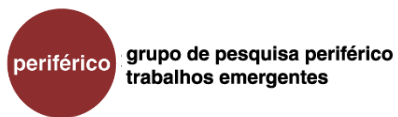




# SERRINHA DO PARANOÁ SENSÍVEL À ÁGUA

LIZA MARIA SOUZA DE ANDRADE  
NATÁLIA DA SILVA LEMOS  
SAMUEL DA CRUZ PRATES  
(ORGS.)



Grupo de Pesquisa  
**ÁGUA & AMBIENTE CONSTRUÍDO**



## UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**Reitora:** Márcia Abrahão Moura  
**Vice-Reitor:** Henrique Huelva  
**Decana de Pesquisa e Inovação:** Maria Emília Machado Telles Walter  
**Decanato de Pós-Graduação:** Lucio Remuzat Rennó Junior

## FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO – UnB

**Diretor da FAU:** Marcos Thadeu Queiroz Magalhães  
**Vice-Diretoria da FAU:** Cláudia da Conceição Garcia  
**Coordenadora de Pós-Graduação:** Caio Frederico e Silva  
**Coordenadora do LaSUS:** Marta Adriana Bustos Romero

**Coordenação de Produção:** Valmor Cerqueira Pazos  
**Diagramação:** Natália da Silva Lemos  
Samuel da Cruz Prates  
Ana Luiza Aureliano Silva

**Capa:** Ana Luiza Aureliano Silva  
**Foto de capa:** Valmor Cerqueira Pazos Filho

**Conselho editorial:** Abner Luis Calixter  
Ana Carolina Cordeiro Correia Lima  
Caio Frederico e Silva  
Ederson Oliveira Teixeira  
Humberto Salazar Amorim Varum  
Marta Adriana Bustos Romero  
Tiago Montenegro Góes  
Daniel Richard Sant'Ana  
Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa

**Editores responsáveis:** Ederson Oliveira Teixeira  
Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa  
Ana Carolina Cordeiro Correia Lima

**Organizadores:** Liza Maria Souza de Andrade  
Natália da Silva Lemos  
Samuel da Cruz Prates

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

---

Serrinha do Paranoá sensível à água/ organização Liza Maria Souza de Andrade, Natália da Silva Lemos, Samuel da Cruz Prates. -- Brasília, DF : LaSUS FAU : Editora Universidade de Brasília, 2022. PDF.

Bibliografia.

ISBN 978-65-84854-02-4

1. Conservação da natureza 2. Meio ambiente 3. Serrinha de Paranoá (DF) – Brasília 4. Sustentabilidade ambiental I. Andrade, Liza Maria Souza de. II. Lemos, Natália da Silva. III. Prates, Samuel da Cruz.

22-114750

CDD-304.2

---

## Índices para catálogo sistemático:

1. Sustentabilidade ambiental : Ecologia 304.2 Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

1ª Edição FAU – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo / AAC – Grupo de Pesquisa Água e Ambiente Construído / Periférico – Grupo de Pesquisa Periférico, trabalhos emergentes. [www.aac.unb.br/](http://www.aac.unb.br/)  
[www.periferico.unb.br](http://www.periferico.unb.br)

# **SERRINHA DO PARANOÁ**

## **SENSÍVEL À ÁGUA**

Organizadores

**Liza Maria Souza de Andrade**  
**Natália da Silva Lemos**  
**Samuel da Cruz Prates**

Brasília  
2022



# **GRUPO DE PESQUISA ÁGUA E AMBIENTE CONSTRUÍDO**

Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de Brasília

## **PROJETO DE PESQUISA BRASÍLIA SENSÍVEL À ÁGUA**

Liza Maria Souza de Andrade  
Coordenadora

## **SERRINHA DO PARANOÁ SENSÍVEL À ÁGUA**

**Liza Maria Souza de Andrade, Natália da Silva Lemos, Samuel da Cruz Prates**

Organizadores

Projeto Pesquisa **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.

Fundação de Apoio a Pesquisa do Distrito Federal - FAPDF  
Apoio Financeiro

# **SERRINHA DO PARANOÁ**

## **SENSÍVEL À ÁGUA**

Equipe  
Universidade de Brasília  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

**Liza Maria Souza de Andrade, Natália da Silva Lemos, Samuel da Cruz Prates  
Bruna Raissa Mangoni Rambo, Cátia dos Santos Conserva,  
Daniela Junqueira Carvalho, Danielle Lima Fonseca,  
Demetrios Christofidis, Diogo Isao Santos Sakai,  
Gabriel Dutra Pontes Nobrega, Jamil Tancredi Israel de Lima,  
Laura Santos Siqueira, Maria Elisa Leite Costa,  
Marcus Vinicius dos Santos Oliveira, Valmor Cerqueira Pazos,  
Valmor Cerqueira Pazos Filho, Sergio Koide, Shinelle Delice Hills.**

Colaboradoras  
**Simone Parrela Tostes  
Ana Luiza Aureliano Silva**

Brasília  
2022

# **SERRINHA DO PARANOÁ**

## **SENSÍVEL À ÁGUA**

**Agradecimentos à comunidade da Serrinha do Paranoá, em especial:**

**Maria Consolación Udry**

**Betulia Souto**

**Darlan Mesquita**

**José Roberto Furquim**

**Lucia Mendes**

**Marcos Woortmann**

**Mônica Peres**

**Solange Sato**

**Ricardo do Monte Rosa**

**Agradecimento especial à**

**Marta Eliana de Oliveira**

Ministério Público do Distrito Federal e Territórios – MPDFT

**Agradecimento especial à**

**Alba Evangelista Ramos**

Comitê de Bacia do Paranaíba – DF

**Ricardo Tezini Minoti**

Comitê de Bacia do Paranaíba – DF

Faculdade de Engenharia Civil e Ambiental – Faculdade de Tecnologia

Universidade de Brasília

# SERRINHA DO PARANOÁ SENSÍVEL À ÁGUA

## Como citar o trabalho

Andrade et al. (2022)

Citação de texto

ANDRADE, L. M. S.; LEMOS, N. S.; PRATES, S. C. (Org.). **Serrinha do Paranoá sensível à água**. 1ed. Brasília, DF: LaSUS FAU: Editora Universidade de Brasília, 2022. 184p.

Citação de Referência Bibliográfica



Foto de Valmor Pazos Filho. Fonte: banco de imagens do Projeto Brasília Sensível à Água Grupo de Pesquisa Água e Ambiente Construído  
Foto Serrinha do Paranoá com vista do Lago Paranoá e Plano Piloto



Foto de Valmor Pazos Filho. Fonte: banco de imagens  
do Projeto Brasília Sensível à Água Grupo de Pesquisa  
Água e Ambiente Construído  
Foto Núcleo Rural Córrego do Jerivá

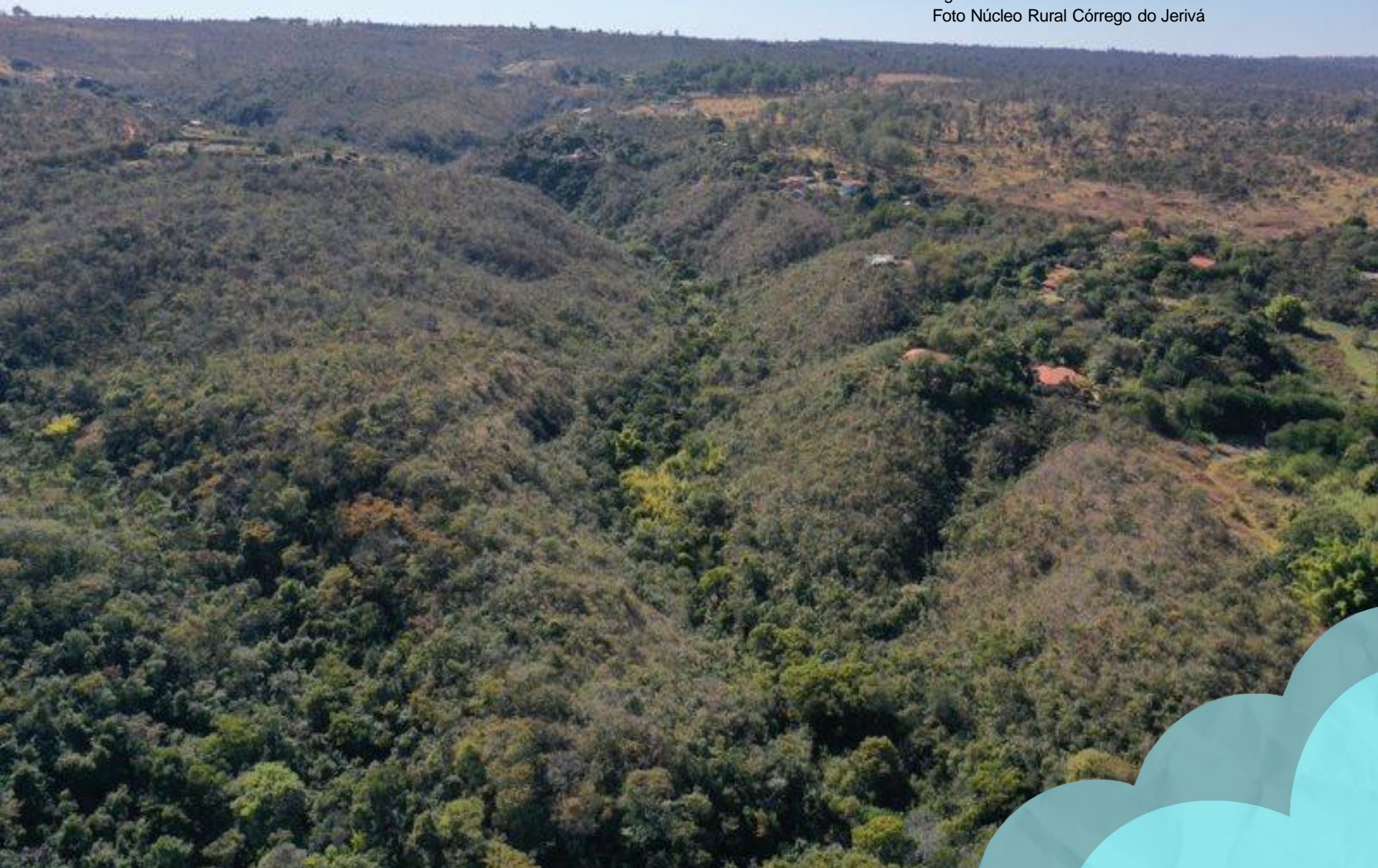


Foto de Valmor Pazos Filho. Fonte: banco de imagens do Projeto Brasília Sensível à Água Grupo de Pesquisa Água e Ambiente Construído  
Foto Núcleo Rural Córrego do Jerivá, com a Torre de TV Digital ao fundo.





Foto de Valmor Pazos Filho. Fonte: banco de imagens do Projeto Brasília Sensível à Água Grupo de Pesquisa Água e Ambiente Construído  
Foto Núcleo Rural Córrego do Jerivá , Chácara Ipanema.

Foto de Valmor Pazos Filho. Fonte: banco de imagens  
do Projeto Brasília Sensível à Água Grupo de Pesquisa  
Água e Ambiente Construído  
Foto Núcleo Rural Córrego do Jerivá





Foto de Valmor Pazos Filho. Fonte: banco de imagens do Grupo de Pesquisa Água e Ambiente Construído  
Foto tirada no Mirante do Taquari , Taquari 1 - Etapa 1  
- Trecho 1

## **A SENSIBILIDADE À ÁGUA NO TERRITÓRIO E NA CIDADE**

### **CAPÍTULO 1: O Território Sensível à Água pela Serrinha do Paranoá**

Território Sensível à Água: a Serrinha do Paranoá no Planejamento de Brasília ..... 24

### **CAPÍTULO 2: Cidades Sensíveis à Água**

O enfrentamento da crise hídrica em Brasília: a gestão compartilhada para o fortalecimento do Lago e de uma Cidade Sensível à Água ..... 38

## **A SERRINHA DO PARANOÁ E A OCUPAÇÃO DA REGIÃO**

### **CAPÍTULO 3: A regularização fundiária e os conflitos no urbano**

Projeto Brasília Sensível à Água – Estudo de caso Serrinha Do Paranoá – Etapa 2 SHTQ ..... 52

### **CAPÍTULO 4: A regularização fundiária e os conflitos no rural**

Design Rural – Proposta para a Serrinha do Paranoá com uma ocupação rural ..... 64

**CAPÍTULO 5: A conservação ambiental e os conflitos – Corredores ecológicos**

Corredores ecológicos: conexões entre biodiversidade, fluxos de água e uso do solo na bacia do Lago Paranoá ..... 75

**CAPÍTULO 6: A gestão compartilhada para cidades sensíveis à água**

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 ..... 88

**A SERRINHA DO PARANOÁ URBANA SENSÍVEL À ÁGUA**

**CAPÍTULO 7: Cenário urbano para a Etapa 1 Trecho 2 e 3**

Urbanismo neoliberal e a escassez de água: a importância do desenho urbano sensível à água inclusivo na Serrinha do Paranoá na Bacia do Paranoá ..... 104



Análise de solução de drenagem urbana de baixo impacto por modelagem hidrológica de base contínua .....115

Urbanismo sustentável – Ecovilas urbanas da Ecobacia do Urubu ..... 129

## **CAPÍTULO 8: Cenários urbanos para a Etapa 2**

A importância da heterogeneidade espacial para o urbanismo ecológico inclusivo e para os fluxos de água na bacia hidrográfica: possíveis cenários para o Setor Habitacional Taquari em Brasília – Distrito Federal – Brasil ..... 138

Urbanismo Ecológico inclusivo ..... 153

## **A SERRINHA DO PARANOÁ RURAL SENSÍVEL À ÁGUA**

### **CAPÍTULO 9: Design rural como uma possibilidade para a regularização**

Design rural e o parcelamento do solo ..... 161

**CAPÍTULO 10: Cenário rural de um viveiro e a conservação ambiental**

Viveiro Caliandra: viveiro demonstrativo e de produção ..... 166

**CAPÍTULO 11: Cenário rural de ecovila e atividades rurais**

Agroecovila na Serrinha do Paranoá – região do Córrego Jerivá ..... 175

Este livro apresenta uma sistematização das pesquisas realizadas pelo Grupo de Pesquisa “Água e Ambiente Construído” sobre a Serrinha do Paranoá (Setor Habitacional Taquari - SHTQ), inseridas no Projeto de Pesquisa “Brasília Sensível à Água”, coordenada pela Professora Doutora Liza Maria Souza de Andrade. Trata-se de um resumo de diversas pesquisas desenvolvidas no âmbito da pós-graduação e da graduação, iniciação científica bem como da extensão universitária. O Grupo de Pesquisa “Água e Ambiente Construído” está vinculado ao Programa de Pós-graduação da Faculdade Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (especialização, mestrado e doutorado).

A Serrinha do Paranoá, um dos estudos de caso do Projeto “Brasília Sensível à Água”, foi escolhida por ser uma área ambientalmente sensível, produtora de água, foco da especulação imobiliária com previsão de expansão urbana no Setor Habitacional Taquari - SHTQ, localizado na Região Administrativa do Lago Norte, em Brasília no Distrito Federal, a 10km do Plano Piloto. A região está inserida dentro da “Asa Nova Norte” prevista por Lucio Costa, na encosta da Chapada de Contagem, na Bacia do Lago Paranoá (Área de Proteção Ambiental do Paranoá), englobando sub-bacias do Lago Paranoá e do Ribeirão do Torto.

A característica predominante da região é a sua sensibilidade hídrica por abrigar vários curso d’água e nascentes que abastecem o Lago Paranoá por meio de recarga natural pelo solo, atualmente um manancial de abastecimento populacional e sofre um significativo processo de assoreamento.

É uma região que abriga uma “comunidade sensível à água”, composta por associações comunitárias, movimentos sociais (“Salve o Urubu”, “Preserva a Serrinha), entidades ambientalistas e ONGs como a Oca do Sol, o Instituto Sálvia”. A comunidade defende a preservação da paisagem, do patrimônio ambiental e cultural com a aplicação de padrões urbanos mais sustentáveis na região, considerando a regularização dos núcleos rurais existentes contra a proposta de parcelamentos urbanos inadequados.

Os estudos desenvolvidos pela Universidade de Brasília tiveram início a partir de 2008, com base no conceito de cidades sensíveis à água e de ecossistemas urbanos e rurais, visando verificar a aplicação de padrões de uso e ocupação do solo, relacionados à princípios de sustentabilidade na área do Trecho 3 – Etapa 1 do SHTQ, onde está localizado o Córrego do Urubu e uma outra área da

Gleba A – Etapa 2 do SHTQ situado na porção central da Serrinha, com a tese de doutorado “Conexão do Padrões Espaciais dos Ecossistemas Urbanos: a construção de um método com enfoque transdisciplinar para o processo de desenho urbano sensível à água englobando o subsistema da comunidade e o suprasistema da paisagem” desenvolvido pela professora Liza Andrade. Assim, foi formalizada uma parceria entre universidade e a comunidade que estruturou a diversidade de estudos acadêmicos sobre a região da Serrinha do Paranoá aqui apresentados e no site <http://brasiliasensivelaagua.unb.br/>

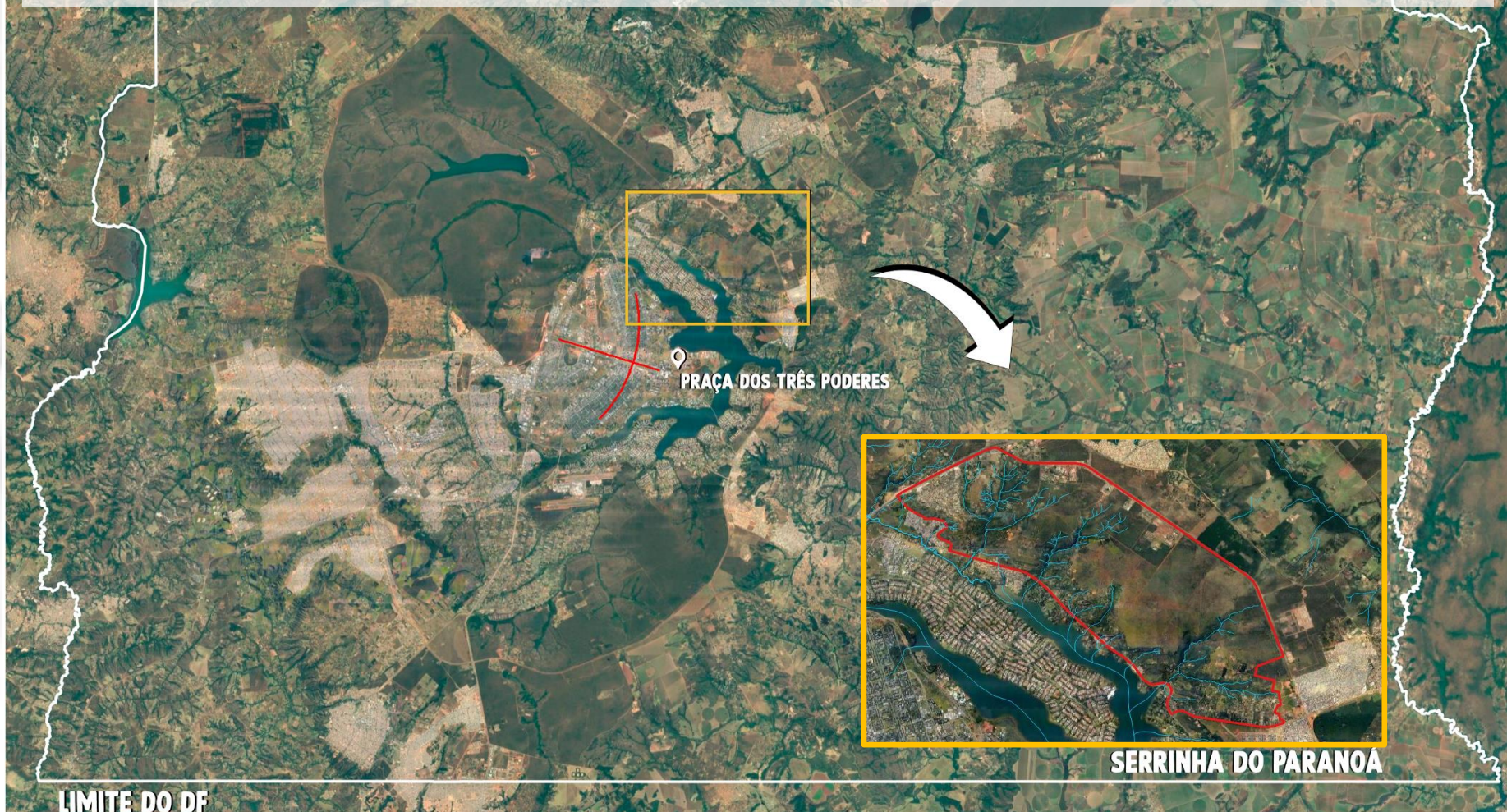
A apresentação dos estudos científicos e trabalhos de extensão sobre a Serrinha do Paranoá está estruturada em quatro partes. A primeira parte traz uma introdução dos fundamentos sobre territórios sensíveis à água. A segunda parte trata da Serrinha do Paranoá, a ocupação habitacional e a expansão urbana sobre a região, os conflitos da regularização fundiária urbana pelas questões ponderadas na Audiência Pública realizada em agosto de 2019, o conflito da regularização fundiária rural pelas questões ponderadas na Audiência Pública,

realizada em novembro de 2019, e o conflito ambiental observados em estudo sobre corredores ecológicos, e por fim o estudo sobre a gestão compartilhada direcionada para cidades sensíveis à água que traz contribuições aos conflitos decorrentes do impacto sobre a sensibilidade hídrica na região.

A terceira e quarta parte apresentam estudos acadêmicos que analisam os cenários projetuais propostos pela TERRACAP e estudos propositivos de outros cenários adequados para a Serrinha do Paranoá, esses últimos cenários projetuais foram desenvolvidos por estudantes em conclusão do curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo, os quais estiveram integrados no Grupo de Pesquisa “Água e Ambiente Construído”. A terceira parte demonstra as análises dos projetos da Terracap e os cenários projetuais para as Etapa 1 – Trechos 2 e 3, e para a Etapa 2. A quarta parte expõe uma abordagem sobre o urbanismo agrário e o design rural para projetos de assentamentos humanos e os cenários projetuais de caráter rural desenvolvidos pelos estudantes.

# A SERRINHA NO DF

As pesquisas sistematizadas nos artigos deste livro, em razão dos documentos apresentados pelo Governo do Distrito Federal para o planejamento territorial e uso e ocupação do solo, consideram a Serrinha do Paranoá como a área delimitada pelo Setor Habitacional Taquari - SHTQ (linha vermelha da imagem no canto inferior direito), pertencente à Região Administrativa Lago Norte (RA-Lago Norte). Dentre as suas características o setor expõe os aspectos urbanos e rurais existentes na área: no urbano os estudos incluem as Etapas 1 e 2; no rural, incluem os 7 Núcleos Rurais existentes (Bananal, Torto, Olhos d'água, Urubu, Jerivá, Palha e Capoeira do Balsamo), dentro dos limites da RA-Lago Norte.



LIMITE DO DF

SERRINHA DO PARANOÁ

Foto de Valmor Pazos Filho. Fonte: banco de imagens  
do Grupo de Pesquisa Água e Ambiente Construído  
Foto tirada sobre o Núcleo Rural Jerivá



**A SERRINHA DO PARANOÁ URBANA SENSÍVEL À ÁGUA**

Foto de Valmor Pazos Filho. Fonte: banco de imagens do Grupo de Pesquisa Água e Ambiente Construído  
Foto tirada no Mirante do Taquari , Taquari 1 - Etapa 1 - Trecho 1



## **CAPÍTULO 7. CENÁRIO URBANO PARA A ETAPA 1 TRECHO 2 E 3**

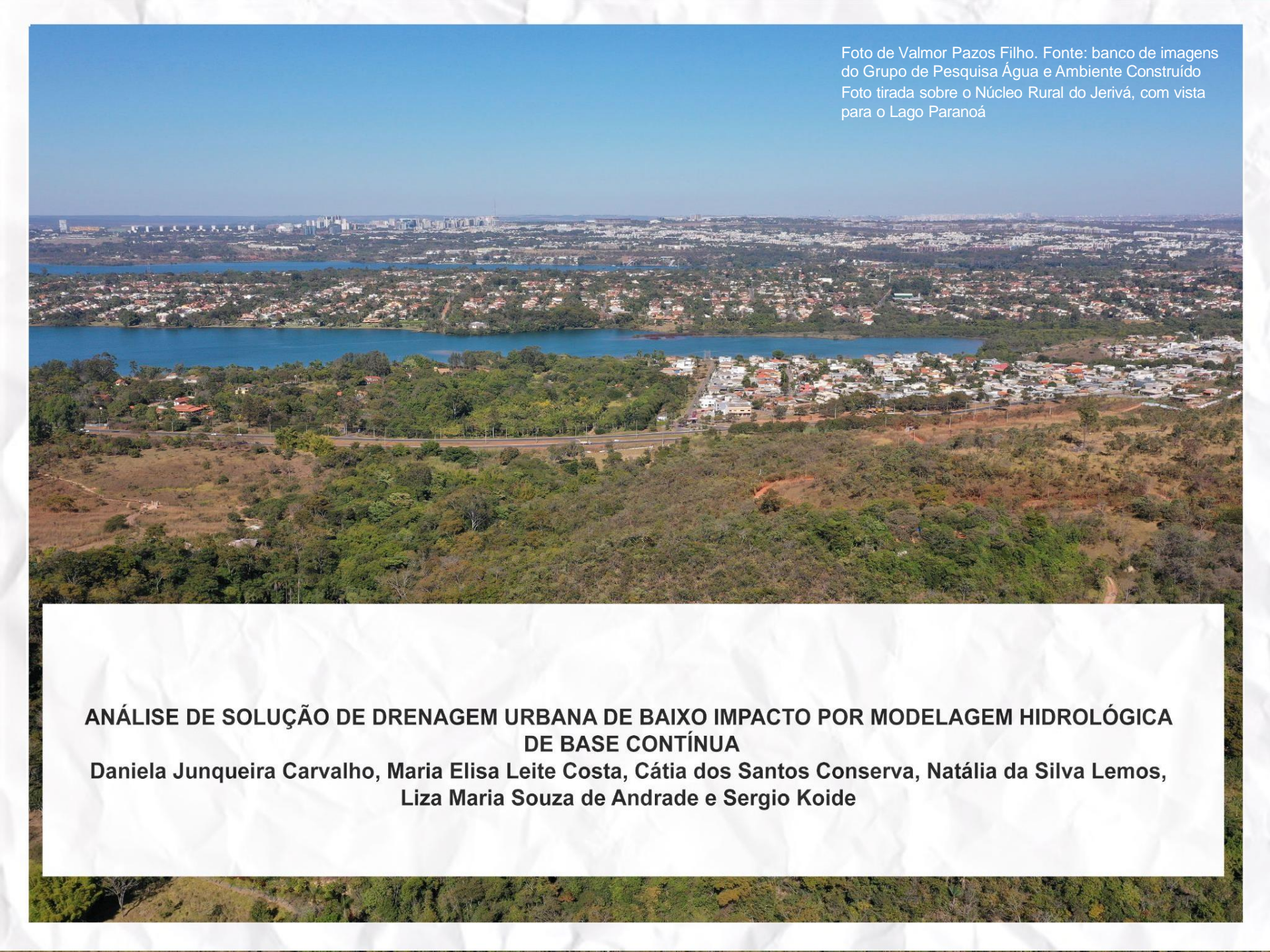
An aerial photograph showing a large, blue lake in the foreground, surrounded by green vegetation. In the middle ground, there is a residential area with many houses and buildings. In the background, a city skyline is visible under a clear blue sky.

Foto de Valmor Pazos Filho. Fonte: banco de imagens do Grupo de Pesquisa Água e Ambiente Construído  
Foto tirada sobre o Núcleo Rural do Jerivá, com vista para o Lago Paranoá

**ANÁLISE DE SOLUÇÃO DE DRENAGEM URBANA DE BAIXO IMPACTO POR MODELAGEM HIDROLÓGICA DE BASE CONTÍNUA**

**Daniela Junqueira Carvalho, Maria Elisa Leite Costa, Cátia dos Santos Conserva, Natália da Silva Lemos, Liza Maria Souza de Andrade e Sergio Koide**



## **ANÁLISE DE SOLUÇÃO DE DRENAGEM URBANA DE BAIXO IMPACTO POR MODELAGEM HIDROLÓGICA DE BASE CONTÍNUA**

Daniela Junqueira Carvalho, Maria Elisa Leite Costa, Cátia dos Santos Conserva, Natália da Silva Lemos, Liza Maria Souza de Andrade e Sergio Koide

Nota: Esse texto consiste em um resumo expandido do Artigo Completo publicado CARVALHO, D. J.; COSTA, M. E. L.; CONSERVA, C. S.; LEMOS, N. S.; ANDRADE, M. S.; KOIDE, S. Análise de solução de drenagem urbana de baixo impacto por modelagem hidrológica de base contínua. In XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Foz do Iguaçu, 2019. Anais...

## **RESUMO**

A urbanização gera diversos impactos no ciclo hidrológico e no ambiente, sendo que os desafios para o manejo de águas pluviais são cada vez maiores. Soluções de desenvolvimento de baixo impacto em drenagem urbana são capazes de mitigar tais impactos por meio da promoção da infiltração e redução dos volumes de escoamento superficial. Neste trabalho, foram simulados cenários de manejo de águas pluviais sem e com ocupação de área urbana residencial, com o auxílio do modelo *Storm Water Management Model* (SWMM), para eventos de precipitação reais ocorridos entre 2013 e 2016, analisando as soluções convencional e de baixo impacto. O cenário a ser implementado na região, com rede de drenagem, gerou vazões de lançamento até 32% maiores do que a vazão permitida pela regulação na simulação durante três anos hidrológicos, mesmo com a presença de bacias de retenção. Nesse cenário, a vazão de pico foi até 97% superior quando comparado ao cenário com a implantação das valas, que se aproximou bastante do pré-desenvolvimento na manutenção dos volumes infiltrados, conservando proporções em relação à infiltração natural superiores a 90% na simulação. Portanto, a adoção de solução de baixo impacto para a região

oferece menor alteração no ciclo hidrológico e conservação das águas subterrâneas.

**Palavras-chave:** LID, infiltração, SWMM.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho propõe discutir os desafios do manejo de águas pluviais como consequência dos impactos gerados pela urbanização no ciclo hidrológico e no ambiente, tendo como referência as soluções de desenvolvimento de baixo impacto em drenagem urbana como estratégias capazes de mitigar esses impactos por meio da promoção da infiltração e redução dos volumes de escoamento superficial.

No Distrito Federal -DF a disponibilidade hídrica é naturalmente restrita uma vez que se encontra em região de cabeceira de bacias e se agrava com o avanço sobre as áreas ambientalmente sensíveis. Esse é o caso do entorno do Lago Paranoá na região da “Serrinha do Paranoá” onde uma ocupação de grande malha urbana iniciada como expansão prevista no Setor Habitacional Taquari - SHBT pela Companhia Imobiliária de Brasília – TERRACAP sobre área de recarga de aquífero e do

Lago, um dos mananciais de abastecimento da capital.

Entre os principais tipos de dispositivos que compõem as soluções de baixos impacto estruturais é o LID - Low Impact Development que apresenta soluções de baixo impacto de infiltração, como trincheiras, poços e valas, que visam à interceptação do escoamento superficial e seu retardamento ou armazenamento para infiltração no solo, promovendo a recarga de águas subterrâneas e adicionalmente diminuindo o volume escoado e as vazões de pico (Lawrence *et al.*, 2010). O dimensionamento e a análise desses dispositivos devem ser feitos cuidadosamente para sua adequada aplicação.

No DF, a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – ADASA/DF é responsável pela regulação, outorga e fiscalização da drenagem urbana. Entre suas resoluções foi estabelecido vazão máxima de lançamento, limitada a 24,4 L/s.ha e a exigência de implantação de bacias de retenção e detenção a fim de controlar quali-quantitativamente o lançamento dessas águas com a possibilidade de adoção de soluções alternativas quando não for possível o uso das bacias (Resolução nº 9 de 2011).

Sendo esta uma oportunidade para implementação de medidas não convencionais, este trabalho utilizou a modelagem hidrológica para avaliar a possibilidade da adoção de dispositivos de drenagem sustentável e seus benefícios. Alguns estudos no DF já avaliaram a implantação de trincheiras, telhados verdes e bacias de retenção e retenção em áreas já ocupadas com base na chuva de projeto (Silva *et al.*, 2017; Fileni *et al.*, 2017; Gonçalves *et al.*, 2018; Camuzi *et al.*, 2019). A simulação dessas soluções a longo prazo, no entanto, é importante e recomendada, pois consegue melhor representar os processos hidrológicos para precipitações reais com características diferentes (James *et al.*, 2010).

O *Storm Water Management Model* (SWMM) é um modelo de simulação chuva-vazão passível de ser utilizado para simular o escoamento superficial em bacias urbanas em termos quanti e qualitativos. O modelo permite a simulação por eventos individuais ou por séries contínuas de precipitações e é capaz de modelar de forma explícita técnicas utilizadas em soluções de baixo impacto (Rossman e Huber, 2016).

Neste trabalho, o objetivo é demonstrar a viabilidade ambiental de dispositivos de drenagem sustentável

e seus benefícios como alternativa ao modelo de drenagem urbana tradicional de modo demonstrar a eficiência para alcançar a sustentabilidade hídrica efetiva.

Sendo assim, realizou-se a análise do comportamento de soluções de baixo impacto propostas para uma área residencial ainda não implementada por meio da quantificação dos volumes de escoamento gerados e de infiltração promovida. A simulação hidrológica foi feita com registros contínuos de três anos de chuva para obter resultados referentes a eficiência dessas técnicas ao longo de estações chuvosas completas.

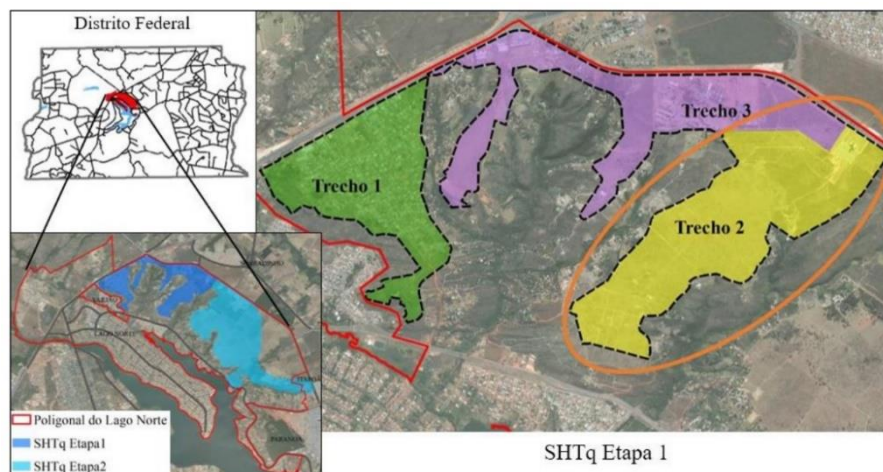


Figura 01. Localização do Trecho 2 da Etapa 1 do Setor Habitacional Taquari (SHTQ).  
Fonte: Carvalho; Costa, Conserva; Lemos; Andrade; Koide (2019).

## METODOLOGIA

Para realizar a modelagem foi estabelecida uma proposta de desenho urbano de baixo impacto para solucionar as implicações de drenagem pluvial existentes na região Serrinha do Paranoá. Para tanto foi determinado o Trecho 2 da Etapa 1 do Setor Habitacional Taquari - SHTQ no Distrito Federal (Figura 1). Trata-se de uma área residencial ainda não implementada devido a questões ambientais: a região é bastante sensível ambientalmente e possui importância especial na recarga de aquífero.

O trecho estudado tem uma área de 223,51 ha e encontra-se numa região de topografia convexa, com o divisor de águas percorrendo a parte central do terreno com declividade para ambos os lados, no entanto a declividade é predominantemente suave ondulado (entre 3 e 8%). Os tipos de solo presentes na área são o latossolo vermelho e latossolo vermelho-amarelo, ambos pertencentes ao grupo hidrológico A de acordo com a classificação do SCS (Sartori *et al.*, 2005). Em sua condição atual, o trecho tem cobertura de vegetação nativa.

O projeto de urbanismo do Trecho 2 previsto pela TERRACAP possui a implantação de 1.415 lotes,

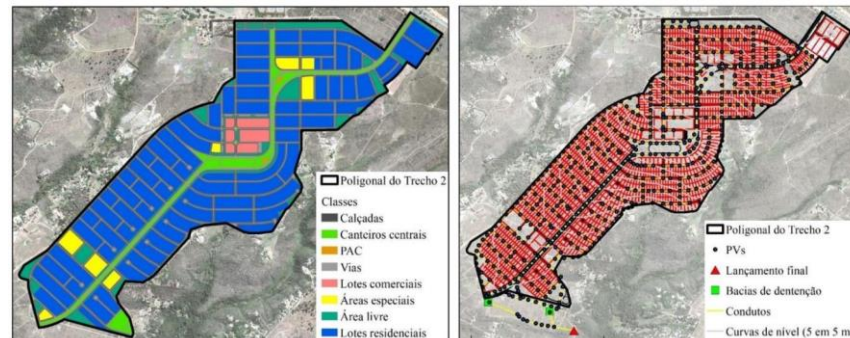


Figura 02 e 03: Uso e ocupação futuros projetados para a SHTQ Setor 02 Etapa 01 e Representação da rede de drenagem projetada SHTQ Setor 02 Etapa 0. Fonte: Carvalho; Costa, Conserva; Lemos; Andrade; Koide (2019).

dos quais 1.392 residenciais. O projeto do sistema de drenagem urbana para a área inclui uma rede de drenagem que engloba 524 PVs, 491 áreas de contribuição delimitadas e 525 condutos com seções variando de circulares a retangulares e diâmetros de 600 a 3.000 mm. A rede capta a água das duas vertentes de drenagem e lança em duas bacias de detenção alocadas à jusante. As Figuras 2 e 3 ilustram o uso e ocupação futuros para a área e o desenho da rede de drenagem projetada.

Como alternativa ao projeto tradicional de drenagem urbana da área, que não configura um desenho sensível à água, propôs-se a alocação de valas de infiltração seguindo a topografia do terreno para estancar o escoamento, elaborada pelo grupo de pesquisa Água e Ambiente Construído da Faculdade

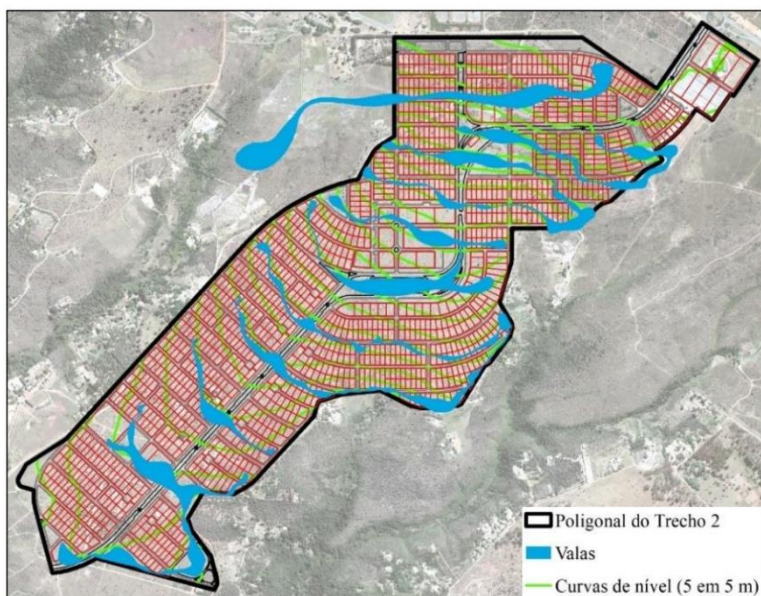


Figura 04: Alocação das valas de infiltração em cima do projeto de urbanismo SHTQ Setor 02 Etapa 0. Fonte: Carvalho; Costa, Conserva; Lemos; Andrade; Koide (2019).

de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília com base no projeto de urbanismo para a área. As valas foram idealizadas para transportar a água lentamente e aumentar o tempo para infiltração das águas pluviais, sendo inseridos dois coletores do projeto convencional de cada lado da área para coletar o escoamento excedente. A Figura 4 ilustra a proposta de solução de baixo impacto para o trecho 2 da Etapa 1 do SHTQ.

Ao total, as 12 valas alocadas na proposta e

ocupam 28,3 hectares, o que equivale a cerca de 12% da área da poligonal do trecho. As valas coletam a água de escoamento da área de contribuição imediatamente à montante de cada uma e maioria delas tem caimento para as duas vertentes do terreno. A profundidade máxima adotada para todas foi de 1 metro.

O método de cálculo da infiltração no modelo foi o método da Curva Número (método SCS) e a onda dinâmica foi utilizada para representar hidraulicamente o escoamento. Para obter as entradas do modelo para o cenário de pré-desenvolvimento, gerou-se o modelo digital do terreno, que foi utilizado para delimitar as sub-bacias naturais da área. Os demais cenários já possuíam as sub-bacias definidas, então requereram somente

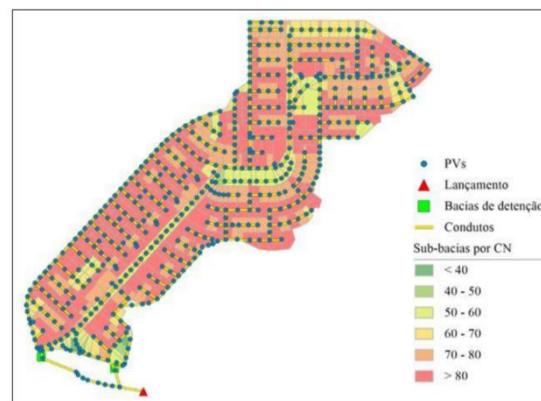


Tabela 1 - Valores de CN (Tucci, 2007, adaptado).

Classe	CN
Campos permanentes	45
Espaços abertos	39
Áreas residenciais	77
Áreas comerciais	89
Ruas e calçadas	98

Figura 05: Representação das sub-bacias em relação ao CN. Fonte: Carvalho; Costa, Conserva; Lemos; Andrade; Koide (2019).

a inserção de todos os dados do projeto da rede de drenagem e da proposta de solução alternativa, assim como a definição do CN de cada sub-bacia, que foi feita com a ponderação das classes do uso e ocupação do solo. A Figura 5 ilustra as sub-bacias e seus respectivos coeficientes CN e a Tabela 1 indica os valores de CN para as classes utilizadas no cálculo, devendo-se mencionar que o CN adotado para o terreno natural foi o correspondente à cobertura de campos permanentes esparsos e para a condição de ocupação as demais classes foram utilizadas.

No cenário com solução de baixo impacto, foi utilizado o dispositivo LID correspondente à vala vegetada dentro do modelo. Cada vala da proposta foi considerada como um dispositivo e uma sub-bacia independente. Em relação aos parâmetros construtivos das valas, adotou-se: 1 metro para altura máxima; volume de vegetação nulo; 0,15 como coeficiente de rugosidade da superfície, indicando revestimento de grama; talude de 1:3 (relação vertical: horizontal); e inclinação de fundo muito baixa, de 0,001%, uma vez que elas seguem as curvas de nível.

A modelagem de base contínua requer ainda registros reais de precipitação durante um longo

período. Dessa forma, buscaram-se séries de precipitação que não tivessem falhas em diferentes estações de monitoramento pluviométrico. A série escolhida foi a obtida pelo pluviógrafo instalado na Universidade de Brasília, que possuía o registro de precipitações de 2013 a 2016 ininterruptamente com medições num intervalo de 5 minutos. Assim, 3 anos hidrológicos foram utilizados para a simulação de base contínua, de 2013 a 2016, considerando que os anos hidrológicos se iniciam em outubro e terminam em setembro no DF.

Com base em dados históricos de precipitação anual no DF, os anos hidrológicos estudados foram caracterizados quanto à sua recorrência. Tendo em vista que a média de precipitação anual encontrada foi de 1.504 mm, o ano hidrológico de out/2013-set/2014 foi considerado o mais chuvoso, com 1.581 mm de lâmina de precipitação total, e obteve tempo de retorno de 2,7 anos. O ano de out/2014-set/2015 teve precipitação total de 1.271 mm e o de out/2015-set/2016 foi o de menor precipitação anual, com 926 mm. Portanto, os dois últimos anos hidrológicos obtiveram tempo de retorno menor do que 2 anos.

Na modelagem de base contínua a evaporação se torna um processo importante de ser considerado no balanço de água, pois o período simulado é longo e

possui diversos eventos com intervalos entre eles. Dentre as formas de considerar a evaporação no modelo SWMM, optou-se pelo cálculo a partir das temperaturas mínima e máxima diárias. A série temporal de temperaturas foi obtida da estação climatológica automática da Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E DISCUSSÕES

A modelagem hidrológica da área de estudo foi feita com o modelo *Storm Water Management Model* (SWMM), dentro do ambiente do programa PCSWMM. Foram realizadas simulações com série de precipitações contínua para três cenários: de pré-desenvolvimento (que corresponde ao atual), de ocupação com rede convencional projetada e, por fim, de ocupação com solução de baixo impacto. Os últimos dois cenários consideraram a condição futura do trecho totalmente ocupado.

A simulação para o cenário de pré-desenvolvimento mostrou que, para as precipitações da série utilizada, não houve geração de escoamento. Isso se deve à abstração inicial da água retida nas depressões da superfície, que depende da retenção potencial do solo e foi calculada para cada sub-bacia. No caso da

condição de pré-desenvolvimento, como o terreno está em sua condição natural, a retenção de água na superfície é grande e, pelos parâmetros adotados, pode se dizer que a superfície é capaz de reter toda a lâmina precipitada. No entanto, dessa lâmina total, na média dos três anos, 95,6% foram infiltrada enquanto os 4,4% restantes corresponderam à evaporação.

Já para o cenário da rede projetada, encontrou-se que, em média, 65,3% da lâmina de precipitação total anual correspondeu à infiltração e 20,6% à evaporação. Os 14,1% restantes foram responsáveis pelo volume lançado na saída do sistema, havendo, portanto, escoamento superficial.

Nesse cenário, o ano de out/2013-set/2014 foi o de menor infiltração em percentual da lâmina precipitada, com 55,5%, enquanto o ano de out/2014-set/2015 obteve maior infiltração, de 73,2% da lâmina de precipitação total anual. Comparando o cenário de rede projetada e de pré-desenvolvimento quanto à infiltração, observa-se que o ano de out/2014-set/2015 foi o que mais se aproximou da infiltração natural em termos percentuais, repondo 76,3% da infiltração em relação à condição antes da ocupação (930 mm de infiltração no cenário de rede projetada contra 1.219 mm no cenário de pré-

desenvolvimento). A reposição de infiltração em comparação à natural para o ano de out/2013-set/2014 foi de 58,1%, com 877 mm no cenário de rede projetada e 1.508 mm no cenário de pré-desenvolvimento, enquanto no ano de out/2015-set/2016 a reposição foi de 70,6%, sendo 623 mm infiltrados no cenário de rede projetada e 884 mm no cenário de pré-desenvolvimento.

Em relação ao escoamento superficial gerado, observou-se que mais de 98% dele chegou ao exutório da área nos três anos de precipitação simulados, sendo muito pequena a parcela perdida pelos processos de infiltração e evaporação durante a ocorrência do escoamento. O maior valor de vazão de lançamento encontrado na saída das bacias de detenção foi de 7,2 m<sup>3</sup>/s em um evento do ano de out/2013-set/2014, valor que excede em 32% a vazão de pré-desenvolvimento para a área de 5,45 m<sup>3</sup>/s calculada pela regulação e definida como limite de lançamento. Outros dois eventos nesse ano excederam a vazão de lançamento regulada, enquanto os anos de out/2014-set/2015 e out/2015-set/2016 só apresentaram um evento que se aproximou ou pouco ultrapassou a vazão de pré-desenvolvimento cada (vazões próximas de 5,5 m<sup>3</sup>/s).

No último cenário simulado, com solução de baixo impacto (valas), na média entre os três anos, 91,7% da lâmina de precipitação total anual infiltrou, 5,6% evaporaram e 2,7% foi lançada para fora do sistema na forma de escoamento. O ano mais chuvoso, out/2013-set/2014, gerou novamente a menor infiltração em percentual da lâmina precipitada, chegando a infiltrar 90,9%, enquanto nos anos de out/2014-set/2015 e out/2015-set/2016 pouco mais de 92% da lâmina de precipitação total anual foi infiltrada. Em relação ao cenário de pré-desenvolvimento, de acordo com os resultados da simulação, mais de 95% da infiltração natural foi atingida nos três anos com a adoção da solução proposta.

O escoamento no cenário de valas não foi totalmente convertido em lançamento no exutório da área devido ao fato de que ele ocorreu mais lentamente por influência da solução adotada. Realizando a média entre os três anos, os resultados mostraram que somente um pouco mais da metade do escoamento gerado chegou até o exutório para ser lançado. A maior vazão obtida no lançamento nos três anos simulados foi de 0,39 m<sup>3</sup>/s, ocorrida no ano de out/2015-set/2016.

Os gráficos das Figuras 6, 7 e 8 ilustram a distribui-



ção das parcelas de cada processo em percentual da lâmina precipitada para cada ano hidrológico nos três cenários de simulação.

Entre os cenários de rede projetada e de valas foi possível observar a redução do volume de lançamento na saída do sistema com a adoção de solução de baixo impacto. Essa redução variou a cada ano, sendo que em out/2013-set/2014, o volume total lançado foi reduzido de 784.200 m<sup>3</sup> no cenário de rede projetada para 111.200 m<sup>3</sup> no cenário de valas. No ano de out/2014-set/2015 a redução foi de 262.000 m<sup>3</sup> para 58.010 m<sup>3</sup> e em out/2015-set/2016, de 290.400 m<sup>3</sup> para 58.320 m<sup>3</sup>. A máxima vazão de lançamento também foi reduzida em todos os anos na ordem de mais de 90%. Houve ainda o aumento na infiltração no cenário de valas em relação ao de rede projetada. O aumento no ano de out/2013-set/2014 foi de 877 mm infiltrados no cenário de rede projetada para 1.437 mm no cenário de valas. A infiltração entre tais cenários aumentou ainda de 930 mm para 1.171 mm no ano de out/2014-set/2015 e de 623 mm para 852 mm em out/2015-set/2016.

No último cenário simulado, com solução de baixo impacto (valas), na média entre os três anos, 91,7% da lâmina de precipitação total anual infiltrou, 5,6%

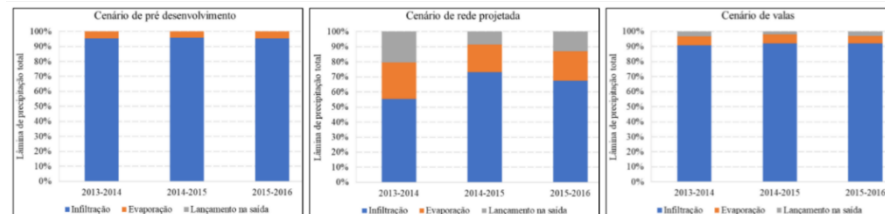


Figura 06, 07 e 08: Percentagens da precipitação total correspondentes aos processos hidrológicos estudados para o cenário de pré-desenvolvimento. Percentagens da precipitação total correspondentes aos processos hidrológicos estudados para o cenário de rede projetada. Percentagens da precipitação total correspondentes aos processos hidrológicos estudados para o cenário de valas. Fonte: Carvalho; Costa, Conserva; Lemos; Andrade; Koide (2019).

evaporaram e 2,7% foi lançada para fora do sistema na forma de escoamento. O ano mais chuvoso, out/2013-set/2014, gerou novamente a menor infiltração em percentual da lâmina precipitada, chegando a infiltrar 90,9%, enquanto nos anos de out/2014-set/2015 e out/2015-set/2016 pouco mais de 92% da lâmina de precipitação total anual foi infiltrada. Em relação ao cenário de pré-desenvolvimento, de acordo com os resultados da simulação, mais de 95% da infiltração natural foi atingida nos três anos com a adoção da solução proposta.

O escoamento no cenário de valas não foi totalmente convertido em lançamento no exutório da área devido ao fato de que ele ocorreu mais lentamente por influência da solução adotada. Realizando a

média entre os três anos, os resultados mostraram que somente um pouco mais da metade do escoamento gerado chegou até o exutório para ser lançado. A maior vazão obtida no lançamento nos três anos simulados foi de 0,39 m<sup>3</sup>/s, ocorrida no ano de out/2015-set/2016.

Os gráficos das Figuras 6, 7 e 8 ilustram a distribuição das parcelas de cada processo em percentual da lâmina precipitada para cada ano hidrológico nos três cenários de simulação.

Por fim, as valas se mostraram superdimensionadas, pois da profundidade máxima disponível de 1 metro, menos de 30 cm foram ocupados em todas as valas, sendo a maior lâmina de água encontrada em uma vala igual a 27,9 cm. Dessa forma, a profundidade máxima das valas pode ser reduzida ou, alternativamente, é possível a redução da área superficial ocupada por elas.

Na Figura 9 é possível visualizar a tendência do comportamento hidrológico para os três cenários analisados. O cenário das valas possui destaque na infiltração, alcançando valores próximos aos do cenário de pré-desenvolvimento nesse processo, enquanto o cenário da rede projetada apresenta escoamento superficial e vazões de lançamento

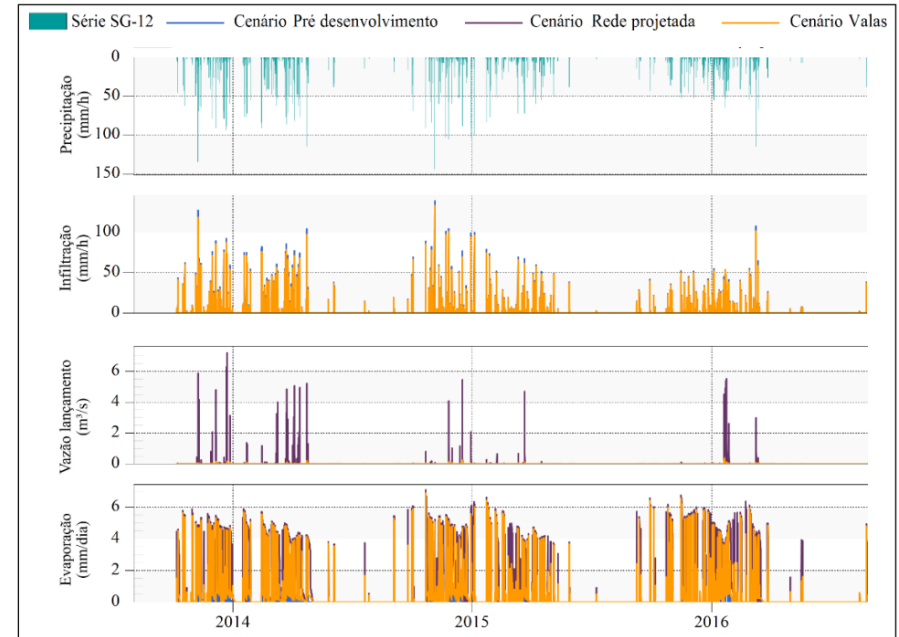


Figura 09: Comportamento dos processos hidrológicos nos cenários estudados para a série de precipitações. Fonte: Carvalho; Costa, Conserva; Lemos; Andrade; Koide (2019).

	Rede projetada em relação ao pré-desenvolvimento			Valas em relação à rede projetada		
	out/2013-set/2014	out/2014-set/2015	out/2015-set/2016	out/2013-set/2014	out/2014-set/2015	out/2015-set/2016
Infiltração	↓42%	↓24%	↓29%	↑ 64%	↑ 26%	↑ 37%
Volume de escoamento	-	-	-	↓ 74%	↓ 51%	↓ 65%
Volume de lançamento final	-	-	-	↓ 86%	↓ 78%	↓ 80%
Vazão máxima de lançamento	↑32%*	↑0%*	↑1%*	↓ 97%	↓ 95%	↓ 93%

\* Valores em comparação à vazão máxima de lançamento determinada pela regulação, não à simulada, que foi nula.

Tabela 02: Resumo comparativo dos cenários de pré-desenvolvimento e rede projetada e de rede projetada e valas. Fonte: Carvalho; Costa, Conserva; Lemos; Andrade; Koide (2019).

muito mais elevadas do que os demais cenários, mesmo com a presença de bacias de retenção.

Na Tabela 2, duas comparações são feitas em termos dos processos hidrológicos: uma mostra a influência da urbanização com a rede de drenagem projetada para a área de estudo em relação à condição de pré-desenvolvimento e outra a utilização de valas em relação à rede projetada. O escoamento na simulação de pré-desenvolvimento foi nulo, então comparou-se somente as vazões máximas lançadas à vazão calculada pela regulação.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A modelagem hidrológica de base contínua exige um alto esforço computacional e depende da existência de longas séries de dados. No entanto, esse tipo de modelagem é muito importante para analisar o balanço hídrico a longo prazo e o desempenho hidrológico de cenários alternativos de manejo de águas pluviais.

O modelo SWMM se mostrou adequado para simular os processos hidráulicos e hidrológicos da área em questão e da rede de drenagem projetada, apresentando como vantagem a possibilidade de modelagem de dispositivos LID, sendo utilizadas as valas vegetadas.

Para o Trecho 2 da Etapa 1 do Setor Habitacional Taquari, os resultados mostraram benefícios no ciclo hidrológico a longo prazo quando usada solução de baixo impacto em comparação à implantação da rede de drenagem convencional. De acordo com as simulações realizadas, as valas são capazes de mitigar impactos nos processos hidrológicos causados pela ocupação urbana, o que não é levado em consideração pelos sistemas convencionais de drenagem urbana. No cenário com solução de baixo impacto ocorreu o aumento da infiltração até valores bem próximos à de pré-desenvolvimento e a diminuição substancial do lançamento final em relação ao cenário de rede projetada. A maior influência da adoção das valas foi demonstrada no ano mais chuvoso, o que ressalta a aplicabilidade dessa solução até nos anos de precipitação acima da média.

A adoção de soluções de baixo impacto em novos conjuntos habitacionais pode contribuir na redução do escoamento superficial, sendo importante incorporá-las a planos diretores. No entanto, a implantação de LIDs deve levar em consideração diversos aspectos, desde urbanísticos até hidrológicos, sendo necessários estudos técnicos e econômicos para evitar altos custos, o sub ou superdimensionamento e atestar a validade das técnicas. Apesar da limitação de representação, espaço para investigações mais aprofundadas e falta de calibração do modelo para a área estudada, o uso de modelo se mostrou uma ferramenta útil para auxiliar na avaliação do comportamento hidrológico e hidráulico de soluções LID.

## REFERÊNCIAS

- CAMUZI V.T.M.; COSTA M.E.L.; SCHLEICHER A.T.; DA COSTA J.; KOIDE S. (2019) “*Modelling Study on the Impacts of BMPs at Riacho Fundo (Brasília, Brazil)*” in *New Trends in Urban Drainage Modelling*. UDM 2018. Green Energy and Technology. Ed. por Mannina G., Springer, Cham, pp. 120-125. FILENI, F.; COSTA, M.E.L.; ALVES, C.M.A. (2017). “*Modelagem da drenagem urbana – aplicação de técnicas de drenagem sustentável em quatro sub-bacias na região administrativa de CeilândiaDF*” in *Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Florianópolis, Nov. 2017.
- GONÇALVES, M.S.; COSTA, M.E.L.; GOMES, L.N.L.; MINOTI, R.T. (2018). “*Modelagem do telhado verde como técnica de desenvolvimento urbano de baixo impacto no Distrito Federal*” in *Anais do XII Encontro Nacional de Águas Urbanas*, Maceió, Nov. 2018.
- JAMES, W.; ROSSMAN, L.E.; JAMES, W.R.C. (2010). *User’s Guide to SWMM 5*. 13<sup>a</sup> ed, CHI, Canadá, 905 p.
- LAWRENCE, A.I.; MARSALEK, J.; ELLIS, J.B.; URBONAS, B. (2010) “*Stormwater detention & BMPs*”. *Journal of Hydraulic Research* 34 (6), pp.

799–813.

ROSSMAN, L.A.; HUBER, W.C. (2016) Storm Water Management Model Reference Manual Volume I – Hydrology. USEPA, Estados Unidos, 231 p.

SILVA, T.J.B.; COSTA, M.E.L.; ALVES, C.M.A. (2017). *“Avaliação da eficiência de bacias de retenção - Setor Habitacional Taquari - DF”* in Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis, Nov. 2017. TUCCI, C.E.M. (2007). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4ª ed, ABRH, Porto Alegre - RS, 943 p.



ISBN: 978-65-84854-02-4

**CDL**



9 786584 854024