

GUIA PRÁTICO DE
JARDINS DE CHUVA
PARA CIDADES



EXPEDIENTE

Coordenação

Cesar Pegoraro e Gustavo Veronesi

Autores

Caio Ferraz e Guilherme Castagna

Projeto do jardim de chuva implantado em Itu

Leonardo Tannous

Ilustrações

Fefa Nigro

Projeto gráfico e Diagramação

Dan Mercadante

Revisão de Texto

Maíra Cammarano

Realização

SOS Mata Atlântica
Instituto Nova Água

Parceiros

ÁguaV
Prefeitura Municipal de Itu

Patrocínio

Ypê

C346g Guilherme Castagna

Guia prático de jardins de chuva para cidades. / Guilherme Castagna, Caio Ferraz; ilustração, Fefa Nigro; coordenação, Cesar Pegoraro, Gustavo Veronesi; realização, SOS Mata Atlântica, Instituto Nova Água. – 1. ed. – São Paulo: [s.n.], 2023.

36 p. ; il. ; Formato: livro digital

1. Engenharia Hidráulica – drenagem urbana. 2. Hidrologia. 3. Biourbanismo – jardins de chuva. 4. Mudanças Climáticas – soluções baseadas na natureza. I. Título. II. Guilherme Castagna. III. SOS Mata Atlântica. IV. Instituto Nova Água.

CDD: 627.5

CDU: 626

Elaborado por Joanilda Maria dos Santos – CRB7 6219

DEDICATÓRIA

Esta cartilha é dedicada a todas as pessoas que contribuem para a construção de uma vida saudável e em harmonia com a natureza. Dentre estes, em especial, é dedicada a alguns pioneiros que vêm dedicando energia e esforço há muitos anos para que os jardins de chuva sejam vistos e adotados como partes integrantes da infraestrutura urbana. À Plínio Tomaz, Paulo Pelegrino, Luiz Orsini, e Uli Zens (in memoriam), gratidão por abrir os caminhos em meio à terra dura de seus tempos. À Peter Webb, e Paul Van Dijk, gratidão pela inspiração e pelo estímulo contínuos em nossa jornada de aprendizados. Aos que vêm depois de nós, que encontrem uma terra mais macia e acolhedora aos seus esforços, e que a Água flua livre e limpa, onde quer que queira.

Aos meus pais, Américo Castagna Neto (in memoriam) e Maria do Carmo Neves Castagna, só me cabe agradecer o reconhecimento da benção de ter recebido tanto sob sua proteção e Amor. A meu amadíssimo pai Américo, cujas estórias de dias de sol, pescaria e brincadeiras no Tietê com meu avô remador, José Luiz Castagna, por anos me inquietaram frente à vista de um rio maltratado, até que eu pudesse encontrar entendimento, e daí a força para sonhar e apoiar a construção de uma realidade em que nossos rios e nossas crianças brinquem livre e alegremente em todos os cantos do mundo.

À Jessica Nunes, minha esposa e companheira, que me impulsionou com toda sua força quando o sonho de trabalhar a favor de algo Maior ainda era apenas um vislumbre de vontade - obrigado por acreditar e sonhar junto. Aos meus filhos amados, Kaylo e Safire, gratidão por me ensinarem tanto, com o desejo de que estejam sempre atentos às orientações do Alto.

À Água, por tanto, e por Tudo!

APRESENTAÇÃO

Vivemos um mundo em profunda transformação. As mudanças climáticas batem à porta e exigirão de nós, seres humanos, adaptação, principalmente nas cidades.

O ciclo hidrológico vem sendo o primeiro e grande afetado. Os estudos do Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC) apontam um cenário que já é possível observar, em que haverá períodos maiores de seca, por um lado, e chuvas mais intensas, por outro. Esse novo regime de chuvas tende a criar um ambiente com mais possibilidades de ocorrer enchentes, diminuição da infiltração de água no subsolo e, conseqüentemente, menor disponibilidade de água nos rios nos períodos de estiagem.

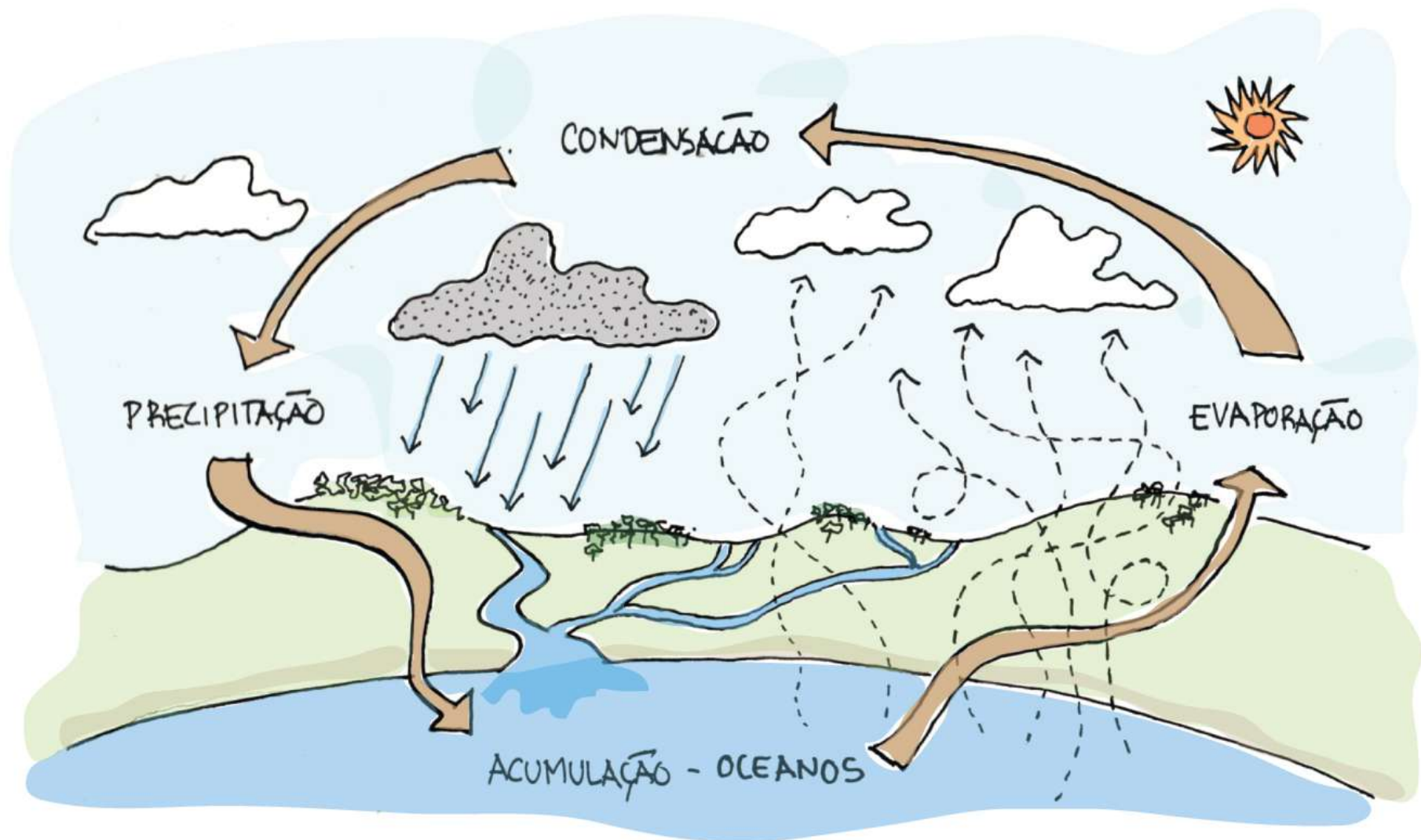
Para lidar com esse problema, é preciso observar a natureza e compreender seus ciclos.

A vida na Terra se desenvolveu por milhões de anos com a inteligência de reter e promover a distribuição da água no interior dos continentes. A vegetação diminui a velocidade da queda da água das chuvas por meio de suas folhas, auxilia na sua infiltração por meio de suas raízes e disponibiliza novamente a água na atmosfera por meio da evapotranspiração, o que possibilita a formação dos ciclos locais de chuva.

Tecnologias baseadas na natureza, como os jardins de chuva, se apresentam como soluções viáveis e descentralizadas para reintegrar cidades aos ciclos naturais. Realizados em escala podem ajudar a resolver problemas urbanos como enchentes e alagamentos, além de oferecer outros serviços, como a melhoria da qualidade do ar e da água dos rios e córregos, a redução da temperatura atmosférica e a criação de espaços verdes que possibilitam nichos para a microfauna urbana, melhoram a paisagem e trazem qualidade de vida para as pessoas que vivem nas cidades.

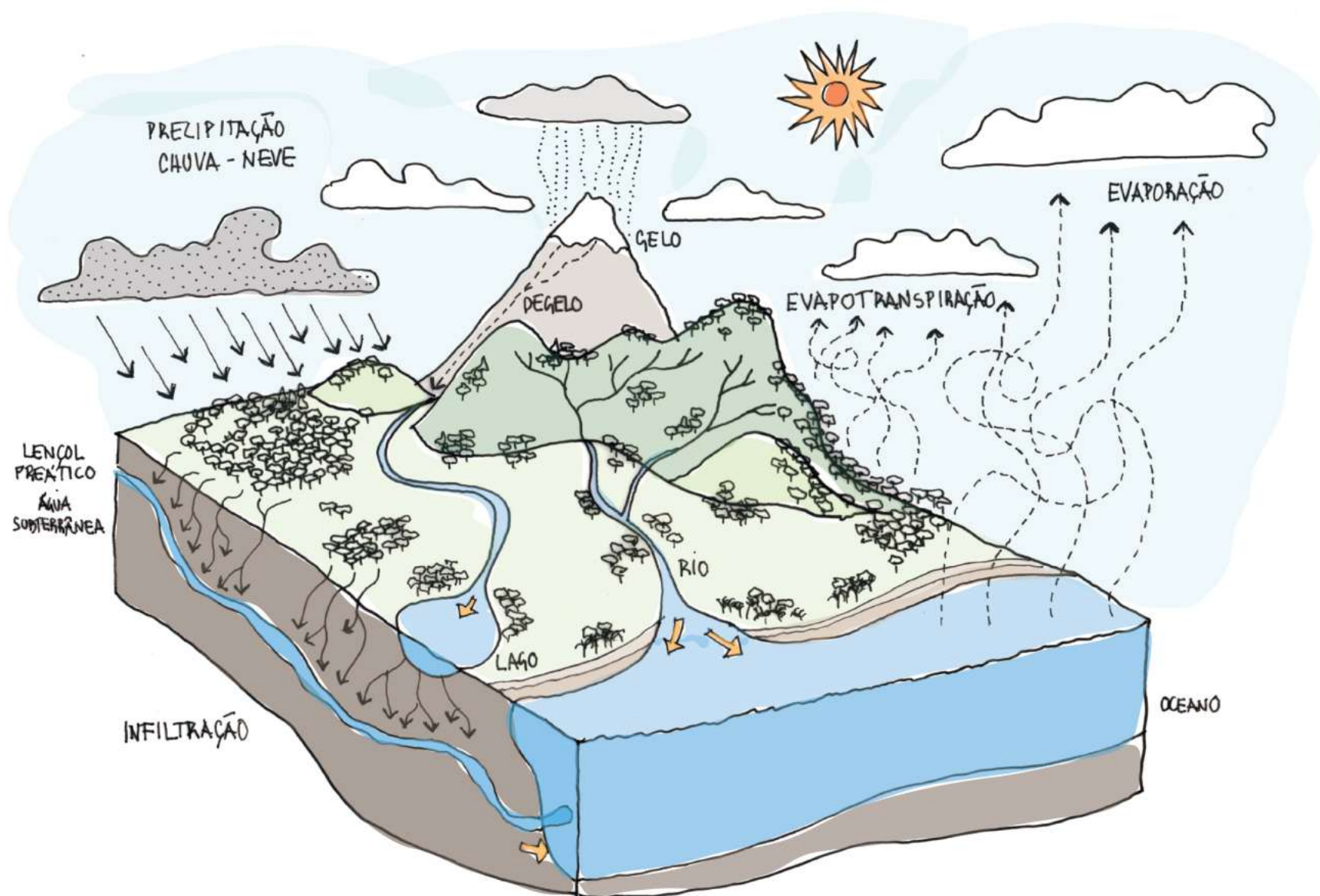
Este guia é uma parceria da **SOS Mata Atlântica**, do **Instituto Nova Água**, da **ÁguaV** e da prefeitura da Estância Turística de Itu, e seu objetivo é fomentar a compreensão dos ciclos da água, chamar a atenção para importância da adoção de programas de drenagem que contemplem funções ecossistêmicas essenciais, como os processos de infiltração e evapotranspiração, e divulgar a tecnologia dos jardins de chuva como aliados na adaptação e mitigação das mudanças climáticas nas cidades brasileiras.

OS CICLOS DA ÁGUA



Geralmente, o ciclo da água é explicado de maneira simplificada, mostrando apenas as mudanças de estado: a água evapora dos oceanos, condensa em forma de nuvens, se move para o continente, precipita por meio das chuvas e retorna para o mar pelos rios. Porém, o ciclo da água é muito mais complexo e está intimamente interligado com a vida no continente, principalmente com a vegetação.

Além disso, a água passa pelos organismos de todos os seres vivos e, neles, sempre participa de algum tipo de função e ciclo. Por isso, é possível dizer que não existe apenas um ciclo da água, mas vários ciclos. Neste guia, queremos chamar atenção para dois elementos importantes desse ciclo: a **infiltração** e a **evapotranspiração**.



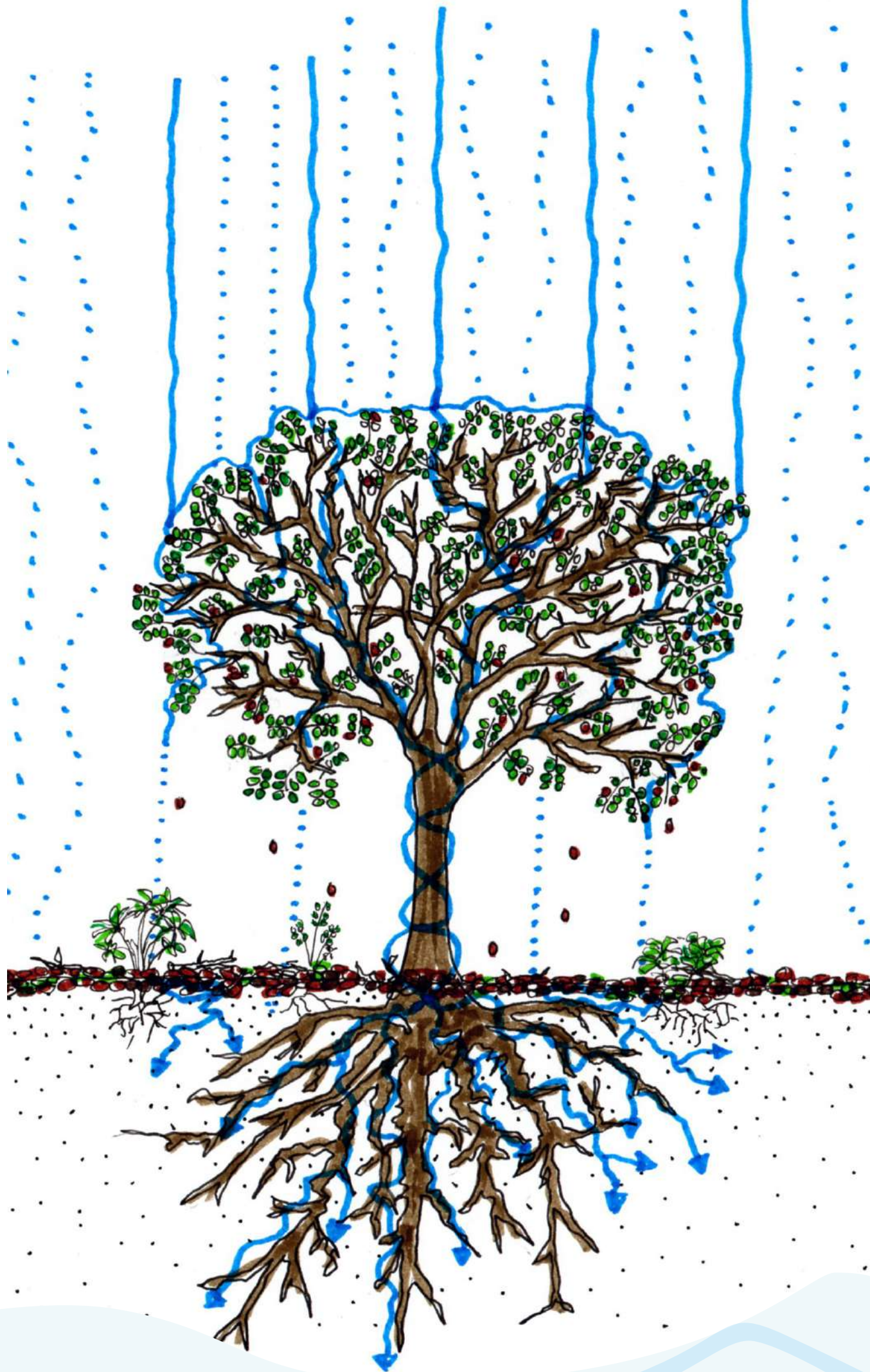
A água que vemos nos rios regularmente, nos períodos de seca, infiltra no solo e é disponibilizada lentamente pelas nascentes, alimentando os rios durante todo o ano.

A água é um elemento fundamental para toda a vida. Por isso, a natureza criou estratégias para mantê-la sempre por perto. Observando as árvores, podemos notar que todo seu sistema se desenvolveu com funcionalidades que diminuem a velocidade da água e a direcionam para que se infiltre no solo.

As folhas das copas recebem a chuva e diminuem sua velocidade antes de chegar ao solo. No solo, as folhas secas em decomposição funcionam como uma esponja, restando maior quantidade de água no local e por mais tempo. Junto a essa estrutura esponjosa, estão as raízes, que descompactam o solo e possibilitam a infiltração da água e que ela acesse camadas mais profundas, alimentando o lençol freático, onde esse bem tão preciso fica guardado, sob proteção.

A inteligência das plantas não para por aí. A água armazenada no solo retorna para atmosfera por meio da evapotranspiração das folhas. Algumas árvores liberam, junto com essa umidade, organismos higroscópicos, que ajudam na condensação da água e na formação das nuvens, possibilitando a formação dos ciclos locais de chuvas. As chuvas que acontecem dentro dos continentes, longe dos oceanos, são em grande parte resultado da umidade devolvida pela vegetação para a atmosfera.

Logo, as plantas e a água operam juntas um ciclo positivo de retroalimentação. Quanto maior a vegetação, mais sombreado é o solo e maior é a capacidade de receber e infiltrar água. Consequentemente, as plantas têm mais água disponível para seus processos vitais (fotossíntese e respiração), que tanto necessitam de água quanto produzem água como resultado. Como resultado, esses elementos criam um ambiente mais úmido tanto no solo quanto na atmosfera.



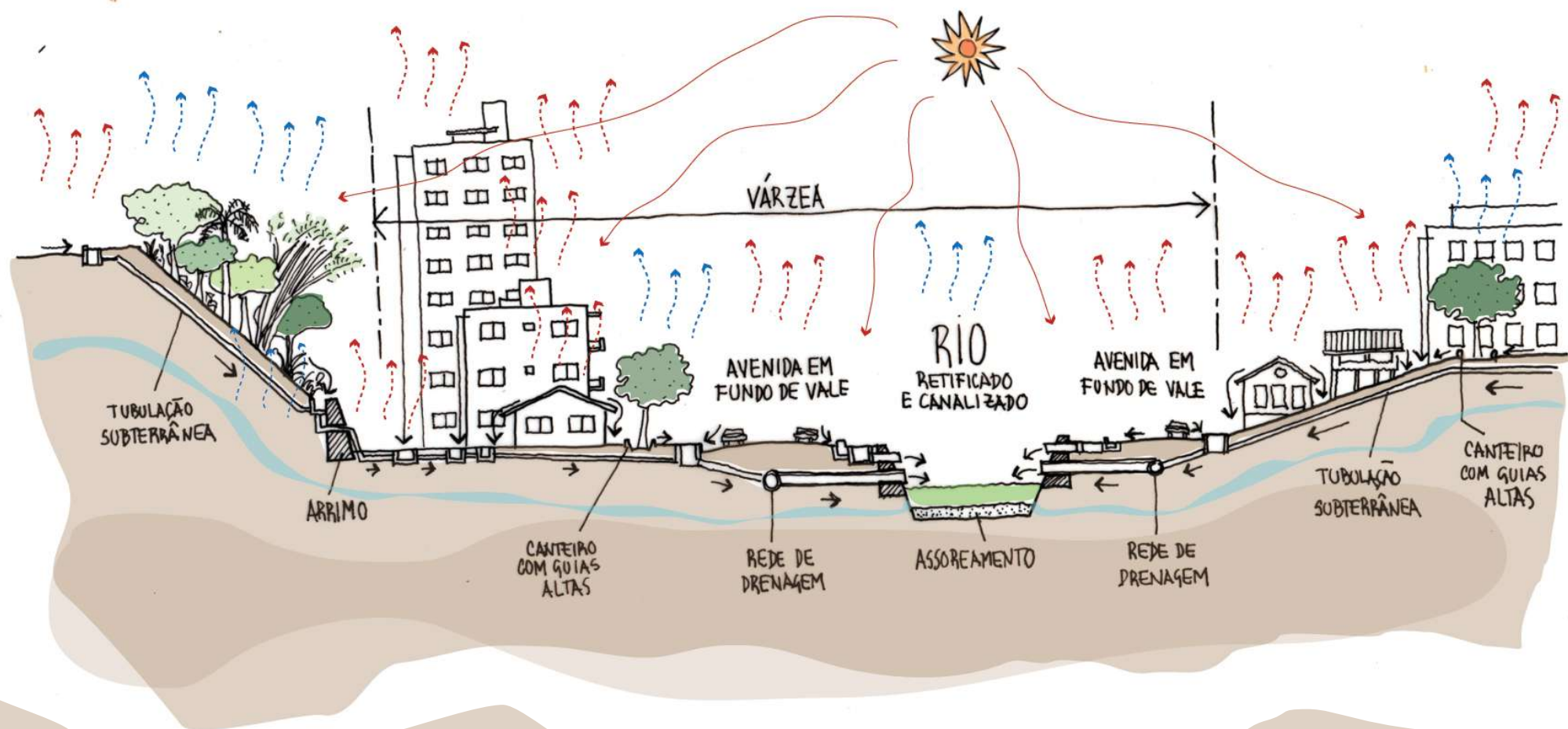
AÇÃO HUMANA

Hoje, mais da metade da população humana vive em centros urbanos, que vêm sendo construídos por meio de um esforço intenso de desconexão e colonização da natureza. As cidades modernas são frequentemente concebidas para fazer a água escoar o mais rápido possível.

O processo desenfreado de urbanização tem como resultado direto a **impermeabilização do solo**. Assim, a água da chuva deixa de ser absorvida pelo solo e passa a fluir rapidamente para os sistemas de drenagem. Com frequência, esses sistemas ficam sobrecarregados pela alta demanda, ocasionando enchentes nas áreas urbanas devido

ao transbordamento de rios e córregos. Como resultado, as enchentes, antes eventos naturais esporádicos, tornaram-se ameaças constantes, causando danos materiais, desalojamento e, por vezes, perda de vidas humanas.

Historicamente, nota-se uma tendência de buscar soluções "cinzas", ou seja, são empreendidas obras de engenharia como canalização e retificação de rios e córregos, bem como o afundamento de sua calha, que comumente transformam os cursos de água em canais de concreto para que a água vá embora rapidamente.





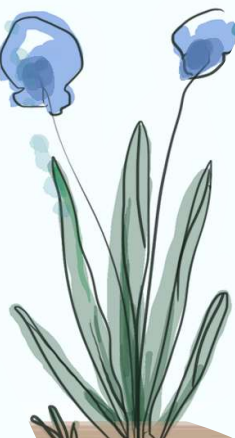
Ao aumentar a velocidade de escoamento, a água sai rapidamente do ambiente urbano, que fica mais seco e exposto ao sol, o que gera massas de calor. Além disso, a água arrasta os poluentes presentes nas ruas e avenidas para os rios.

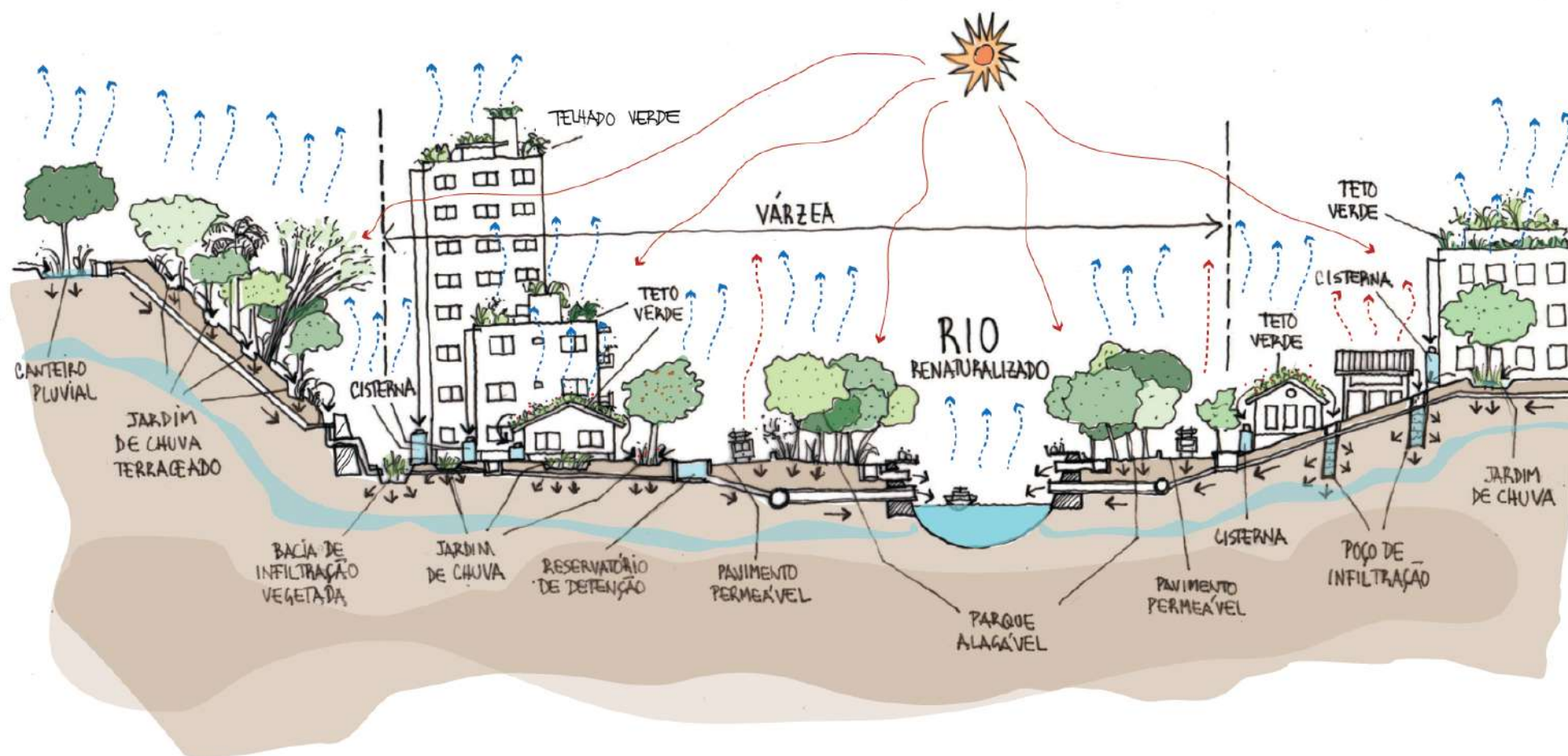
Essas soluções "cinzas", além de serem caras e prejudicarem os ecossistemas naturais, podem criar uma falsa sensação de segurança. As mudanças climáticas estão gerando eventos extremos imprevisíveis, que vêm sobrecarregando as infraestruturas urbanas mais robustas, e a tendência é o aumento dessa sobrecarga.

RENATURALIZAÇÃO

É comum escutarmos que, com as mudanças climáticas, a água pode acabar, mas essa afirmação não dá conta da complexidade do problema. A quantidade de água na Terra é a mesma há bilhões de anos, e ocorreram algumas mudanças climáticas ao longo da história do planeta. É pouco provável que as mudanças climáticas que estão em curso mudem essa quantidade. Porém, elas já estão alterando e devem alterar ainda mais os ciclos da água em que nossa sociedade está fundada. O aumento dos eventos extremos de chuva e secas tende a afetar a disponibilidade de água doce no continente.

Para reverter esse cenário, será necessário que as cidades adotem abordagens mais conectadas com os ciclos naturais. As Soluções baseadas na Natureza (SbN) são práticas inspiradas na inteligência natural e serão grandes aliadas nesse processo de adaptação. Obras de **infraestrutura verde**, como jardins de chuva, telhados verdes, canais de infiltração, bacias de infiltração vegetadas, wetlands e mesmo arborização urbana, dentre outras soluções, além de promover maior permeabilidade do solo e, assim, reduzir o risco de enchentes, melhoram a qualidade de vida urbana e aumentam a biodiversidade.





Contudo, não precisamos destruir tudo o que já está construído; podemos conciliar, nos adaptar construindo estruturas e soluções que dão espaço para a água cumprir seu papel de forma ampla, mesmo nas áreas urbanas, permitindo que a natureza faça sua parte.

Cidades em todo o mundo estão buscando soluções inovadoras que combinam infraestruturas "cinzas" e "verdes" para mitigar os efeitos da urbanização inconsequente e restaurar a harmonia com os ciclos naturais

O JARDIM DE CHUVA

O QUE É UM JARDIM DE CHUVA?

É UM JARDIM REBAIXADO QUE CAPTA, LIMPA E INFILTRA ÁGUA DE CHUVA QUE CHEGAM DE TELHADOS, PISOS E VIAS PAVIMENTADAS.

PLANTAS NATIVAS DISPENSAM FERTILIZANTES E COLABORAM NA REMOÇÃO DE POLUENTES.

O ESCOAMENTO É CAPTADO EM PISOS E DIRECIONADO PARA O JARDIM

OFERECEM ALIMENTO E HABITAT PARA PÁSSAROS, BORBOLETAS E OUTROS POLINIZADORES.

O SUBSTRATO FORMADO PELA MISTURA DE AREIA, SOLO FÉRTIL E COMPOSTO, MELHORA A QUALIDADE DA ÁGUA QUE INFILTRA NO SOLO.

UM JARDIM DE CHUVA TÍPICO TEM ENTRE 15 a 25 cm DE PROFUNDIDADE



O QUE É UM JARDIM DE CHUVA?

Os jardins de chuva são jardins rebaixados que captam, limpam e, muitas vezes, infiltram a água da chuva captada de telhados, pisos e vias pavimentadas. Essas estruturas criam espaços para o armazenamento da água da chuva e possibilitam que ela seja liberada lentamente para as redes de drenagem ou mesmo para abastecer o lençol freático.

É possível construir jardins de chuva nos quintais das casas, dos prédios e das escolas, bem como em canteiros centrais, praças e parques, para oferecer espaços de acolhimento para a água da chuva, impedindo que ela corra direto para as ruas e leve todo tipo de poluentes para aos rios.

O QUE FAZ UM JARDIM DE CHUVA?

Os jardins de chuva interceptam a água da chuva e permitem que ela entre em contato com o solo e com as plantas, e retenha sujeira e poluentes, contribuindo para a recarga do lençol freático, a melhoria da qualidade dos rios e o retorno da umidade para a atmosfera por meio da evapotranspiração das plantas, apoiando a reconstrução do ciclo hidrológico.

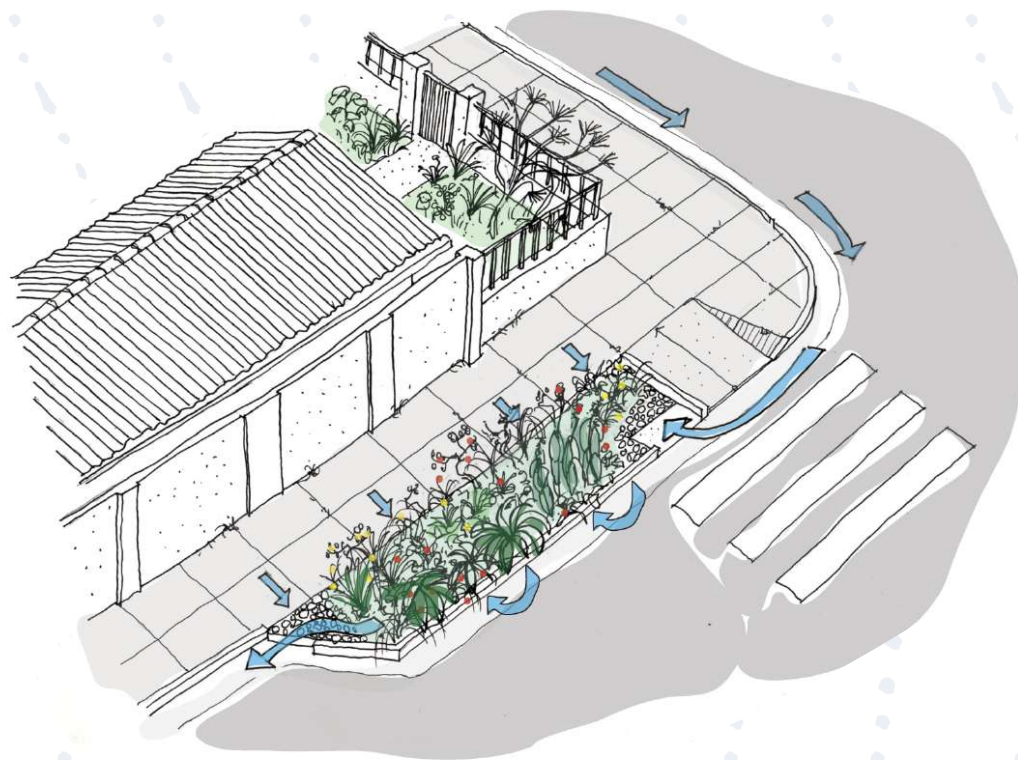
Ao diminuir a velocidade da água, os jardins de chuva aliviam o sistema de drenagem,

contribuindo para a redução da ocorrência de enchentes e alagamentos. Além disso, eles oferecem outros tantos benefícios, como a redução da necessidade de rega dos jardins, a criação de nichos para a microfauna urbana, a diminuição da temperatura, a melhoria da qualidade do ar e a criação de espaços verdes que permitem maior interação e reconexão da população com a dinâmica cíclica da vida.

ANATOMIA DE UM JARDIM DE CHUVA

O jardim de chuva é constituído por uma escavação que rebaixa o nível do solo em comparação com seu entorno, acolhendo a água que escoaria pelos quintais e ruas.

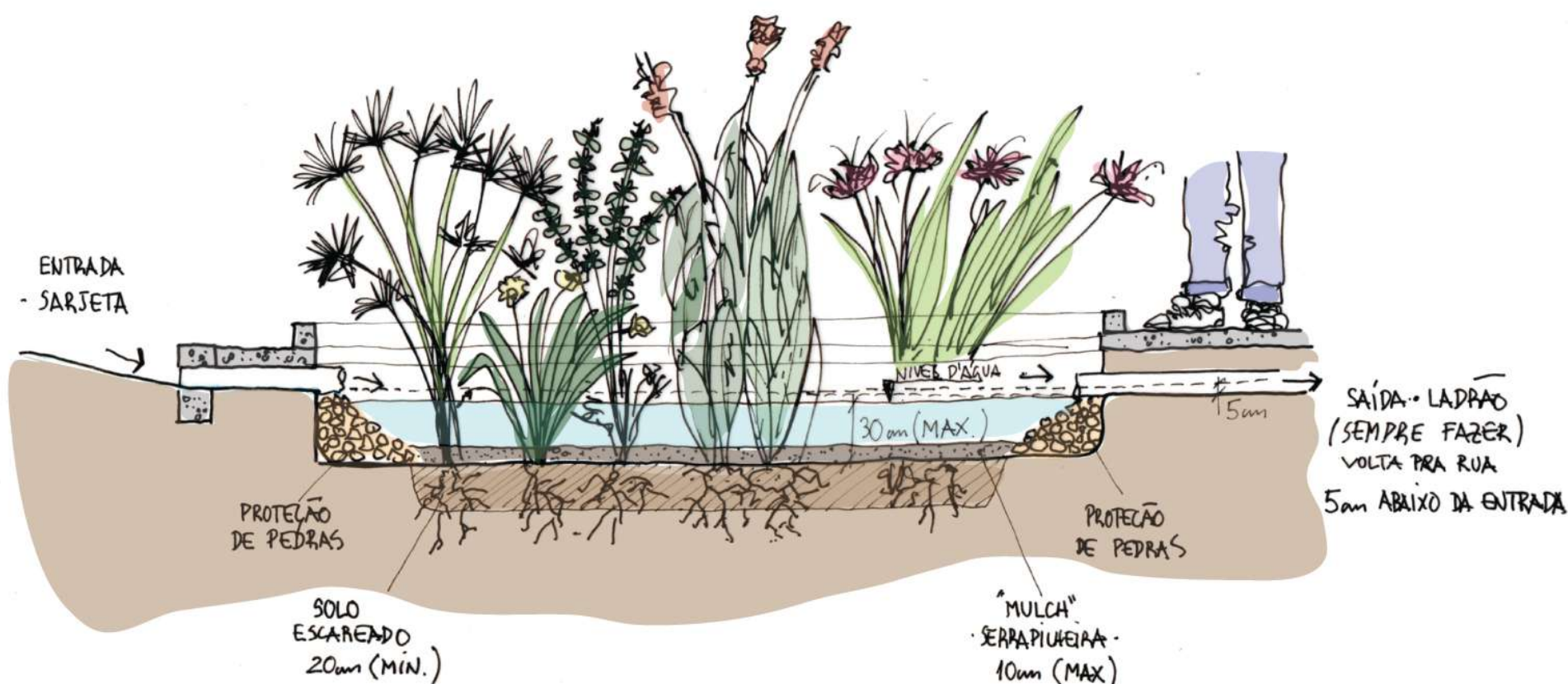
São plantados de forma intensiva espécies que suportam o alagamento por alguns dias durante o período de chuvas, mas que também toleram o período de seca quando não há entrada de água. Os pontos de entrada e saída de água são protegidos com pedras para que a força do fluxo da água não cause erosão.



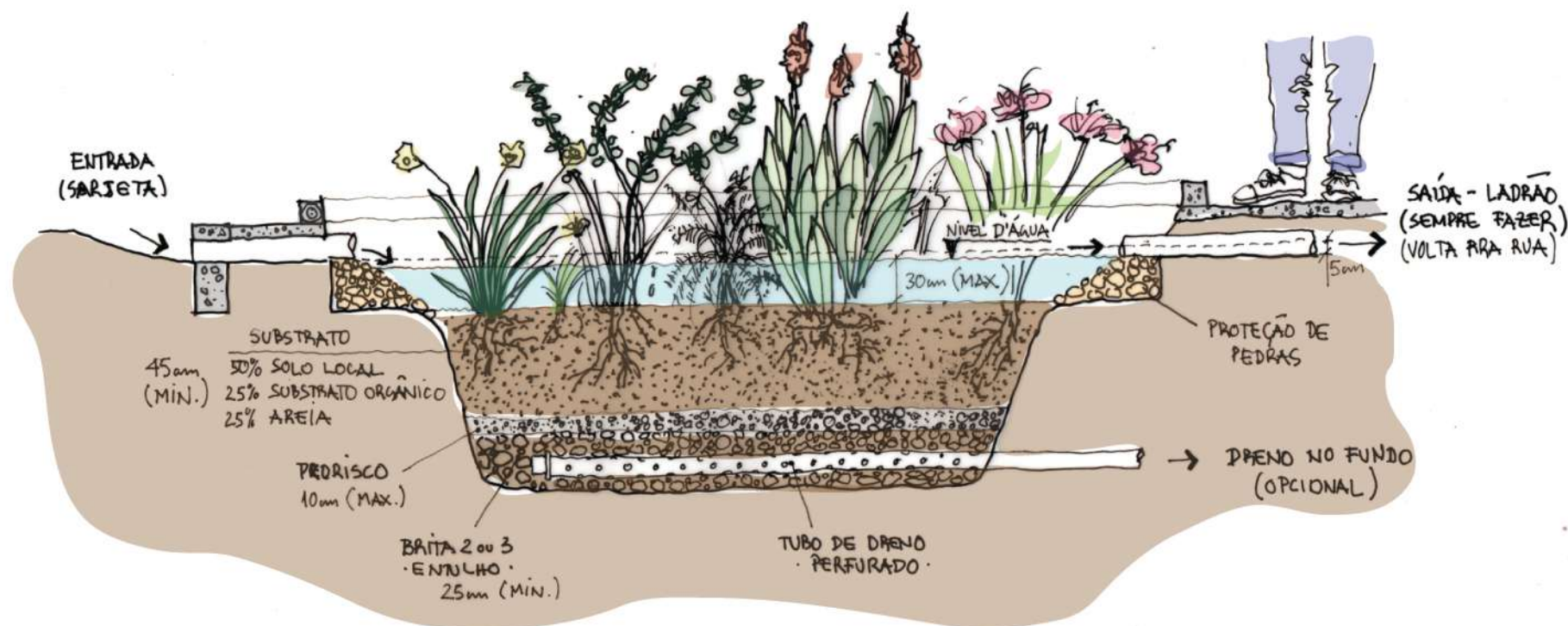
Dependendo da situação, os jardins podem ser circundados por guias, receber um substrato especial e/ou pedras ao fundo, podem estar interligados a redes de drenagem ou, ainda, impermeabilizados, caso, por alguma razão, a infiltração de água possa trazer algum risco para as estruturas existentes em seu entorno. Nesse último caso, o jardim deve ter um sistema de drenagem inferior.

De forma geral, vale destacar a diferença entre os jardins plantados sobre um solo natural e solto, e os jardins com um substrato especial e uma base de pedras e/ou uma estrutura de drenagem no fundo.

💧 **Jardim sobre solo natural:** é a solução mais simples, mais barata, que requer menor esforço. Ela deve ser priorizada quando o solo da área tiver boa capacidade de infiltração (ou drenagem). É basicamente um jardim rebaixado em relação ao entorno e plantado de forma bastante adensada.



💧 **Jardim sobre leito de drenagem:** em algumas situações, é possível fazer uma escavação mais profunda para instalar uma camada de materiais drenantes sobreposta por um substrato com diferentes materiais; geralmente, é utilizada uma mistura de solo local, areia média lavada e composto.



Esse tipo de jardim de chuva é construído quando há interesse em fazer uma drenagem pela base e a coleta de água pré-filtrada*, ou em ampliar a capacidade de retenção de água do jardim. Porém, por uma questão de simplicidade, não vamos explorar neste material todos os detalhes relacionados aos jardins com dreno pela base.

É importante destacar que brita e areia virgens devem ser utilizadas somente quando for absolutamente necessário, haja visto o enorme impacto ambiental causado pela mineração nos ambientes naturais. Recomendamos fortemente o uso de agregados reciclados, como brita e areia recuperadas de resíduos da construção civil, trituradas, peneiradas e separadas para reuso. Busque fornecedores locais e privilegie o reuso!

** Com relação a esses aspectos, cabe dizer que substratos com maior concentração de areia tendem a oferecer melhor qualidade de filtragem, mas também possível restrição ao fluxo, já que esse tipo de material pode entupir (colmatar) se não houver uma restrição à entrada de terra e materiais particulados trazidos pela chuva.*

TIPOS DE JARDIM DE CHUVA

Os jardins de chuva podem assumir diferentes configurações e nomes, a depender de um conjunto de variáveis. Em um esforço realizado em 2020 por técnicos de diferentes áreas que trabalharam para a construção de uma norma técnica brasileira para os jardins de chuva, orientados pelo professor Plínio

Tomaz, foram adotados quatro diferentes nomes para os quatro tipos de jardim de chuva que existem, considerando a drenagem urbana. Todos os tipos têm obrigatoriamente dispositivos de entrada e de saída de água, e a utilização de materiais drenantes no fundo é opcional.

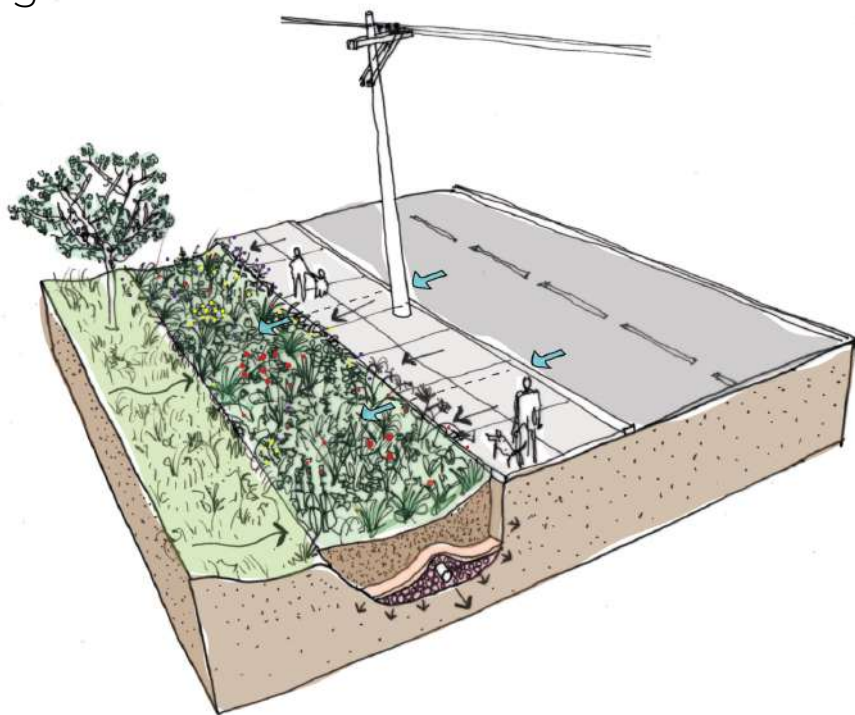
1 Jardim de chuva:
Jardim de pequeno porte e de formato livre (não longilíneo).



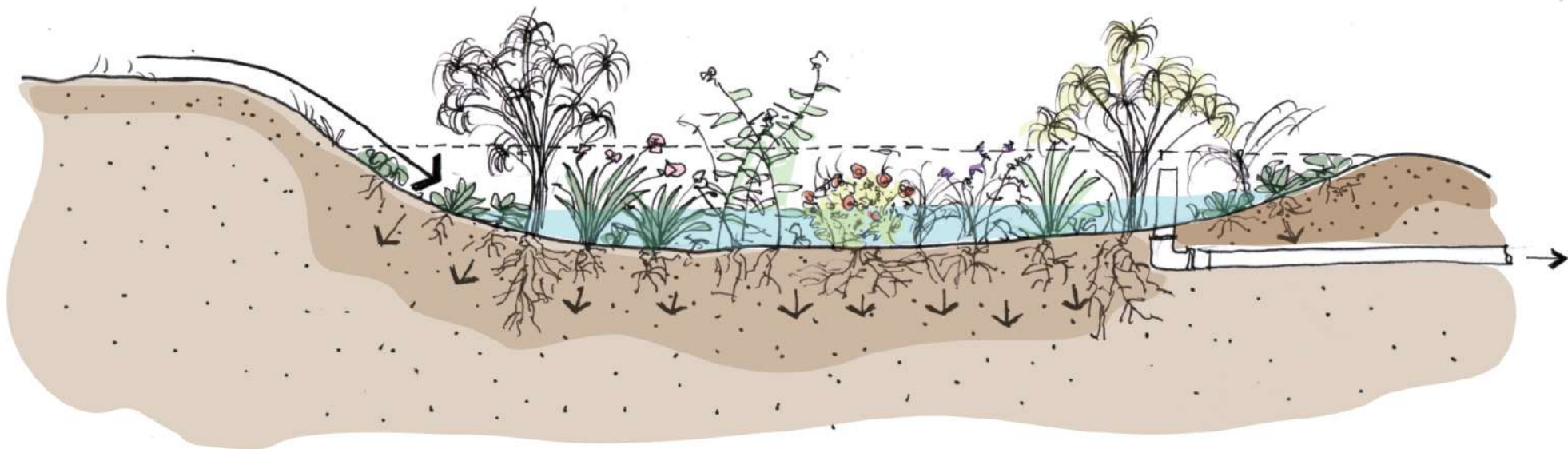
2 Canteiro pluvial: jardim de formato longilíneo (linear) com guias em suas laterais.



3 Biovaleta: jardim de formato longilíneo (linear), sem guias de concreto laterais e, geralmente, maior que os canteiros pluviais, que também podem ser condutores do escoamento superficial de água.



4 Bacia de retenção vegetada: jardim de formato livre, tal qual os jardins de chuva, porém maiores.



A FORÇA DO COLETIVO

Talvez você esteja se perguntando por que, afinal, não temos muitos jardins de chuva nas cidades. Apesar de serem soluções muito óbvias, os jardins de chuva vêm sendo adotados há poucas décadas mundo afora e, como toda novidade, requer um tempo de amadurecimento até que se torne presente em nossas cidades.

Mesmo as faculdades de Engenharia e Arquitetura, que formam profissionais que interferem diretamente na qualidade de vida em nossas cidades, só muito recentemente passaram a apresentar soluções como os jardins de chuva aos estudantes. À medida que mais pesquisas são feitas, os benefícios e a relevância dos jardins de chuva são evidenciados e tem ficado mais clara sua importância frente aos fenômenos climáticos que enfrentamos, em que ora há excesso, ora há falta de água. Os jardins de chuva podem ser projetados para atender residências, áreas como parques e conjuntos de edifícios ou mesmo ruas, avenidas e estradas. Uma de suas características fundamentais é a possibilidade de construí-los em pequenos espaços. Se comparados com as admiradas grandes obras de engenharia que estamos acostumados a ver e ouvir falar, a força dos jardins de chuva está na abordagem descentralizada.

O impacto e o potencial de solução dos jardins de chuva são gerados pelo conjunto, pelo arranjo de diversos jardins de chuva espalhados de forma estratégica na cidade, combinados com infraestruturas cinza e outras soluções baseadas na natureza. Da mesma forma que uma árvore faz sua parte no conjunto da floresta, os pequenos jardins de chuva cumprem sua função na cidade-floresta que queremos criar no futuro.



REFERÊNCIAS DE MUNICÍPIOS QUE ADOTARAM PROGRAMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL FUNDAMENTADOS NAS SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA (SBNS)

Auckland, Nova Zelândia.

Design Sensível à Água.

<https://www.aucklanddesignmanual.co.nz/regulations/technical-guidance/wsd>

Belo Horizonte, Brasil.

PBH investe na implantação de jardins de chuva para prevenir inundações e alagamentos.

<https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/informes-tecnicos/pbh-investe-na-implantacao-de-jardins-de-chuva-para-prevenir-inundacoes-e-alagamentos>

Bogotá, Colômbia.

Sistemas urbanos de drenaje sostenible.

<https://www.ambientebogota.gov.co/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible>

Cidade do Cabo, África do Sul.

Sustainable urban drainage systems (SUDS).

<https://zandvleitrust.org.za/archive/pdf/zvt-CoCT%20SUDS%20le-ailet%20dec%202013.pdf>

Chengdu, China.

China transforma cidades para impedir inundações.

<https://www.dw.com/en/china-turns-cities-into-sponges-to-stop-flooding/a-61414704>

Copenhague, Dinamarca.

Sistemas WSUD na Dinamarca.

<http://wsud-denmark.com/wsud-systems-in-denmark/34590>

Seattle, Estados Unidos da América.

Por que 700 milhões de galões?

<https://700milliongallons.org/the-goal/>

Acessos em: 25 nov. 2023.

QUANDO NÃO INFILTRAR ÁGUA NOS JARDINS

É raro, mas, em algumas situações, pode não ser uma boa ideia infiltrar água de chuva.

Lençol freático elevado: devemos manter uma distância mínima de 1,2 m de profundidade entre o fundo do jardim de chuva e o lençol freático. Lembre-se de que a altura do lençol varia com a estação: ele fica mais alto no período de chuvas e mais baixo no período de seca; portanto, a altura do lençol sempre deve ser medida no período de chuvas.

Solo inadequado: o fluxo de água constante em solos com características específicas pode favorecer a desagregação de partículas, o que contribui para o colapso do entorno. Nessas condições, especialmente no caso de jardins maiores que a escala residencial, é fundamental realizar testes de colapsividade do solo, como o apresentado na norma brasileira NBR 14114 (pinhole test). Além disso, a infiltração em solos com grande concentração de argila é limitada; por isso, eles são inadequados para os jardins de chuva, a não ser que haja um dreno inferior.

Fundações e construções antigas próximas ao jardim: recomenda-se a instalação de jardins de chuva a pelo menos 3 m de distância de fundações de estruturas de porte e a pelo menos 2 m de estruturas menos relevantes.

Aterro: é preciso ter cuidado ao trabalhar em áreas de solo de aterro, já que estes são geralmente formados por terra de refugo e, por isso, tendem a não apresentar uma característica uniforme. Nesses casos, recomenda-se a realização de sondagens em vários pontos e diferentes profundidades, para compreender melhor as condições locais. Na dúvida, evite instalar jardins de chuva, a não ser que haja uma drenagem inferior conectada a uma rede local, o que dispensaria a infiltração direta no solo.

MANUTENÇÃO

Para garantir o funcionamento ideal, os jardins de chuva precisam de manutenção regular, como a remoção de detritos e o controle de ervas espontâneas, o que exige treinamento e conscientização das equipes de limpeza e varrição de ruas, mas especialmente um envolvimento ativo da comunidade do entorno, que, quando mobilizada, contribui espontaneamente para a manutenção dos jardins. Talvez a manutenção seja, de fato, um dos aspectos mais relevantes e menos considerados nos projetos de jardins em espaços públicos, principalmente aqueles próximos à áreas residenciais, onde o sentido de pertencimento e propriedade dos espaços públicos é bastante comum.

A escolha de plantas cumpre um papel fundamental, sendo preferidas aquelas de crescimento controlado e não invasoras, compatíveis com a percepção de “ordem” que a maioria das pessoas costuma preferir para os jardins. Conquistar os moradores e os frequentadores dos espaços do entorno para serem mantenedores espontâneos dos jardins de chuva reduz o risco de vandalismo, mas isso requer um envolvimento desde o início dos trabalhos, tal como feito pela equipe da Paisagem Consultoria no processo de planejamento e implantação de um conjunto de jardins de chuva implantado na rua das Uvaías, em São Paulo, em 2020 (ver referência adiante).

Ao longo do tempo, sedimentos podem se acumular na entrada dos jardins, principalmente em locais com alta densidade de tráfego, onde a concentração de materiais particulados pode ser grande. Os sedimentos devem ser retirados, e a capacidade de percolação de água deve ser checada ao longo do tempo. Jardins de matriz de solo arenosa são especialmente suscetíveis a esse tipo de situação; por isso, devem ser implantados em áreas onde a quantidade de resíduos que adentram os espaços de plantio é controlada.

PREPARAÇÃO PARA O PROJETO

Jardins de chuva são estruturas com projeto e construção simples, mas precisam ser projetados caso a caso. Existem princípios básicos que são sempre replicados, mas os arranjos são exclusivos de cada jardim e variam minimamente de acordo com diferentes elementos:

- **área disponível:** área livre para a construção do jardim de chuva;
- **área de contribuição:** área a partir da qual a água de chuva vai escoar para o jardim;
- **coeficiente de escoamento:** cada tipo de superfície tem uma capacidade maior ou

menor de acolher a água. A água que cai em uma rua asfaltada, ou em um telhado cerâmico, infiltra menos e corre mais rápido do que a água que cai sobre um jardim plantado de forma densa, com solo estruturado, em um terreno plano, que tem mais capacidade de acolhimento a partir do qual menos água escoar sobre a superfície. Ao pensarmos em um projeto de jardim de chuva, normalmente nos deparamos com áreas de contribuição formadas por diferentes materiais, cada qual com um coeficiente de escoamento diferente, que produz diferentes quantidades de água, que serão acolhidas no jardim de chuva. Abaixo, segue uma tabela com o coeficiente de alguns materiais;

Tipo de superfície		Tipo de superfície	
	Coeficiente de runoff		Coeficiente de runoff
Pavimento asfáltico	0,95	Gramado plano entre 0 a 1% de decl.	0,25
Pavimento concreto	0,95	Gramado médio entre 1% a 3% de decl.	0,35
Pavimento de tijolos	0,85	Gramado alto entre 3% a 10% de decl.	0,40
Pavimento de pedras	0,75	Gramado muito alto >10% de decl.	0,45
Telhado linha de base	0,95	Vegetação planta (0 a 1% de decl.)	0,10
Telhado verde < 10cm	0,50	Vegetação média (0 a 1% de decl.)	0,20
Telhado verde entre 10cm e 20cm	0,30	Vegetação alta (0 a 1% de decl.)	0,25
Telhado verde entre 20cm e 50cm	0,30	Vegetação muito alta (0 a 1% de decl.)	0,30
Telhado verde > 50cm	0,10		

Figura 5 - Coeficientes de runoff
Fonte: LEED existing buildings, 2009

(Para um aprofundamento no assunto, veja a seção Referências técnicas.)

- **chuva de projeto:** as chuvas são medidas em função da quantidade de água precipitada em um determinado período de tempo, geralmente em um dia. Quando dizemos que choveu 25 mm (dois centímetros e meio), isso corresponde à altura da água coletada em um recipiente impermeável, tipicamente um pluviômetro. Sabendo que 1 mm de chuva sobre 1 m² de superfície equivale a 1 L, uma chuva de 25 mm corresponde 25 L por m². Para simplificar, costumamos adotar o índice de 25 mm, que corresponde a chuvas que lavam as superfícies e carregam poluentes, também conhecidas como first flush (primeira lavagem). Quando trabalhamos com esse índice, estamos projetando um jardim de chuva com capacidade para promover uma boa retenção dos poluentes, melhorando dessa forma a qualidade da água que sai dos jardins;

- **capacidade de infiltração:** é a quantidade de água que é absorvida por m² de solo em determinado período de tempo. Sua definição é determinada pelo teste de infiltração, que possibilita verificar a capacidade do solo de absorver a água da chuva e, portanto, se há viabilidade na instalação de jardins de chuva simples (sem drenos inferiores). O resultado do teste de infiltração pode ainda ser traduzido como a altura máxima de água rebaixada dia a dia pelo processo de infiltração. Por exemplo, se o resultado de um teste for 60 L por m² por dia, isso equivale dizer que haverá uma redução de 6 cm da lâmina de água por dia, de 12 cm em dois dias, e assim sucessivamente. O valor encontrado no teste de infiltração determina a profundidade máxima ideal de um jardim. (Para informações sobre como fazer um teste de infiltração, consulte o Anexo.).

Os jardins de chuva são projetados para que a água não fique aparente nos jardins por mais de dois dias após um evento de chuva, o que garante que as larvas do mosquito *Aedes aegypti* não encontrem condições ideais para eclosão, dado que o período mínimo para isso é de três dias. Na prática, como os índices de infiltração são adotados com base em valores bastante conservadores, a tendência é que a infiltração aconteça muito antes do máximo previsto no projeto, reduzindo ainda mais o tempo de exposição da lâmina de água. Cabe destacar que, à medida que as plantas se desenvolvem e o solo ganha estrutura, geralmente a capacidade de infiltração aumenta, gerando ainda maior segurança em relação aos coeficientes utilizados.

• **interferências:** quando escavamos áreas para a instalação de jardins de chuva, é preciso considerar toda a infraestrutura subterrânea existente no local. Se houver registros dessas instalações, é necessário checá-los e é preciso começar a escavação superficial com muita atenção. Se a ideia é construir o jardim de chuva nas proximidades de moradias, é possível haver tubulações de água e esgoto, e até fiações elétricas. No caso de projetos em ruas, confira com a prefeitura ou a subprefeitura da cidade se existe um cadastro das redes subterrâneas antes de começar a escavar. É possível haver redes de gás, água e esgoto, telecomunicações, elétricas, e outras; por isso, é importante avaliar a área com atenção e cuidado antes de começar a escavar.

ASPECTOS FÍSICOS DO SOLO

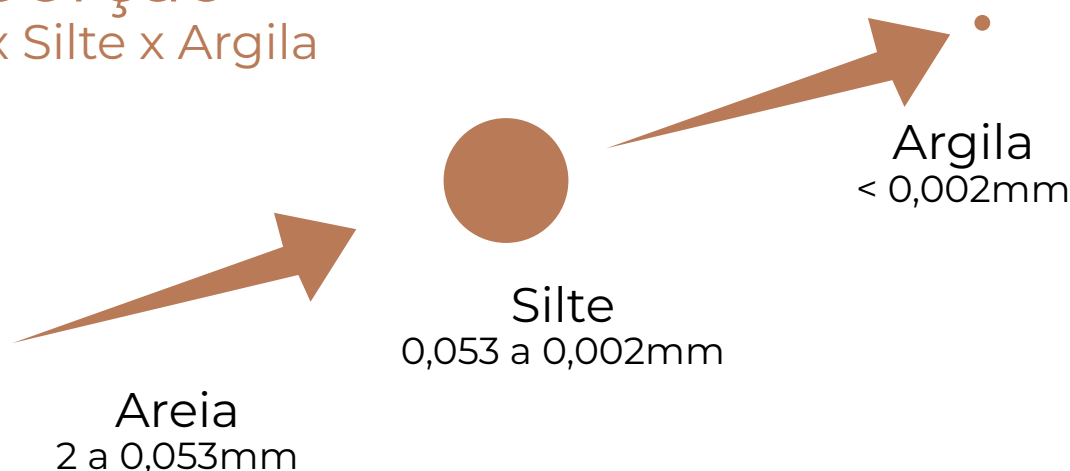
O solo é constituído por frações de três elementos principais - argila, silte e areia -, cada qual com características próprias.

Em um dos extremos, temos a argila, cujos grãos apresentam tamanho infinitésimo e, por isso, apresentam pouco espaço vazio entre eles, o que, somado ao inchaço causado pelo contato com a água, oferece restrição à infiltração.

No outro extremo, temos a areia, cujos grãos são maiores e, dessa forma, apresentam mais espaços vazios entre eles, favorecendo a passagem de água e sua infiltração.

O silte, por sua vez, tem características intermediárias tanto no que diz respeito ao tamanho dos grãos quanto à sua capacidade de permitir a passagem e a infiltração da água.

Proporção Areia x Silte x Argila



COMO PROJETAR UM JARDIM DE CHUVA

Para exemplificar o processo de elaboração de um projeto de jardim de chuva, vamos considerar dois casos diferentes.

1. Um jardim instalado em um terreno residencial e projetado para acolher o volume de água que cai em um telhado e um piso de cimento com as seguintes características:

Área de contribuição:

Telhado: 80 m²

Piso de cimento: 60 m²

Resultado do teste de infiltração:

60 L/m².dia

Área disponível para a construção do jardim:

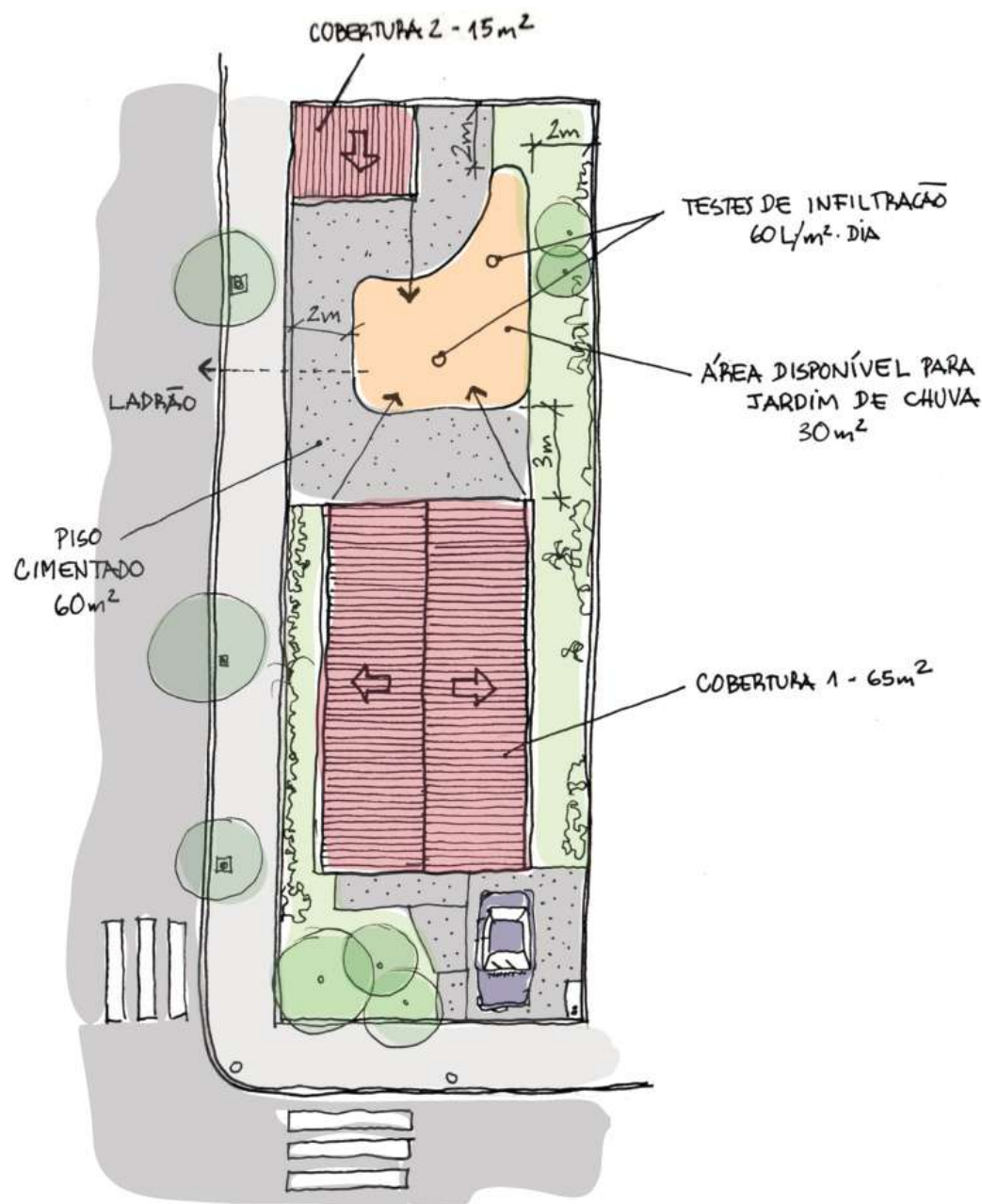
30 m²

Com essas informações, podemos calcular o **volume de água que será produzido na área de contribuição**. Com base na tabela de coeficiente de runoff, apresentada anteriormente, adotamos um coeficiente de escoamento de 95% para o telhado e de 95% para o piso (vide pavimento de concreto). Assim, o volume captado em uma chuva de projeto de 25 mm é igual a:

$$\text{Volume} = P \cdot C \cdot A$$

em que:

P(precipitação) C(coeficiente de escoamento) A(área de contribuição)





Como temos duas áreas de contribuição, somamos os resultados das duas áreas:

$$V = P \cdot C1 \cdot A1 + P \cdot C2 \cdot A2$$

$$V = 25 \cdot 95\% \cdot 80 + 25 \cdot 95\% \cdot 60$$

$$V = 1900 + 1425$$

$$V = 3.325 \text{ L}$$

O próximo passo é calcular a **profundidade alagável máxima do jardim**. Considerando que o resultado do teste de infiltração é 60 L por m² por dia, em dois dias podemos infiltrar até 120 L por m², o que é equivalente a dizer que podemos armazenar até 120 mm ou 12 cm de água por m², que é, portanto, a profundidade máxima alagável.

$$\text{Altura máxima da lâmina de água} = 2 \text{ dias} \times 60 \text{ mm} = 120 \text{ mm} = 12 \text{ cm}$$

O próximo passo é então verificar qual é a dimensão do nosso jardim para essas condições. A área ideal do jardim é dada pela relação entre o volume e a profundidade de alagamento.

$$A = V / \text{Profundidade}$$

em que:

A (área do jardim (em m²)) • V(volume de água (em m³))*

A profundidade é dada em metros

* Lembre-se de que 1 m³ é igual a 1.000 L. Logo, para converter um volume em litros para metros cúbicos, basta dividir por 1.000.

$$\bullet \text{ Assim: } A = 3,325 \text{ m}^3 / 0,12 \text{ m}$$

$$A = 27,7 \text{ m}^2$$

Como a área disponível tem 30 m², atendemos totalmente a condição ideal de projeto.

Fica a pergunta: E se a área disponível for menor do que a área ideal de projeto?

Nesse caso, há duas opções: ou trabalhamos com o tamanho disponível, e tudo bem, afinal, qualquer volume de água retido em jardins de chuva é muito bem-vindo, ou utilizamos um jardim com leito de drenagem, conforme descrito anteriormente.

Para isso, é importante considerar que, a grosso modo, temos um volume útil de apenas 30% do total em leitos de pedra. Ou seja, de cada 1.000 L preenchidos com pedras, apenas 300 L são realmente ocupados por água. Somam-se a isso o custo adicional de escavação, a necessidade de relocar a terra escavada, em que raramente se justifica o uso de um jardim com leito de drenagem, e ainda a necessidade de manter uma distância segura do lençol freático. Uma exceção a ser comentada é quando é possível destinar a água recolhida para outro uso. Nesse caso, é preciso utilizar um substrato de base arenosa e um dreno inferior no jardim.

De toda forma, digamos que a área disponível para o jardim de chuva seja apenas 20 m², em vez da área ideal de 27,7 m². Nesse caso, o primeiro passo seria avaliar o volume de água adicional que precisa ser acolhido na estrutura do jardim, e que corresponde à diferença entre as áreas multiplicada pela profundidade alagável do jardim:

$$\begin{aligned}\text{Volume de excesso} &= (27,7 - 20) \cdot 0,12 \\ &= 0,924 \text{ m}^3 \text{ ou } 924 \text{ L.}\end{aligned}$$

Como sabemos que o volume útil de água em um leito de pedras equivalente à brita 2

ou 3 é cerca de 30%, entendemos que precisamos de um volume total 3 vezes maior do que o volume de água armazenável; portanto, usamos uma regra de três:

$$\begin{array}{rcl} 0,924 & \text{———} & 30\% \\ V_t & \text{———} & 100\% \end{array}$$

$$\text{Volume total} = 3,08 \text{ m}^3$$

Como a área de jardim equivale a 20 m², vamos definir a espessura da camada drenante dividindo o volume de pedras pela área disponível, ou seja:

$$\begin{aligned}\text{Espessura do leito drenante} &= 3,08 / 20 \\ &= 0,16 \text{ m ou } 16 \text{ cm.}\end{aligned}$$

Em termos práticos, podemos arredondar para 20 cm caso o confinamento lateral do jardim seja feito por guias, de forma que toda a área disponível seja realmente útil, ou aumentamos 5 cm caso o jardim não tenha um confinamento lateral por guias, o que resulta em um total de 25 cm.

Utilizando tubos ou canaletas, precisamos sempre criar um caminho através do qual o excedente de água possa sair do jardim de chuva de maneira controlada. Esse excedente é um recurso muito precioso. Se possível, adicione outros jardins de chuva, lagos ou elementos que sejam capazes de acolher esse excesso, criando uma cascata de soluções. Como para esse tipo de jardim (sobre solo natural) é normal que o excedente seja conduzido por tubos, vamos explorar o cálculo dessa forma.



O diâmetro e a declividade de um tubo são definidos com base na vazão da água que ele precisa conduzir, considerando uma chuva de uma certa intensidade pluviométrica sobre a área de contribuição. Essa intensidade diz respeito à quantidade de água que chove sobre uma área padrão de 1 m2 de maneira controlada em determinado período de tempo. Sabemos que existem chuvas mais fracas e chuvas mais fortes, e isso equivale a dizer que uma garoa é uma chuva de baixa intensidade e uma chuva bem forte tem alta intensidade. Na Engenharia, usa-se a expressão “Tempo de Recorrência” ou “Tempo de Retorno” (TR) para indicar a frequência histórica de ocorrência de determinada chuva. Como se trata de cálculos baseados em registros históricos, e cada região do país tem um clima, esse índice varia caso a caso. Além disso, diante do aumento da intensidade das chuvas observado em todo o mundo, é válido trabalhar com uma certa segurança. Para cálculos de drenagem urbana nessa escala de trabalho (chamada de microdrenagem), geralmente são utilizadas as chamadas “chuvas de projeto de TR 5 anos”. No entanto, se isso puder trazer algum grau de fragilidade ao seu projeto, procure trabalhar com chuvas de T 25 anos ou mais. Uma pesquisa rápida na internet provavelmente vai oferecer as intensidades das chuvas em uma cidade próxima ao local em que o jardim de chuva será construído. Veja, a seguir, algumas referências iniciais, conforme dados da norma brasileira NBR 10844 (referente a instalações prediais de águas pluviais):

Cidade	TR 5 anos (mm/h)	TR 25 anos (mm/h)
Aracaju	122	126
Belém	157	185 (20 anos)
Belo Horizonte	227	230 (12 anos)
Cuiabá	190	230 (12)
Curitiba	204	228
Florianópolis	120	144
Fortaleza	156	180
Goiânia	178	192 (17)
João Pessoa	140	163 (23)
Maceió	122	174
Manaus	180	198
Natal	120	143 (19)
Porto Alegre	146	167 (21)
Porto Velho	167	184 (10)
Rio de Janeiro	167	227
Salvador	122	145 (24)
São Luiz	126	152 (21)
São Paulo	172	191 (17)
Teresina	240	262 (23)
Vitória	156	210

A vazão do projeto é dada pela fórmula:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60}$$

Q = vazão de projeto (L/min) • I = intensidade pluviométrica (mm/h) • A = área de contribuição (m²)

Para o jardim de chuva que estamos projetando, poderíamos considerar diferentes coeficientes de escoamento, já que temos uma área de contribuição composta de um telhado e de um piso cimentado; porém, em termos práticos, vamos assumir, por simplicidade e segurança, que independentemente do tipo de superfície, haverá um escoamento total de água, sem considerar o coeficiente de escoamento (runoff). No nosso caso, teríamos portanto:

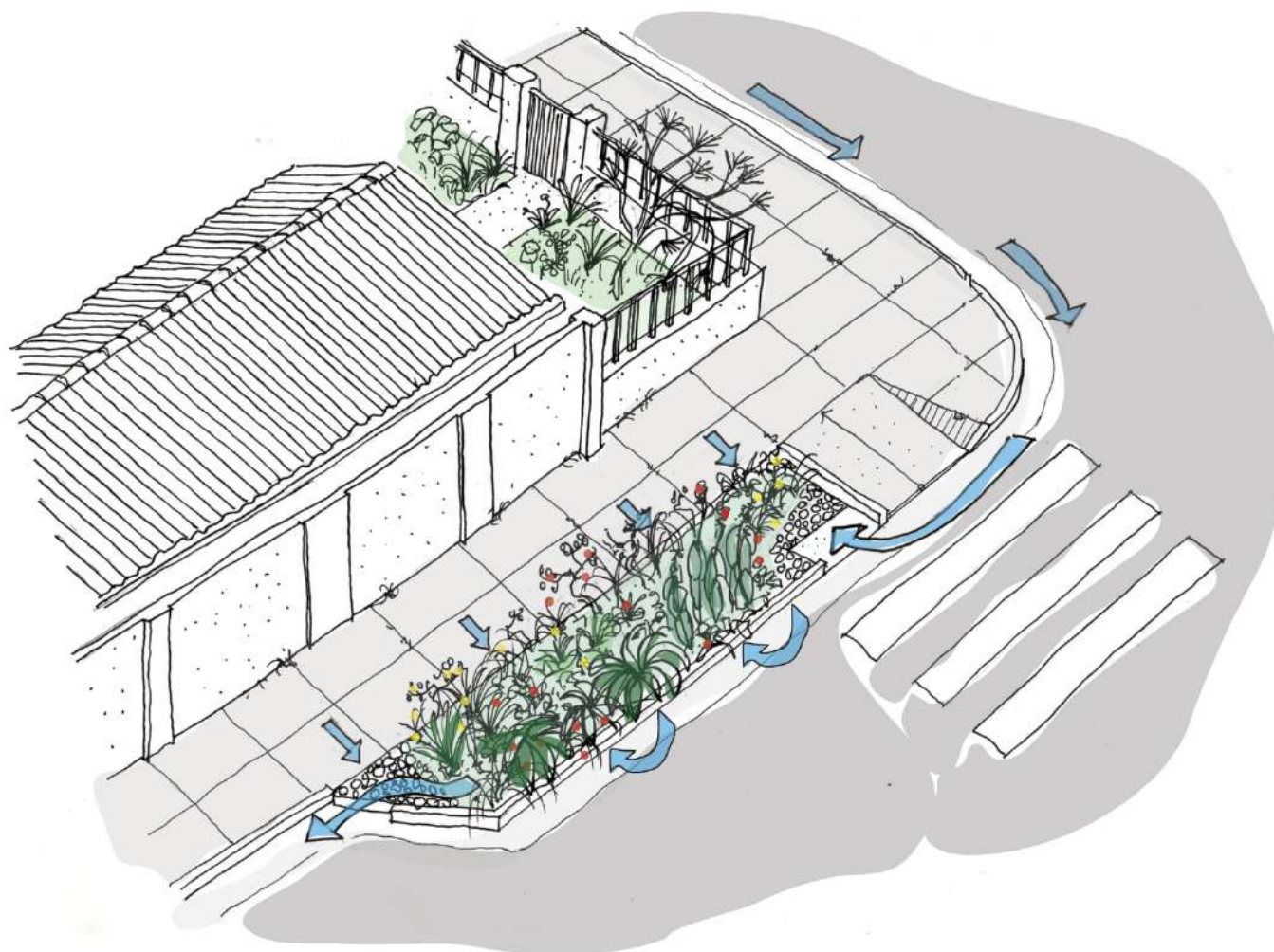
$$Q = 150 \cdot (80 + 60) / 60$$
$$Q = 350 \text{ L/min}$$

A escolha do diâmetro e da declividade do ladrão é feita com base na comparação da vazão de projeto com a capacidade de condução dos tubos, considerando que o material utilizado é o PVC, conforme tabela abaixo. Nesse caso, poderíamos utilizar dois tubos de 100 mm com 0,5% de declividade (408 L/min), um tubo de 100 mm com 2% de declividade ou um tubo de 150 mm com 0,5% de declividade, ou, ainda, qualquer variação em que a capacidade de vazão do(s) tubo(s) seja superior à vazão de projeto.

Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011			
	0,5%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5
50	32	45	64	90
75	95	133	188	267
100	2-4	287	405	575
150	602	847	1190	1690
200	1300	1820	2570	3650
250	2350	3310	4660	6620
300	3820	5380	7590	10800

Outra possibilidade é conduzir o excedente por uma canaleta. Nesse caso, o dimensionamento é feito tal qual para uma calha de seção retangular, seguindo a fórmula de Manning Strickler (veja referências na seção Para saber mais).

2. Um canteiro pluvial instalado para substituir duas vagas de carro em uma rua pavimentada.



Os canteiros pluviais, principalmente quando instalados juntos, ou nas próprias vias (substituindo vagas de veículos, por exemplo), têm áreas de contribuição bastante grandes; por isso, nem sempre é possível dimensioná-las utilizando o critério apresentado acima para os jardins de chuva de maneira geral. Uma alternativa seria trabalhar com uma abordagem simplificada de dimensionamento que diz respeito à definição da área superficial do jardim com base na área de contribuição, em uma proporção que varia de 5 a 10% da área total, considerando que a área de contribuição é composta majoritariamente de superfícies impermeáveis.

Para fazer a contabilização dessa área, é importante estar atento e considerar que a água que escoar pelas ruas também vem dos terrenos das casas; assim, é preciso contabilizar também as áreas ocupadas que drenam água para as vias.

Seria muito bom se os terrenos de prédios, casas, escolas e todas as ocupações de lotes individuais tivessem telhados verdes, jardins de chuva, pavimentos permeáveis, poços de infiltração e outros elementos que constituem uma abordagem conhecida como “drenagem sustentável”, mas, enquanto isso não acontece, seja através de novas legislações, ou pela livre iniciativa dos proprietários e construtores, precisamos acolher a água nas vias e nos espaços abertos.

A medida das vagas de veículos é variável. Elas podem apresentar comprimento de 4,5 m e largura de 2,2 m, para veículos de pequeno porte, e comprimento de 5 m a 5,5 m e largura de 2,7 m, para veículos maiores.

Vamos imaginar, por exemplo, que temos uma área de contribuição de 3.000 m². Trabalhando dentro das premissas de dimensionamento baseadas em uma área para os jardins que varia de 5 a 10%, teríamos áreas entre 150 m² e 300 m². Como a largura dos jardins é fixa, pois é igual à largura da vaga, ao dividir a área total pela largura teremos o comprimento total da área dos jardins. Considerando vagas com largura de 2,7 m, os comprimentos totais dos dois tamanhos típicos de canteiros seriam:

Para a área de canteiro equivalente a 5% da área total:
Comprimento = $150 \text{ m}^2 / 2,7 \text{ m} = 55 \text{ m}$

Para a área de canteiro equivalente a 10% da área total:
Comprimento = $300 \text{ m}^2 / 2,7 \text{ m} = 111 \text{ m}$

Por fim, considerando um comprimento de 5,5 m por vaga, também podemos calcular o número de vagas que precisariam ser dedicadas aos canteiros:

Para a área de canteiro equivalente a 5% da área total:
Vagas = $55 \text{ m} / 5,5 \text{ m} = 10 \text{ vagas}$

Para a área de canteiro equivalente a 10% da área total:
Vagas = $111 \text{ m} / 5,5 \text{ m} \sim 20 \text{ vagas}$

Como é possível notar, são áreas razoavelmente grandes para espaços densos. No entanto, se as dimensões ideais não forem viáveis em todos os lugares, podemos considerar projetar jardins que sejam modulares, para alcançar a área de projeto com vários jardins, ou podemos reduzir a necessidade de espaço ampliando a implantação de medidas nos lotes, ou ainda, adotando medidas abaixo das ideais.

Para informações sobre o dimensionamento de canteiros pluviais segundo critérios hidráulicos mais estritos, confira o SUDS Manual 752 (referências adiante).

ESCOLHA DE VEGETAÇÃO

A principal característica das plantas escolhidas para os jardins de chuva é a capacidade de tolerar períodos tanto de seca quanto de chuvas prolongadas e, com isso, a presença ou a ausência constante de água por dias a fio. Plantas nativas, capazes de acolher polinizadores e pequenos animais, apoiando a biodiversidade nativa, são especialmente valiosas. No caso de jardins implantados em quintais domésticos ou em outros espaços onde haja um controle sanitário, o uso de plantas medicinais, comestíveis, utilizadas em chás e como tempero é um presente extra. É importante considerar plantas que ocupam todos os perfis, desde plantas com raízes bulbosas (tal qual o gengibre, por exemplo), passando pelas forrageiras, pelas arbustivas, até árvores – com ressalvas, já que elas precisam de certo controle da presença contínua de água sobre suas raízes.

Sugerimos a seguir uma lista de 13 plantas ornamentais que podem compor jardins de chuva, mas essa é uma lista inicial. Plante, teste, observe e incorpore outras espécies em seus jardins:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. Biri (cana- da- índia) | 8. Alamanda |
| 2. Chamaecrista | 9. Orelha-de-onça |
| 3. Clusia | 10. Maranta cinza |
| 4. Falsa íris (íris-da-praia) | 11. Maranta pavão |
| 5. Flor do guarujá | 12. Resedá amarelo – trépalis |
| 6. Ruélia | 13. Minipitanga |
| 7. Lantana amarela | |



COMO FAZER UM JARDIM DE CHUVA

Após a elaboração do projeto, é hora de lançar mãos à obra! Vamos tratar aqui da execução de jardins sobre solos naturais e dos jardins sobre leitos de drenagem, mas vale lembrar que algumas das etapas são comuns aos dois tipos:

- A. Como já dissemos, lembre-se de conferir se a área que será escavada está livre de elementos enterrados que poderiam ser danificados. Se os jardins forem implantados em espaços públicos, principalmente em vias, consulte antes os órgãos responsáveis do município e faça um levantamento cadastral das redes existentes.
- B. Raspe a porção superficial do solo, geralmente rica em matéria orgânica e cheia de vida, e deixe-a de lado para usá-la na finalização do jardim.
- C. As camadas inferiores de solo podem ser removidas e remanejadas localmente. É importante evitar o descarte de solo. Uma possibilidade é colocar as camadas removidas em novos espaços, como canteiros elevados, que são ótimos para o cultivo de alimentos por crianças e adultos.

JARDINS SOBRE SOLO NATURAL

- 1. Ao chegar à profundidade estabelecida no projeto, escavamos mais um pouco apenas para soltar o solo e, com isso, melhorar sua estrutura e sua capacidade de infiltrar água, bem como possibilitar o desenvolvimento das raízes das plantas, em um processo conhecido como escarificação do solo, que vai facilitar muito o plantio.
- 2. Este é o momento de instalar os tubos de entrada e saída de água, que devem ficar firmes e posicionados sempre sobre uma camada de pedras, o que impede o impacto da chegada da água em um dos lados e o arraste de solo no ponto de saída.
- 3. Nesta profundidade de escavação, o solo provavelmente vai ter pouca vida, pois já está um tanto abaixo da camada superficial, onde realmente reside a maior parte dos seres vivos. Para compensar, costumamos misturar um pouco de composto no solo, para ampliar a biodiversidade e fortalecer o desenvolvimento das espécies que serão plantadas logo a seguir.



4. Neste ponto, o solo é coberto com folhas secas ou serrapilheira para proteger a superfície até que as plantas se desenvolvam e o cubram totalmente, o que impede a exposição ao sol, mantém o solo fresco, rico e pronto para acolher a água da chuva.
5. Passa-se por fim ao plantio, que é feito de forma adensada, com pelo menos 6 plantas por m², para assegurar a criação de uma estrutura capaz de restringir o fluxo de água, o que amplia a capacidade de retenção e transformação dos poluentes.

JARDIM SOBRE LEITO DE DRENAGEM

Para construir esse tipo de jardim, é preciso repetir os passos genéricos (A, B e C) e, em seguida:

1. Amplia-se a escavação para chegar à profundidade em que o material drenante de fundo será colocado. Neste ponto, há duas opções: ou forramos toda a superfície com uma manta impermeável para impedir a infiltração, ou escarificamos o solo para fortalecer a infiltração. A definição relacionado à infiltração ou à impermeabilização foi discutida anteriormente. Uma alternativa interessante, principalmente para locais próximos à vias de passeio de veículos, é o uso de uma manta geotêxtil na face lateral da escavação, que tende a reduzir, com o tempo, a passagem de água para a lateral, privilegiando a infiltração na base da escavação.
2. Caso seja necessário interligar o jardim a um sistema de drenagem inferior, neste ponto é inserida a tubulação de dreno, que deve ser recoberta com o material drenante (brita 2 ou 3 reciclada) em uma espessura mínima de 25 cm.
3. Acima da camada de dreno, é aplicada uma camada de 10 cm de material mais fino, como pedrisco ou BGS (brita graduada separadora), que suporte o substrato acima e impeça a passagem das partículas de solo fino para o fundo, onde está o material filtrante. Essa é de fato uma camada de transição entre o material drenante ao fundo e o substrato acima.

4. Acima da camada separadora, é finalmente inserido o substrato, formando uma camada de pelo menos 45 cm, cuja composição pode variar de acordo com a demanda do projeto. Se o solo local for solto e tiver boa capacidade de percolação, e não houver intenção de reusar a água após a coleta pelo dreno de fundo, pode-se apenas adicionar um pouco de composto à razão de uma parte de composto para cinco partes de solo, aproveitando o solo raspado da superfície para fazer parte desta mistura. Se o solo tiver baixa capacidade de percolação, e também não houver interesse em reusar a água coletada a partir de um dreno de fundo, pode-se produzir um substrato com cerca de uma parte de solo local, meia parte de composto e meia parte de areia. Por fim, para situações em que se deseja coletar a água para reuso, é importante utilizar um substrato arenoso e fazer um dimensionamento apropriado, para o qual o SUDS manual C753 e o Biofiltration systems in Development Services Schemes são ótimos materiais de estudo (veja em Referências técnicas).

5. Acima do substrato, segue-se o mesmo procedimento do jardim sobre solo natural, com a cobertura com serrapilheira ou folhas secas e o plantio.



REFERÊNCIAS TÉCNICAS

Biofiltration systems in Development Services Schemes, Melbourne Water.

<https://www.melbournewater.com.au/building-and-works/development-guides-and-resources/standards-and-specifications/biofiltration>

Cartilha de Infraestrutura Verde para Drenagem Sustentável, Prefeitura Municipal de Salvador.

<https://sustentabilidade.salvador.ba.gov.br/wp-content/uploads/2023/06/Cartilha-JardimdeChuvas.pdf>

Catálogo Brasileiro de Soluções baseadas na Natureza (SbN´s) produzido pelo Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis (OICS).

<https://catalogo-sbn-oics.cgee.org.br/>

Designing for a cool city, Guidelines for passively irrigated landscapes.

<https://watersensitivecities.org.au/content/designing-for-a-cool-city-guidelines-for-passively-irrigated-landscapes/>

Dimensionamento de calhas de seção retangular.

<https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/360040820014-Dimensionamento-de-calhas-pluviais>

Escolha do coeficiente de infiltração apropriado para o projeto de acordo com o método racional, videoaula do Professor Plínio Tomaz.

https://www.youtube.com/watch?v=pwV5YcMzras&ab_channel=Pl%C3%ADnioTomazEngenharia

Guia de Soluções baseadas na Natureza para o manejo de águas pluviais: aplicado à realidade das cidades brasileiras, por Luiza Cavalcanti.

<https://www.linkedin.com/posts/activity-7129670420353433600-HQsF/>

Jardim de chuva na rua das Uvaías.

<https://youtu.be/ST3Xq0p3H30?si=t1GqGkzwHzMchM0L>

The SuDS Manual.

https://www.ciria.org/CIRIA/CIRIA/Item_Detail.aspx?iProductCode=C753

Acessos em: 25 nov. 2023

ANEXO — PARA SABER MAIS:

Teste de infiltração

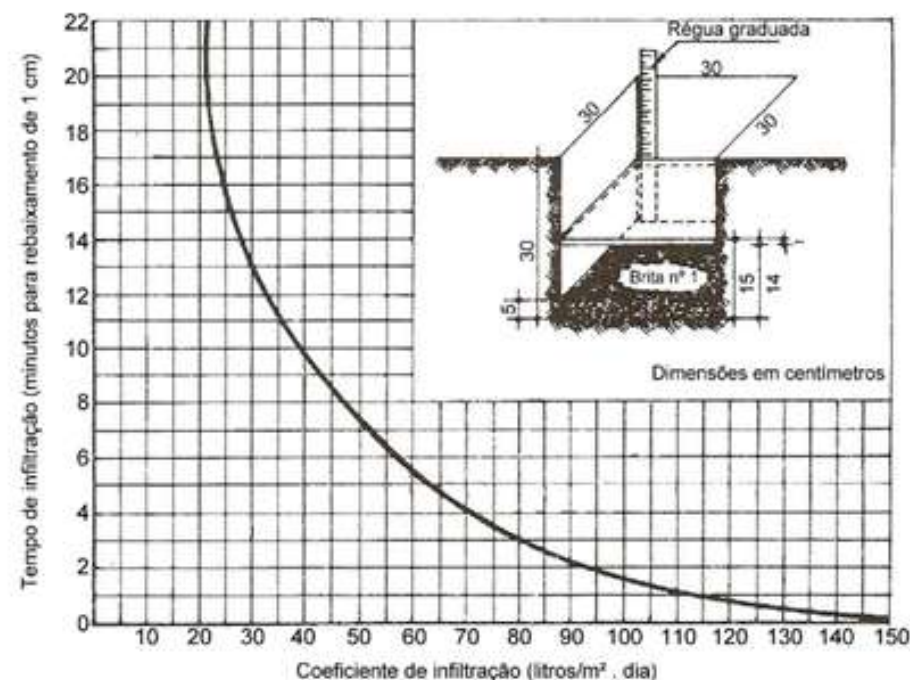
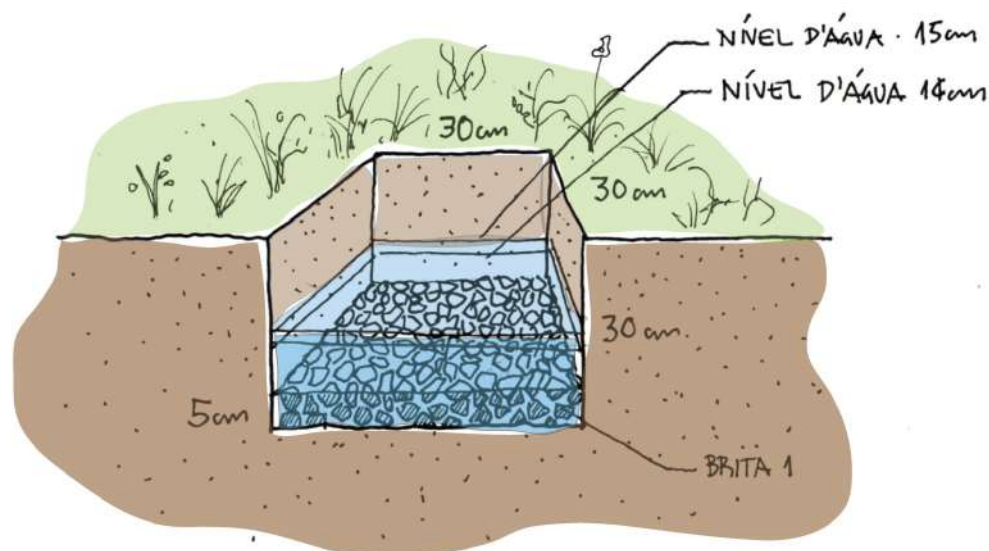
O teste de infiltração é uma técnica simples que deve ser utilizada antes de instalar um sistema de tratamento que tenha em seu funcionamento uma fase de infiltração da água no solo, sejam águas cinzas, pretas ou mistas.

Existem três componentes no solo que influenciam muito a infiltração: argila, silte e areia, sendo a argila o componente em grão que apresenta a menor dimensão e a menor capacidade de infiltração, enquanto a areia apresenta o maior grão e a maior capacidade de infiltração. O silte tem características intermediárias entre argila e areia. Assim, uma vez que o tipo de solo varia de uma região para outra, é fundamental que o teste de infiltração seja aplicado exatamente no local (e na altura) onde se deseja infiltrar a água. Como resultado do teste, é possível dimensionar a área necessária para a infiltração da quantidade de água presente em cada contexto.

Teste de infiltração segundo a norma NBR 13969

1. Escavar um buraco com pá de corte com seções 30 x 30 x 30 cm;
 2. Raspar o fundo e os lados da cova, de modo que fiquem ásperos;
 3. Retirar da cova todo material solto e cobrir o seu fundo com uma camada de 5 cm de brita 1;
 4. No primeiro dia, manter a cova cheia de água durante 4 h;
 5. No dia seguinte, encher a cova com água e aguardar que ela infiltre totalmente;
 6. Encher novamente as covas com água até a altura de 15 cm e cronometrar o período de rebaixamento de 15 cm até 14 cm, correspondente às alturas da água em cada cova.
- Quando esse intervalo de tempo para o rebaixamento de 1 cm se der em menos de 3 min, é preciso refazer o ensaio cinco vezes e adotar o tempo da quinta medição.**

Após determinar os tempos de infiltração das covas, é possível obter os coeficientes de infiltração do solo ($L/m^2 \times dia$) na curva apresentada a seguir. (Adota-se o menor dos coeficientes determinados no ensaio.)

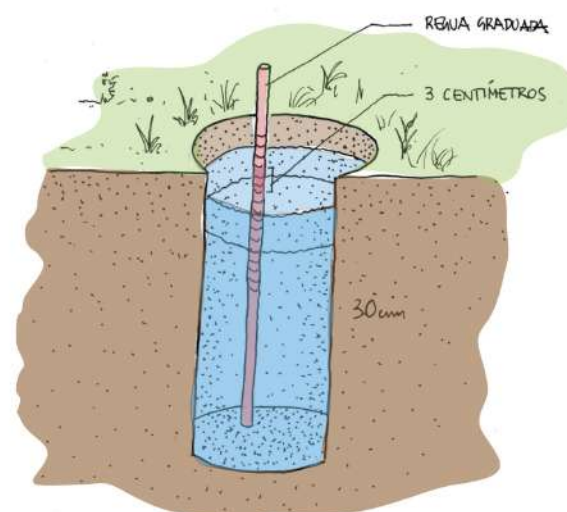


Teste de infiltração prático segundo Art Ludwig

1. Cavar um buraco com uma cavadeira na profundidade onde a água será aplicada (se for para água cinza, geralmente de 15 a 30 cm de profundidade);
2. Cravar uma estaca graduada (em cm) no fundo do buraco;
3. Encher o buraco com água até o topo entre três a cinco vezes para saturar o solo;
4. Encher novamente o buraco e marcar quantos minutos a água leva para baixar 3 cm;
5. Repetir o teste e anotar o tempo até que o resultado se repita;
6. Em seguida, dividir o tempo em minutos pelos 3 cm;
7. O resultado será em min por centímetros (min/cm).

Agora, basta comparar o resultado com os valores da tabela abaixo, multiplicando o valor da área necessária (em $m^2/L/dia$) pelo volume a ser infiltrado.

Taxa de Infiltração min/cm	Taxa de Aplicação L/m²/d	Área necessária	
		m²/L/dia	m²/m³/dia
0-12	102	0,01	10
12:00 – 15:45	80	0,013	12,5
15:45 – 17:45	61	0,016	16
17:45 – 23:40	41	0,025	25
23:40 – 47:25	20	0,049	49



Realização



Parceiros



Patrocínio



