



Esta obra está licenciada com uma Licença

[Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Compartilhalgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Fonte: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/rlaac_sustentabilidade/about.

Acesso em: 01 set. 2022.

Referência

FURLANI, Clarissa Gonçalves Ribeiro; SANT'ANA, Daniel. Uma revisão do desempenho de jardins de chuva e tipos de solo. **Revista Latino-americana de Ambiente Construído & Sustentabilidade**, Tupã, v. 2, n. 7, 2021. DOI 10.17271/rlaac.v2i7.3000. Disponível em:

https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/rlaac_sustentabilidade/article/view/3000.

Acesso em: 01 set. 2022.

Uma revisão do desempenho de jardins de chuva e tipos de solo

Clarissa Gonçalves Ribeiro Furlani

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UnB, Brasil
ORCID: 0000-0001-7492-7536
clarissa.furlani@aluno.unb.br

Daniel Sant'Ana

Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, UnB, Brasil
ORCID: 0000-0002-9020-081X
dsantana@unb.br

RESUMO

Mudanças climáticas globais, excesso de impermeabilização, crescimento urbano acelerado, canalização de rios e córregos, são algumas das motivações que contribuem para alteração do ciclo hidrológico. Estas transformações impactam no regime chuvas, e podem gerar problemas como inundações e enchentes, porém, podem ser tratadas por técnicas de desenvolvimento de baixo impacto, e um exemplo disso são os jardins de chuva, que tem como principal objetivo captar e atenuar o escoamento superficial de precipitações e contribuir para a recarga de aquíferos. Muitos estudos e simulações acerca do tema foram realizados, porém, é necessário compreender como características locais, climáticas e de desenho poderiam influenciar no desempenho destas estruturas, para que o desenvolvimento de projetos seja conduzido de maneira assertiva. Para tal, foi realizada revisão bibliográfica sistemática, através de protocolos de busca na plataforma *Web of Science*, de onde foram extraídos 50 trabalhos que subsidiaram o desenvolvimento da pesquisa. Os achados descreveram os principais fatores de influência no desempenho de jardins de chuva, como: classificação do solo, condutividade hidráulica, características climáticas, altura do lençol freático e a geometria do projeto. Ficou evidente com base na pesquisa que, apesar da possibilidade de fatores como tipos dos solos e índices pluviométricos exercerem influências negativas no desempenho dos jardins de chuva, estas podem ser contornadas com o desenvolvimento de estratégias adequadas de projeto. Por fim o estudo proporcionou a sistematização de informações considerando as tipologias de solo, pontos fortes e fracos, além de sugestões para de tratamento das limitações apontadas, com vistas a auxiliar na análise e desenvolvimento de projetos.

PALAVRAS-CHAVE: Jardins de chuva, tipos de solo, LID, lençol freático, desempenho.

1. INTRODUÇÃO

Enchentes e alagamentos são realidades em muitas cidades brasileiras. Segundo ANA (2014), em 2.780 cursos d'água brasileiros, existem cerca de 13.948 trechos inundáveis. Destes, trinta por cento são classificados como sendo de alta vulnerabilidade, ou seja, recebem eventos extremos que apresentam recorrência em períodos menores do que cinco anos. Enchentes urbanas representam riscos expressivos no sentido de comprometer serviços essenciais, ocasionam danos ao patrimônio público e particular, bem como a vida humana (ANA, 2014). Somente na capital paulista existem 18 trechos inundáveis registrados, onde 16 foram classificados como alta vulnerabilidade (ANA, 2012).

As ocorrências destes tipos de desastres naturais apresentam correlações com as mudanças climáticas globais, excesso de impermeabilização dos solos e canalização de rios e córregos, que acabam alterando o ciclo hidrológico natural (JATOBÁ, 2011). Estas e outras consequências estão ligadas ao modelo de urbanização implantado em diversos centros urbanos brasileiros e mundiais, que podem ter seus efeitos atenuados através da aplicação de técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto, do Inglês *Low Impact Development (LID)*¹. Em geral, LID trata do manejo de águas pluviais urbanas com soluções baseadas na natureza (UACDC, 2010). Atualmente, movimentações governamentais e populares por cidades mais sustentáveis ocorrem de forma global e podemos destacar a busca pela adoção de métodos alternativos e práticas de desenvolvimento urbano de baixo impacto ambiental. As soluções englobam sistemas de infiltração, filtragem, armazenamento, evaporação e paisagismo aliados a soluções como: controle de fluxos, bacias de retenção, até sistemas com ênfase em infiltração e que conseqüentemente promovem tratamento de fluidos. As soluções de desenvolvimento de baixo impacto devem ser escolhidas e adaptar-se conforme a demanda e as características do local em que se pretende intervir (UACDC, 2010).

¹ LID, também conhecido como: Infraestrutura Verde (ou Verde-azul), Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto, Best Management Practice (BMP), Sustainable Urban Drainage (SUD) e Sustainable Urban Water Drainage (SUWD).

Jardins de chuva² podem ser descritos como sistemas de infiltração e também como bacias de detenção (ARAVENA, 2009). Segundo Aravena (2009), estes sistemas são mais eficazes em eventos de precipitação de pequena à média intensidade. Jardins de chuva apresentam significativa capacidade de retardar e atenuar a vazão das águas pluviais, o que contribui para elevação da taxa de infiltração e de absorção da água de chuva pelo solo (MONASH, 2014). Este sistema funciona com uma sobreposição de diversas camadas de materiais filtrante aliadas ao emprego de espécies vegetais que se encarregam de amortecer a vazão do escoamento da água, bem como remover carga de poluentes e facilitar sua permeabilidade através do solo (MONASH, 2014). É desta forma que estes dispositivos trabalham para atenuar a incidência de picos de vazão que poderiam ocasionar problemas como alagamentos, enchentes e a sobrecarga dos sistemas de drenagem. Além de todos os benefícios gerados para os sistemas consolidados de drenagem urbana, podem também ser interpretados como uma alternativa para melhoria das condições de urbanização (UACDC, 2010).

Diferentes exemplos de aplicação da técnica em territórios internacionais reforçam o potencial da das tecnologias de baixo impacto como os jardins de chuva quanto sistemas coadjuvantes em drenagem urbana (CORMIER, 2008). Em Seattle, estima-se que o jardim projetado e implantado na *12th Avenue* capture quase a totalidade dos cerca de 681 mil litros de água pluvial que escoam no local anualmente, além de reduzir em pelo menos 70% as enchurradas (VOGEL, 2006). A cidade ainda apresenta outros casos que evidenciam o desempenho destas soluções, como o *SEA Street Project* que abrangeu 183m da *2nd Ave*, onde dois quarteirões receberam intervenções, que segundo aferições realizadas por equipes da Universidade de Washington, os jardins foram capazes de capturar 96% da água proveniente de escoamento das precipitações (VOGEL, 2006).

Os jardins de chuva ainda são capazes de proporcionar ganhos secundários como benefícios para o microclima, paisagísticos, uso de espécie nativas, reestabelecimento do habitat natural, além da melhora da capacidade de recarga de aquíferos locais (MONASH, 2014). Todavia, os benefícios da implantação destas tecnologias estão ligados diretamente ao tipo do solo local, composição das camadas do jardim de chuva, vegetação, formato do leito e dispositivos de drenagem (ZHANG, CHUI, 2019). De acordo com Zhang e Chui (2019), a depender dos fatores anteriormente citados, os jardins de chuva podem cumprir seu propósito com grande êxito, causar impactos negativos como o transporte de solutos para aquíferos e consequentemente ocasionar a poluição das águas mais profundas, ou mesmo sequer desempenhar funções como a atenuação do escoamento de águas de chuva, caso este acabe por interceptar o lençol freático. Para tanto, é importante considerar aspectos relacionados a condutividade hidráulica, composição do solo local e formato do leito. É válido destacar que através da análise do tipo de solo e da altura do lençol freático, é possível estimar o desempenho e a viabilidade técnica de implantação.

Ainda há muito para se avançar no que se diz respeito ao desempenho e benefícios ambientais promovidos por jardins de chuva em áreas urbanas. Observa-se que a faixa de dados e parâmetros apresentados em estudos prévios é de grande amplitude. Então, desta forma,

² Também conhecido como: bacias de biorretenção, valas, bacias ou jardins de infiltração e canteiro pluvial.

seria possível obter intervalos mais assertivos e coerentes, classificando os estudos de acordo com as características de composição de solos. Com isso, este trabalho teve como objetivo comparar diferentes tipos de solo com a capacidade de infiltração de jardins de chuva de estudos prévios para compreender como esses fatores afetam o seu desempenho.

2. MÉTODO

Para alcançar o objetivo traçado, este trabalho realizou uma revisão de literatura sistemática a cerca do tema através da busca e seleção de artigos científicos cujo os dados de desempenho, caracterização de jardins de chuva, projeto e classificação de solo foram publicados em periódicos internacionais.

A pesquisa bibliográfica foi iniciada com a busca de trabalhos originais e artigos de revisão na plataforma *Web of Science* utilizando as seguintes palavras-chave: *Rain Garden; Rain Gardens; Low Impact Development; Green Infrastructure; Stormwater; Best Management Practices; Groundwater Table; Geological Heterogeneity e Performance*. As palavras foram combinadas por meio de operadores booleanos utilizando os termos *AND* e *OR* para se construir os seguintes protocolos de busca:

1. ("Rain Garden" OR "Rain Gardens") AND ("Low Impact Development" OR "Green Infrastructure") AND "Stormwater"
2. "Green infrastructure" AND "Low impact development" AND "Best management practices" AND "stormwater"
3. "Groundwater table" AND ("Green infrastructure" OR "Low impact development" OR "Best management practices" OR "Stormwater")
4. "Geological heterogeneity" AND ("Green infrastructure" OR "Low impact development" OR "Best management practices" OR "Stormwater")
5. "Performance" AND ("Green infrastructure" OR "Low impact development" OR "Best management practices") AND ("Rain Garden" OR "Rain Gardens").

Quanto aos critérios utilizados para busca, os protocolos foram aplicados para a pesquisa em todos os campos, ou seja, realizados tanto no título do artigo, palavras-chave e corpo do texto, além de atender a necessidade de publicação em língua inglesa e ao período de indexação estipulado entre 01 de janeiro de 2016 a 30 de setembro de 2021.

Com relação aos critérios para inclusão dos trabalhos, estes deveriam apresentar a análise de um caso real ou simulação, com informações a cerca da finalidade do projeto, tipo de solo do local de implantação do jardim de chuva, capacidade de infiltração, dados de desempenho, desenho e a altura do fundo do jardim de chuva em relação ao lençol freático.

A busca na base de dados considerou os cinco protocolos já apresentandos, e retornou o total de 260 artigos. Destes, em um primeiro momento foram excluídos 219 trabalhos, que foram aqueles cujo o título e o resumos não apresenta alguma correlação com o objetivo deste estudo. A Tabela 01 apresenta os resultados obtidos no emprego de cada protocolo e o número de trabalhos considerados e desconsiderados.

Tabela 01: Correlação entre o resultado dos protocolos de busca e trabalhos considerados e desconsiderados.

Protocolo	Resultados encontrados	Resultados Considerados	Resultados Excluídos
1	133	23	110
2	16	4	12
3	23	6	17
4	4	1	3
5	84	7	77

Após a análise inicial, foram selecionados 41 trabalhos relevantes, os quais foram analisados e seus dados utilizados para compreender como tipo de solo e a capacidade de infiltração afetam o desempenho de jardins de chuva. Ainda, foram incluídos 9 publicações que auxiliaram a construção do capítulo de introdução, totalizando 50 trabalhos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Jardins de chuva apresentam áreas superficiais que equivalentem de 5 até 15% da área de contribuição, em outras palavras, a área de influência ou abrangência de coleta da precipitação (ZHANG, CHUI, 2016). Estas estruturas são construídas através da sobreposição de camadas, onde cada qual exerce uma função distinta. A camada superior, ou seja, a mais externa, é recoberta geralmente por vegetação rasteira, brita, folhas secas, cascas de árvores ou outros materiais semelhantes, e apresenta espessura total de aproximadamente 2 à 7 centímetros. É nesta camada que a água proveniente da chuva com o auxílio dos materiais que a recobrem, iniciará o processo de infiltração. O paisagismo é uma importante ferramenta de promoção de permeabilidade e auxilia no fluxo da infiltração e da percolação da água, logo, de modo geral é indicado o emprego de espécies nativas e que estejam adaptadas a períodos longos de exposição e condições submersas (SHARMA, MALAVIYA, 2020).

Quanto a segunda camada, esta apresenta espessura entre 14 e 25 centímetros, e é composta comumente por pedras, cascalheiras e materiais granulares. Esta camada necessita ser envolvida em material drenante como os geotêxteis, com a finalidade de evitar colmatção, entupimento de sistemas de drenagem complementares e mesmo em sistemas que alimentam o jardim de chuva, como captação de águas de telhados. A envoltória da camada deve ser entendida também como as laterais do jardim de chuva, ainda que para efeito de cálculo e modelagem, estas não sejam consideradas como superfícies drenantes dado a sua baixa contribuição, que representa cerca de 20% (D'ANIELLO, CIMORELLI, COZZOLINO, 2019). Por fim a última camada com espessura entre 45 e 90 centímetros, que pode ser composta por solo predominantemente arenoso (cerca de 90%), e é responsável por promover a percolação da água infiltrada através do fundo do jardim de chuva e também servir como reservatório, visto que o tempo de infiltração depende da condutividade hidráulica do solo abaixo (SHARMA, MALAVIYA, 2020).

Já Zhang e Chui (2016), descrevem também os jardins de chuva como um sistema composto por um leito com três camadas de dimensões diferentes. Para a primeira camada, a espessura estabelecida é de 15 à 30 centímetros, sendo esta a responsável pelo armazenamento inicial da água de chuva; a segunda camada, com profundidade entre 50 e 120 centímetros, é constituída por materiais responsáveis por promover filtragem da água, e por fim a última

camada, com espessura de 30 centímetros, é composta por cascalhos e faz a interface do jardim chuva com o solo, liberando a água para percolação, conforme exemplificado pela Figura 01.

Figura 01: Representação esquemática de um jardim de chuva



Quanto as condicionantes locais, como o tipo de solo e o volume de precipitações incidentes no jardim de chuva, estes são fatores determinantes para o desenvolvimento do projeto de forma adequada, para que de fato o jardim de chuva possa cumprir com sua finalidade. Estes dados são a base para se compreender e determinar como cada camada deverá ser construída, segundo tipos de materiais, espessuras, formato, e as necessidades locais e de projeto.

3.1. FATORES QUE INFLUENCIAM NO DESEMPENHO DE JARDINS DE CHUVA

O desempenho de jardins de chuva está sujeito aos mais diversos fatores, entre eles a classificação do solo do local escolhido para implantação (D'ANIELLO, CIMORELLI, COZZOLINO, PIANESE, 2019), materiais especificados para composição das camadas do sistema, condutividade hidráulica, paisagismo, condições ambientais (LI, XIONG, ZHU, LIU, DZAKPASU, 2021) e a altura do lençol freático (ZHANG, CHUI, 2019).

Sharma e Malaviya (2020), classificaram os jardins de chuva em quatro tipologias segundo suas características de permeabilidade do solo. No primeiro tipo, a permeabilidade do solo é maior que 30 mm/h e permite a infiltração e percolação completa da água. O segundo tipo, como solos que apresentam permeabilidade maior que 15 mm/h e menor que 30 mm/h, onde também ocorre a infiltração e a percolação total. Porém, de forma mais lenta, há a necessidade de se dispor de uma camada porosa para exercer a função de reservatório temporário para água, dada a diminuição da condutividade hidráulica. Já o terceiro tipo, abrange solos com permeabilidade entre 1 e 15 mm/h, onde há necessidade de emprego de dispositivos de drenagem, como tubos perfurados. O quarto tipo, inclui os solos com permeabilidade menor que 1 mm/h, ou seja, são pouco permeáveis e de baixa condutividade hidráulica. Neste último caso, o controle do escoamento das águas pode ser prejudicado, portanto, deve-se adotar medidas mitigadoras (LI, XIONG, ZHU, DZAKPASU, 2021).

Ainda tratando sobre a capacidade de condutividade hidráulica dos solos, e neste aspecto juntamente com a intensidade pluviométrica de precipitações, estes fatores quando conjugados se mostram impactantes no desempenho dos jardins de chuva (HAGER, HU, HEWAGE, SADIQ, 2019). Estes aspectos foram reforçados pelos achados de Anderson, Franti e

Shelton (2018), que demonstraram em seus estudos que a depender da composição do solo é necessário adequar as dimensões da camada de armazenamento e retenção para que o solo que compõe o jardim de chuva não sature por completo e deixe de tratar o escoamento superficial.

A manutenção do sistema também é um fator relevante para sua condutividade hidráulica, visto que há possibilidade de acúmulo de materiais particulados na superfície do jardim de chuva e que podem percolar e reduzir a capacidade de absorção e infiltração das camadas subjacentes (SHARMA, MALAVIYA, 2020). D’Aniello, Cimorelli e Cozzolino (2019), propõe como solução contra a sedimentação e a perda da capacidade de infiltração, a construção de uma região de sedimentação, o que preservaria a eficiência do sistema e facilitaria a realização de manutenções periódicas.

Outro aspecto importante é a respeito da presença de lençol freático. Em locais onde o lençol freático encontra-se próximo da superfície ou da cota mais baixa do jardim de chuva é possível que ocorra, durante a percolação da água, a elevação da cota do lençol freático. O incremento do volume de água pluvial pode influenciar na capacidade do sistema e, dada a possibilidade de saturação precoce do solo local, existe a probabilidade de contaminação das águas subterrâneas, uma vez que a camada filtrante pode não ser suficiente para reter os poluentes (ZHANG, CHUI, 2016). Uma maneira de se tratar a saturação do jardim de chuva, é a adoção de sistemas capazes de coletar o volume de água excedente e conduzi-la a um local adequado para proceder a infiltração.

No tocante a prevenção da contaminação dos solos os achados reportados por Zhang e Chui (2016), estabelecem como margem segura a distância de 1,5 a 3,0 metros entre a cota mais baixa do jardim de chuva e o topo do lençol freático, o que seria suficiente para prevenir a contaminação em locais onde os solos são menos permeáveis.

Tratando ainda sobre o desempenho dos jardins de chuva, Zhang e Chui (2016) estabeleceram correlações entre o desempenho do sistema e sua forma. Os autores concluíram que jardins de chuva com a mesma área de infiltração, porém, com larguras maiores, são capazes de infiltrar uma quantidade maior de água em relação a jardins de chuva mais estreitos e que mantiveram a mesma área de infiltração superficial. De fato, muitos são os fatores que podem influenciar na eficiência do funcionamento de um jardim de chuva e compreender como estes se comportam e interagem entre si, é um importante viés para se obter bons resultados.

3.2. TIPOS DE SOLO E SUAS INFLUÊNCIAS

Estudos anteriores já ressaltaram que a composição do solo é capaz de influenciar de forma direta na capacidade de infiltração dos jardins de chuva e impactar em seu desempenho. De forma abrangente, os solos podem ser separados em duas grandes categorias: os de baixa condutividade hidráulica (menos permeáveis); e os de alta condutividade hidráulica (mais permeáveis). Dentro destas duas classificações podemos destacar que solos com maior permeabilidade são mais propícios para regulação e controle do escoamento superficial das águas de chuva. Já os solos menos permeáveis apresentam vantagens de instalação em áreas onde há presença de elementos contaminantes e deseja-se preservar a qualidade das águas subterrâneas (ZHANG, CHUI, 2019).

Seguindo o exposto por Zhang e Chui (2019), os solos menos permeáveis, como as argilas arenosas, quando utilizados em camadas destinadas a retenção e filtragem,

desempenham funções relacionadas a melhoria da qualidade das águas que chegará aos lençóis freáticos. Porém, podem diminuir o desempenho dos sistemas quanto à sua capacidade de retenção de escoamento superficial, uma vez que atingem seu limite mais rapidamente. Zhang e Chui (2016) destacam que de 60 até 100% da água pluvial recebida por um jardim de chuva cujo leito é composto por areia argilosa é absorvida e, para solos identificados como argila arenosa, os índices ficam entre 20 até 85%, o que é explicado dada a baixa porosidade do material, dificultando assim a percolação da água, e tornando o processo de percolação mais demorado. Uma vez que o sistema trabalhe em sua capacidade total por períodos maiores, ou seja, que o solo permaneça saturado por mais tempo, a captação de água pluvial será afetada.

Diante disto, é possível relacionar o desempenho e a função de cada tipo de solo, bem como o tempo de percolação da água. Para argilas arenosas é estimado o período de 50 até 180 horas, já para solos do tipo areias argilosas há redução, ocorrendo a percolação no período de 2,5 até 70h (ZHANG, CHUI, 2016). Ainda neste sentido, após a análise dos dados, é possível compreender a formação de áreas de acúmulos de água no subsolo no entorno do leito de jardins de chuva, principalmente em locais onde há incidência de argilas, o que não se observa em áreas de solo arenoso, dado que a dissipação, ou seja, a percolação até atingir o lençol freático ocorre rapidamente, de certa forma, o que pode ser entendido como uma grande vantagem, pois evita a saturação prematura do leito e conseqüentemente uma possível queda da desempenho.

O comportamento das diferentes composições do solo aponta maior relevância em eventos severos de precipitação, não apresentando grande alterações no desempenho em casos de precipitações fracas e regulares (ZHANG, CHUI, 2016).

D’Aniello, Cimorelli, Cozzolino e Pianessi (2019) destacam que para solos heterogêneos, descritos em seus estudos como solos argilosos, quanto mais profunda a camada de filtragem, maior a capacidade de armazenamento de água e com isso há diminuição da influência da composição do solo na capacidade de captura do sistema. Os estudos de D’Aniello, Cimorelli e Cozzolino (2019), apontam também que além da classificação do solo e a capacidade de permeabilidade, o formato da área de infiltração também influencia no desempenho dos jardins de chuva.

Ainda com relação a condutividade hidráulica, os solos que apresentam pouca permeabilidade, ou seja, aqueles identificados com baixa condutividade hidráulica podem sofrer colmatação, o que reduz a capacidade de retenção da água nos jardins de chuva, e que também acontece quando estes solos estão presentes em camadas subsequentes (LI, XIONG, ZHU, DZAKPASU, 2021). Já por outro lado, solos excessivamente permeáveis podem permitir a infiltração de poluentes, como metais pesados, o que é menos provável em solos argilosos. Li, Xiong, Zhu, Liu e Dzakpasu (2021) destacam que é possível adicionar a camada de filtragem, materiais como fibra de coco, carvão e o biocarvão, por exemplo, assim desta forma é possível obter boas condições de permeabilidade e ainda promover a remoção de materiais poluentes.

O Quadro 01 apresenta de forma objetiva as condições de condutividade hidráulica, os aspectos positivos e negativos dos solos arenosos e argilosos, bem como medidas sugeridas encontradas nos estudos de casos analisados passíveis de contribuir para atenuação de efeitos e desempenhos indesejados.

Quadro 01: Quadro resumo das principais características de solo e comportamento em jardins de chuva.

Tipo de solo	Condutividade hidráulica	Benefícios	Fraquezas	Soluções possíveis para tratamento das fraquezas
Argilosos	Baixa	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de retenção de materiais contaminantes; • Formação de zonas de acúmulo de água (zonas saturadas); 	<ul style="list-style-type: none"> • Colmatação: redução da permeabilidade e consequentemente da capacidade de retenção do jardim de chuva; • Quando muito próximo do lençol freático maiores as chances de ocorrência de zonas saturadas e impedir o consequentemente redução da capacidade controle de escoamento superficial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de camada mais espessa de filtração e de armazenamento; • Camada de filtração com incorporação de materiais capazes de melhorar a condutividade; • Construção de área de sedimentação; • Maior distanciamento do lençol freático.
Arenosos	Alta	<ul style="list-style-type: none"> • Alta capacidade de absorção de água; • Rapidez na percolação da água no solo; • Alta contribuição para controle do escoamento superficial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de carrear poluentes para o lençol freático; 	<ul style="list-style-type: none"> • Camada de filtração com incorporação de materiais capazes de melhorar a retenção de materiais contaminantes; • Distanciamento maior da cota mais baixa da última camada do jardim de chuva para o topo do lençol freático para proteção das águas subterrâneas.

3.3. GANHOS AMBIENTAIS

Os benefícios proporcionados por jardins de chuva vão além de apenas o controle de escoamento das águas advindas de precipitações. Estes são capazes de promover serviços ecossistêmicos e ganhos ambientais, como a recarga de aquíferos através da alimentação dos fluxos de subsuperfície e de base, e também como já discutido anteriormente a filtragem das águas pluviais através da percolação no solo (PRUDENCIO, NULL, 2018).

Os serviços ecossistêmicos podem ser descritos por quatro categorias: i) provisão; ii) regulação; iii) cultural; e iv) suporte. De acordo com Prudencio e Null (2018) a provisão está relacionada com a disponibilidade hídrica, produção de energia e alimentos vegetais, onde parte destes ganhos está relacionada com a produção de vapor atmosférico através da vegetação, o que interfere positivamente na viabilização da recarga dos aquíferos e no manejo da hidrologia urbana. Já quanto a regulação, os autores relacionam fatores como o controle de enchentes, conforto térmico, purificação das águas e sequestro de carbono. Os aspectos culturais destacam o potencial econômico, cultural, social e recreativo. Observou-se que houve um aumento do senso de comunidade e bem-estar, além da valorização imobiliária, educação ambiental e adoção das áreas destinadas aos jardins de chuva para a finalidade de lazer contemplativo. E por último a categoria de suporte, onde os aspectos de biodiversidade e habitat de fauna e flora são considerados, com a preservação e reconstituição de populações.

Além dos serviços ecossistêmicos, Zhang e Chui (2019) apontam a capacidade de restauração do ciclo pré-hidrológico, a recarga de aquíferos, bem como a capacidade de armazenamento de água durante o período chuvoso, o que colabora para continuidade da recarga de corpos d'água durante os períodos secos. Outro aspecto é que, dada a melhora das condições hidrológicas e o emprego do paisagismo, pode-se observar como ganho a melhora do conforto ambiental, do microclima local e condições propícias para reestabelecimento da fauna, ou seja, os jardins de chuva podem ser uma estratégia também empregada para melhoria das condições de conforto urbano.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho procurou compreender, através de revisão sistemática da literatura, como diferentes tipos de solo e sua capacidade de infiltração afetam o desempenho de jardins de chuva. Neste contexto foi possível compreender que a condutividade hidráulica, composição das camadas dos leitos; e altura do lençol freático são fatores que podem ser vistos como as principais premissas para determinar o desempenho de um jardim de chuva.

Ficou evidenciado através da análise dos trabalhos selecionados, que a composição do solo e a condutividade hidráulica, ambas características do local onde se pretende implantar um jardim de chuva, predizem se este trabalhará adequadamente, principalmente em eventos severos de precipitação, cumprindo as premissas básicas de captação e infiltração das águas de chuva e atenuando os efeitos do escoamento superficial.

Ao analisar os dados secundários e informações coletadas, ficou evidente a necessidade de se observar ainda na escala local, a presença do lençol freático e o seu distanciamento com relação a superfície. De posse destas informações é possível compreender a dinâmica de funcionamento do local e todas as influências que o tipo de solo, condutividade

hidráulica e o lençol freático, exercerão entre si e assim, determinar de forma mais assertiva, as estratégias necessárias para assegurar um bom desempenho e garantir a segurança da qualidade das águas subterrâneas, traçando desta forma uma metodologia de trabalho.

Diante dos estudos analisados pôde-se concluir que cada tipo de solo é predisposto para uma determinada vocação. Os solos argilosos apresentam maior capacidade de proteção das águas subterrâneas, dado que sua baixa condutividade hidráulica, acarreta a percolação lenta, retendo assim partículas passíveis de ocasionar a poluição das águas, por outro lado, este acúmulo pode promover a saturação da cama de solo, o que influenciaria negativamente no tratamento do escoamento superficial e conseqüentemente em seu desempenho. Já os solos arenosos, por apresentar grande porosidade, logo, alta condutividade hidráulica, possuem a capacidade de escoar a água mais rapidamente, o que poderá ser um risco a segurança da qualidade das águas subterrâneas caso o local de implantação apresente a presença de contaminantes.

Por fim, ainda que cada tipo de solo apresente características predominantes e indicações de usos diferentes, é possível através do domínio das premissas locais, compatibilizar o tipo de solo com a desempenho necessário, utilizando-se de estratégias de projeto personalizadas.

5. REFERÊNCIAS

- ANA. **Atlas de Vulnerabilidade a Inundações**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2014. 15 p. Disponível em: < https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/2cfa808b-b370-43ef-8107-5c3bfd7acf9c/attachments/Atlas_de_Vulnerabilidade_a_Inundaes.pdf> . Acesso em: maio de 2021.
- **Vulnerabilidade a Inundações do Estado de São Paulo**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2012. 1 p. Disponível em: < https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/e44b4dbc-e43c-4109-a1b2-709732424a4d/attachments/Plotagem_A0_SP_31_01_2014_new.pdf> . Acesso em: maio de 2021.
- ANDERSON. A. R, FRANTI. T, G, SHELTON. D. P. **Hydrologic evaluation of residential rain garden using a stormwater runoff simulator**. Biological System Engineering: Papers and Publications, Vol. 585, 2018.
- ARAVENA. J. E, DUSSAILLANT. A. **Storm-water infiltration and focused recharge modeling with finite-volume two-dimensional Richards Equation: Application to an experimental rain garden**. Journal of Hydraulic Engineering. n.º. 135. Junho 2009.
- CORMIER. N. S, PELLEGRINO. P. R. M. **Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana**. São Paulo: Paisagem Ambiente: ensaios, vol. 25. p. 125-142. 2008.
- D'ANIELLO. A, CIMORELLI. L, COZZOLINO. L. **The influence of soil stochastic heterogeneity and the facility dimensions on stormwater infiltration facilities performance**. Water Resources Management, vol. 33, p.2399-2415, 2019.
- D'ANIELLO. A, CIMORELLI. L, COZZOLINO. L, PIANESE. D. **The effect of geological heterogeneity and groundwater table on the hydraulic performance of stormwater infiltration facilities**. Water Resources Management, vol. 33, p.1147-1166, 2019.
- HAGER. J, HU. G, HEWAGE. K, SADIQ. R. **Performance of low-impact development best management practices: a critical review**. Environmental Reviews, vol. 27, p. 17 – 42, 2019.

JATOBÁ, S. U. S. **Urbanização, meio ambiente e vulnerabilidade social**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: boletim regional, urbano e ambiental n°5, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5567/1/BRU_n05_urbanizacao.pdf>. Acesso em: agosto de 2021.

LI. G, XIONG. J, ZHU. J, LIU. Y, DZAKPASU. M. **Design influence and evaluation model of bioretention in rainwater treatment: A review**. Science of the total environment, vol. 787, 2021.

MONASH, Monash Water for Livability Centre. **Vegetation guidelines for stormwater biofilters in the South-west of Western Australia**. Clayton, VIC, 2014. 52p.

PRUDENCIO. L, NULL. S. E. **Stormwater management and ecosystem service: a review**. Environmental Research Letter, Vol.13, 033002, 2018.

SHARMA. R, MALAVIYA. P. **Management of stormwater pollution using green infrastructure: The role of rain gardens**. WIREs Water, vol. 8e1507, 2021.

UACDC, University of Arkansas Community Design Center. **Low Impact Development: a design manual for urban areas**. Fayetteville, AR: University of Arkansas Press, 2010. 29p.

VOGEL, Mary. **Moving toward high-performance infrastructure**. Seattle: Urban Land, outubro 2006, p. 73-79. Disponível em: <https://www.seattle.gov/util/cs/groups/public/@spu/@usm/documents/webcontent/spu02_019976.pdf>. Acesso em: agosto de 2021.

ZHANG. K, CHUI. T. F. M. **A review on implementing infiltration-based green infrastructure in shallow groundwater environments: Challenges, approaches and progress**. Journal of Hydrology. vol. 579, 2019.

ZHANG. K, CHUI. T. F. M. **Evaluating hydrologic performance of bioretention cells in shallow groundwater**. Hydrological Processes, vol. 31, p. 4122-4135, 2016.