

## JARDIM DE CHUVA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

**AISLAN CAZÉLI DO CALVARIO**

FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ - FAACZ

**MARIÂNGELA DUTRA DE OLIVEIRA**

### **Introdução**

Na formação e expansão das cidades, ocorre a impermeabilização das superfícies, ocasionando perda da capacidade natural de drenagem das águas de chuva por meio de infiltração nos solos. Sendo assim se faz necessário a utilização de sistemas artificiais de drenagem, que tem se mostrado insuficiente, resultando em cenários de alagamentos e cheias urbanas. Uma forma de amenizar esses impactos é fazer a utilização de sistemas ambientais de drenagem na fonte, característica do jardim de chuva e para conhecer melhor esse dispositivo é ideal que se faça uma Revisão Sistemática da Literatura – RSL.

### **Problema de Pesquisa e Objetivo**

Diante do exposto, identificou-se a falta de uma base bibliográfica organizada que forneça informações que permitam o desenvolvimento de projetos e execução de jardins de chuva, sendo utilizado como dispositivos de drenagem na fonte. Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar publicações em formato de artigo sobre jardim de chuva, identificando parâmetros e condições de implantação e operação que poderão subsidiar políticas públicas e a elaboração de uma norma técnica sobre o tema.

### **Fundamentação Teórica**

O sistema de drenagem convencional objetiva escoar de maneira rápida as águas de chuva para à jusante do meio urbano (REIS; ILHA, 2014), fazendo uso de pontos de captação e redes tubulares (BATTEMARCO et. al., 2018). Trata-se de um sistema amplamente utilizado, mas que se mostra insuficiente quando sob intensa chuva, contribuindo para o surgimento de inundações. Uma resposta para essa situação, que vem sendo alvo de estudos e considerações é o sistema de drenagem que faz parte do conceito ambientalista, onde se encontra o jardim de chuva.

### **Metodologia**

Para o desenvolvimento desta RSL foi utilizada a metodologia proposta por Okoli (2019), iniciando-se pela definição e identificação do objetivo da pesquisa. Em seguida, na fase de elaboração de protocolo, foi definido a plataforma de busca; os descritores; operadores; tipo de material; idioma; período de publicação e; procedimento para seleção prática. Em seguida foi feito a busca bibliográfica; extração de dados; seleção prática em duas etapas, uma com leitura de título e resumo e outra com leitura completa do artigo; identificação dos artigos e a escrita da revisão.

### **Análise dos Resultados**

Quanto a parâmetros hidráulicos, na análise dos resultados observa-se variação de taxas de infiltração, com a predominância de 6,35mm/h; variação das espessuras do solo, entre 15,20cm e 78cm; a composição dos solos e; taxas percentuais da área de contribuição onde se recomenda em trabalhar em até 20%. É apontado que os jardins de chuva devem passar por remoção de sólido entre 15 e 34 meses para evitar entupimento. As vegetações contribuem melhor para a escoação das águas por meio de infiltração do que por meio de evapotranspiração, que apresenta taxa de 0,32%.

### **Conclusão**

Esta RSL dedicou-se a apresentar publicações em formato de artigo sobre jardim de chuva, para identificação de parâmetros e condições de implantação e operação que subsidiem políticas públicas e a elaboração de uma norma técnica sobre o tema. A bibliografia selecionada aponta estudos que contemplam parâmetros hidráulicos, tipo de vegetação e eficiência na retenção de sedimentos. Nestes artigos faltou o protagonismo de jardins de chuva em pequenas escalas e; não se abordou os níveis de lençol freático, tipos de vegetação para áreas secas e indicadores de eficiência, identificando lacunas.

### **Referências Bibliográficas**

BATTEMARCO, Bruna Peres et al. Sistemas de espaços livres e drenagem urbana: um exemplo de integração entre o manejo sustentável de águas pluviais e o planejamento urbano. *Paisagem e Ambiente*, n. 42, p. 55-74, 2018. OKOLI, Chitu et al. Guia para realizar uma Revisão Sistemática de Literatura. *EAD em Foco*, v. 9, n. 1, 2019. REIS, Ricardo Prado Abreu; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira. Comparação de desempenho hidrológico de sistemas de infiltração de água de chuva: poço de infiltração e jardim de chuva. *Ambiente Construído*, v. 14, p. 79-90, 2014.

### **Palavras Chave**

Drenagem urbana, Técnicas compensatórias, Jardim de chuva

# JARDIM DE CHUVA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

## 1. INTRODUÇÃO

Os seres humanos causam transformações nos ambientes naturais para criar ambientes artificiais que os permitam desenvolver suas mais variadas atividades antrópicas. Parte dessas transformações é a impermeabilização das superfícies, as fazendo perder a capacidade natural de drenagem das águas de chuva por meio de infiltração nos solos. Dentro dessa realidade ocorre alteração nos ciclos hidrológicos, com a diminuição da recarga nos lençóis freáticos e o aumento significativo do escoamento superficial das águas de chuva, (FERREIRA; BARBASSA; MORUZZI, 2017), e a redução da evapotranspiração (TUCCI; BERTONI, 2003). Nestes ambientes, passou-se a fazer o uso de técnicas artificiais de escoamento, onde historicamente se utiliza modelo higienista de drenagem com sistemas convencionais composto por pontos de captação de águas de chuva que são conduzidas por tubulações ao ponto de destinação final, geralmente à jusante das cidades (REIS; ILHA; TEIXEIRA, 2013). Ainda que se tenha construído estes sistemas de drenagem nas cidades, o que se percebe em períodos de chuva é um grande número de alagamentos e cheias urbanas resultantes do aumento do escoamento superficial, causado pelas impermeabilizações no processo de urbanização, (LOPES; JÚNIOR; MATOS, 2020).

Uma forma de amenizar esses impactos causados pelas chuvas e diminuir a pressão em cima de sistemas convencionais é fazer o uso de sistemas compensatórios com técnicas de controle de água da chuva na fonte, que se enquadram dentro do modelo ambientalista. Esses sistemas compensatórios de drenagem contribuem para a redução do volume de água escoado pelas redes urbanas convencionais de drenagem (MELO et. al., 2014). Ao fazer uso de sistemas ambientais que permita a drenagem gradativa das águas de chuva, pode-se, também, causar a redução da frequência de inundações nas áreas urbanizadas (DEARDEN; MARCHANT; ROYSE, 2013). Dentro dos dispositivos de drenagem na fonte, tem-se os jardins de chuva, cuja vegetação na superfície contribui para o processo de evapotranspiração, tratamento das águas da chuva contra determinados poluentes e prolongamento da capacidade de infiltração (MELO et. al., 2014), retardando o processo de colmatação dos solos, que podem causar a perda de vida útil destes tipos de dispositivos (LUCAS et. al., 2015).

Há uma gama de estudos que contemplem o dispositivo jardim de chuva e estes precisam ser categorizados permitindo a extração de informações como parâmetros e condições de implantação e operação, a fim de subsidiar políticas pública e a elaboração de norma técnica sobre o tema.

A Revisão Sistemática da Literatura – RSL é uma forma de se estudar determinado assunto de maneira sistemática. A motivação para este tipo de estudo é coletar e analisar literatura em uma determinada área, e desta forma saber o que está sendo estudado, identificando lacunas e dados relevantes sobre um determinado tema (Okoli, 2019).

## 2. PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO

Diante do exposto, identificou-se a falta de uma base bibliográfica organizada que forneça informações que permitam o desenvolvimento de projetos e execução de jardins de chuva, sendo utilizado como dispositivos de drenagem na fonte.

Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar publicações em formato de artigo sobre jardim de chuva, identificando parâmetros e condições de implantação e operação que poderão subsidiar políticas públicas e a elaboração de uma norma técnica sobre o tema.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O sistema de drenagem convencional objetiva escoar de maneira rápida as águas de chuva para à jusante do meio urbano (REIS; ILHA, 2014), fazendo uso de pontos de captação e redes tubulares (BATTEMARCO et. al., 2018). Trata-se de um sistema amplamente utilizado, mas que se mostra insuficiente quando sob intensa chuva, contribuindo para o surgimento de inundações. Esse tipo de solução sofre o impacto do aumento de vazões à medida que as cidades vão se expandido com a presença de mais áreas impermeáveis, o tornando cada vez mais ineficiente.

O sistema convencional de drenagem e as superfícies impermeabilizadas presentes nas áreas urbanizadas fazem com que 72% das águas de chuva seja escoada superficialmente, tendo como consequência o aumento na velocidade do escoamento, enquanto que em um ambiente natural, 90% das águas infiltram no solo ou passam por processo de evapotranspiração (GONÇALVES; NUCCI, 2017).

Uma resposta para essa situação, que vem sendo alvo de estudos e considerações é o sistema de drenagem que faz parte do conceito ambientalista. Neste sentido se destaca o sistema compensatório de drenagem, cujo objetivo é minimizar os impactos causados pelas modificações no ciclo hidrológico.

O sistema compensatório de drenagem se trata de uma solução sustentável no manejo de águas da chuva. Dentro dessa nova abordagem procura-se trabalhar com dispositivos que permitem o escoamento de águas pluviais de maneira natural, simulando as condições ideais que se perderam com a impermeabilização das superfícies no processo de urbanização. Com estes dispositivos, pode se diminuir o rápido escoamento superficial que causa transtornos nos ambientes urbanos.

Segundo Vaconcelos; Miguez; Vazquez (2016), no Brasil a implantação e manutenção de sistemas compensatórios de drenagem, bem como metodologias e políticas públicas para sua implantação, não acontece de maneira ampla, sendo na verdade pouco difundido.

Os sistemas compensatórios se encaixam em pelo menos três dos dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2022), pontuados abaixo:

- Objetivo 6 – Água potável e saneamento: Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos.
- Objetivo 13 – Ação contra a mudança global do clima: Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos.
- Objetivo 15 – Vida terrestre: Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, travar e reverter a degradação dos solos e travar a perda da biodiversidade.

Neste contexto tem-se os jardins de chuva, que podem ser utilizados no interior de dos lotes, cujas características permitem fácil implantação em áreas urbanas já consolidadas.

Há uma gama de estudos realizados a respeito do sistema compensatório de drenagem (ALBUQUERQUE et. al., 2019), incluindo o jardim de chuva como dispositivo, e o que se percebe é que apesar disso, não se tem encontrado de forma difusa a utilização de tais dispositivos nos lotes urbanos.

A seguir são apontados o resultado de buscas de materiais publicados (artigos em periódicos), obtido seguindo métodos sistemáticos de busca apontados Okoli (2019), quando se trata de materiais acadêmicos.

### 4. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta RSL foi utilizada a metodologia proposta por Okoli (2019). Iniciou-se pela definição e identificação do objetivo da pesquisa, como sendo a busca por

artigos que apresentem parâmetros hidráulicos, tipos de vegetação e retenção de sedimentos associados a jardins de chuva. Com o objetivo definido, adotou-se o protocolo detalhado abaixo:

- Definição da plataforma de busca: a plataforma escolhida foi a Web of Science, devido a sua confiabilidade e uma grande gama de publicações relevantes sobre o tema.
- Definição dos descritores: trabalhou-se dois tipos de descritores, uns que remetem ao jardim de chuva, por isso se repetem nas buscas e; outros que se diferem em cada busca, objetivando variar nos parâmetros de interesse conforme definido pelo objetivo.
- Operadores: entre os descritores que remetem ao jardim de chuva, utilizou-se o operador OR e entre os demais descritores que buscam parâmetros de dimensionamento e execução, utilizou-se o operador AND.
- Definição do tipo de material: artigo revisado por pares.
- Definição do idioma: não definido, permitindo desta forma encontrar artigos produzidos em diversos países.
- Definição do período de publicação: 10 anos, por se entender que é recorte de tempo relativamente atual, reportando o que vem sendo pesquisado sobre o tema.
- Busca bibliográfica.
- Extração de dados: por meio de planilha Excel baixado da plataforma Web of Science.
- Definição da seleção prática: leitura do título e resumo, na primeira seleção e em uma segunda, leitura completa do artigo onde foi avaliado a pertinência ao objetivo do estudo.
- Identificação dos artigos selecionados com extração dos dados bibliométricos.
- Escrita da revisão com identificação das variáveis de interesse para o estudo.
- O quadro 1 apresenta as estratégias de busca com os descritores utilizados e o total de artigos encontrados, garantindo desta forma o caráter reprodutível da revisão. As buscas foram realizadas na base Web of Science, no dia 25/08/2022, utilizando artigos revisados por pares e com data de publicação entre 2012 e 2022. Foram utilizados descritores em língua inglesa objetivando a ocorrência de um número maior de artigos.

Quadro 1 – Parâmetros e resultados da busca

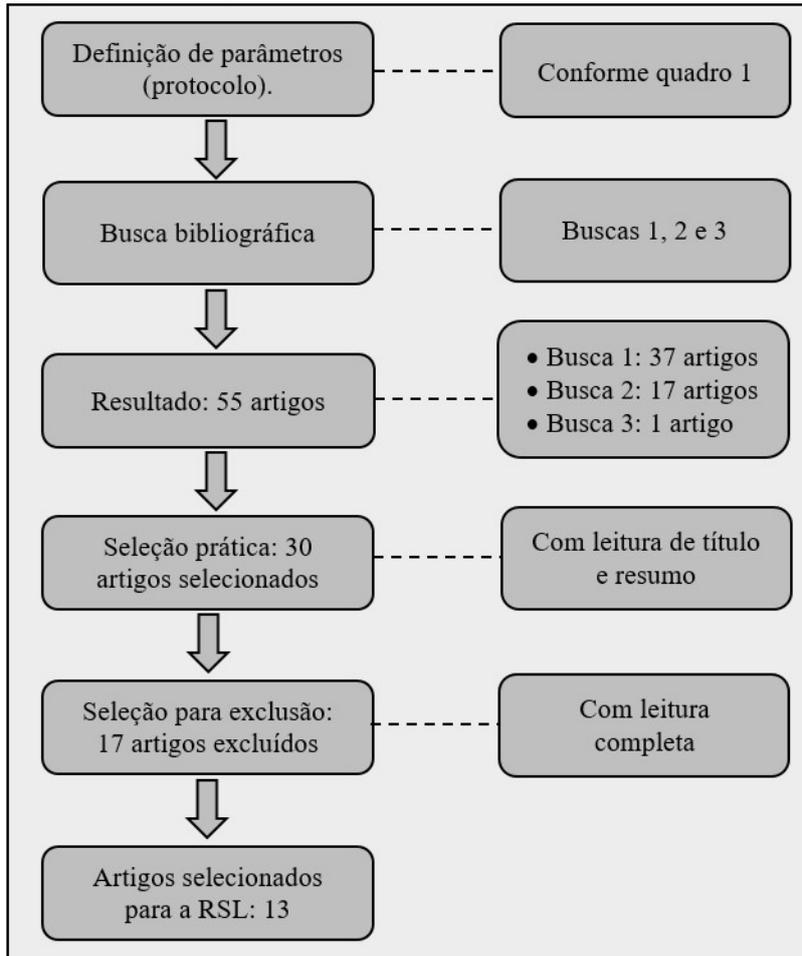
Busca	1	2	3
Descritores	"rain garden" or "drainage garden" or "infiltration garden" and "Hydraulic"	"rain garden" or "drainage garden" or "infiltration garden" and "Vegetation"	"rain garden" or "drainage garden" or "infiltration garden" and "Sediment deposition"
Ocorrência	37	17	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

## 5. RESULTADOS E ANÁLISE

Como resultado, teve-se 37 artigos na primeira busca, 17 na segunda busca e um na terceira busca, chegando a um total de 55 artigos. Deste total, após leitura do resumo 25 artigos foram excluídos sendo 22 por não ter ligação com o objeto jardim de chuva, dois por repetição e um por não estar acessível, restando 30 artigos que foram lidos na íntegra. Dos 30 artigos selecionados para leitura na íntegra, 17 foram excluídos pelo conteúdo não atender aos critérios definidos neste estudo, restando desta forma 13 artigos para a RSL. A figura 1 representa o esquema desde a definição de parâmetros de busca até se chegar a quantidade de artigos analisados para a escrita da revisão bibliográfica.

Figura 1 - Fluxograma



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Selecionados os artigos organizou-se o quadro 2, onde consta os dados das publicações com título e periódico.

Com base na Figura 2 pode-se constatar uma queda na produção de artigos sobre o tema sendo que os anos de 2015 e 2019 é que apresentaram o maior número de artigos (três publicações/ano). O periódico com maior número de publicação foi o Journal Of Sustainable Water In The Built Environment, com um total de quatro dos artigos selecionados.

Quadro 2 – Identificação dos artigos selecionados

Artigo	Referência	Título	Periódico
A01	(CUI; LONG; WANG, 2019)	Choosing the LID for Urban Storm Management in the South of Taiyuan Basin by Comparing the Storm Water Reduction Efficiency	Water
A02	(DELVECCHIO; WELKER; WADZUK, 2020)	Exploration of Volume Reduction via Infiltration and Evapotranspiration for Different Soil Types in Rain Garden Lysimeters	Journal Of Sustainable Water In The Built Environment

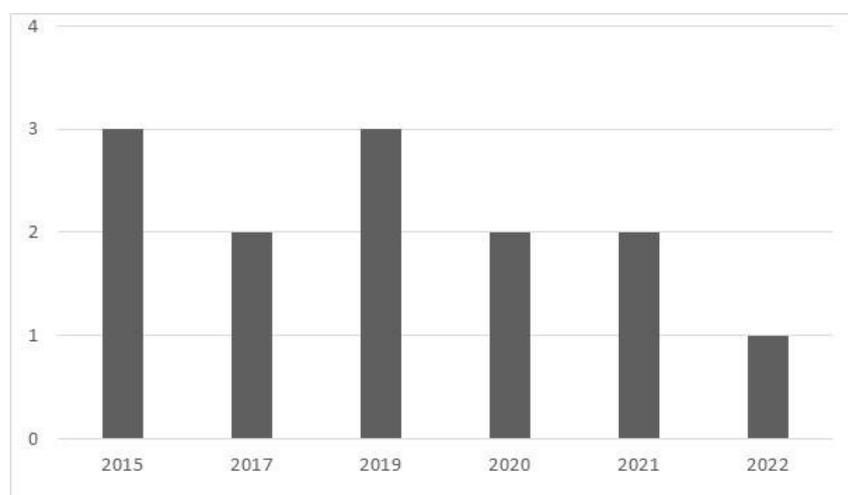
Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Quadro 2 – Identificação dos artigos selecionados (continuação)

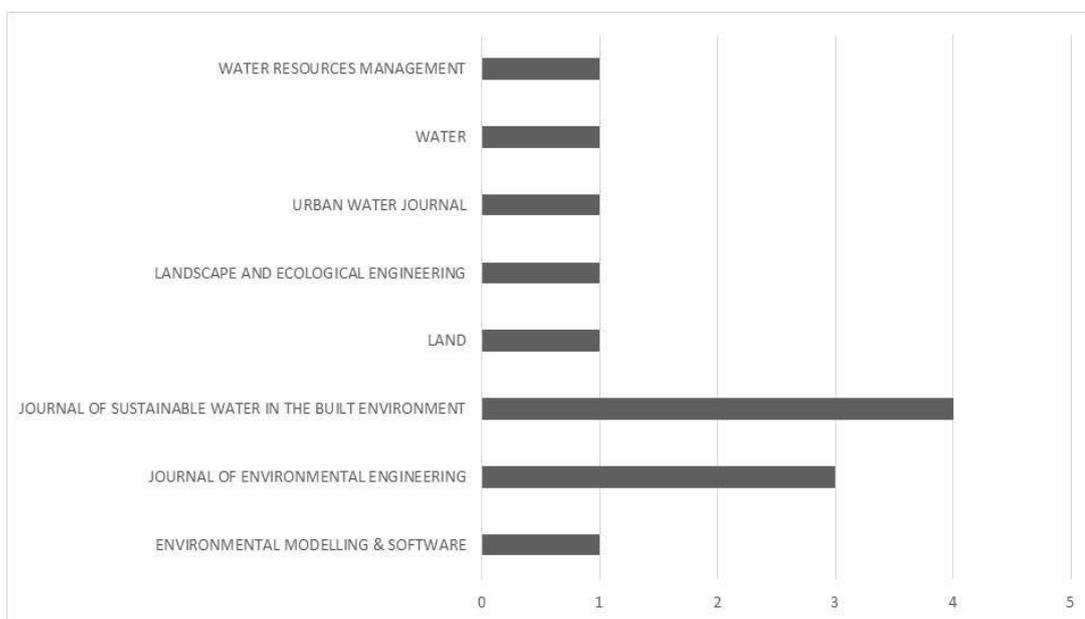
Artigo	Referência	Título	Periódico
A03	(GUO; LUU, 2015a)	Operation of Cap Orifice in a Rain Garden	Journal Of Hydrologic Engineering
A04	(GUO; LUU, 2015b)	Hydrologic Model Developed for Stormwater Infiltration Practices	Journal Of Hydrologic Engineering
A05	(HERRERA, et al. 2017)	A model for simulating the performance and irrigation of green stormwater facilities at residential scales in semiarid and Mediterranean regions	Environmental Modelling & Software
A06	(JENNINGS; BERGER; HALE, 2015)	Hydraulic and Hydrologic Performance of Residential Rain Gardens	Journal Of Environmental Engineering
A07	(NICHOLS, et al., 2021)	Modeling Seasonal Performance of Operational Urban Rain Garden Using HYDRUS-1D	Journal Of Sustainable Water In The Built Environment
A08	(SOKOLOVSKAYA; EBRAHIMIAN; WADZUK, 2021)	Modeling Infiltration in Green Stormwater Infrastructure: Effect of Geometric Shape	Journal Of Sustainable Water In The Built Environment
A09	(TANSAR; DUAN; MARK, 2022)	Catchment-Scale and Local-Scale Based Evaluation of LID Effectiveness on Urban Drainage System Performance	Water Resources Management
A10	(VENVIK; C. BOOGAARD, 2020)	Infiltration Capacity of Rain Gardens Using Full-Scale Test Method: Effect of Infiltration System on Groundwater Levels in Bergen, Norway	Land
A11	(WILLIAM; GARDONI; STILLWELL, 2019)	Reliability-Based Approach to Investigating Long-Term Clogging in Green Stormwater Infrastructure	Journal Of Sustainable Water In The Built Environment
A12	(YUAN; DUNNETT; STOVIN, 2017)	The influence of vegetation on rain garden hydrological performance	Urban Water Journal
A13	(ZHANG, et al. 2019)	Rainwater storage/infiltration function of rain gardens for management of urban storm runoff in Japan	Landscape And Ecological Engineering

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 2: Número de publicações



a) Distribuição quantitativa de publicações por ano



b) Distribuição quantitativa de publicações por periódico

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Após análise de cada artigo, foi possível organizar os artigos identificando o assunto abordado: parâmetros hidráulicos, vegetação e retenção de sedimentos. A organização do Quadro 3 faz parte da fase da síntese da revisão bibliográfica (OKOLI, 2019), também conhecido como análise dos estudos.

Em uma primeira análise, percebe-se que parâmetros hidráulicos são abordados em todos os artigos, por ser uma questão que não pode ser desconsiderado quando se fala de dispositivos cuja função é a drenagem de água de chuva por meio de infiltração nos solos. Os trabalhos que abordam o tipo de vegetação utilizada são apenas três, podendo este assunto ser classificado como lacunas no conhecimento, uma vez que a vegetação possui um papel importante na filtração das águas de chuva (MELO et. al., 2014), e também no aumento na vida útil destes dispositivos ao retardar o processo de colmatção dos solos (LUCAS et. al., 2015). Quanto a

retenção de sedimentos, apenas um dos 13 artigos selecionados, abordam o assunto, também podendo ser caracterizado como uma lacuna no conhecimento que pode e deve ser estudada.

Quadro 3: Organização dos artigos por assunto

REFERÊNCIAS													
(CUI; LONG; WANG, 2019)	A01												
(DELVECCHIO; WELKER; WADZUK, 2020)	A02												
(GUO; LUU, 2015a)	A03												
(GUO; LUU, 2015b)	A04												
(HERRERA, et al. 2017)	A05												
(JENNINGS; BERGER; HALE, 2015)	A06												
(NICHOLS, et al., 2021)	A07												
(SOKOLOVSKAYA; EBRAHIMIAN; WADZUK, 2021)	A08												
(TANSAR; DUAN; MARK, 2022)	A09												
(VENVIK; C. BOOGAARD, 2020)	A10												
(WILLIAM; GARDONI; STILLWELL, 2019)	A11												
(YUAN; DUNNETT; STOVIN, 2017)	A12												
(ZHANG, et al. 2019)	A13												
<b>Artigos</b>													
<b>Parâmetros Hidráulicos</b>													
<b>Vegetação</b>													
<b>Retenção de sedimentos</b>													

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Em uma primeira análise, percebe-se que parâmetros hidráulicos são abordados em todos os artigos, por ser uma questão que não pode ser desconsiderado quando se fala de dispositivos cuja função é a drenagem de água de chuva por meio de infiltração nos solos. Os trabalhos que abordam o tipo de vegetação utilizada são apenas três, podendo este assunto ser classificado como lacunas no conhecimento, uma vez que a vegetação possui um papel importante na filtração das águas de chuva (MELO et. al. ,2014), e também no aumento na vida útil destes dispositivos ao retardar o processo de colmatção dos solos (LUCAS et. al., 2015). Quanto a retenção de sedimentos, apenas um dos 13 artigos selecionados, abordam o assunto, também podendo ser caracterizado como uma lacuna no conhecimento que pode e deve ser estudada. Ainda que haja assuntos comuns, a abordagem possui objetivos diferentes, conforme quadro 4.

Quadro 4 – Assuntos abordados nos artigos

Artigo	Referência	Análise
A01	(CUI; LONG; WANG, 2019)	Tem como objetivo escolher a técnica de drenagem sustentável para a gestão de tempestades urbanas, comparando a eficiência do jardim de chuva e pavimento poroso no distrito urbano sul da Bacia de Taiyuan - China. Foi criado um modelo 1D-2D (rios e estradas) para simular o processo hidrológico e hidráulico da área. Verificou-se que o pavimento poroso contínuo e o jardim da chuva são benéficos para uso em ambientes residenciais e comerciais em áreas urbanas, e o jardim da chuva tem um desempenho mais eficaz e eficiente do que o pavimento poroso contínuo.
A02	(DELVECCHIO; WELKER; WADZUK, 2020)	Avaliou 12 lisímetros, com cinco misturas diferentes de solos, coletados na Philadelphia, classificados em arenoso, areia argilosa, argilo arenosa, argiloso e siltoso para avaliar a variação na infiltração em função dos eventos climáticos sazonais. Verificou-se que os sistemas com fluxo unidimensionais (vertical) ou bidimensionais (vertical e horizontal) não apresentaram diferença significativa na redução do volume do escoamento superficial e na taxa de infiltração em função do solo. A diferença foi observada entre os diferentes eventos climáticos analisados.
A03	(GUO; LUU, 2015a)	Abordou condições operacionais de um jardim de chuva com controle de fluxo promovido por um sistema de captação da água com tubulação perfurada e registro. Este tipo de dispositivo é fundamental quando se pretende controlar o fluxo de água destinado ao sistema público de coleta de água de chuva, minimizando os impactos na drenagem urbana.
A04	(GUO; LUU, 2015b)	Avaliou a redução na taxa de escoamento em função do evento de chuva e do entupimento do solo do jardim de chuva. Ao longo dos anos em serviço, a taxa de infiltração de um jardim de chuva é gradualmente reduzida devido aos efeitos do entupimento. Em geral, quanto maior a taxa de infiltração, menor será o tempo de drenagem. Em um tempo de drenagem curto, a preocupação é com a qualidade da água drenada, enquanto em um tempo de drenagem longo, a preocupação é com o risco de ocorrência de chuvas consecutivas antes da bacia seja completamente drenada.
A05	(HERRERA, et al. 2017)	Abordou a necessidade de manutenção de jardins de chuva em períodos secos. Como o IHMORS, que é um modelo hidrológico contínuo de base física para simulação de processos, foram realizados testes de desempenho de um jardim de chuva com diferentes práticas de vegetação, clima e irrigação. Ressaltou as necessidades de manutenção da infraestrutura verde utilizados em controle de escoamento. O estudo foi realizado em Santiago (clima quente com verões secos) e Temuco (clima úmido com verões quentes) - Chile

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Quadro 4 – Assuntos abordados nos artigos (continuação)

Artigo	Referência	Análise
A06	(JENNINGS; BERGER; HALE, 2015)	Apresentou na revisão de literatura várias diretrizes utilizadas nos Estados Unidos da América para dimensionamento de Jardim de chuva. O estudo fez uso de um algoritmo para avaliar o desempenho hidráulico de um Jardim de chuva. Identificou que a taxa de evaporação e evapotranspiração tem pouco impacto na redução do escoamento superficial.
A07	(NICHOLS, et al., 2021)	Utilizou o software HYDRUS-1D para controle hidráulico de um jardim de chuva, localizado no zoológico da Filadélfia, realizando a calibração e operação do mesmo.
A08	(SOKOLOVSKAYA; EBRAHIMIAN; WADZUK, 2021)	Os efeitos da geometria do jardim de chuva foram avaliados comparando um jardim de chuva e uma trincheira de infiltração, localizados no sudeste da Pensilvânia. A simulação foi realizada utilizando o Usepa Storm Water Management Model (SWMM), sendo a calibração e validação realizadas com dados observados de três anos.
A09	(TANSAR; DUAN; MARK, 2022)	Avaliou a eficiência de dispositivos de drenagem na fonte dentro de uma bacia urbana localizada na parte oeste do distrito de Pudong, Xangai. O estudo com célula de biorretenção, telhado verde, pavimento permeável e jardim de chuva mostra que todos podem contribuir para a redução do escoamento superficial. O resultado indicou que biorretenção apresenta a melhor performance, seguido de jardim de chuva, telhado verde, e pavimento permeável. Foi utilizado o software PCSWMM para simular a resposta hidrológica dos sistemas.
A10	(VENVIK; C. BOOGAARD, 2020)	Comparou a capacidade de infiltração dos jardins de chuva em Bryggen com as diretrizes internacionais. O objetivo primário deste dispositivo é de proteger o lençol freático. Foram utilizados como referência diretrizes da Austrália (FAWB), EUA (MPCA) e Reino Unido (CIRIA). Apresenta bons resultados com elevação do nível do lençol freático para poços próximos ao jardim de chuva (<30m) bem como para poços mais distantes (75 a 100m),
A11	(WILLIAM; GARDONI; STILLWELL, 2019)	Os autores trabalharam com um método probabilístico para determinar a forma de mitigar o impacto do entupimento de jardins de chuva sob tempestades de curta duração. Um jardim de chuva de teste, com solo argiloso, foi estudado utilizando o software EPA-SWMM e calibrado usando dados locais (Madison, Wisconsin – USA). Os autores sugerem que o monitoramento de jardim de chuva para análise de entupimentos deve ser realizado com dados de no mínimo três anos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Quadro 4 – Assuntos abordados nos artigos (continuação)

Artigo	Referência	Análise
A12	(YUAN; DUNNETT; STOVIN, 2017)	Realizado em uma área localizada em Green Estate, Sheffield - Reino Unido, teve como objetivo mapear o impacto da cobertura vegetal na retenção de água em jardins de chuva com plantas de diversas espécies e grama, tendo como grupo controle o solo nu. O controle de águas pluviais pode ser quantitativamente descrito em termos de retenção (redução da quantidade de chuva que se torna escoamento) e detenção (atraso e atenuação do hidrograma de escoamento). Processos de retenção incluem interceptação e evapotranspiração pelas plantas, bem como infiltração no solo natural. Conclui-se que jardim com maior diversidade de cobertura vegetal apresentam maior retenção de água.
A13	(ZHANG, et al. 2019)	Objetivou investigar dois sistemas de jardim de chuva com tipologia de solo diferentes, para avaliar a capacidade de armazenamento/infiltração e nível de água subterrânea. Foram avaliados com base nas condições climáticas características do verão e do inverno. Os solos estudados foram areno argiloso, argiloso e argilo arenoso.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

## 6. DISCUSSÃO

No desenvolvimento da RLS foram identificados os parâmetros de maior interesse nas pesquisas como sendo:

- Percentual da área de contribuição;
- Espessura do solo e taxa de infiltração;
- Plantas utilizada e evapotranspiração.

São pontuados a seguir algumas faixas de trabalho observadas, bem como condições de implantação e operação de jardim de chuva, apresentados nos artigos, que podem subsidiar políticas públicas e a elaboração de norma técnica:

### 6.1 Parâmetros hidráulicos

#### 6.1.1 Percentual de área de contribuição

O artigo A01 avaliou percentuais de área de contribuição entre 5% e 40%, tendo sido observado que percentuais acima de 20% não trazem resultados expressivos para a redução do escoamento, informação corroborada pelos artigos A05 e A12. O artigo A06 utiliza percentual de 10% e os artigos A05 e A08 utilizam percentual de 8% indicando que a drenagem de apenas parte da área de contribuição apresenta resultados satisfatórios.

#### 6.1.2 Espessura do solo

As profundidades dos jardins de chuva apresentado nos artigos variou ente 15,20cm e 78cm, com camadas internas dos mais diversos tipos, desempenhando funções de armazenamento temporário para que drene a água de chuva de maneira lenta para as camadas naturais do solo

ou para a rede urbana de drenagem. No artigo A02 a espessura variou 20 e 46cm com tipos de solos classificados em arenoso, areia argilosa, argila arenosa, argiloso e siltoso, avaliando a variação de fluxo na infiltração em função dos eventos climáticos sazonais. Os artigos A03 e A04 apresentam jardins de chuva com profundidade total de 66cm, sendo 45,7cm de areia e 20,3cm de cascalho, e estas camadas funcionam com sistemas de retardo, uma vez que no fundo deste dispositivo há tubulação que conduzem a água coletada para o sistema urbano de drenagem. No artigo A06 as diretrizes dos Estados Unidos - USA indicam que a espessura do solo deve variar entre 7,6cm e 30,5cm com o valor mais comum utilizado de 15,2 cm, sendo observado que profundidades acima de 30cm não corroboram com o aumento da taxa de infiltração, mas com este valor obtém-se uma redução no escoamento superficial de 95%. Em jardim de chuva existente, servindo como estudo de caso, o artigo A13 aponta profundidade total de 40cm de solos do tipo areno argiloso e argiloso, onde se apontou que solo com composição de 60% de areia favorece maior armazenamento e retenção de água. Os artigos A07 e A12, possuem respectivamente espessuras de 60cm e 50cm, sendo que o primeiro possui as camadas de areia siltosa de grão grosso ou misturas areia-silte ou areia argilosa e solo nativo de areia bem graduada com silte e cascalho ou silte com areia enquanto que; o segundo é composto por mistura de areia e solo franco arenoso. Já o jardim de chuva apresentado no artigo A10, que assim como o A13, se trata de um estudo de caso e apresenta espessura total de 78cm, sendo 38cm de camada arenosa, 30 cm de mistura de areia e cascalho e 10cm de silte. Há variações em espessuras e tipos de camada, cujas motivações estão atreladas a relação de capacidade de armazenamento e tempo de retenção de um volume de água, que pode ser conduzido para a rede urbana de drenagem ou para as camadas inferiores do solo.

### 6.1.3 Taxa de infiltração

O artigo A06 argumenta que as diretrizes relacionadas à taxa de infiltração variam em função do tipo de solo e que não deve ficar acima de 6,35cm/h. Este valor é adotado, também pelos artigos A03, A04, A07 e A08 para solos limpos, enquanto o artigo A04 trabalha com taxa de infiltração de 2,54cm/h simulando um solo não limpo. O artigo A06 simula o funcionamento do jardim de chuva com de 12mm/h e o A08 com taxa mínima de 6,35mm/h, valores bem inferiores ao indicado em algumas diretrizes. A taxa de infiltração irá definir o tempo que um volume de água irá ser drenado, condição primordial para que se evite água acumulada no solo.

### 6.1.4 Observações relacionadas aos parâmetros hidráulicos

Nos artigos também são apresentadas informações a respeito do comportamento do jardim de chuva ligados a parâmetros hidráulicos. Estas informações encontram-se pontuadas abaixo:

- Os estudos apresentados no artigo A01 diz que a escolha do tipo de sistema de drenagem sustentável deve ser analisada com base no clima e no planejamento urbano, sendo que algumas questões precisam ser mais bem discutidas: redução da poluição da fonte difusa, qualidade da água, melhoria e custo-benefício.
- No artigo A03 se recomenda o ajuste de drenagem para 12 horas em jardim de chuva, garantindo que o memo não fique seco por muito tempo e nem encharcado por muito tempo, evitando problemas de saúde pública.
- Mesmo se trabalhando com taxa mínima de infiltração, de 6,35mm/h, o artigo A06 mostra que o jardim de chuva permite uma redução do escoamento em 85,44%, sendo 85,12% correspondente a infiltração no solo e 0,32% correspondendo a evaporação e evapotranspiração que pouco impactou na redução do escoamento.
- No artigo A09 que compara diversos sistemas de captação de água de chuva na fonte reporta que jardim de chuva, célula de biorretenção e telhado verde reduzem respectivamente o

escoamento superficial com percentual de 86,4%, 83,6% e 82%, respectivamente, e o pavimento permeável reduz em 62%.

- O artigo A13 constata que jardins de chuva, através de armazenamento/infiltração, possuem potencial de redução de escoamento superficial em de mais de 60%.
- O artigo A10 apresenta evidência de que o jardim de chuva favorece a infiltração e recarga do aquífero subterrâneo, com impacto imediato em aquíferos com profundidade <30m e próximo a drenagem na fonte e em até 2 dias em aquíferos mais profundos (75 a 100m).
- Em se tratando do apontamento de diretrizes, o artigo A06 cita 42 normas americanas que apresentam parâmetros para construção e implantação de jardim de chuva e o artigo A13 que compara resultados de parâmetros hidráulicos com normativas da Austrália (FAWB), dos EUA (MPCA) e o do Reino Unido (CIRIA).

## 6.2 Vegetação

### 6.2.1 Plantas utilizadas e fração de plantios

O estudo desenvolvido pelo artigo A02 fez o uso da vegetação grama de pradaria (*Panicum virgatum*) em protótipos construídos para avaliar comportamento dos solos, onde se constatou que solos mais finos apresentam maior capacidade de água disponível para plantas, podendo fornecer água mesmo em períodos sem chuva, enquanto solos mais arenosos tem baixa capacidade de água disponível para as plantas, afirmando que em solos mais finos não favorecem o crescimento vegetacional.

O artigo A12 realizou ensaios para avaliar a interceptação, evapotranspiração e infiltração das águas pluviais que ele categoriza como processos de retenção e; avaliar a detenção temporárias das águas de chuva que ele categoriza como detenção que antecede a retenção. Em comparação ao solo nu, a retenção das gramíneas e herbáceas perenes, foram respectivamente maiores em 4,80% e 12,14%. As herbáceas perenes demonstraram maior capacidade de retenção em relação ao solo nú, com taxa de 54% e ao solo com gramíneas, com taxa de 32%. O artigo A12 também aponta que em solos com camadas de vegetação, quando comparado com solos nus, apresentam picos de escoamento menores, sendo que as herbáceas perenes são o tipo de vegetação que apresenta melhor atenuação. Enquanto o artigo A12 aborda a vegetação como componente importante na infiltração, o artigo A06 aponta pouca contribuição da evapotranspiração na redução do escoamento superficial.

### 6.3 Retenção de sedimentos

Alguns artigos abordaram o percentual de retenção de sólidos no jardim de chuva em função da carga de sólidos aplicada e do tipo de vegetação utilizada.

No artigo A11 fez-se estudo probabilístico para determinar o grau de entupimento do jardim de chuva submetido a eventos extremos, de curta duração, com três tipologias de carga de sólidos totais (10mg/L; 40mg/L e 297mg/L). O jardim em estudo, composto por solo nativo com camada de cobertura de solo arenoso, apresentou entupimento em aproximadamente 15 meses para uma concentração de sólidos na água de chuva de 297mg/L, de 34 meses com 20mg/L de sólidos, em contraste com os aproximadamente 66 meses para 10 mg/L de sólidos. Ressalta que os entupimentos ocorrem nos primeiros centímetros de solo podendo o plantio reduzir este efeito. Mesmo assim é fundamental a manutenção periódica para garantir a melhor eficiência do sistema.

#### 6.4 Lacunas do conhecimento

Outras informações consideradas relevantes, não foram encontradas, deixando sem resposta as questões pontuadas abaixo:

- Qual o limite de distância entre o fundo do jardim de chuva e o lençol freático?
- Qual tipo de vegetação mais resistente em relação a períodos de seca?
- Qual a redução efetiva de águas superficiais destinadas aos sistemas urbanos de drenagem?
- Quais indicadores poderiam atestar a eficiência do jardim de chuva?
- Qual a área máxima do jardim de chuva deve ser utilizada como dispositivo de coleta na fonte considerando as normativas de uso e ocupação do solo?
- Qual a redução na poluição das fontes difusas e a qualidade da água drenada de um jardim de chuva?
- Qual o custo benefício de se instalar um jardim de chuva em prol de outros dispositivos de drenagem na fonte com infiltração?

#### 7. CONCLUSÃO

Esta RSL dedicou-se a apresentar publicações em formato de artigo sobre jardim de chuva, para identificação de parâmetros e condições de implantação e operação que subsidiem políticas públicas e a elaboração de uma norma técnica sobre o tema.

A bibliografia selecionada aponta estudos que contemplam parâmetros hidráulicos, tipo de vegetação utilizada e eficiência na retenção de sedimentos, sendo que, as maiores contribuições estão relacionadas a áreas de contribuição (áreas impermeáveis); taxas de infiltração ligadas a tipos de camadas de solos; eficiência da vegetação; e retenção de sedimentos.

Identificou-se lacunas relacionadas a estudos que definam a distância do jardim de chuva em relação ao lençol freático, tipo de vegetação mais resistente em relação a períodos de seca, taxa percentual de diminuição de águas destinadas aos sistemas urbanos de drenagem e um indicador que ateste a eficiência do jardim de chuva.

Alguns autores apontam que as diretrizes utilizadas ainda são muito conservadoras e que precisam ser melhor avaliadas para adequação às condições de cada área.

A análise também demonstra a falta de protagonismo nos estudos de jardins de chuva de pequenas escalas, instalados dentro dos lotes urbanos, que podem contribuir para a diminuição de estruturas de drenagem construídas pelo poder público.

#### 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Mariana Borges et al. Sustainable Urban Drainage: a brief review of the compensatory techniques of structural and non-structural measures. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 23, p. 35, 2019.

BATTEMARCO, Bruna Peres et al. Sistemas de espaços livres e drenagem urbana: um exemplo de integração entre o manejo sustentável de águas pluviais e o planejamento urbano. **Paisagem e Ambiente**, n. 42, p. 55-74, 2018.

CUI, T.; YUQIAO, L.; YINTANG, W. Choosing the LID for Urban Storm Management in the South of Taiyuan Basin by Comparing the Storm Water Reduction Efficiency, *Water*, Vol. 11, No. 12, 2019, <https://doi.org/10.3390/w11122583>.

DEARDEN, R. A.; MARCHANT, A.; ROYSE, K. Development of a suitability map for infiltration sustainable drainage systems (SuDS). **Environmental earth sciences**, v. 70, n. 6, p. 2587-2602, 2013.

DELVECCHIO, Taylor; WELKER, Andrea; WADZUK, Bridget M. Exploration of volume reduction via infiltration and evapotranspiration for different soil types in rain garden lysimeters. **Journal of Sustainable Water in the Built Environment**, v. 6, n. 1, p. 04019008, 2020.

FERREIRA, Thays Santos; BARBASSA, Ademir Paceli; MORUZZI, Rodrigo Braga. Controle de enchentes no lote por poço de infiltração de água pluvial sob nova concepção. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, p. 437-446, 2018.

GONÇALVES, Felipe Timmermann; NUCCI, João Carlos. Sistemas de drenagem sustentável (suds): propostas para a bacia do rio Juvevê, Curitiba-PR. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 42, p. 192-209, 2017.

GUO, James CY; LUU, Toan M. Hydrologic model developed for stormwater infiltration practices. **J. Hydrol. Eng.**, v. 20, n. 9, p. 06015001, 2015a.

GUO, James CY; LUU, Toan M. Operation of cap orifice in a rain garden. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 20, n. 10, p. 06015002, 2015b.

HERRERA, Josefina et al. A model for simulating the performance and irrigation of green stormwater facilities at residential scales in semiarid and Mediterranean regions. **Environmental Modelling & Software**, v. 95, p. 246-257, 2017.

JENNINGS, Aaron A.; BERGER, Michael A.; HALE, James D. Hydraulic and hydrologic performance of residential rain gardens. **Journal of Environmental Engineering**, v. 141, n. 11, p. 04015033, 2015.

LOPES, Wilza Gomes Reis; JÚNIOR, João Macêdo Lima; MATOS, Karenina Cardoso. Impactos do crescimento de áreas impermeáveis e o uso de medidas alternativas para a drenagem urbana. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e213997102-e213997102, 2020.

LU, W.; QIN, Xiao Sheng; JUN, Changhyun. A Parsimonious Framework of Evaluating WSUD Features in Urban Flood Mitigation. **Journal of Environmental Informatics**, v. 33, n. 1, 2019.

LUCAS, Alessandro Hirata et al. Avaliação da construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 20, p. 17-28, 2015.

MELO, Tássia dos Anjos Tenório de et al. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. **Ambiente Construído**, v. 14, p. 147-165, 2014.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. [2022]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 21 maio. 2022.

NICHOLS, William et al. Modeling seasonal performance of operational urban rain garden using HYDRUS-1D. **Journal of Sustainable Water in the Built Environment**, v. 7, n. 3, p. 04021005, 2021.

OKOLI, Chitu et al. Guia para realizar uma Revisão Sistemática de Literatura. **EAD em Foco**, v. 9, n. 1, 2019.

REIS, Ricardo Prado Abreu; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira; TEIXEIRA, Paula de Castro. Sistemas Prediais de Infiltração de Água de Chuva: aplicações, limitações e perspectivas. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 7, n. 3, 2013.

REIS, Ricardo Prado Abreu; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira. Comparação de desempenho hidrológico de sistemas de infiltração de água de chuva: poço de infiltração e jardim de chuva. **Ambiente Construído**, v. 14, p. 79-90, 2014.

SOKOLOVSKAYA, Natalya; EBRAHIMIAN, Ali; WADZUK, Bridget. Modeling Infiltration in Green Stormwater Infrastructure: Effect of Geometric Shape. **Journal of Sustainable Water in the Built Environment**, v. 7, n. 2, p. 04020020, 2021.

TANSAR, Husnain; DUAN, Huan-Feng; MARK, Ole. Catchment-scale and local-scale based evaluation of LID effectiveness on urban drainage system performance. **Water Resources Management**, v. 36, n. 2, p. 507-526, 2022.

TUCCI, Carlos EM; BERTONI, Juan Carlos. **Inundações urbanas na América do Sul**. Ed. dos Autores, 2003.

VASCONCELOS, Anáí Floriano; MIGUEZ, Marcelo Gomes; VAZQUEZ, Elaine Garrido. Critérios de projeto e benefícios esperados da implantação de técnicas compensatórias em drenagem urbana para controle de escoamentos na fonte, com base em modelagem computacional aplicada a um estudo de caso na zona oeste do Rio de Janeiro. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 655-662, 2016.

VENVIK, Guri; C. BOOGAARD, Floris. Infiltration capacity of rain gardens using full-scale test method: effect of infiltration system on groundwater levels in Bergen, Norway. **Land**, v. 9, n. 12, p. 520, 2020.

WILLIAM, Reshmina; GARDONI, Paolo; STILLWELL, Ashlynn S. Reliability-based approach to investigating long-term clogging in green stormwater infrastructure. **Journal of Sustainable Water in the Built Environment**, v. 5, n. 1, p. 04018015, 2019.

YUAN, Jia; DUNNETT, Nigel; STOVIN, Virginia. The influence of vegetation on rain garden hydrological performance. **Urban Water Journal**, v. 14, n. 10, p. 1083-1089, 2017.

ZHANG, Linying et al. Rainwater storage/infiltration function of rain gardens for management of urban storm runoff in Japan. **Landscape and Ecological Engineering**, v. 15, n. 4, p. 421-435, 2019.