



EVOLUÇÃO DA GESTÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA: DA FASE PRÉ-HIGIENISTA À APLICAÇÃO DA MODELAGEM COMPUTACIONAL INTEGRADA ÀS TÉCNICAS DE BAIXO IMPACTO

Gisele Aparecida da Silva Santos¹

Benedito Cláudio da Silva²

Ivan Felipe Silva dos Santos³

Gian da Silva Santos⁴

Recursos Hídricos e Qualidade da Água

Resumo

Embora a percepção das consequências de um mau planejamento urbano tenha ocorrido de forma tardia, esta vem sendo aprimorada com a aptidão das tecnologias computacionais possibilitando a modelagem e simulação de eventos pluviais em favor à melhoria da gestão da drenagem urbana. Tais simulações auxiliam na tomada de decisão a respeito da eficiência da infraestrutura dos sistemas de drenagem e da aplicação das medidas sustentáveis como componentes desse sistema. Contudo, ainda há alguns desafios que merecem ser trabalhados para o desenvolvimento dessa gestão. Baseando-se nisso, esse estudo busca apresentar uma revisão da evolução da gestão da drenagem urbana, conceituando os aspectos iniciais da gestão desde a adoção das primeiras iniciativas do saneamento básico até a inserção das medidas de baixo impacto integradas aos sistemas de modelagens computacionais. Para isso, estabelecido um recorte temporal dos últimos cinco anos, foram selecionados estudos anteriores nas bases de dados do Google Acadêmico, Science Direct e Scielo a fim de identificar as tendências de modelagem computacional integrada à drenagem urbana pontuando as perspectivas para o desenvolvimento desse setor. Estudos apontam que a falta de dados reais que retratem com fidelidade as perspectivas de campo ainda são um impasse para simulações acuradas e precisas dos modelos computacionais. A incerteza das mudanças aceleradas no uso da terra e o baixo nível de detalhes topográficos também são fatores que afetam a modelagem desses sistemas.

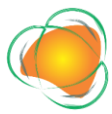
Palavras-chave: Gerenciamento de águas pluviais, Medidas LID, Modelagem LID.

¹Mestranda em Engenharia Hídrica – Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI. giseleaparecida@unifei.edu.br

²Prof. Dr. Universidade Federal de Itajubá – Campus Itajubá-MG, Instituto de Recursos Naturais - IRN, silvabenedito@unifei.edu.br

³Prof. Dr. Universidade Federal de Itajubá – Campus Itajubá-MG, Instituto de Recursos Naturais - IRN, ivanfelipe@unifei.edu.br

⁴Graduando em Agronomia - Universidade Federal de Lavras – UFLA. gian.santos@estudante.ufla.br



INTRODUÇÃO

O planejamento inadequado das cidades resulta no aumento das áreas impermeáveis que alteram o ciclo hidrológico pela elevação do escoamento superficial e a redução da infiltração que consequentemente, influenciam a eficiência hidráulica dos sistemas de drenagem urbana (RIBAS et. al., 2022). A ineficiência do sistema público de drenagem urbana por sua vez, traz consequências que afetam os setores sociais, econômicos e ambientais, na ocorrência de alagamentos.

Na resolução dessa problemática e para auxiliar o planejamento, as tecnologias computacionais têm auxiliado a gestão do sistema de drenagem oferecendo agilidade e assertividade nas tomadas de decisões gerenciais. Ferramentas informatizadas, como aquelas que permitem modelagens hidrológicas, trouxeram um avanço em segurança para o setor de gestão (SILVA et. al., 2021). Dessa forma, os modelos hidrológicos têm contribuído para a análise da capacidade das redes de drenagem urbana, além de permitirem a previsão de eventos críticos, tornando a modelagem computacional essencial ao planejamento da drenagem e do gerenciamento do uso e ocupação do solo (RIBAS et. al., 2022).

Com base nisso, este estudo busca realizar uma revisão bibliográfica elencando os principais conceitos acerca da evolução da gestão da drenagem urbana que se inicia aos primórdios da visão higienista até a inserção de medidas de baixo impacto associadas à modelagem e simulações computacionais.

METODOLOGIA

O procedimento metodológico deste estudo tem abordagem de pesquisa bibliográfica. Na etapa inicial realizou-se as buscas aos estudos pertinentes à pesquisa datados aos últimos cinco anos (recorte temporal de 2018 a 2022). Para escolha dos artigos foram realizadas buscas nas bases de dados do Google Acadêmico, Science Direct e Scielo. As buscas foram realizadas através das palavras-chave: “gestão da drenagem urbana”; “Medidas de baixo impacto”; “Sistemas de Drenagem Sustentáveis”; “Low Impact Development” e “Storm Water Management Model”.

Realização



Os artigos selecionados de periódicos foram escolhidos preferencialmente de revistas com Qualis Capes A1, A2, B1 ou B2 cujo conteúdo estava alinhado aos objetivos esperados para a elaboração do estado da arte em questão:

- Analisar e atualizar o estado da arte da gestão do sistema de drenagem;
- Identificar as tendências de modelagem computacional integrada à drenagem urbana;
- Identificar os desafios e perspectivas para o desenvolvimento da gestão da drenagem urbana;

Além disso, buscou-se avaliar alguns critérios de qualificação dos artigos, bem como a análise das informações relevantes ao estudo. Os pontos usados para análise e escolha dos artigos dos bancos de dados encontram-se sintetizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Estratégias de pesquisa

Critério	Descrição
Assunto	Gestão da drenagem urbana
Base de dados	Scielo, Google Acadêmico e Science Direct
Qualis Capes	A1, A2, B1 ou B2
Recorte temporal	2018 a 2022
Qualificação do artigo	- O estudo abrange a aplicação de modelagem computacional para gestão da drenagem urbana? -O estudo aponta a integração de tecnologias para a gestão da drenagem urbana? - As contribuições são discutidas? - O estudo apresenta as limitações de aplicação? -Os resultados e conclusões são relevantes?

Fonte: Autoria própria (2023)

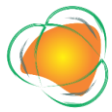
A última etapa do estudo compreendeu a descrição dos resultados em tópicos adaptados à temática da pesquisa bibliográfica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DRENAGEM URBANA: EVOLUÇÃO DA GESTÃO

Em todo seu aspecto histórico evolutivo, a gestão da drenagem urbana passou por quatro etapas (Figura 1) de avanço das técnicas de manejo das águas pluviais: pré-higienista, higienista (tradicionalista), corretiva e sustentável (CHRISTOFIDIS, ASSUMPCÃO e KLIGERMAN, 2019; RESPLANDES et.al., 2021). Ao analisar a evolução histórica dessa gestão nota-se que a percepção pública em relação às

Realização



consequências de um sistema inadequado de saneamento básico se desenvolveu de forma tardia, isso resultou em consequências negativas como as altas taxas de mortalidade no início do século XX, dado sistema de saneamento básico deficitário na fase pré-higienista (RESPLANDES et. al., 2021).

Para Christofidis, Assumpção e Kligerman (2019) as fases evolutivas da gestão da drenagem iniciaram-se na primeira etapa, conhecida como drenagem urbana tradicional ou classificada como higienista por Resplandes et. al (2021), a qual teve início nos anos 1970. Essa fase foi responsável pela adoção de medidas de controle para reduzir os impactos através da coleta e afastamento imediato das águas que antes eram consideradas como um problema que deveria ser eliminado o mais rápido possível (CHRISTOFIDIS; ASSUMPÇÃO; KLIGERMAN, 2019).

Na visão higienista, a ideia do afastamento não apenas das águas pluviais, mas também do esgoto gerado nos centros urbanos oferecia uma aparência mais higiênica às cidades. Pouco antes da década de 1980, esses sistemas perderam espaço internacional em razão do encarecimento dos procedimentos para manutenção e da poluição aos corpos receptores e lençóis freáticos (MENDES; SANTOS, 2021).

Em função das consequências negativas da fase higienista, entre os anos 1970 a 1990, eis que surge a fase corretiva, responsável por inserir o sistema separador absoluto na infraestrutura da drenagem urbana. Nessa fase, o esgotamento sanitário e a drenagem pluvial eram direcionadas por canalizações distintas e teve como principais consequências, “a melhoria da qualidade da água dos recursos hídricos, a presença de poluição difusa no sistema de drenagem e a implantação de obras de grande impacto” (RESPLANDES et. al., 2021).

Posteriormente, na terceira fase denominada por drenagem sustentável, inseriu-se o conceito de controle na fonte e a promoção à infiltração e retenção das águas pluviais, a fim de aproximar os cenários urbanos à configuração das condições naturais das bacias favorecendo o ciclo hidrológico e reduzindo os picos de cheias (CHRISTOFIDIS; ASSUMPÇÃO; KLIGERMAN, 2019). Essa nova fase se fortaleceu nos anos 1990 e passou a empregar o solo e a vegetação da bacia hidrográfica como componentes para os projetos de controle das águas pluviais (MENDES; SANTOS, 2021). A nova percepção deu espaço

Realização



ao desenvolvimento das técnicas de baixo impacto, que no Brasil, começou a ser adotada principalmente nas regiões metropolitanas de Belo Horizonte, Porto Alegre e São Paulo (BAPTISTA, et. al., 2015 apud RODRIGUES; TEIXEIRA, 2021).

A quarta fase da gestão da drenagem buscou promover a gestão em sintonia com a natureza. De acordo com Christofidis, Assumpção e Kligerman (2019), essa etapa passa pelo conceito do desenvolvimento sustentável e pelas preocupações em relação às mudanças climáticas, em tese, há uma preocupação maior com a ação agressiva humana no planeta. Essa prática de integração de soluções que proporcionem a conservação da natureza é denominada por *Nature-based Solutions* e teve origem por volta do ano de 2015, na Europa (MENDES; SANTOS, 2021). Essa realidade é traduzida pela inserção do planejamento urbano do desenvolvimento das cidades, contudo vem sendo difundida a passos lentos no Brasil.

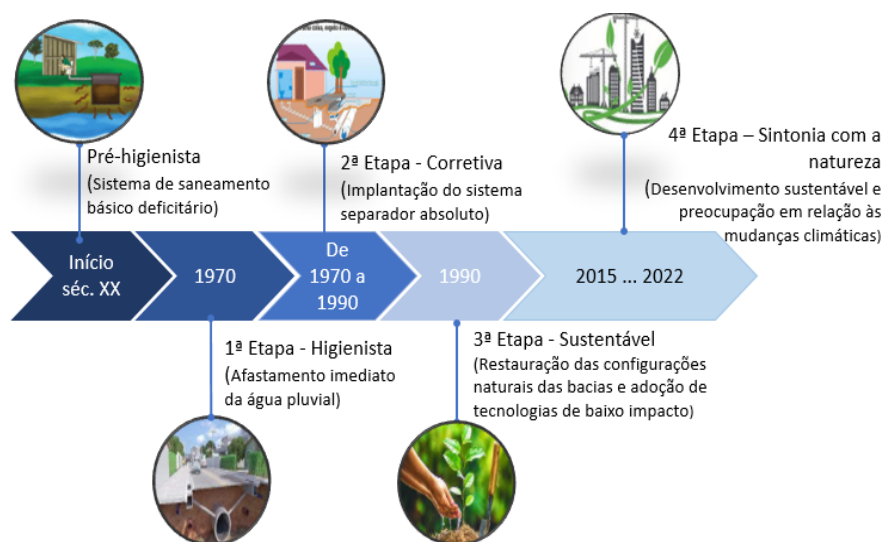


Figura 1 – Etapas de evolução da gestão do sistema de drenagem
 Fonte: Autoria própria (2023)

TÉCNICAS DE BAIXO IMPACTO

Mendes e Santos (2021) classificam as medidas de drenagem urbana integradas ao meio ambiente (Tabela 2) como sendo um conjunto de técnicas de baixo impacto ambiental como alternativas ao sistema convencional de drenagem para o gerenciamento dos riscos ambientais. No Brasil a técnica LID é o termo mais difundido para se referir às tecnologias de integração da drenagem urbana ao meio ambiente (PEDROSA, 2021).

As origens de algumas dessas medidas são apresentadas na Tabela 2.



Tabela 2 – Principais modelos de manejo de águas pluviais

Modelo	Origem	Região
Low Impact Development (LID)	Final dos anos 1970	EUA e Nova Zelândia
Low Impact Urban Design and Development (LIUDD)	(LID) e 1990 (LIUDD)	
Integrated Urban Drainage System (IUDS)	Final dos anos 1970	Suíça
Best Management Practices (BMPs)	Anos de 1972	EUA e Canadá
Sustainable Urban Drainage System (SuDS)	Final da década de 1980	Reino Unido
Alternative Techniques (CTs)	Início da década de 1980	França
Green Infrastructure (GI)	Década de 1990	EUA
Water Sensitive Urban Design (WSUD)	Década de 1990	Austrália
Active Beautiful Clean (ABC) Waters Program	2006	Singapura
Sponge City's	2012	China
Nature-based Solutions (Nbs)	2015	Europa

Fonte: Adaptado de Mendes e Santos (2021)

Dentre as medidas mais comuns pode-se destacar os jardins filtrantes, pavimentos permeáveis, telhados verdes, bacias de retenção, entre outros. A principal função das técnicas LID é buscar imitar as condições hidrológicas de pré-desenvolvimento do local, para que por meio do armazenamento, da infiltração, e da evaporação o escoamento superficial seja reduzido (MORELLI; BARBASSA, 2009).

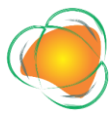
No Brasil, em municípios de médio e grande porte, o custo final dos projetos de drenagem sustentável como complemento aos sistemas tradicionais é inferior ao custo dos projetos exclusivamente convencionais (MOURA; SILVA, 2021) evidenciando “além da melhoria ambiental e hidrológica, economia na implantação e manutenção das infraestruturas” (MENDES; SANTOS, 2021).

Embora possa haver divergências na concepção das tecnologias, em sua maioria, os custos de implementação dos sistemas sustentáveis são mais baixos que os custos com os sistemas tradicionais (MENDES; SANTOS, 2021). Segundo Mendes e Santos (2021), as ações que mais influenciam nos custos dessas técnicas estão relacionadas à aquisição de material vegetal, técnicas de urbanismo e habitação, correções no solo, preparação do local, uso de drenos subterrâneos e conexões com sistemas convencionais de drenagem.

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

Atualmente existem vários modelos de simulação hidrológica que analisam a

Realização



implementação das técnicas de baixo impacto, no entanto, poucos modelos são capazes de simular a performance das práticas LID (SONG; CHUNG; KIM,2018). Dentre os sistemas de modelagens computacionais disponíveis no mercado Haris et. al. (2022) citam o *Storm Water Drainage System Design and Analysis Program* (DRAINS), *Storm Water Management Model* (SWMM), *InfoWorks River Simulation* (InfoWork RS), *Urban Drainage and Sewer Model* (MOUSE), o *XP Storm Water Management Model* (XPSWMM), e o *Overflow*. Além desses, encontra-se na literatura referências para os modelos como o *Cellular Automata Dual-DrainagE Simulation* - CADDIES (YIN et. al., 2020) e o *Personal Computer Storm Water Management Model* - PCSWMM (PENG et. al., 2018).

O Storm-Water Management Model (SWMM) desenvolvido em 1970, pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA). Esse é o modelo mais difundido em função de seu acesso livre, recebeu em suas últimas versões a atualização para avaliar o desempenho hidrológico de variadas técnicas LID e permite que sejam realizadas comparações entre os resultados da simulação antes e depois da instalação das práticas de LID (SONG; CHUNG; KIM,2018).

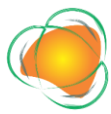
Apesar de seu potencial o modelo SWMM é limitado a realizar simulações unidimensionais e, portanto, para avaliar melhor a interação do sistema de drenagem com as técnicas LID, existem outros modelos comerciais mais sofisticados como o InfoWorks ICM (*Integrated Catchment Modeling*) e o Mike Urban (FAN et. al., 2022). O sistema Mike foi desenvolvido pela DHI na Dinamarca e é um software que possui aplicação em dimensões unidimensionais e bidimensionais (DUARTE, 2019). Auxiliar ao SWMM, o sistema PCSWMM é um software comercial baseado no modelo EPA SWMM e foi desenvolvido pela Canada Computacional Hydraulics. Este modelo suporta a modelagem uni e bidimensional, além de permitir simular diferentes tipos de controle LID o que torna a ferramenta atrativa para avaliações do sistema de drenagem tradicional (PENG et. al., 2018).

INCERTEZAS DOS MODELOS

Embora os modelos de gerenciamento de águas pluviais tenham grandes vantagens, ainda há uma preocupação acerca da confiabilidade dos resultados gerados nas modelagens

Realização



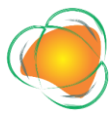


LID subordinado à simulação do comportamento real dos dados hidrológicos. Para a atenuação dessa dúvida, geralmente os modelos permitem sua calibração aos dados reais, processo pelo qual a comparação dos dados de campo aos dados do modelo identifica possíveis não correspondências entre si, apurando as discrepâncias e realizando ajustes necessários de adequação do modelo de simulação. Porém, a ausência de dados reais implica a adoção de parâmetros dos próprios modelos que na maioria das vezes são empíricos e podem não retratar a realidade de todas as regiões de aplicação. Mesmo assim, ainda que o uso de modelos mais elaborados (possuem grande tratamento de dados) possam trazer incertezas ao empregar dados padronizados, pode ser útil fazer uso de simulações não calibradas onde não há dados disponíveis para a calibração (CARVALHO et. al., 2019).

Além da falta de dados de calibração e validação, a precisão da modelagem desses sistemas ainda é afetada por mais três questões principais: 1) o nível de detalhes disponíveis nas representações de topografia dos terrenos e características urbanas; 2) a representação da capacidade de drenagem; e 3) a incerteza das mudanças aceleradas no uso da terra (WANG et. al., 2018).

O primeiro tópico está relacionado à qualidade da representação do terreno e suas características, isso porque, nas simulações de inundações, as características microurbanas tais como edifícios, estradas e passagens subterrâneas podem alterar os padrões de fluxo e incidir a resultados de simulação errôneos (WANG et. al., 2018). Como geralmente as simulações são realizadas com base nas imagens de modelos digitais de terreno (MDT), a qualidade dos resultados está intimamente ligada às resoluções dos MDTs podendo ser fontes de incertezas que venham a comprometer a qualidade das simulações. Assim, a representação fiel do terreno com a topografia característica local e as construções, obtidas a partir dos MDTs é muito importante, visto que a forma de obtenção desses dados gera uma discrepância natural, influenciando o subdimensionamento de estruturas e os gastos de recursos públicos (GARCIA; JÚNIOR, 2022).

Além da representação fiel do terreno, a precisão da modelagem ainda está sujeita à correta representação da infiltração em áreas permeáveis e a capacidade de drenagem do sistema de tubulação subterrânea. Isso se deve a disponibilidade dos dados de infraestrutura da rede de drenagem e do sistema de infiltração local por vezes é limitada, dessa forma,



sem considerar a infiltração do solo e a função dos sistemas de drenagem, as simulações de cheias podem ser menos precisas. Esse fato obriga novas abordagens para contabilizar o fator que muitas vezes se esbarra a valores padronizados os quais podem não representar fielmente a realidade local (WANG et. al., 2018).

Por fim, a influência das incertezas e mudanças aceleradas no uso da terra associadas a falta de planejamento urbano se dá pelo fato de que há a necessidade de se manter os sistemas de modelagem constantemente atualizados para melhor representar a localidade de estudo e as variações de demanda de infraestrutura de drenagem ao longo do tempo. Além disso, os modelos de simulação não oferecem parâmetros de resiliência que permita a análise em tempo real do comportamento do sistema ao longo das variações do uso do solo, portanto, há a necessidade de refazer as simulações para que se tenha conclusões a esse aspecto.

ESTUDOS ANTERIORES E PERSPECTIVAS

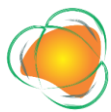
Vários estudos têm investigado o potencial das medidas de baixo impacto na redução dos escoamentos superficiais e da vazão de pico por meio da modelagem computacional e em diferentes escalas de estudo.

A exemplo disso, os autores Yin et. al. (2020) aplicaram o modelo SWMM integrado ao modelo 2D Cellular Automata Dual DrainagE Simulation (CADDIES) para analisar o efeito da implementação dessas medidas na comunidade Zhuhai (China). Os resultados apontaram que com a idealização de cidades-esponja, haveria uma redução máxima de 94,4% do escoamento superficial para eventos de precipitação de baixo e médio impacto. Contudo, sob condições extremas de chuva, a modelagem indicou baixa taxa de redução de escoamento, apenas 28% do escoamento anual era reduzido.

Resultado semelhante foi verificado por Zanandrea e Silveira (2019) que apontaram queda no desempenho das técnicas LID para chuvas de maior intensidade, sendo mais eficiente para chuvas com menores tempo de retorno.

Dessa forma entende-se que é crucial a análise da variável de mudanças climáticas em cenários futuros, a fim de que essas soluções não sejam subdimensionadas e para o bom desempenho das medidas de baixo impacto. É sob este contexto que é importante manter a constante atualização das curvas Intensidade-Duração e Frequência (IDF) para prever

Realização



situações mais severas advindas das mudanças climáticas e reduzir o risco de falhas nas obras hidráulicas (VERGUTZ, PEREIRA e SCHMIDT, 2019).

Embora a modelagem computacional tenha uma diversidade de aplicação, seu emprego depende de diversos parâmetros característicos do local de estudo (comprimento da rede de drenagem, declividade, tipo de material, dados pluviométricos, entre outros) para que possa realizar uma modelagem mais representativa da realidade. O impasse é que nem todos os dados necessários a uma modelagem estão disponíveis para a aplicação dos modelos, obrigando o avaliador à adoção de parâmetros literários ou emprego de parâmetros médios que acabam por retratar a realidade e gerar modelos com menores índices de acurácia. Sob este aspecto ainda é um desafio atestar o comportamento real em sua totalidade por conta de incertezas (WANG et. al., 2018).

Por outro lado, estudos têm apontado que a metodologia dos modelos de gestão da drenagem vem se desenvolvendo e aumentando a eficiência e funcionalidade dos modelos existentes. No entanto, o que se tem notado no país é a abrangência de estudos que fazem uso de modelos de renome internacional ao fato de que as alternativas nacionais são pouco divulgadas. Além disso, a maioria dos softwares existentes são pagos e inviabilizam os custos para aplicação pontual dos gestores municipais de tomada de decisão. O ideal seria que essas tecnologias fossem mais acessíveis e com fácil aplicabilidade para que fossem difundidas especialmente nos municípios de menor porte e com poucos recursos.

De todo modo, os modelos computacionais de gestão da drenagem terão importante papel no futuro ao permitirem a incorporação dos novos paradigmas que retratem os desafios das cidades (FERRANS et. al., 2022), a isso inclui principalmente as novas tecnologias mitigadoras de impacto que possam surgir adaptando-as às necessidades emergentes da sociedade.

CONCLUSÕES

Embora ainda haja alguns aspectos necessários ao aperfeiçoamento dos modelos voltados à simulação e gerenciamento da drenagem pluvial, esta tecnologia tem contribuído para a tomada de decisão acerca da infraestrutura do sistema de drenagem, agilizando processos de análises, auxiliando na análise da eficiência das medidas estruturais, reduzindo

Realização



custos e fomentando decisões de planejamento mais satisfatórias e adequadas às soluções de infraestrutura da drenagem urbana.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, D.J., COSTA, M.E.L., DA COSTA, J., KOIDE, S. Modelling Runoff in Watershed Without Calibration Using PCSWMM. In: Mannina, G. (eds) New Trends in Urban Drainage Modelling. **Green Energy and Technology**. pp. 544-549, 2019

CHRISTOFIDIS, D.; ASSUMPCÃO, R. S. F. V.; KLIGERMAN, D. C. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde debate**, Rio De Janeiro, v. 43, n. 3, p. 94-108, 2019

DUARTE, B. C. **Análise do impacto da resolução especial dos meios digitais do terreno na modelação de cheias pluviais em meio urbano**. 57 f. Dissertação (Mestrado o Integrado em Engenharia do Ambiente: Especialização em Território e Gestão do Ambiente) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Fortaleza, 2019

FAN, G.; LIN, R.; WEI, Z.; XIAO, Y.; SHANGGUAN, H.; SONG, Y. Effects of low impact development on the stormwater runoff and pollution control, **Science of The Total Environment**, v. 805, pp. 150404, 2022

FERRANS, P.; TORRES, M. N.; TEMPRANO, J.; SÁNCHEZ, J. P. R. Sustainable Urban Drainage System (SUDS) modeling supporting decision-making: A systematic quantitative review. **Science of the Total Environment**, v. 806, p. 150447, 2022.

FILENI, F.; COSTA, M. E. L.; ALVES, C. M. A. **Avaliação de técnicas de drenagem sustentável em duas sub-bacias do setor habitacional sol nascente**, Ceilândia – DF. ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS, 13, Maceió, Alagoas, 2018.

GARCIA, F. R.; JÚNIOR, M. J. A. Comparação de MDTs a partir do acoplamento de modelo hidrológico e hidrodinâmico aplicado à identificação de áreas de inundações urbanas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.15, n.02, pp. 783-803, 2022

HARIS, H.; CHOW, M. F.; USAMAN, F.; SIDE, L. M.; ROSELI, Z. A.; NORLIDA, M. D. Urban Stormwater Management Model and Tools for Designing Stormwater Management of Green Infrastructure Practices. **Earth and Environmental Science**, v. 32, 2016, 012022

MENDES, A. T.; SANTOS, G. R. Infraestruturas sustentáveis no brasil: oportunidades para o saneamento e políticas urbanas. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, v. 25, pp. 27-38, jan-jun, 2021.

MORELLI, D. R. T.; BARBASSA, A. P. Planejamento urbano com técnicas de desenvolvimento de baixo impacto. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18, 2009, Campo Grande. **Anais [...]**. Campo Grande, 2009

Realização





MOURA, E. F. S.; SILVA, S. R. S. Study waterproofing soil and proposals for technical level of sustainable urban drainage area in Recife-PE. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 03, n. 15, 2015, pp. 78-93

PEDROSA, R.A.; OLIVEIRA, A. D. F.; FERREIRA, D. S. F.; FREIRE, L. S.; BUENO, P. H. C.; SOUSA, M. C. B.; IWATA, B. F. Plano diretor de drenagem urbana no contexto do planejamento urbano. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**, Volume 2, Número 2, p. 245 –261, jan-jun, 2021

PENG, Z.; JINYAN, K.; WENBIN, P.; XIN, Z.; YUANBIN, C. Effects of Low-Impact Development on Urban Rainfall Runoff under Different Rainfall Characteristics. **Polish Journal of Environmental Studies**, vol. 28, n. 2, pp.771-783, 2018

RESPLANDES, I. S.; TOLEDO, F. R. S.; REPLNDES, H. D. A.; SANTOS, W. S.; BRGES, K.; CARVALHO, C. M. Absence of urban drainage systems on the Santana do Araguaia-PA pavements and their impacts. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 7, n. 01, 2021

RIBAS, D.A.; POLIANI, A. V.; FRANCINI, M.; MEDEIROS, C. A. M.D.; LUCAS, M.C. modelagem hidráulica do sistema de drenagem urbana de um loteamento em São Miguel do Oeste/SC. SIMPÓSIO NACIONAL DE MECÂNICA DOS FLUIDOS E HIDRÁULICA.1, 2022, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto, 2022

RODRIGUEZ, C. A. M.; TIXEIRA, B. A. N. Avaliação de bacias de retenção de águas pluviais implantadas no município de São Carlos (SP), Brasil. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 26, n. 1, jan-fev, 2021

SILVA, C.C.; COSTA, M. E. L.; TSUJI, T.; KOIDE, S. Análise da drenagem urbana no Riacho Fundo-DF. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22, 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, 2017

SONG, Jae-Yeol; CHUNG, Eun-Sung; KIM, S. H. Decision Support System for the Design and Planning of Low-Impact Development Practices: The Case of Seoul. **Water**, v. 10, p.146, 2018.

VERGUTZ, L.A.A.; PEREIRA, C.E.; SCHMIDT, M.A.R. Análise da implantação de reservatórios de retenção de forma que sejam minimizados os impactos causados por inundações, **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.24, n.6, nov/dez, pp. 1267-1277, 2019

WANG, Y.; CHEN, A. S.; FU, G.; DJORDJEVIĆ, S.; ZHANG, C.; SAVIĆ, D. A. An integrated framework for high-resolution urban flood modelling considering multiple information sources and urban features, **Environmental Modelling & Software**, v. 107, pp. 85-95, 2018

YIN, D.; EVANS, B.; WANG, Q.; CHEN, Z.; JIA, H.; CHEN, A. S.; FU, G.; AHMAD, S. LENG, L. Integrated 1D and 2D model for better assessing runoff quantity control of low impact development facilities on community scale. **Science of the Total Environment**, v. 720, p.137630, 2020