

## **Olhares sobre a Drenagem em Brasília: Expansão Urbana e Infraestrutura Socioecológica na Serrinha do Paranoá, DF**

### ***A Glimpse over Urban Drainage in Brasília: Urban Expansion and Socioecological Infrastructure in "Serrinha do Paranoá", DF***

**Conserva, C. S.**

[cconserva@gmail.com](mailto:cconserva@gmail.com)

**Andrade, L. M. S.**

[lizamsa@gmail.com](mailto:lizamsa@gmail.com)

**Sant'Ana, D. R.**

[arq.santana@gmail.com](mailto:arq.santana@gmail.com)

**Costa, M. E. L.**

[leite.costa.me@gmail.com](mailto:leite.costa.me@gmail.com)

**Carvalho, D. J.**

[d.junqueirac@gmail.com](mailto:d.junqueirac@gmail.com)

#### **Resumo**

O presente artigo tem o objetivo de analisar como os processos de expansão urbana impactam a sociedade e o meio ambiente, investigando interferências na drenagem de águas pluviais. Tem como estudo de caso o Projeto de expansão urbana do Setor Habitacional Taquari, SHTQ, também conhecido como Serrinha do Paranoá, em Brasília. Tem motivação justificada pela lacuna na literatura no que diz respeito a relacionar aspectos de crescimento urbano com o escoamento superficial. A análise foi feita com emprego da abordagem metodológica da socioecologia, aquela que identifica interações entre o homem e recursos naturais. Os resultados indicam aumento de até 165% na vazão máxima pelo cálculo simplificado, e de 98 % por meio de simulação SWMM, caso a urbanização seja feita nos moldes do projeto elaborado pela Administração Pública. Conclui-se que as técnicas de drenagem urbana convencionais podem prejudicar a recarga dos corpos d'água, no caso o Lago Paranoá.

**Palavras-chave:** Drenagem; Expansão Urbana; Socioecologia

#### ***Abstract***

*The scope of this paper is analysing the ways urban expansion processes impacts society and the environment, emphasizing rainfall drainage. The object of study is the Urban Expansion Project of the Taquari Housing Sector, SHTQ, also known as "Serrinha do Paranoá", in Brasília. The reason for the study is to fulfill the current gap regarding aspects of urban growth and run off. The analysis consists of the socioecological methodology, which recognizes the interactions between humans and natural resources. The analysis consists of the socioecological methodology, which recognizes the interactions between humans and natural resources. The results indicate growth up*

*to 165% in the maximum run off output rate by simplified calculations, and of 98% through SWMM simulation, if the urbanizing process follows the project elaborated by the public administration. Therefore, it concludes that conventional urban draining systems can damage the fulfilling of water bodies, in this case the “Lago Paranoá”.*

**Keywords:** Drainage; Urban Expansion; Socioecology

## 1. Introdução

A relação entre projetos de expansão urbana em áreas ambientalmente sensíveis e a proteção do meio ambiente, com recorte na questão da drenagem em tempos de crise hídrica é o tema do presente artigo. O estado da arte mostra que autores como, Herzog (2010), Miguez (2015), Pellegrino (2017) e Andrade (2018) escreveram sobre o assunto. Porém há ainda uma lacuna a respeito de estudos que tenham foco na análise crítica da relação entre formas predatórias de expansão do território e o aumento no escoamento superficial, na vazão máxima de lançamento, em um contexto de crise hídrica.

As modificações no solo afetam diretamente as funções de uma bacia hidrográfica. Superfícies impermeáveis e solos compactados filtram menos água, o que aumenta o escoamento superficial e diminui a infiltração da água no solo (ANDRADE, 2014). Na medida em que a ocupação urbana tende a ocupar áreas sensíveis ambientalmente, com remoção da cobertura vegetal nativa e aumento da impermeabilização do solo, a urbanização gera impactos negativos ao ciclo hidrológico natural.

É neste contexto que em Brasília assiste-se à promoção de vários loteamentos idealizados pela Administração Pública em áreas consideradas ambientalmente sensíveis. Dentre eles, o projeto de expansão do SHTQ, área considerada de elevada sensibilidade ambiental por tratar-se de área de vegetação preservada, divisora de bacias, produtora de água para o Lago Paranoá, o qual já está em processo de assoreamento e será, em um contexto de crise hídrica, um manancial de abastecimento para mais de 600 mil pessoas (ANDRADE et al, 2018). No presente artigo, a Serrinha do Paranoá será estudada no Trecho 2 da Etapa 1, alvo de projeto elaborado na década de 90 pela TERRACAP, Agência de Desenvolvimento do Distrito Federal, como expansão do Trecho 1, já consolidado.

A respeito deste projeto, a comunidade da Serrinha do Paranoá vislumbra problemas relativos a impactos ambientais pelo desmatamento e impermeabilização do solo, que poderão deteriorar a qualidade e a quantidade das águas produzidas para o Lago Paranoá (ANDRADE et al, 2018). Com essa preocupação a comunidade da Serrinha do Paranoá, em 2017, procurou o MPDFT – Ministério Público do Distrito Federal e Territórios, o qual, juntamente com a sociedade e o Grupo de Pesquisa “Água e Ambiente Construído” da FAU/UnB – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, no âmbito do Projeto de Pesquisa “Brasília Sensível à Água” (GDF, 2018), organizou uma Audiência Pública intitulada “Escassez Hídrica no DF”. Como resultado desta Audiência foi organizado o Seminário “O Lago Paranoá e a Crise Hídrica: Desafios do Planejamento Urbano para Brasília”, em parceria entre o MPDFT, organizações da sociedade civil e a Universidade de Brasília, além de contribuições temáticas de vários setores do GDF – Governo do Distrito Federal. Com o Trecho 2 da Etapa 1 do SHTQ como estudo de caso, o

Seminário demonstrou o agenciamento de eventos e atores para a gestão compartilhada da água na bacia hidrográfica do Lago Paranoá.

A relevância dos resultados do Seminário motivou a emissão, pelo MPDFT, em 2017, do Termo de Recomendação MPDFT 09/2017, pelo qual recomendou a suspensão da Licença de Instalação LI 059/2014 emitida para o Trecho 2 da Etapa 1 do SHTQ, bem como a adoção de modelos de desenho urbano que sejam sensíveis à água e considerem critérios de proteção ambiental que respeitem os limites da capacidade de suporte do Lago Paranoá (ANDRADE et al, 2018). A LI 059/2014 foi suspensa em novembro de 2017 e permanece suspensa até o momento da escrita do presente artigo. Considera-se que o estudo do caso do SHTQ se justifica pela possibilidade de oferecer uma contribuição crítica para as discussões sobre processos de expansão urbana, preservação ambiental e drenagem em ocupação urbana de áreas ambientalmente sensíveis.

### 1.1 Objetivo

O artigo tem como objetivo analisar a relação entre processos de projeto de expansão urbana e drenagem. A análise investiga impactos resultantes de projetos de drenagem elaborados com padrões de infraestrutura convencionais face ao desenho urbano sensível à água com técnicas oriundas da infraestrutura socioecológica, e seus impactos no escoamento superficial e na vazão máxima de lançamento.

### 1.2 Metodologia

A análise pressupõe a água como eixo metodológico de pesquisa ao abordar aspectos da expansão urbana através dos impactos na drenagem de águas pluviais, tendo em vista o estudo dos projetos urbanístico e de drenagem elaborados pela Administração Pública para o SHTQ Trecho 2 Etapa 1. Tem como método de análise a Abordagem Socioecológica, aquela que identifica como a interação homem-meio ambiente está relacionada com os processos socioeconômicos, e as consequências de mudanças nos padrões de uso de recursos (BUSCHBACHER, 2014). A caracterização da área de estudo norteou a construção da base de dados para o cálculo simplificado da vazão máxima de lançamento com o Método Racional para três cenários, definidos de acordo com a Tabela 1:

**Tabela 1: Cenários de Análise Trecho 2 da Etapa 1 do SHTQ. Fonte: Os Autores, 2018.**

Cenários		Descrição
1	<b>Pré-desenvolvimento</b>	Vegetação Preservada e pouca atividade antrópica. É o cenário atual do Trecho 2 da Etapa 1 do SHTQ.
2	<b>Ocupação Urbana</b>	Ocupação urbana com projeto nos moldes do projeto convencional proposto pela Administração Pública.
3	<b>Ocupação urbana + Infraestrutura Socioecológica</b>	Ocupação urbana, porém com o uso de biovaletas nos moldes do projeto conceitual do projeto “Brasília Sensível à Água” (GDF, 2018) da FAU/UnB.

Os resultados do cálculo da vazão máxima pelo método simplificado para os cenários 1 e 2 foram comparados aos resultados com a simulação do modelo SWMM – “*Storm Water Management Model*”, Modelo de Gestão de Drenagem Urbana, com método SCS, “*Soil Conservation Service*”, feitos por Carvalho (2018). O SWMM é, da EPA - “*U.S. Environmental Protection Agency*”, Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, é um modelo dinâmico chuva-vazão que simula a quantidade e a qualidade do escoamento superficial, especialmente em áreas urbanas (ROSSMAN, 2010).

## 2 Expansão Urbana e Drenagem

Um sistema de drenagem é altamente influenciado pela urbanização (MIGUEZ, 2015). A urbanização causa o aumento do escoamento superficial e da vazão máxima, com diminuição da evapotranspiração e da formação das águas subterrâneas (ANDRADE, 2014). Sob o pretexto do higienismo, aquele no qual a ênfase está no rápido transporte das águas pluviais ao exutório através de redes e galerias, o planejamento urbano imaginou ser possível prescindir da cobertura vegetal. Solos foram impermeabilizados, aumentando o escoamento superficial e linhas de drenagem naturais foram substituídas por galerias pluviais projetadas para conduzir as águas de forma rápida e invisível, expediente sinistro que transfere o volume indesejado de água para uma comunidade mais a jusante (PELLEGRINO, 2017). A urbanização gera impactos ambientais na medida em que a ocupação urbana tende a ocupar áreas sensíveis ambientalmente, remover a cobertura vegetal nativa, aumentar a impermeabilização do solo, acumulando degradações no ambiente natural.

Em Brasília, tal análise da relação ocupação do espaço urbano e impactos ambientais é emblemática. A drenagem urbana foi preocupação desde a concepção do Plano Piloto, em cujo relatório observa-se, após o traçado do “X” no chão, um esboço de preocupação com a questão da drenagem: “Procurou-se depois a adaptação à topografia local, ao escoamento natural das águas.” (CODEPLAN, 1991). Não se esperava, porém, que Brasília fosse crescendo para além do Plano Piloto por meio de ocupações urbanas, planejadas e não planejadas, cujos impactos nos sugerem uma desintegração e desconexão entre si e com os fluxos da natureza e das águas (ANDRADE et al, 2018). Em Brasília, a abordagem Socioecológica nos mostra que a expansão em áreas de recarga de aquíferos com uso das estrutura cinzas para a drenagem tem demonstrado potencial de impactar a produção das águas através do aumento da vazão máxima de lançamento.

### 2.1 Olhares sobre a Drenagem Urbana: Do Convencional ao Desenho Urbano Sensível à Água

O sistema convencional de drenagem das águas pluviais possui como premissa de eficiência a promoção do rápido escoamento das águas das chuvas por redes subterrâneas a serem despejadas em rios e lagos (MIGUEZ, 2015). A urbanização tradicional é baseada na infraestrutura cinza monofuncional em que os sistemas de drenagem objetivam escoar a água o mais rápido possível, interferindo e bloqueando as dinâmicas naturais.

Porém, se observarmos a natureza, vemos que a drenagem das águas das chuvas acontece primeiramente com a interceptação nas copas das árvores, infiltração no solo, depois com a detenção natural, evaporação e, por último, com o escoamento superficial (HERZOG, 2010). Assim, vemos funções ecológicas importantes para promover a

infiltração das águas das chuvas, reduzindo o impacto das gotas que compactam o solo, contribuindo para prevenir erosão e assoreamento de corpos d'água, favorecendo a mitigação de impactos ambientais

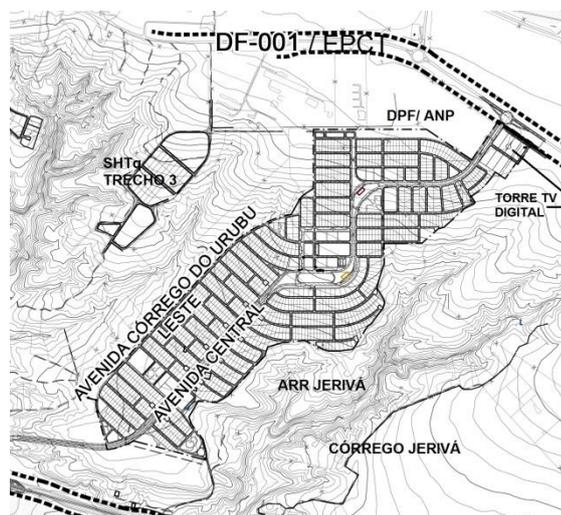
Contrastando com o sistema convencional de coleta e transporte, Andrade (2014) aborda padrões de desenho urbano com novos olhares sobre a questão da água direcionada e infiltrada no solo em padrões projetados para reduzir o fluxo, assegurando a produção das águas para os aquíferos. Neste sentido, buscando imitar a natureza, é que a infraestrutura Socioecológica aborda uma forma de desenho urbano que tenha consonância com o fluxo das águas, vegetação abundante e técnicas tais como biovaletas, visando evitar ao máximo que a água da chuva se transforme em escoamento superficial, maior causador de erosões e assoreamentos.

### **3. Estudo de Caso: A reabilitação do projeto de expansão urbana da Serrinha do Paranoá, Trecho 2 Etapa 1**

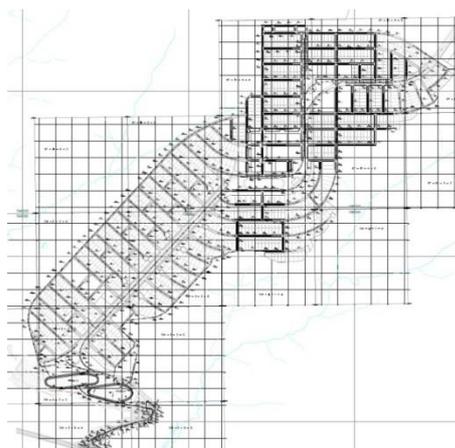
O SHTQ está localizado na Unidade de Planejamento Territorial Centro Adjacente 1 de Brasília (SEGETH, 2018). Está inserida na Área de Proteção Ambiental – APA do Lago Paranoá, bem como na APA do Planalto Central. Localizado entre as sub-bacias do Torto e do Lago Paranoá, o trecho faz parte do Grupo Hidrológico A com latossolos vermelho e amarelo (SEGETH, 2018). Trata-se de uma área de alta sensibilidade ambiental devido à existência de uma série de cursos d'água que alimentam o Lago Paranoá, vegetação preservada e trechos com declividade acentuada.

#### **3.1 Análise dos Projetos de Urbanismo e de Drenagem para o Trecho 2 Etapa 1**

No presente artigo, o objeto de estudo é o projeto de urbanização, Figura 1, incluído o projeto de drenagem, Figura 2, para o Trecho 2 da Etapa 1 do SHTQ.



**Figuras 1 – Projeto de Urbanização para o SHTQ Trecho 2 Etapa I. Fonte: TERRACAP, 2016**



**Figura 2 – Projeto de Drenagem para o SHTQ Trecho 2 Etapa 1. Fonte: TERRACAP, 2014**

A Tabela 2 apresenta uma síntese da análise do MDE-111/99 (GDF, 1999), relativo ao projeto urbanístico do Trecho 2 Etapa 1 do SHTQ, nos aspectos relativos à drenagem analisados em função dos padrões de ANDRADE (2014).

**Tabela 2 – Análise dos Memoriais Descritivos – MDE 111/99. Fonte: Os Autores, 2018.**

<b><u>MDE 111/99</u></b>	<b><u>NOTAS/DIRETRIZES/OPORTUNIDADES (ANDRADE, 2014)</u></b>
<i>O setor localiza-se dentro da poligonal da Área de Proteção Ambiental do Lago Paranoá que tem entre seus objetivos a recuperação e proteção qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos existentes na bacia, de modo a promover redução do assoreamento e dos níveis de poluição do Lago Paranoá. (Parte A, Fl. 3)</i>	Para evitar o assoreamento é imprescindível a manutenção da cobertura vegetal. Preservação da mata ciliar e revegetação com plantas nativas do cerrado para aumentar a infiltração das águas. Uso de canais de escoamento e dispositivos que desloquem o fluxo da água para lugares de solo permeável a fim de permitir a recarga.
<i>(...) assegurando um padrão urbanístico adequado às normas vigentes e preservando o meio ambiente em seus aspectos essenciais foi o que o Governo priorizou para evitar problemas ambientais advindos de uma ocupação desordenada em área de localização estratégica com vista privilegiada, alta acessibilidade. (Parte B, Fl.1)</i>	A drenagem urbana depende em primeiro lugar do desenho urbano integrado aos elementos paisagísticos tanto naturais quanto planejados, forma de distribuição e densidade de edificações, escoamento e segurança da água, proteção contra cheias, saúde ecológica das paisagens terrestre e aquática, pavimentação, vegetação, encontros sociais no espaço para o bem estar social etc.
<i>A área possui vocação hidrogeológica elevada para os padrões estabelecidos no DF, mas extremamente sensível às modificações ambientais. Fl. 3</i>	A interface solo/vegetação/atmosfera tem forte influência no ciclo hidrológico, nesse sentido mudanças no uso do solo terão consequências climáticas que vão afetar o regime hídrico das bacias hidrográficas, alterar limites de várzea, forma e tamanho do leito e margens dos córregos, prejudicando todo o ecossistema aquático.

<p><b><u>NOVACAP</u></b>  <i>Os locais de lançamento de águas pluviais deverão ser licenciados pelo IEMA/SEMATEC. (Parte B, Fl. 4)</i></p>	<p>O Desenho Urbano sensível à água busca a infiltração da água em primeiro lugar, não o escoamento. É preciso permitir a absorção da água da chuva em excesso e proteger contra alagamentos.</p>
<p><b><u>CAESB - ÁGUA</u></b> - <i>Aprova as alternativas elencadas como proposta para utilização, no entanto, ressalta a necessidade de utilização do ribeirão Bananal para complementação do sistema. (Parte B, Fl. 4)</i></p>	<p>Considerar a infiltração da água em nível macro, quem vai produzir água são as raízes das árvores a partir da infiltração das águas das chuvas e não o Ribeirão Bananal.</p>
<p><i>A estruturação de um eixo viário que corta a gleba no sentido Norte/Sul, assumindo a sinuosidade característica do relevo. (Parte B, Fl. 8)</i></p>	<p>As vias desempenham papel fundamental na drenagem urbana. A água sempre procura o sentido da maior declividade, ou seja, perpendicular à curva de nível. A via principal projetada corta o Setor no sentido transversal às curvas de nível sendo necessário prever meios de evitar a velocidade excessiva do escoamento das águas pluviais, tal como o uso de Biovaletas ao longo das vias.</p>

A análise crítica começa quando se percebe que o projeto de drenagem elaborado pelo poder público para o Trecho 2 Etapa 1 do SHTQ tem conceito fortemente centrado no sistema convencional, composto por dispositivos coletores e de transporte das águas superficiais. A Tabela 3 apresenta uma síntese da análise do projeto de drenagem para o Trecho 2 da Etapa 1 do SHTQ elaborado pela TERRACAP, face aos padrões de ANDRADE (2014).

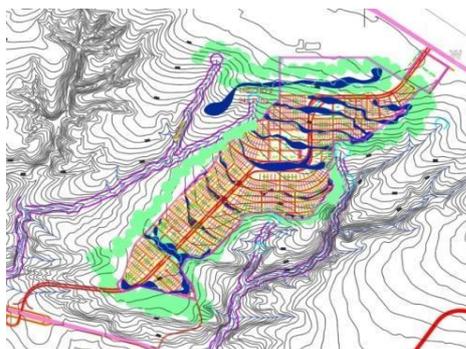
**Tabela 3 – Análise do Projeto de Drenagem Trecho 2 Etapa 1 SHTQ. Fonte: Os Autores, 2018.**

<b><u>PROJETO URB 111/99</u></b>	<b><u>NOTAS/DIRETRIZES/OPORTUNIDADES (ANDRADE, 2014)</u></b>
<p>O projeto tem como particularidade a presença de duas bacias de retenção na parte Sul da poligonal, nas proximidades DF-005 – EPCT.</p>	<p>Bacias de retenção não favorecem a infiltração das águas, um dos principais aspectos do desenho urbano sensível à água. Necessidade de preservação dos cursos d' água através da perseguição da absorção das águas, garantindo a recarga dos aquíferos.</p>
<p>O local em que foram localizadas em projeto as bacias de retenção tem relevo consideravelmente acidentado, com alta declividade.</p>	<p>O local tem limitações a respeito da estabilidade do talude natural, a resistência do solo, considerando a mudança de geometria, o sobrepeso e a percolação das águas no solo.</p>
<p>O projeto das Bacias indica lançamento das galerias no Lago Paranoá.</p>	<p>O lançamento dessas águas residuais no Lago Paranoá é incompatível com a realidade crítica atual de escassez e a necessidade de preservação da qualidade das suas águas.</p>

De acordo com a análise de Carvalho (2018), o projeto tem 86% de impermeabilização por lotes e vias, com uma rede de drenagem projetada prevendo 525 condutos, 524 PVs, 491 áreas de contribuição e 2 bacias de detenção ao final da rede. Levando em consideração o volume que deixará de infiltrar na superfície pela falta de alimentação do lençol freático, o volume de águas escoadas tende a aumentar em várias ordens de magnitude.

### 3.2 Oportunidades de Desenho Urbano Sensível à Água na Serrinha do Paranoá

A Infraestrutura Socioecológica, com a visão sistêmica, aponta para a necessidade de que o controle de velocidade das águas seja feito, em primeiro lugar e principalmente, no local onde caem as chuvas. Também na maneira como eles são desenhados, de forma que o desenho urbano favoreça a infiltração das águas o máximo possível e que somente após essa infiltração, recorra-se a medidas de escoamento. Sobre estes aspectos, o projeto de pesquisa “Brasília Sensível à Água” (GDF, 2018) do Grupo de Pesquisa “Água e Ambiente Construído” da FAU/UnB, a pedido da promotoria do MPDFT, apresentou um desenho conceitual, Figura 3, com aplicação da Infraestrutura Socioecológica com biovaletas:



**Figura 3 – Desenho Conceitual Biovaletas SHTQ Trecho 2 Etapa 1. Fonte: Brasília Sensível à Água, 2018**

As biovaletas são canais abertos, cobertos por vegetação, que atenuam o escoamento das águas. Esse tipo de drenagem aumenta o contato direto da água com o solo utilizando a vegetação para filtrar (ANDRADE, 2014). As biovaletas reduzem o escoamento superficial, favorecendo a mitigação dos impactos ambientais e dos problemas causados pelas alterações causadas pela expansão urbana.

### 3.3 Aumento da Vazão Máxima pela Urbanização no Trecho 2 Etapa 1 SHTQ

Uma das formas de quantificar a parcela de chuva que escoam superficialmente é a multiplicação da precipitação por um coeficiente, o chamado coeficiente de “run off” ou coeficiente de escoamento superficial (C) pelo método racional (ADASA, 2018). Através deste coeficiente determina-se a vazão máxima de projeto (Q), de forma a medir como a urbanização interfere no ciclo hidrológico da bacia. A determinação da vazão máxima (Q) pelo método racional faz uso de uma simplificação que relaciona a vazão escoada com a intensidade da chuva precipitada sobre a área de drenagem (I), descontadas todas as perdas associadas com os demais processos do ciclo hidrológico, como a interceptação vegetal e a infiltração. A Resolução ADASA 9/2011 admite o uso do Método Racional para bacias de até 200 ha, com o uso da equação:

$$Q = \frac{C * I * A}{360} \quad (1)$$

Sendo:

$Q$  – Vazão Máxima de Escoamento;  $C$  – Coeficiente de Escoamento ;  $A$  – Área do empreendimento.  $I$  – Intensidade da chuva dada pela Curva IDF de Brasília (ADASA, 2018):

$$I = \frac{1.574,70 * T^{0,207}}{(tc + 11)^{0,884}} \quad (2)$$

Sendo:  $I$ =Intensidade em mm/h;  $T$  = Tempo de Retorno em anos,  $tc$  = Tempo de Concentração em minutos, dado pela Fórmula (MIGUEZ, 2015):

$$tc = 57 * \left(\frac{L^3}{\Delta h}\right)^{0,385} \quad (3)$$

Sendo:  $tc$  = tempo de concentração em minutos;  $L$ =Comprimento da bacia em km;  $\Delta h$ = Diferença de altitude ao longo da bacia em m.

A tabela 4 aponta dados de Entrada para uso das equações 1 a 3 no cálculo simplificado para o Trecho 2 Etapa 1 SHTQ:

**Tabela 4 - Dados de Entrada Método Racional Trecho 2 Etapa 1 SHTQ. Fonte: Os Autores**

<u>Variável</u>		<u>Valores adotados</u>
<b>C</b>	Coeficiente de Escoamento	Cenário 1: 0,15; Cenário 2: 0,4 (NOVACAP, 2012)
<b>A</b>	Área do Empreendimento (ha)	166 ( Google Earth, 2018)
<b>T</b>	Tempo de Retorno (anos)	10 (ADASA, 2018)
<b>L</b>	Comprimento da Bacia (km)	3.422 (Google Earth, 2018)
$\Delta h$	Diferença de altitude ao longo da bacia (m)	188 (Google Earth, 2018)

#### 4. Resultados e Discussões

Para a vazão de cenários pré-desenvolvimento, cenário 1, a ADASA (2018) adotou um coeficiente de escoamento superficial de 0,15, com uma vazão máxima tolerável de 24,4 l/s/ha.

Coeficientes de Escoamento Superficial recomendados no TR da NOVACAP (NOVACAP, 2012)

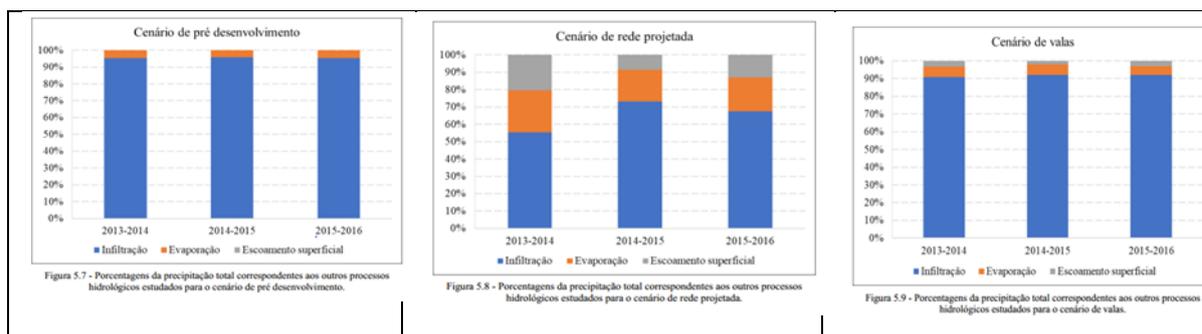
Uso do Solo	C
Áreas calçadas ou impermeabilizadas	0,90
Áreas intensamente urbanizadas e sem áreas verdes	0,70
Áreas residenciais com áreas ajardinadas	0,40
Áreas integralmente gramadas	0,15

**Figura 4 - Valores para Coeficientes de Escoamento. Fonte: NOVACAP, 2012.**

Em conformidade com a Figura 4, o coeficiente de escoamento adotado para o cenário 1 foi 0,15 (NOVACAP, 2012). Sendo 0,4 para a proposta de projeto como apresentada pela Administração Pública, cenário 2. Aplicando-se os dados da Tabela 4 às equações (1), (2) e (3), resulta um aumento da vazão máxima, pelo Método Racional, de 167%.

Carvalho (2018) por sua vez, faz uma análise na qual simula os três cenários, mas com modelagem SWMM em interface PCSWMM com o método SCS, que calcula a geração do escoamento superficial por meio de um coeficiente CN – “*curve number*”, para análise da infiltração e do escoamento superficial. Foi utilizada a modelagem hidrodinâmica que calcula a vazão em cada poço de visita somando as entradas dos volumes de água em cada poço ao longo da rede. Com a chuva de projeto para tempo de Retorno de 10 anos e simulação de base contínua, o aumento da vazão máxima do cenário 1 para o cenário 2 foi de 98% (CARVALHO, 2018). Percebe-se então, que a geração do escoamento superficial foi quase o dobro, considerando o projeto a ser implantado. Já na simulação do cenário 3 foi encontrado valor referente a uma diminuição na vazão máxima de lançamento com relação ao cenário 2 de até 97% (CARVALHO, 2018). Ou seja, a urbanização com biovaletas pode acontecer com alteração mínima nas parcelas do ciclo hidrológico.

A análise destes resultados significa, pela abordagem Socioecológica, que a ação do homem ao ocupar o espaço, nos moldes do projeto da Administração Pública, vai implicar em maiores volumes de águas escorrendo, com maior vazão e maiores velocidades. Porém, em um aparente paradoxo, tais águas, ao chegarem ao Lago Paranoá em vez de aumentar, diminuem a disponibilidade hídrica, uma vez que o aumento da vazão contribui para a formação de erosões e assoreamentos, com todas as consequências para um contexto que já é de crise hídrica. A figura 5 demonstra as parcelas do ciclo hidrológico para cada um dos três cenários, simulados no SWMM por Carvalho (2018). No cenário 1, pré-desenvolvimento, privilegia-se a infiltração, havendo pouca geração de escoamento superficial. No cenário 2 devido à alteração do uso e ocupação do solo, o escoamento superficial e a evaporação tornam-se parcelas consideráveis, reduzindo a infiltração no local, comprometendo as nascentes na região. O cenário 3, ocupação urbana mais infraestrutura Socioecológica com uso de biovaletas, indica uma urbanização menos impactante com alterações mínimas no ciclo hidrológico.



**Figura 5 - Gráficos representativos da simulação SWMM Trecho 2 Etapa 1 SHTQ. Fonte: CARVALHO, 2018.**

Na análise no balanço hídrico, percebe-se que a rede proposta altera bastante o ciclo, mesmo com a implantação das bacias de retenção, uma vez que estas estruturas não favorecem a infiltração. Com a implantação das proposições da infraestrutura Socioecológica, como as biovaletas, haverá maior aproximação com o cenário de pré-

desenvolvimento, que é aquele no qual a região do Trecho 2 da Etapa 1 SHTQ se encontra hoje.

## 5. Considerações Finais

As técnicas de drenagem urbana convencional não abordam o problema do ponto de vista do ciclo hidrológico, resolvendo apenas o problema imediato de escoamento das águas superficiais. A verificação do aumento do escoamento superficial e da vazão máxima alerta para um cenário em que se transfere o excesso de precipitação para jusante através das galerias, podendo prejudicar a recarga do Lago Paranoá, em uma inadequação à realidade de escassez hídrica pela qual passa Brasília no momento da escrita.

Tal cenário motiva a busca por padrões de ocupação do território que sejam sensíveis à água, ao tempo em que se busquem métodos mais eficientes na elaboração de projetos de drenagem urbana, que mitiguem os impactos ambientais ocasionados pelo processo de urbanização: a drenagem projetada com bases nos padrões da Infraestrutura Socioecológica.

Um dos grandes desafios para os planejadores do espaço urbano está em conciliar, de forma sistêmica, o uso dos recursos da terra de forma a garantir um futuro sem escassez de água potável no planeta. A aplicação do estudo dos padrões dos ecossistemas urbanos de ANDRADE (2014) no estudo do caso do SHTQ torna-se importante por verificar, na prática, como lidar com um tipo de desenho que favorece a disponibilidade hídrica.

Por se tratar de área com grandes declives em direção ao Lago Paranoá, é preciso pensar a drenagem pela diminuição da velocidade e vazão das águas ao longo do traçado das vias, com o uso, por exemplo, das biovaletas, bem como na revisão do desenho do empreendimento na visão do todo. Tudo isso para que as águas pluviais não cheguem ao Lago Paranoá com maior vazão, garantindo níveis de qualidade das águas e mitigação dos prejuízos advindos da urbanização da área, caso essa urbanização, naquele local, ainda que sensível ambientalmente, seja inevitável.

## Referências

ADASA, Agência Reguladora de águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal. Brasília: UNESCO. 2018. 319p.

ANDRADE, L. (2014). Conexões dos Padrões Espaciais dos Ecossistemas Urbanos: A Construção de um Método com Enfoque Transdisciplinar para o Processo de Desenho Urbano Sensível à Água no Nível da Comunidade e da Paisagem. 2014. 544 f., il. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo)—Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

ANDRADE, Liza Maria Souza; LACERDA, Guilherme. Nery; OLIVEIRA, Adriane Balieiro; OLIVEIRA, Alessandra Adriane Barbosa; DANTAS, André Luiz Faria.; CAMARGO, Pedro Rodolpho Ramos Camargo (2016). Brasília Sensível à Água. Anais. Artigo. IV ENANPARQ. Porto Alegre. 20 p.

ANDRADE, L. M. S.; CONSERVA, C. S.; LEMOS, N. S.; PRATES S. C.; NOBREGA, G. D. P. Gestão Compartilhada para Cidades Sensíveis à Água: O Agenciamento de Atores para o Fortalecimento do Lago Paranoá e o Enfrentamento da Crise Hídrica em Brasília. Artigo. PLURIS. Porto Alegre, 2018. 12 p.

ANDRADE, LIZA M. S. ; LEMOS, NATÁLIA S. ; CONSERVA, CÁTIA S. ; SOUTO, B. M.; OLIVEIRA, E. M.; Urbanismo Neoliberal e a Escassez de Água: A Importância do

Desenho Urbano Sensível à Água inclusivo na Serrinha do Paranoá na Bacia do Paranoá. Seminário Internacional Urbanismo Biopolítico. Artigo. Belo Horizonte, 2018. 18 p.

BUSCHBACHER, R. A Teoria da Resiliência e os Sistemas Socioecológicos: como se preparar para um futuro imprevisível? Boletim Regional, Urbano e Ambiental, v. 9, p. 11-24, 2014.

CARVALHO, D.J. Manejo de Águas Pluviais Urbanas com Solução de Baixo Impacto em Área Residencial. Estudo de Caso: Setor Habitacional Taquari Etapa 1 Trecho 2. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação. Engenharia Ambiental. Universidade de Brasília, 2018. 89 p.

CODEPLAN, D. Relatório do Plano Piloto de Brasília. Brasília: Arquivo Público do Distrito Federal. 1991.

GDF - Governo do Distrito Federal. Memorial Descritivo MDE 111/99 Lago Norte RA XVIII SHTQ, Setor Habitacional Taquari Trecho 2. TERRACAP - Companhia Imobiliária de Brasília. 1999.

GDF - Governo do Distrito Federal. Projeto Brasília sensível à água para aplicação piloto na expansão urbana da Serrinha do Paranoá sob a ótica dos padrões da infraestrutura ecológica integrados aos padrões de inclusão social a partir de Soluções baseadas na Natureza. Edital 03/2018 - Seleção Pública de Propostas de Pesquisa Científica, Tecnológica e Inovação, Demanda Espontânea. FAP - Fundação de Apoio a Pesquisa do Distrito Federal, 2018.

HERZOG, C. Infraestrutura Verde para Cidades Mais Sustentáveis. ICLEI, 2010.

MIGUEZ, M., VEROL, A., & REZENDE, O.; Drenagem Urbana: do Projeto Tradicional à Sustentabilidade. Rio de Janeiro: Elsevier. 2015.

NOVACAP. Companhia Urbanizadora da Nova Capital. Termo de referência e especificações para elaboração de projetos de sistemas de drenagem pluvial no Distrito Federal. 2012.

PELLEGRINO, P; MOURA, N. B.; Estratégias para uma Infraestrutura Verde. Barueri, SP. 2017.

ROSSMAN, L. A.; SWMM 5.0 Manual do Usuário. Water Supply and Water Resources Division National Risk Management Research Laboratory. Cincinnati, 2010.

SEGETH – Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação. GEOPORTAL, 2018. Disponível em <https://www.geoportal.segeth.df.gov.br/mapa/#>, consultado em 18 de novembro de 2018.

FLETCHER. Tim D.; SHUSTER, W.; HUNT W. F.; ASHLEY R.; BUTLER D.; ARTHUR, S.; TROWSDALE S.; BARRAUD S.; SEMADEMI-DAVIES, BERTRAND-KRAJEWSKI. Jean-Luc, MIKKELSEN P. S.; RIVARD G.; UHL M.; DAGENAIS D.; VIKLANDER M.; SUDS, LID, BMPs, WSUD and More – The Evolution and Application of Terminology Surrounding Urban Drainage. Urban Water Journal. 2015.