percebe sua lógica. Ao aplicar essa leitura às técnicas de drenagem têm-se o que se denomina de drenagem tradicional ou cinza e a drenagem sustentável ou verde.

O objetivo da drenagem tradicional é a remoção imediata das águas do meio urbano por um sistema em rede que se inicia na via pela sarjeta e continua nas galerias subterrâneas que encaminham as águas ao exutório. É um sistema de dimensionamento estanque, que estabelece uma relação causal com a forma de ocupação do solo no momento do projeto e que cada vez que a ocupação urbana é alterada todo o sistema entra em obsolescência o que requer sua atualização e ampliação sob pena de excessivo escoamento superficial e suas consequências como alagamentos urbanos. Mais uma das consequências desse sistema é a influência sobre escassez hídrica que as grandes cidades passam atualmente, devido à alta impermeabilização do solo e a rápida remoção das águas pluviais responsáveis pelo abastecimento de reservatórios subterrâneos promotores da manutenção dos níveis dos mananciais, fato esse que caracteriza a condição de metabolismo linear.

Por outro lado, a lógica que a drenagem sustentável ou verde traz é a redução do escoamento por meio da potencialização da infiltração visando o retorno das águas ao solo para abastecimento dos reservatórios subterrâneos e com isso influenciar no volume dos cursos de água e mananciais de abastecimento.

As diferenças, numa perspectiva apenas funcional da cidade, é que a drenagem tradicional acredita ser possível a solução por escoamento e não considera o fato de que diferentes formas de ocupação do solo podem ser utilizadas para potencializar a infiltração e reduzir o escoamento.

A drenagem verde, por sua vez, não visa solucionar tudo por infiltração mas potencializa-la ao máximo para reduzir a necessidade de galerias ou tornar um sistema tradicional, que se tornou obsoleto, em eficaz novamente, sem maiores investimentos em ampliação constante do mesmo. Sendo assim, em virtude dos impactos posteriormente comentados da drenagem cinza e das potencialidades da drenagem verde, sistemas e técnicas de drenagem urbana sustentável devem ser analisadas e exploradas em ambientes urbanos como vem ocorrendo nos estudos sobre planejamento ambiental urbano e a inserção de técnicas de infraestrutura verde para articular as diferentes funções do espaço urbano onde artefatos de potencialização da infiltração podem ter outras funções como parques, lagos, praças etc. ou apenas não interferir de forma negativa na cidade e se constituir em um atributo positivo.

Ahern, 2008, aponta que os fundamentos da infraestrutura verde podem ser entendidos como uma metodologia de planejamento territorial com soluções de articulação entre o ecossistema natural e antrópico. Dentro dessa perspectiva a infraestrutura verde se torna uma estratégia para a drenagem urbana enfatizando o metabolismo circular por meio do princípio básico da máxima infiltração ao invés da rápida remoção das águas no meio urbano.

As técnicas compensatórias, termo que vem sendo utilizado no Brasil para designar as práticas de infraestrutura verde, como jardins de chuva, canteiro pluvial, biovaleta, pavimento permeável, trincheiras de infiltração, poços de infiltração, estão presentes em diversas soluções de projetos urbanísticos sensíveis a água urbana, o que se coloca é como mensurar o grau de assertividade do que é coerente no plano do discurso.

Na mesma medida se deve ter em conta que esses sistemas de infraestruturas verdes são pouco explorados nas cidades brasileiras, e quando encontrados são vistos em uma microescala, ou seja, implantados no lote, e que, em algumas ocasiões, não dialoga com a escala urbana e os eventos desencadeadores dos alagamentos. Dessa forma, faz-se necessário o estudo e o uso de simulações hidrológicas com a implantação das técnicas compensatórias nas áreas urbanas, a fim de investigar o potencial de diminuição dos alagamentos e a mitigação dos impactos sobre o ciclo hidrológico, no quesito infiltração.

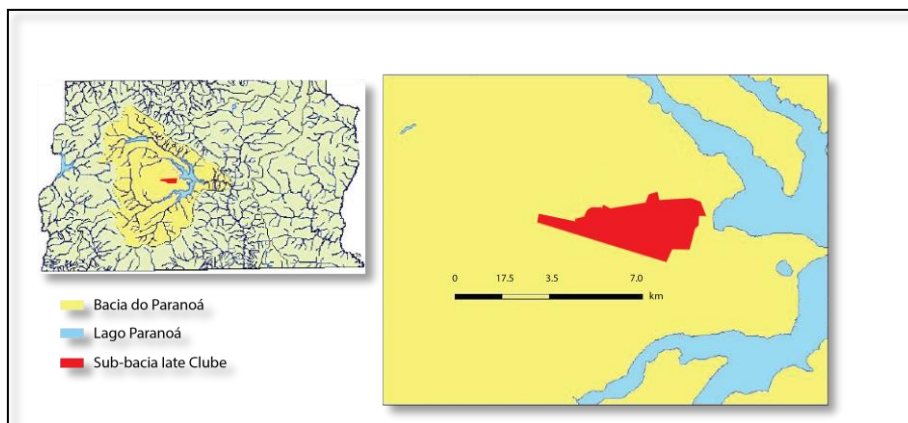
No Plano Piloto de Brasília, Distrito Federal, cidade planejada com urbanismo modernista predomina o metabolismo linear nas soluções de infraestrutura, incluindo a drenagem, que funcionou bem durante alguns anos, mas que, devido a mudanças nas taxas de ocupação em partes da cidade, começaram a sobrecarregar os condutos de drenagem e como consequência desencadeou em alagamentos urbanos com maior carreamento de detritos e assoreamento para o corpo receptor e manancial de abastecimento, o Lago Paranoá.

A elevada disponibilidade de áreas verdes que conformam a paisagem da cidade, a obsolescência da rede de drenagem tradicional e os impactos sobre o manancial de abastecimento apontam as condições da região para aplicação e análise das técnicas compensatórias de infraestrutura verde em escala urbana. Portanto, a pesquisa buscou investigar, por meio de simulações, a aplicabilidade de técnicas compensatórias de drenagem no ambiente urbano.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para definição da área foram considerados os estudos do Plano Diretor de Drenagem do Distrito Federal de 2009 que na bacia hidrográfica do Lago Paranoá identificou os pontos de alagamento. Dentre as sub-bacias de drenagem poucas possuem o lançamento da rede que propiciam os dados para as simulações hidrológicas. Dentre as sub-bacias a que se destaca é a sub-bacia do late Clube (Figura 1) área escolhida para o estudo.

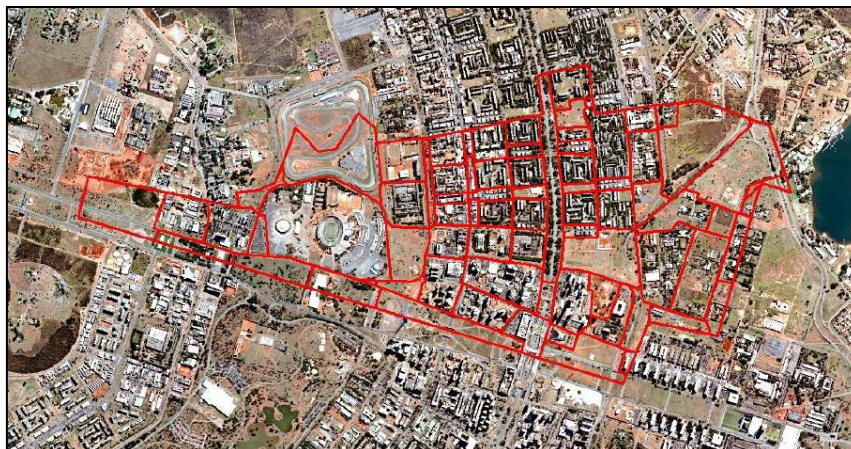
Figura 1 - Localização Sub-bacia late Clube na Bacia do Paranoá



Fonte: autores

Essa sub-bacia possui área de aproximadamente 8,89 km² e 16,9 km de extensão (Figura 2), e abrange as faixas² 1,2,3 e 4. Compreende algumas diferenciações de ocupação do solo em relação as demais áreas do Plano Piloto pois, além de áreas comerciais e residenciais, possui áreas institucionais, como o Estádio Nacional e a sede do Governo do Distrito Federal (GDF), o Palácio do Buriti.

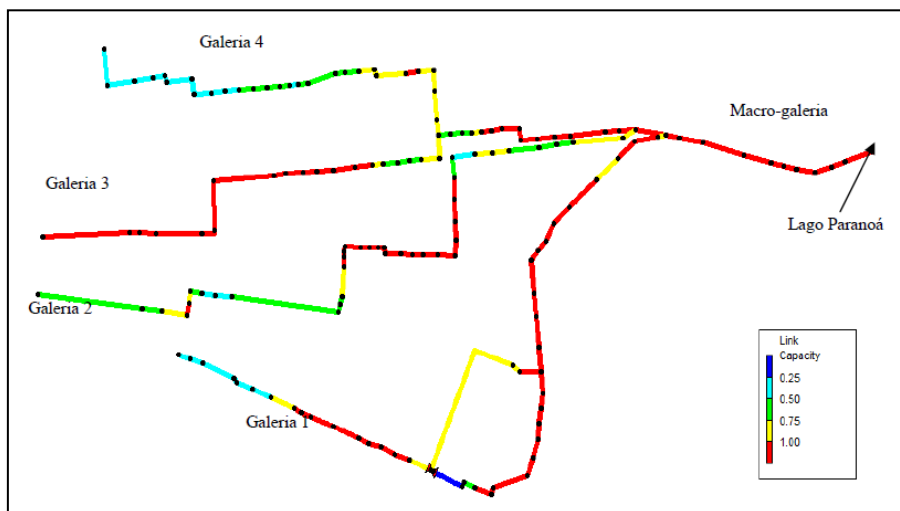
Figura 2 - Sub-bacia late Clube com suas áreas de Contribuição.



Fonte: SOUZA, F.P (2014)

De acordo com levantamento realizado, durante a fase de elaboração de projetos de drenagem tradicional para solução dos problemas identificados, a Secretaria de Estado de Infraestrutura de Serviços Públicos do Distrito Federal (SINESP), verificou diversos pontos de extravasamento na rede da sub-bacia, como demonstrado na figura 3, esse fato demonstra que foi superada a capacidade de captação da rede, fazendo com que o excedente pluvial não captado pela rede continue escoando superficialmente pela via e em pontos específicos, o que gera o aumento dos alagamentos.

Figura 3 - Seções de extravasamento da Rede de drenagem na Sub-bacia.



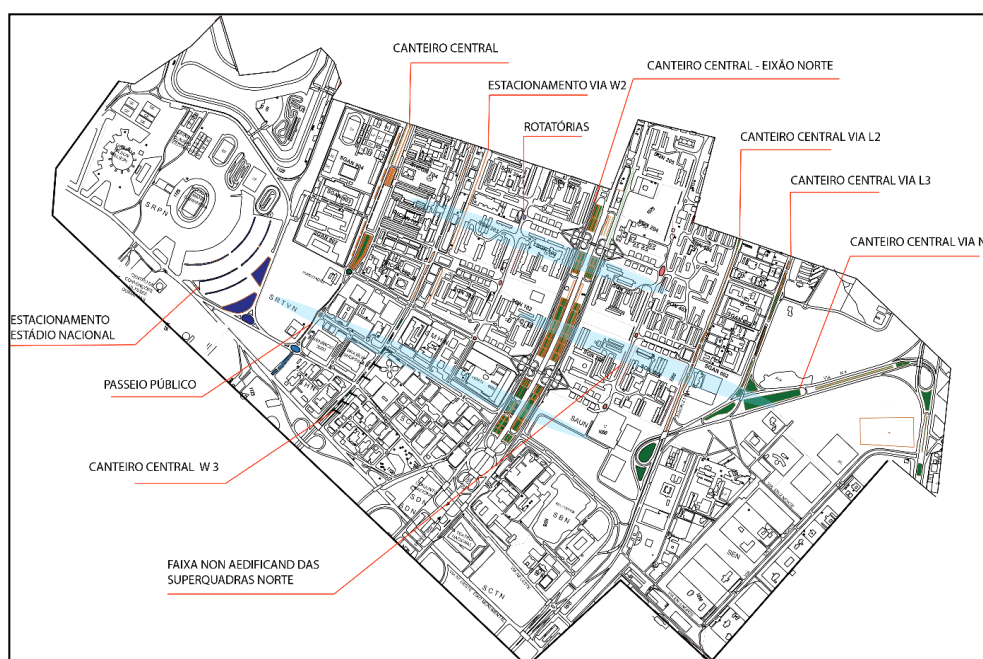
O projeto de solução tradicional, para a problemática do excessivo escoamento superficial, com inclusão de uma ampla bacia de detenção, encontra-se em análise por outras instâncias do governo, não exatamente quanto a sua eficiência de conter os alagamentos, mas em consequência sobre a dimensão ambiental e patrimonial do Plano Piloto. Na ambiental por se tratar da manutenção de um paradigma vigente que é a de rápido escoamento e a não consideração da infiltração e manutenção do ciclo hidrológico e no que se refere ao patrimônio por não integrar o projeto da bacia de detenção com a paisagem da cidade, a qual constitui patrimônio histórico da humanidade.

Adicionalmente, a solução tem sido criticada por seu potencial de continuar a gerar carreamento de material particulado para o Lago Paranoá impactando na sua qualidade. Todas essas críticas possuem nas estratégias de infraestrutura verde uma resposta pois, um de seus objetivos é exatamente a integração das soluções de drenagem a paisagem estética e ecologicamente

MÉTODO

Para a simulação foi elaborado mapa da área de estudo com auxílio da base de dados urbanos do GDF, GeoPortal. O mapa da sub-bacia do late Clube, elaborado em software AutoCad, contribuiu para seleção de áreas públicas com predominância de vegetação para criação de um cenário com modelos de técnicas compensatórias aplicadas ao ambiente urbano. As áreas demarcadas em azul e verde/laranja são os locais para implantação dos dispositivos de infraestrutura verde.

Figura 4 - Mapa de usos para locação das técnicas compensatórias na Sub-bacia do late Clube.



Considerando os fundamentos da infraestrutura verde e da drenagem sustentável, foram verificados os diferentes dispositivos que constituem o rol das técnicas compensatórias para escolha daquelas que melhor podem responder as características da sub-bacia em estudo. Dentre os dispositivos que facilitam a infiltração há aqueles que são técnicas lineares ou pontuais. As primeiras apresentam a dimensão longitudinal mais significativa do que sua largura e profundidade e costumam ser implantadas junto aos sistemas viários, como pátios, estacionamentos e arruamentos. Já as segundas, também podem ser chamadas de técnicas de controle centralizadas, e são usualmente associadas a áreas de drenagem de maior porte e tem como representantes desse grupo as bacias de detenção, retenção e pavimentos permeáveis. (Tabela 1)

Tabela 1 - Dispositivo de abatimento de vazão.

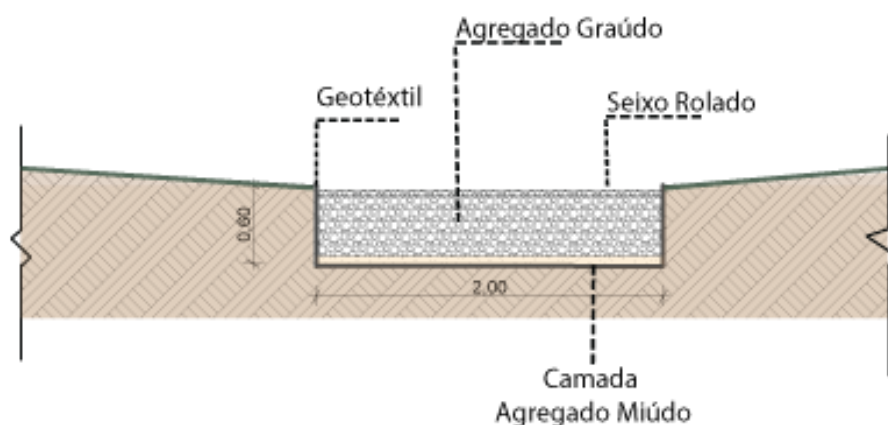
DISPOSITIVO	Processo de abatimento de vazão		Características Geométricas	
	Por Infiltração	Por Armazenamento	Linear	Localizada ou Pontual
Pavimento Permeável	❖	❖		❖
Trincheira de infiltração	❖	❖	❖	
Vala de Infiltração	❖		❖	
Poço de Infiltração	❖	❖		❖
Micro reservatório		❖		❖
Telhado reservatório		❖		❖
Reservatório de detenção aberto	❖	❖		❖
Reservatório de retenção aberto	❖	❖		❖
Reservatório subterrâneo pontual		❖		❖
Reservatório subterrâneo linear		❖	❖	
Faixa gramada	❖		❖	

Fonte: Manual de Drenagem da Agência Reguladora de águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. ADASA , 2018, p. 91

Com a avaliação feita anteriormente é possível optar por aquelas que mais se adequam à área de estudo, considerando critérios urbanísticos (espaços livres disponíveis) e do meio físico (topografia) ambos intervenientes nas condições de infiltração. A análise de desempenho dos dispositivos resultou na seleção de dois tipos de técnicas compensatórias: trincheiras de infiltração e jardins de chuva que serão implantadas, como objeto de simulação, nas áreas anteriormente selecionadas no mapa elaborado para o estudo.

As dimensões das trincheiras de infiltração, como se pode ver na figura 5, possuem a mesma seção, ocupadas com agregado graúdo; os jardins de chuva possuem seções variadas, sendo sua profundidade fixada em 30 centímetros, esses foram implantados em regiões onde há maior área de densidade arbórea, o que possibilitou a formação das concavidades no solo para retenção e infiltração das águas de escoamento.

Figura 5 - Corte transversal do modelo de trincheira de infiltração.



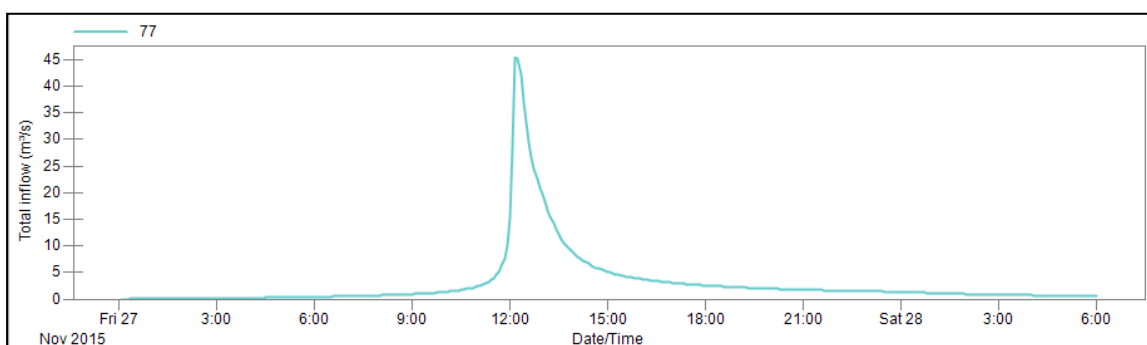
Fonte: autores

Para processamento do cenário criado com os referidos dispositivos foi utilizado o modelo SWMM, na versão PCSWMM, desenvolvido pela *Chiwater*, que realiza o balanço hídrico determinando o que esco de uma camada para a outra e o que é armazenado em uma camada. O método de geração do escoamento superficial utilizado foi o *Soil Conservation Service* (SCS), com a propagação do fluxo pela onda dinâmica, tendo em conta que o modelo da bacia do late já estava calibrado, outro fator que determinou a escolha. O cenário foi simulado com tempo de recorrência de 10 anos de acordo com o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

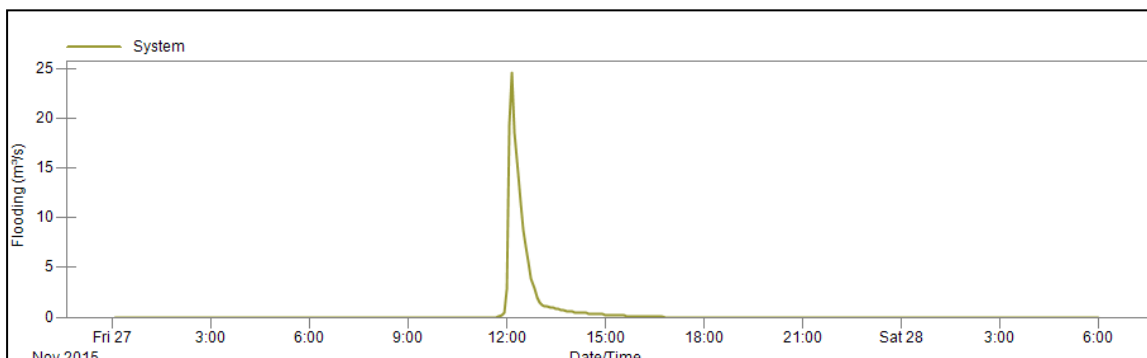
A simulação do comportamento do escoamento superficial na sub-bacia, com a calibragem do sistema atual mostra a alta vazão na figura 6 e um elevado escoamento superficial na figura 7. O que demonstra a obsolescência da rede de drenagem na sub-bacia e a necessária implantação de soluções que amortecem o escoamento.

Figura 6 - Hidrograma no exutório do Sistema de drenagem atual.



Fonte: autores

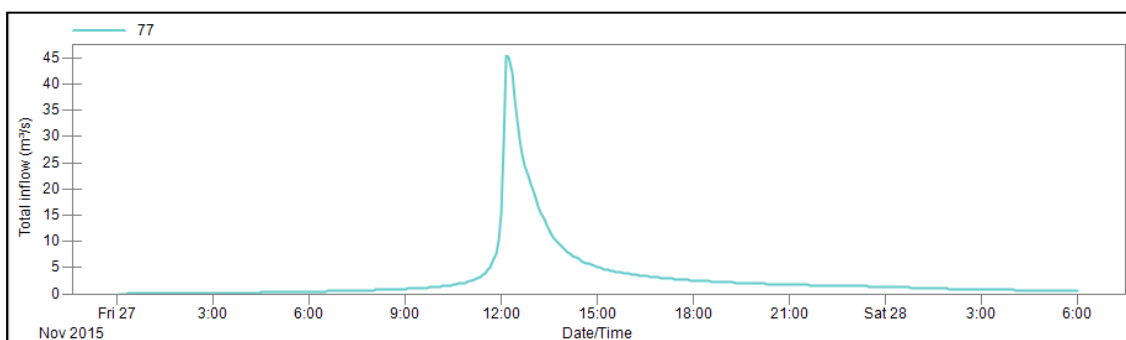
Figura 7 - Hidrograma no exutório escoamento superficial.



Fonte: autores

Ao simular a contribuição das técnicas compensatórias à rede de drenagem, verifica-se que não houve diminuição no hidrograma, como mostra a figura 8. A dimensão das compensações do cenário foi insuficiente para contribuir com a rede.

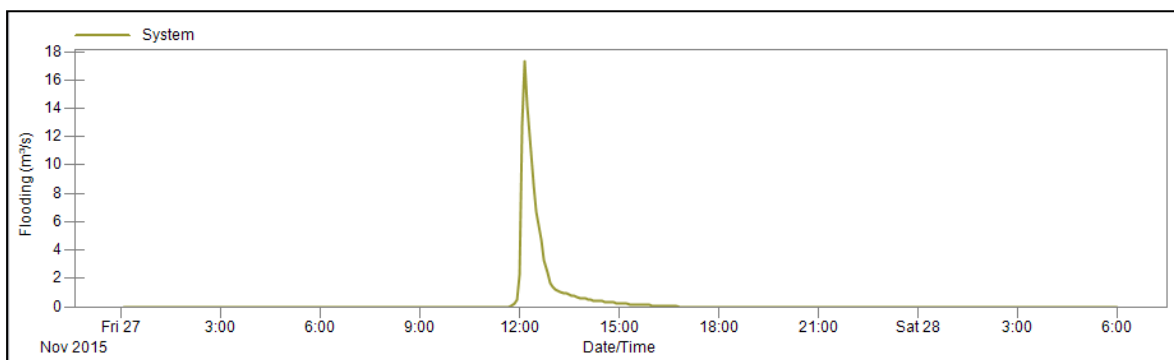
Figura 8 - Hidrograma do sistema no exutório com as compensações inseridas.



Fonte: autores

Entretanto, ao verificar o hidrograma do escoamento superficial não captado pela rede, houve uma alteração satisfatória na diminuição do escoamento superficial, o que demonstra a eficácia do uso de técnicas compensatórias, como as trincheiras de infiltração e os jardins de chuva, como complemento à rede para captação do escoamento e consequente aumento da infiltração das águas no solo.

Figura 9 - Hidrograma com escoamento superficial reduzido.



Fonte: autores

As trincheiras de infiltração e os jardins de chuva não influenciaram na água que passa pelo sistema de drenagem, mas conforme o hidrograma da figura 9, percebe-se a capacidade de influência para absorção das águas de escoamento superficial, o que contribui para a diminuição dos pontos de alagamento na bacia.

Associação das técnicas de infraestrutura verde simuladas à projetos urbanos

A eficácia da utilização das técnicas compensatórias, quanto a diminuição do deflúvio, é uma fase inicial da articulação entre uso e ocupação do solo e drenagem com base na metodologia de infraestrutura verde. Por meio das simulações foi verificado a mitigação do escoamento, o que direciona as análises para a articulação de um projeto urbano-paisagístico onde foram alocadas as trincheiras e jardins de chuva.

A continuidade da análise com o projeto urbano demonstra que as técnicas de drenagem sustentável ultrapassam a função hidrológica, podendo contribuir para inserção de um ambiente propício ao uso da comunidade local e agregar uma nova ambiência paisagística às áreas públicas. É uma utilização mais eficiente e ecológica ao ocupar o solo com funções diversas e estruturais para a cidade.

Diante do fato de não ter sido elaborado um projeto paisagístico para a sub-bacia considerado os dispositivos de drenagem sustentável optou-se por apresentar soluções esquemáticas de técnicas de infraestrutura verde para a via “Eixão Norte” onde foram implantados os dispositivos dentro da sub-bacia.

Como pode ser verificado na figura 10, o Eixão Norte possui canteiros laterais largos e arborizados, onde se pode agregar as trincheiras de infiltração e jardins de chuva. Essa via é bastante utilizada aos domingos, quando há o fechamento de todo o eixo rodoviário, norte e sul, para uso da comunidade local. A prática é conhecida como Eixão do Lazer. Há alguns anos muitos eventos vem ocorrendo na via, e os canteiros centrais, devido a sua vasta arborização, funcionam como áreas de estar e socialização da população. Essas características de uso do espaço, onde foram alocados os dispositivos de drenagem, demandam um tratamento especial de compatibilização de usos, exatamente o que pressupõe as técnicas de infraestrutura verde.

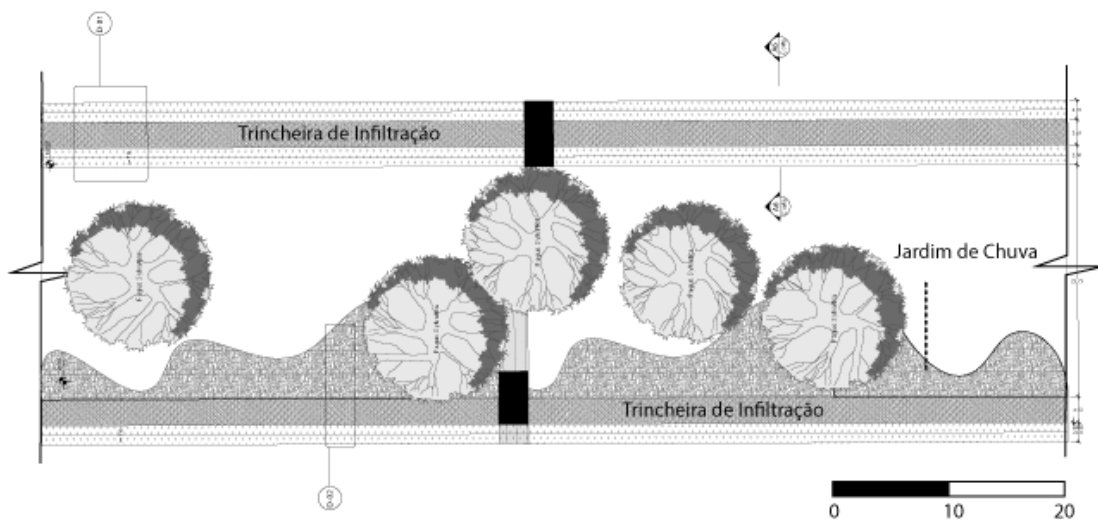
Figura 10 - Eixão Norte. Recorte para proposta de projeto urbano.



Fonte: autores

Seguindo as dimensões das trincheiras, já vistas na figura 5, delimitamos em planta a região dos jardins de chuva, os quais além de contribuir com a captação do escoamento, puderam auxiliar na mimetização das extensas trincheiras nos canteiros o que criou a ideia de um jardim único, sendo necessária a implantação de áreas para travessia de pedestres sobre as trincheiras.

Figura 11 - Planta Baixa do recorte do canteiro central Eixão Norte na altura da sub-bacia do late com trincheiras e jardins de chuva.



Fonte: autores

As trincheiras foram simuladas com material granular e é recomendado, para o projeto urbanístico, que seja utilizado como sua última camada superficial seixo rolado, o que confere tratamento estético agradável ao espaço.

Na figura 12, Resultado esperado para o canteiro do Eixão Norte com a implantação das técnicas compensatórias associadas as vegetações alagadiças, agregados e rochas.

Figura 12 - Técnicas compensatórias no desenho urbano do canteiro central.



Fonte: autores

CONCLUSÃO

O trabalho, ao estabelecer uma aplicação prática, simulando a efetividade das técnicas possíveis, demonstra a contribuição que a aplicação da infraestrutura verde traz à drenagem urbana como solução para os alagamentos urbanos.

Apesar de ter sido verificado uma diminuição no hidrograma do escoamento superficial com a utilização dos sistemas de infraestrutura verde utilizados para o escoamento superficial – jardins de chuva e trincheiras de infiltração – as modelagens devem ser continuadas para explorar mais técnicas compensatórias e posteriormente fazer as adequações paisagísticas para os pontos onde foram calculados.

Contudo o estudo já possibilita afirmar que as interações entre os padrões de ocupação do solo necessitam de maior diálogo com o meio natural como com o campo disciplinar infraestrutura verde e drenagem sustentável apontam soluções para essa interface.

Simulation of green infrastructure techniques to capture surface runoff.

ABSTRACT

The lack of interaction between urban planning areas and urban drainage infrastructure results in flooding and / or landslides resulting from lack of infrastructure or sometimes the adoption of traditional techniques that lead to the imbalance of the water cycle in cities. The present article aims to simulate the effective contribution of the green infrastructure, which uses the logic of urban circular metabolism, to minimize the impacts of urban floods. A drainage basin was study in Brasilia, with a considerable percentage of green areas, which has a conventional drainage system and has recurrent floods. The question to be answer is how to appropriate the green areas to exploit their potential for infiltration by reducing flooding? As a method, land use and land use maps and CAD program were used to select public areas of the basin with predominance of vegetation for insertion of trenches and rain gardens and later simulation of hydraulic and hydrological processes in the SWMM model. As a result we obtained quantitative data to propose solutions of green infrastructure that meant the maximization of infiltration, which meant a lower percentage of runoff to be solved by traditional techniques, meaning a greater ecosystem equilibrium and reduction of environmental impacts.

KEYWORDS: Urbanism. Urban drainage. Low Impact Development. Green Infrastructure.

NOTAS

¹Para Girardet a pegada ecológica é quanta natureza temos e quanto a usamos. Pode ser medida do nível individual ao global. É uma forma de pensarmos em como desenvolvemos os serviços sobre o ecossistema.

² O projeto do GDF divide as áreas de intervenção por método de faixas, de acordo com a nomenclatura das quadras. Ex: Faixa 1 – 2 representa as quadras SQN 201; 302 -102; 202-402.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio prestado na elaboração deste artigo pelo Decanato de Pesquisa e Inovação -DPI da Universidade de Brasília (UnB).

REFERÊNCIAS

AHERN, Jack. **Green infrastructure for cities: the spatial dimension**. In: NOVOTNY, Vladimir; BROWN, Paul. R. (Orgs.) *Cities for future: towards integrated sustainable water and landscape management*. Londres: IWA Publishing. 2007.p. 267-283.

BAPTISTA,Márcio; NASCIMENTO,Nilo; BARRAUD,Sylvie. **Técnicas compensatórias em Drenagem Urbana**. 2.ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005. 266 p.

GIRARDET, Herbert. **Ciudades**. México: Ed. Gaia, 1989,249 p.

ADASA (AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO DO DISTRITO FEDERAL). **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanos do Distrito Federal**. Ed. rev. e atual. Brasília: Superintendência de Drenagem Urbana, Adasa, 2018.

SOUZA, F.P. **Monitoramento e modelagem hidrológica de sub-bacia do Lago Paranoá – Brasília/DF e avaliação de bacias de retenção**.2014.139 f. **Dissertação**. (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas** – Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco, 2005.

Recebido: 25/01/2019
Aprovado: 03/11/2019
DOI: 10.3895/rts.v16n40.9430

Como citar: BEZERRA, M.C.L.; et.al. Simulação de técnicas de infraestrutura verde de drenagem urbana para captação do escoamento superficial. R. Technol. Soc., Curitiba, v. 16, n. 40, p. 1-16, abr/jun. 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/9430>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

