

Como transformar o cenário de inundações em Belo Horizonte?

Estudo de alternativas para a vida na cidade com implantação de infraestruturas verdes e azuis

lembra:
isto é rio

Escola de
Arquitetura

UF *MG*



O que você encontra
neste documento:

3 Introdução

4 Como as
águas de Belo
Horizonte têm
sido tratadas

6 Proposta de
alternativas:
Infraestruturas
verdes e azuis

8 Leitão:
exemplo
para todo o
município

10 Infraestruturas
sugeridas
Telhado verde
Pavimento permeável
Reservatório individual
Trincheira de infiltração
Jardim de chuva

14 Estudo de caso:
redução de
inundações na
bacia do Leitão
Exemplos de paisagens:
R. Teixeira de Freitas
Av. Bento Simão
Av. Augusto de Lima

19 Questões
atuais sobre
o manejo das
águas de chuva
no município

20 Ferramentas e
políticas urbanas
de gestão das
águas pluviais em
Belo Horizonte

22 Conclusões

Ao longo das décadas, desde o planejamento de Belo Horizonte, as **águas das chuvas e dos cursos d'água** têm sido tratadas como inimigas, **escondidas e expulsas da cidade**. Grandes obras têm sido justificadas como necessárias para acabar com as **inundações frequentes**, que se repetem a cada temporada de chuvas, mas tal modelo está obsoleto e apresenta respostas insuficientes às questões da vida na cidade. No contexto de aquecimento global e ocorrência mais frequente de eventos climáticos extremos, é urgente buscar soluções funcionais e sustentáveis para o manejo das águas pluviais.

Pensando no cotidiano da cidade, em seus espaços e em propostas factíveis de implantação a curto, médio e longo prazo, este documento foi elaborado com o objetivo de **apresentar alternativas para lidar com as inundações e conviver com as chuvas**, e dialogar com a Prefeitura de Belo Horizonte, gestores(as) e tomadores(as) de decisão e habitantes do município.

Apresentamos um estudo que simula a **implantação de infraestruturas verdes e azuis**, como jardins de chuva e telhados verdes, a partir da adaptação de edificações, lotes, quarteirões e vias na bacia hidrográfica do córrego do Leitão, na região Centro-sul do município. Os resultados mostram que **implantando as técnicas em metade das áreas** disponíveis na região, as **inundações são quase zeradas**, mesmo nessa área da cidade de urbanização consolidada.

Como as águas de Belo Horizonte têm sido tratadas ao longo do tempo

O modelo de políticas e obras implantadas em Belo Horizonte, desde o planejamento da cidade, parte de um pressuposto de **controle da natureza** por meio da engenharia, que desconsiderou a presença e o caminho das águas. Essa abordagem foi preponderante nas grandes cidades ocidentais no século XIX, quando as populações urbanas cresceram muito e a desigualdade social e as condições sanitárias precárias eram características das cidades. Nessa época, também havia a ideia de que o ser humano deveria exercer o máximo controle sobre o meio ambiente. A **presença das águas** passou a ser encarada como **inimiga da saúde pública** e o manejo das águas pluviais buscava **mandar as chuvas (e esgotos) embora o mais rápido possível**, para os cursos d'água principais que estão nos pontos mais baixos do relevo (fundos de vale). Houve, assim, a **gradual exclusão dos cursos d'água** da paisagem e cotidiano da cidade.

Ao longo do século 20, houve intenso **crescimento das cidades** brasileiras, em um **processo de urbanização precarizado**, em que a população pobre foi morar em regiões cada vez mais afastadas das áreas com infraestrutura. Ao mesmo tempo, a ocupação urbana avançou para as várzeas dos rios (áreas de inundação), áreas de nascentes e outras regiões importantes para o manejo das águas pluviais. Nesse processo, ocorreram aterramento de nascentes e brejos, canalização dos cursos d'água e sua transformação em avenidas, supressão das matas e intensa impermeabilização do solo. Isso tem provocado a diminuição da infiltração das águas de chuva no solo e o aumento da quantidade e da velocidade do escoamento superficial. Soma-se a esses fatores a emergência climática, com alterações nos regimes das chuvas e das secas. Essas são as **principais causas das inundações e enxurradas**, repetidos a cada estação de chuvas e cada vez mais intensos que acontecem em todo o município.



Obra de retificação do córrego do Leitão na av. Álvares Cabral, 1928. Blog Curral del Rey.



Faixa celebrativa do tamponamento do córrego do Leitão, “Esse córrego não encherá mais”, na rua São Paulo, 1972. Fragmento de vídeo, Museu da Imagem e do Som - Belo Horizonte.



Placa propondo imaginar a reabertura do córrego do Leitão, rua Padre Belchior, 2013. Piseograma.

O **Manejo das Águas Pluviais** é um componente do **Saneamento Básico** (junto do Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário e Manejo dos Resíduos Sólidos). As obras e políticas de manejo de águas pluviais visam tanto **reduzir** a parte da chuva que vira **escoamento superficial** quanto **direcionar** para não trazer prejuízos – à saúde, às moradias, perda de vidas etc.

Vale dizer que **não é possível anular o risco de inundações**, pois as inundações e enchentes são **fenômenos de resposta às chuvas**, que acontecem principalmente porque **a quantidade de água que chega nos cursos d'água aumenta nos períodos chuvosos**. A cidade de Belo Horizonte ocupou e vem ocupando as áreas inundáveis dos cursos d'água, mas é importante **tornar nossa cidade** cada vez mais **resiliente/adaptável às estações chuvosas**, com obras estruturantes e **valorização** e implementação de medidas de planejamento, gestão e **contingências/emergenciais**. Um caminho é a incorporação de infraestruturas verdes e azuis no espaço urbano.

Infraestruturas verdes e azuis

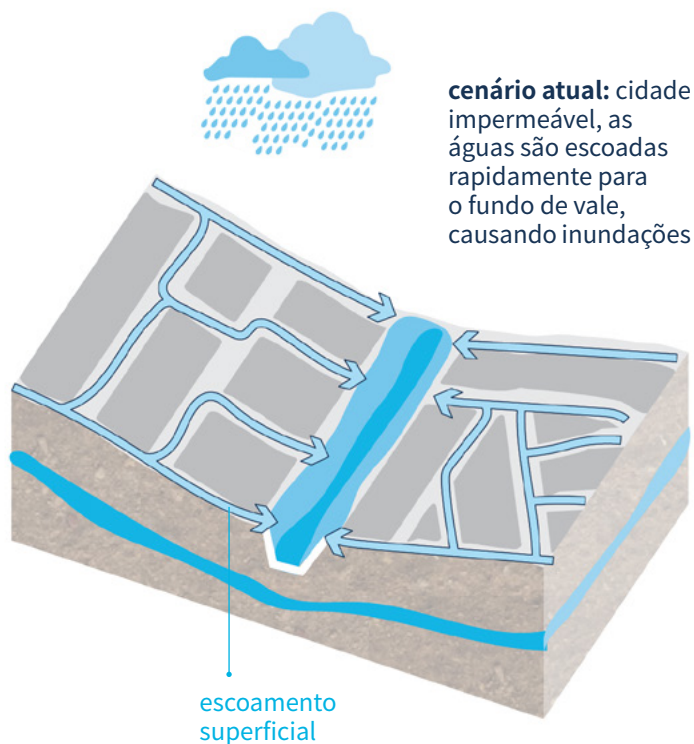
Trata-se de **redes multifuncionais de elementos naturais e construídos (com telhados verdes, parques ciliares, jardins etc.)** pensados para promover o **manejo difuso das águas**, diminuindo o impacto causado pelas águas de chuva no espaço ocupado pelas pessoas.

Infraestruturas verdes e azuis, Gestão integrada de água urbana, Desenho urbano sensível à água, Controle na fonte, Técnicas compensatórias, Sistemas de drenagem urbana sustentáveis e Medidas de controle de água da chuva são diferentes nomes e propostas para tais redes.

Neste documento, falamos de infraestruturas verdes e azuis porque propomos alternativas ao padrão de ocupação e urbanização da cidade, com **estruturas inspiradas em ecossistemas saudáveis**.

A água tratada – absorvida, armazenada – por uma estrutura compensa a impermeabilização de outras áreas, ou seja: representam **benefícios coletivos**, mesmo para áreas diferentes daquelas onde se implanta as estruturas.

As formas atuais das cidades e as estruturadas usadas em cobertura, pavimentação e drenagem (nas casas, vias e sistemas de drenagem) são soluções que impermeabilizam o solo e promovem maior velocidade de escoamento das águas das chuvas, para que sejam rapidamente transportadas e não se acumulem. Isso faz com que as águas cheguem rapidamente aos cursos d'água principais, aumentando as chances de inundações. As infraestruturas verdes e azuis preveem **ações que aumentem a permeabilidade e diminuam a velocidade de escoamento** das águas das chuvas.



Por que implantar infraestruturas verdes e azuis?

Alguns **benefícios** da implantação das técnicas são:

- **sistema** de manejo das águas de chuva **distribuído e eficiente**, que diminui a necessidade de grandes obras.
- **ecossistêmicos**, como criação de habitats, corredores ecológicos e proteção da biodiversidade;
- **econômicos**, como redução do consumo de energia elétrica e dos prejuízos econômicos causados por inundações;
- **adaptações às alterações climáticas**, como mitigação das ilhas de calor e redução da temperatura nos ambientes externos e internos;
- **para a saúde**, com melhoria da qualidade do ar, criação de oportunidades de lazer, recreação e prática de atividades físicas;
- **benefícios coletivos** para toda a bacia hidrográfica, com melhorias paisagísticas, melhoria da qualidade das águas, redução das emissões de gases de efeito estufa e aumento da vazão natural dos córregos na estação seca.

A implantação dessas estruturas é considerada pela Prefeitura de Belo Horizonte, na Instrução técnica para elaboração de estudos e projetos de drenagem (2023), como premissa para as intervenções relacionadas ao manejo das águas de chuva no município. Ainda que existam estudos comprobatórios e instruções técnicas robustas sobre os benefícios dessas técnicas, vemos **resistência política à sua efetivação**, e a **velocidade de implantação é muito menor** do que aquela **exigida em momento de emergência climática**.

Bacia hidrográfica do Leitão: exemplo para todo o município

Estudar a bacia do córrego do Leitão pode nos ajudar a compreender alternativas para o planejamento, gestão e urbanização de diferentes pontos da cidade. Conheça alguns motivos:

Localização da bacia do Leitão

Existem relações políticas e históricas que direcionam grande parte dos recursos e atenções do município para a região.

Desde o **Arraial Curral del Rey**, no século XIX, antes da construção de BH, ao longo da bacia do Leitão já existiam importantes referências: parte do núcleo urbano do arraial, as fazendas do Leitão e do Capão e casas ao longo da estrada para Venda Nova.

No momento de **planejar a nova capital**, parte da bacia já foi incluída no núcleo urbano, e, junto dos Córregos da Serra e Acaba Mundo, é um dos três principais cursos d'água que atravessam a área central de Belo Horizonte.

Localizada atualmente na **Regional Centro-Sul**, recebe muitos investimentos públicos em infraestrutura mas, ainda assim, desde o início da capital, a bacia sofre frequentemente com inundações – não por falta de recursos, mas pelo modelo de urbanização que o município adotou.

A **urbanização consolidada** da região apresenta grande taxa de impermeabilização, e adaptações infraestruturas verdes e azuis e resultados significativos ali podem ser ainda mais relevantes em outras partes da cidade, menos impermeabilizadas.

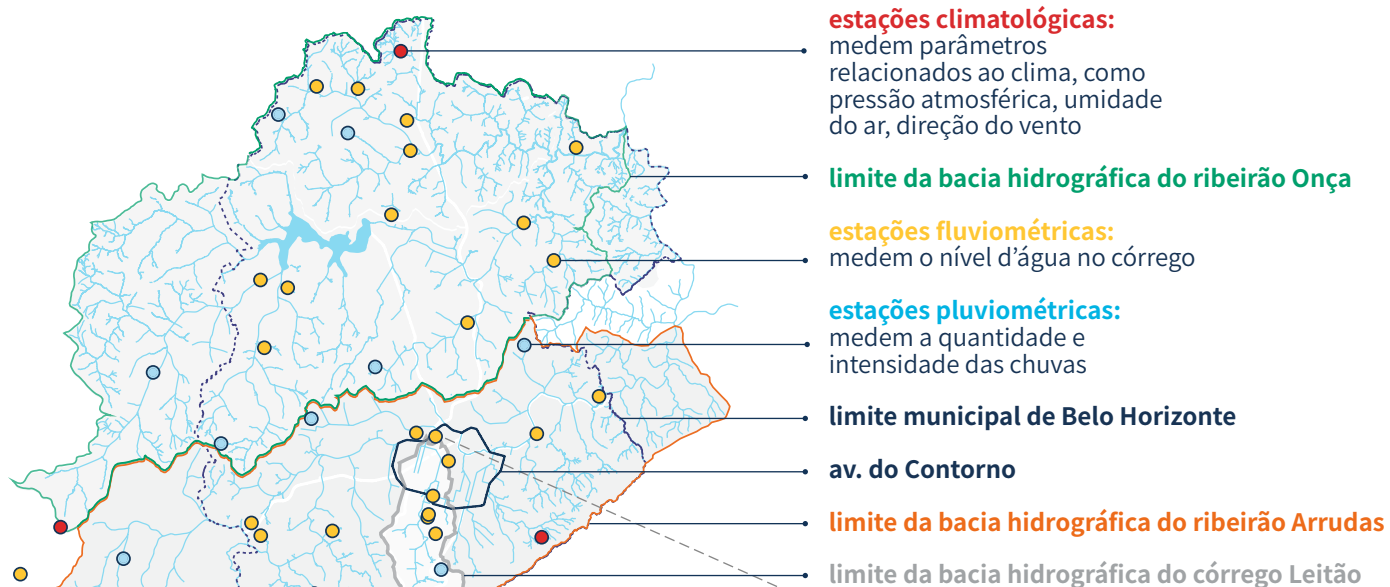
Bacia hidrográfica como unidade de planejamento

Considerar as características do relevo, de solo e de vegetação e os caminhos naturais das águas é uma diretriz prevista para o manejo das águas pluviais em Belo Horizonte.

Estações para monitoramento

7 das 42 estações pluviométricas (volume de chuva) e fluviométricas (nível do curso d'água) da Sudecap foram instaladas nesta bacia, o que trouxe dados precisos para calibração e validação deste estudo bem como demonstra a importância da região para se pensar o manejo das águas de chuva no município.

Localização da bacia do Leitão



Locais na bacia do Leitão



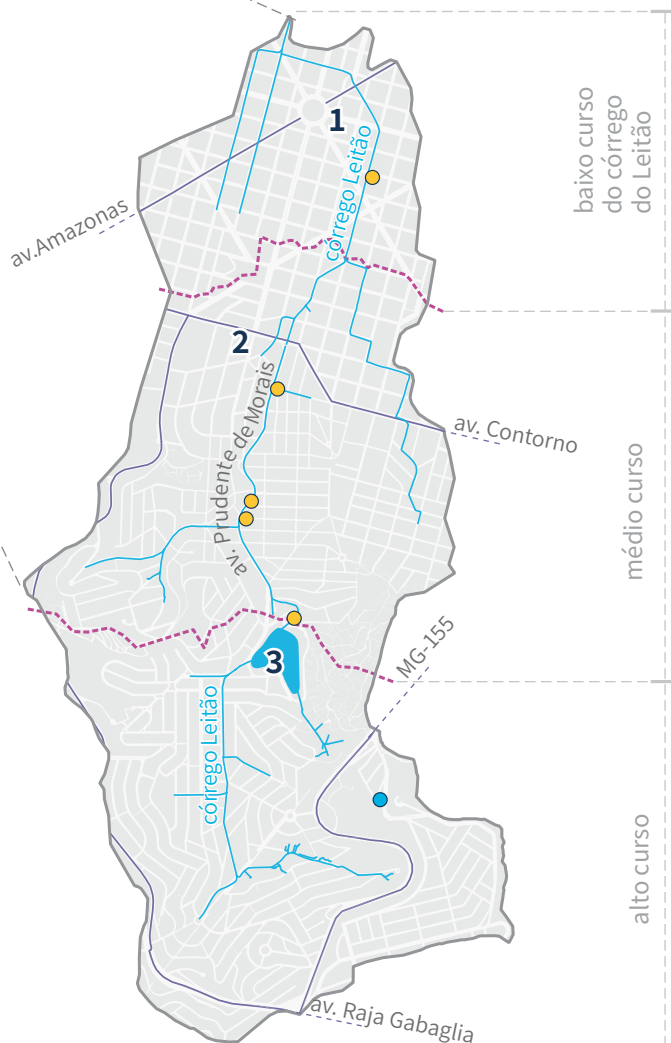
1 Mercado Central



2 Praça Marília de Dirceu



3 Barragem Santa Lúcia (bacia de retenção)



Infraestruturas verdes e azuis sugeridas para o Leitão

Para escolher as técnicas viáveis, observamos:

- capacidade de infiltração do solo;
- rede de áreas verdes existente;
- profundidade do lençol freático;
- área ocupada e impermeável;
- relevo;
- declividade das vias e terrenos;
- largura das vias;
- área e tipo dos telhados;

Pavimento permeável

- vias planas, com mais de 12m e de baixa velocidade
- 705 trechos de vias poderiam receber esse tratamento (total: 1.877 trechos)
- área média do trecho: equivalente a 1,5 quarteirões da Av. Prudente de Moraes

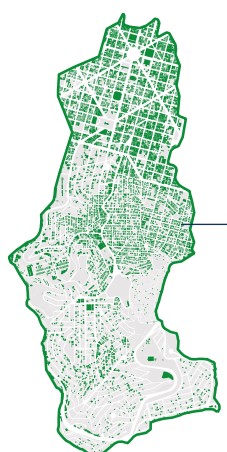
áreas mais propícias: região central, no baixo curso do córrego do Leitão e bairro Belvedere, no alto curso – regiões mais planas, onde a água escoar mais devagar e a água infiltra no solo



Telhado verde

- construções com lajes planas e cobertura maior ou igual a 100 m²
- quantidade máxima de edificações que poderiam receber telhados verdes: 7.941 telhados (total: 17.990 edificações)
- área média dos telhados verdes: 302 m²

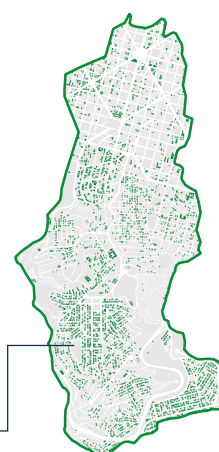
áreas mais propícias: área central da cidade e bairro Santo Antônio – regiões mais verticalizadas, com alta concentração de edifícios de médio e grande porte



Reservatório individual

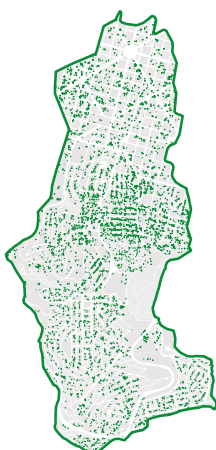
- telhados com telhas, com área de chão disponível
- quantidade total de reservatórios individuais propostos: 3.422 (total: 17.990 edificações)
- volume médio do reservatório: 9,5 m³ (equivalente ao consumo total de 3 pessoas em um mês apontado pela ONU)

áreas mais propícias: regiões de ocupação tipicamente residencial



Jardim de chuva

- lotes com área permeável disponível para receber a drenagem do telhado – considerando também áreas públicas, os resultados seriam maiores!
- quantidade total de jardins de chuva: 4.978 (total: 11.020 lotes)
- área média: 34 m²



Trincheira de infiltração

- lotes maiores que 400 m² e distantes dos cursos d'água, com área impermeável disponível
- quantidade total: 2.260 (total: 11.020 lotes)
- área média da trincheira: 12 m²

áreas mais propícias: região central da cidade e proximidades, onde há terrenos mais extensos





Pavimento permeável

O que é: sistema de pavimentação feito de materiais drenantes (que permitem a infiltração de água pela sua superfície), como concreto permeável, asfalto poroso e bloco de concreto intertravado. Pode estar associado a um reservatório e pode ser usado em ruas, calçadas, praças e no interior dos lotes.

Função: Infiltração de água no solo.

Escala de tratamento: 1 m² construído trata 1 m² de área impermeável.

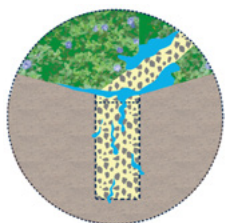
Benefícios: Filtragem da água, reduzindo a poluição difusa que chega aos cursos d'água, e redução do calor urbano nas proximidades da instalação. Reduz a velocidade de escoamento superficial, diminuindo o risco associado às enxurradas.

Gestão: Realizada pelos proprietários do edifício ou prefeitura, em caso de áreas públicas. Exige capina e limpeza da superfície, e substituição periódica da areia para manutenção da capacidade de infiltração.

Custos*: Aumento de 80% no custo comparado ao de um pavimento asfáltico comum. Custo anual de manutenção de cerca de R\$ 1.100.

Caminhos para implantação em BH: Poderiam ser implantados em passeios, áreas e faixas de estacionamento, vias com fluxo de veículos leves. Sua implantação também reduz os custos com a rede de drenagem tradicional.

Atenção: A inclinação máxima do terreno ou via é 5%. Os pavimentos permeáveis devem ser feitos em camadas, dimensionadas para a quantidade de água que se deseja coletar e cargas de tráfego do ambiente.



Trincheira de infiltração

O que é: Vala para armazenamento de água, preenchida com material de maior capacidade de retenção hídrica que o solo ao redor, como a brita.

Função: Armazenamento, infiltração, redução da velocidade e do volume do escoamento superficial.

Escala de tratamento: Uma trincheira de 20 m de comprimento e 60cm de largura poderia tratar uma área impermeável de cerca de 100 m².

Benefícios: Resfriamento e melhoria climática no entorno do local, controle da erosão, recarga do lençol freático e tratamento da poluição difusa. Além disso, pode ser um recurso estético e paisagístico.

Gestão: A camada de filtragem, que corresponde aos 15cm superiores, precisa ser substituída periodicamente, de acordo com a quantidade de resíduos e sólidos que chegam na trincheira, para garantir a capacidade de infiltração e armazenamento.

Custos*: O custo de uma trincheira de 20 m, que trata uma área impermeável de 100m² é estimado em R\$ 10 mil, além do custo de substituição da camada superficial de filtragem (15 cm), de cerca de R\$ 600.

Caminhos para implantação em BH: As trincheiras podem ser preenchidas com resíduos inertes da construção civil, contribuindo para solução da escassez de área no município para destinação desses resíduos.

Atenção: É necessário ter, ao lado de todas as trincheiras, uma faixa gramada que servirá como barreira para detritos, de modo a evitar o acúmulo de sedimentos nas valas. Deve-se manter uma distância de, pelo menos, 1,5 m entre o fundo da trincheira e o lençol freático. Além disso, a declividade máxima é de 10% do terreno.

* Os custos simulados partem das Instruções Técnicas da PBH e da tabela de preços da Sudecap.



Telhado verde

O que é: Sistemas de cobertura que usam solo e vegetação, permitindo a infiltração e armazenamento temporário da água da chuva no substrato e camada drenante sobre a laje que seria direcionada diretamente à rede pública de drenagem. Caso combinado com um sistema de armazenamento de água, o telhado verde se torna, também, um telhado azul.

Função: Infiltração e retenção das águas da chuva, diminuindo o volume e a velocidade do escoamento superficial e retardando a chegada das águas ao curso d'água principal.

Escala de tratamento: 1 m² construído trata 1 m² de área impermeável.

Benefícios: A camada de vegetação proporciona conforto térmico à edificação e, a depender das plantas usadas, alimento para pessoas e animais e fixação de gás carbônico. Além disso, redução do efeito da ilha de calor na cidade.

Gestão: Realizada pelos proprietários/gestores da edificação. Edificações públicas com grandes áreas cobertas por laje são candidatas prioritárias para receber telhados verdes.

Custos*: Pela sobrecarga estrutural e demanda de poda, replantio e irrigação (a depender da espécie), é a mais cara das técnicas analisadas. O custo estimado de implantação em um telhado de 100m² é R\$ 22 mil, com custo anual de manutenção da ordem de R\$ 600.

Caminhos para implantação em BH: Usar materiais consolidados no mercado pode facilitar e baratear a implantação, como argamassa para proteção da impermeabilização contra raízes e britas ou argila expandida na camada de drenagem.

Atenção à estrutura da construção, devido aumento de carga na laje, que precisará também ser impermeabilizada.



Reservatório individual

O que é: Estrutura que coleta e armazena águas dos telhados.

Função: Captar, armazenar e liberar águas de chuva, que podem ser direcionadas a outros reservatórios ligados em série.

Escala de tratamento: Depende da capacidade do reservatório, mas 3 m³ podem tratar cerca de 100 m² de área impermeável.

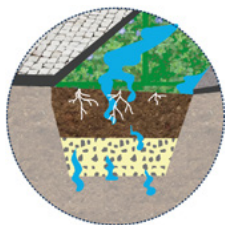
Benefícios: São eficazes em chuvas de diferentes durações e intensidades e reduzem o volume de água à jusante. A água armazenada pode ser liberada aos poucos para o sistema de drenagem ou reaproveitada em diferentes usos domésticos, como irrigação e descarga.

Gestão: A manutenção é simples, demanda apenas limpeza periódica.

Custos*: Um microreservatório de concreto armado com 3m³ de volume útil, capaz de tratar uma área impermeável de 100m², tem custo estimado em R\$ 9 mil.

Caminhos para implantação em BH: É Exigido pela legislação desde a década de 1990. Com o novo projeto-tipo definido pela prefeitura, os reservatórios serão mais eficientes para controle de inundações. Para vilas e favelas, é a técnica mais indicada neste estudo, pois não implica em infiltração no solo – em áreas com risco geológico, esta não é indicada –, é barata e não demanda muito espaço livre.

Atenção: Para que parte da água da chuva possa ser reaproveitada, o reservatório precisa ter um volume extra. Além disso, pode ser necessário um sistema de bombeamento.



Jardim de chuva

O que é: Técnica simples que prevê o direcionamento da água da chuva para áreas permeáveis tratadas para aumentar sua capacidade de infiltração. Desconectando a água do sistema de drenagem urbana, a taxa de infiltração aumenta ao longo da bacia. Pode haver algum material drenante abaixo do solo, para aumentar a capacidade de infiltração.

Obs.: A escolha da **vegetação** deve levar em conta plantas que suportem suas raízes submersas e períodos de seca. Plantas nativas podem ser usadas para cobertura direta do solo, como a grama amendoim (*Arachis repens*), plantas herbáceas, como a penicilina (*Alternanthera brasiliana*) e a maranta (*Ctenanthe setosa*), arbustivas, como a carqueja (*Baccharis crispa*) e a ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*), ou mesmo plantas de porte arbóreo, como o mulungu (*Erythrina speciosa*).

Função: Infiltração, ao direcionar a água da chuva para áreas que possuam capacidade drenante.

Escala de tratamento: 1 m² de área permeável trata 5 m² de área impermeável.

Benefícios: A evapotranspiração das plantas aumenta a umidade do ar. A retenção e infiltração da água da chuva no solo pode tratar a poluição difusa e reduzir a quantidade de sedimentos que chegam aos cursos d'água. Os jardins podem atuar na produção de alimento, de remédios naturais, no conforto climático, no tratamento de águas poluídas, como espaços terapêuticos, entre outros.

Gestão: Pode ser feita pelos proprietários da edificação ou órgãos públicos, ou pelo município, havendo possibilidade de participação da população local na manutenção dos jardins.

Custos*: Um jardim de chuva com área de 20m² pode tratar uma área impermeável de 100 m², com um custo de R\$ 7 mil. A manutenção inclui capina e replantio da vegetação e é estimada em R\$ 200 por ano.

Caminhos para implantação em BH:

Jardins existentes de qualquer área podem ser transformados em jardins de chuva, ao receberem uma camada de brita e material geotêxtil conforme indicado na norma técnica da Prefeitura de Belo Horizonte.

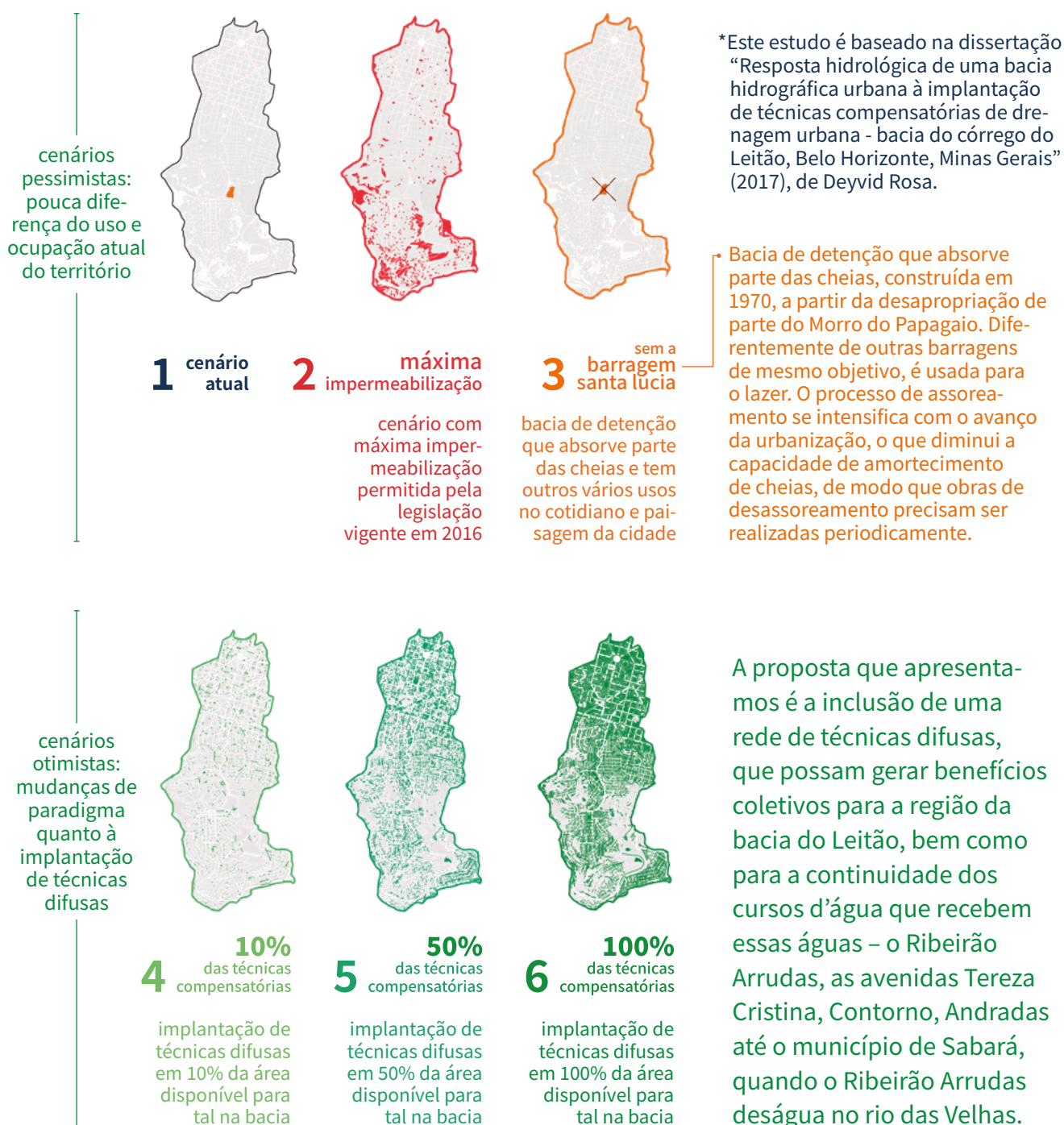
Atenção à capacidade de infiltração do solo. Em solos argilosos, por exemplo, a técnica deve ser combinada com outra técnica de armazenamento. As áreas de recepção da água não devem ultrapassar 5% de inclinação, para que a velocidade do escoamento superficial não seja alta.

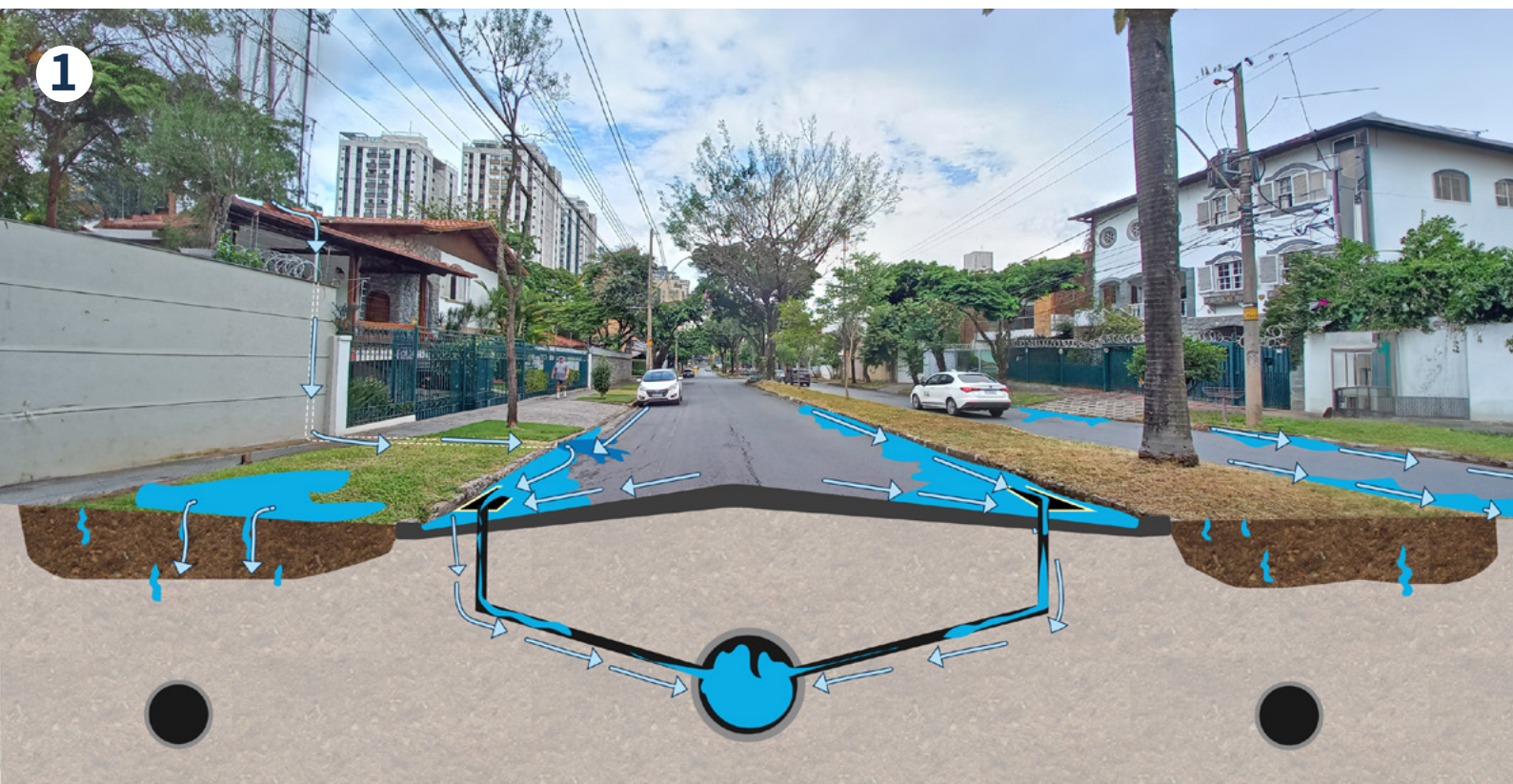
Para saber detalhes de como aplicar essas técnicas, veja a [Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem](#), da Prefeitura de Belo Horizonte!

Estudo de caso: a bacia do córrego do Leitão

Construção de cenários

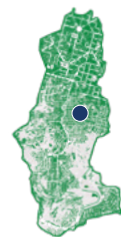
Buscando entender o comportamento das águas e dos sistemas hidráulicos e as possibilidades de reduzir inundações na bacia do Leitão, elaboramos 6 cenários de estudo na bacia do Leitão, com a implantação de infraestruturas verdes e azuis e com urbanização no modelo atual acentuada.



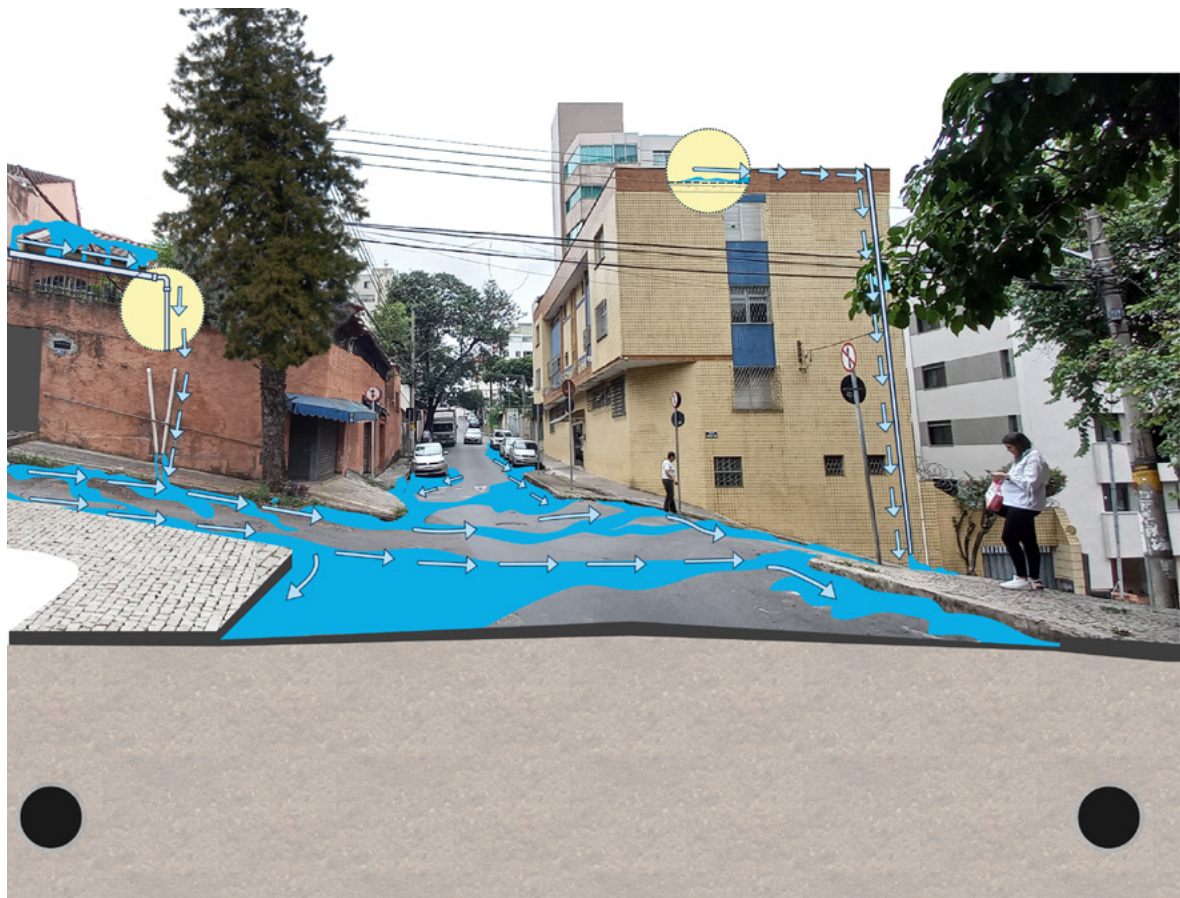


Cenário atual: a água é totalmente direcionada às redes de drenagem. Em poucos minutos, chega até a Barragem Santa Lúcia.

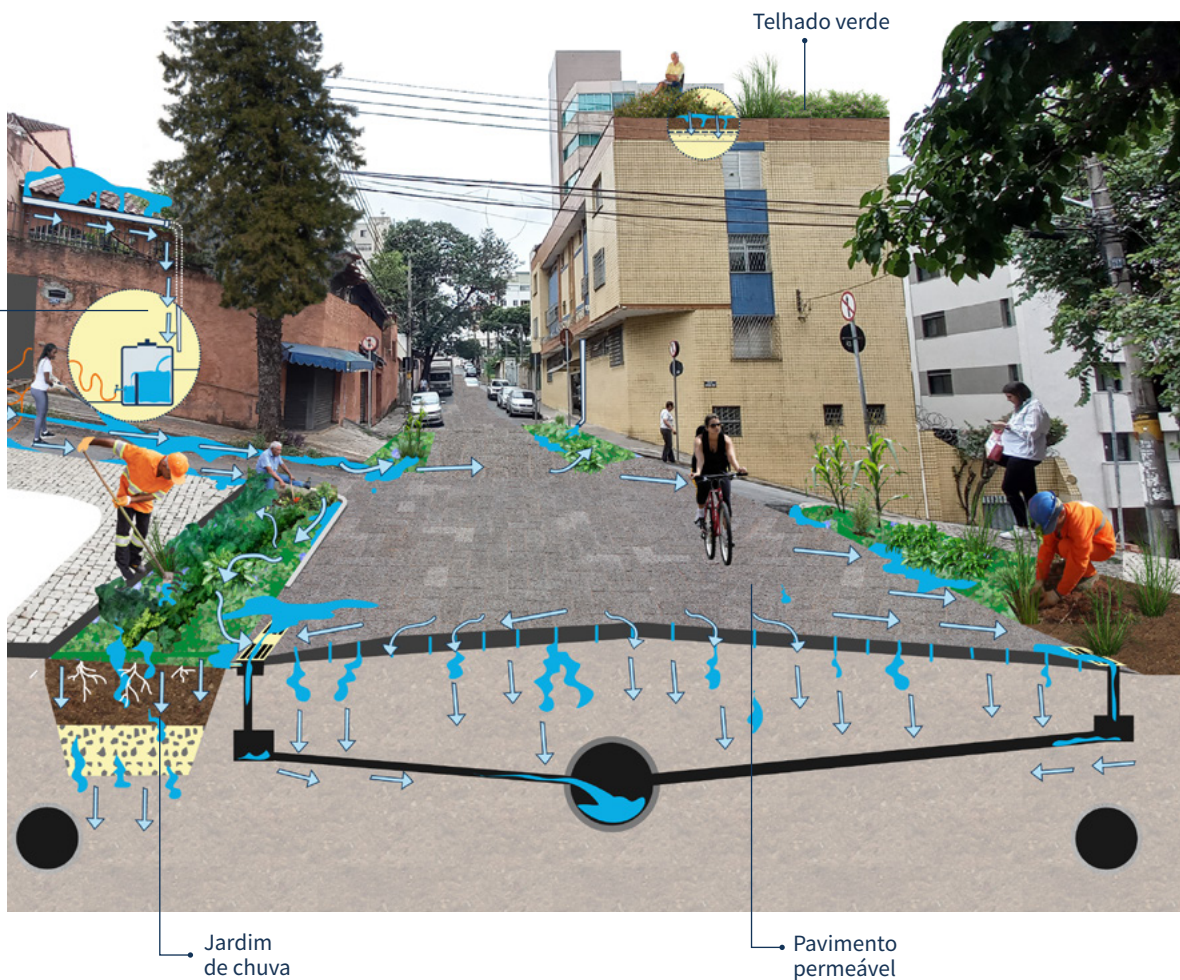
Cenário com implantação de infraestruturas verdes e azuis: áreas como jardins, calçadas gramadas e canteiros centrais têm seu solo descompactado para aumentar a permeabilidade e viram jardins de chuva, recebendo águas dos telhados e das ruas. Apenas o excedente de água não captado pelas estruturas é direcionado às redes de drenagem, que passam a funcionar com maior margem de segurança e menor risco de alagamentos e enxurradas.



Cenário atual: a água esco rapidamente pelas vias transversais, muito inclinadas, e é totalmente direcionada às redes de drenagem, com potencial de formação de enxurradas. Em poucos minutos, o canal da Av. Prudente de Moraes está sobrecarregado e pode haver uma inundação.

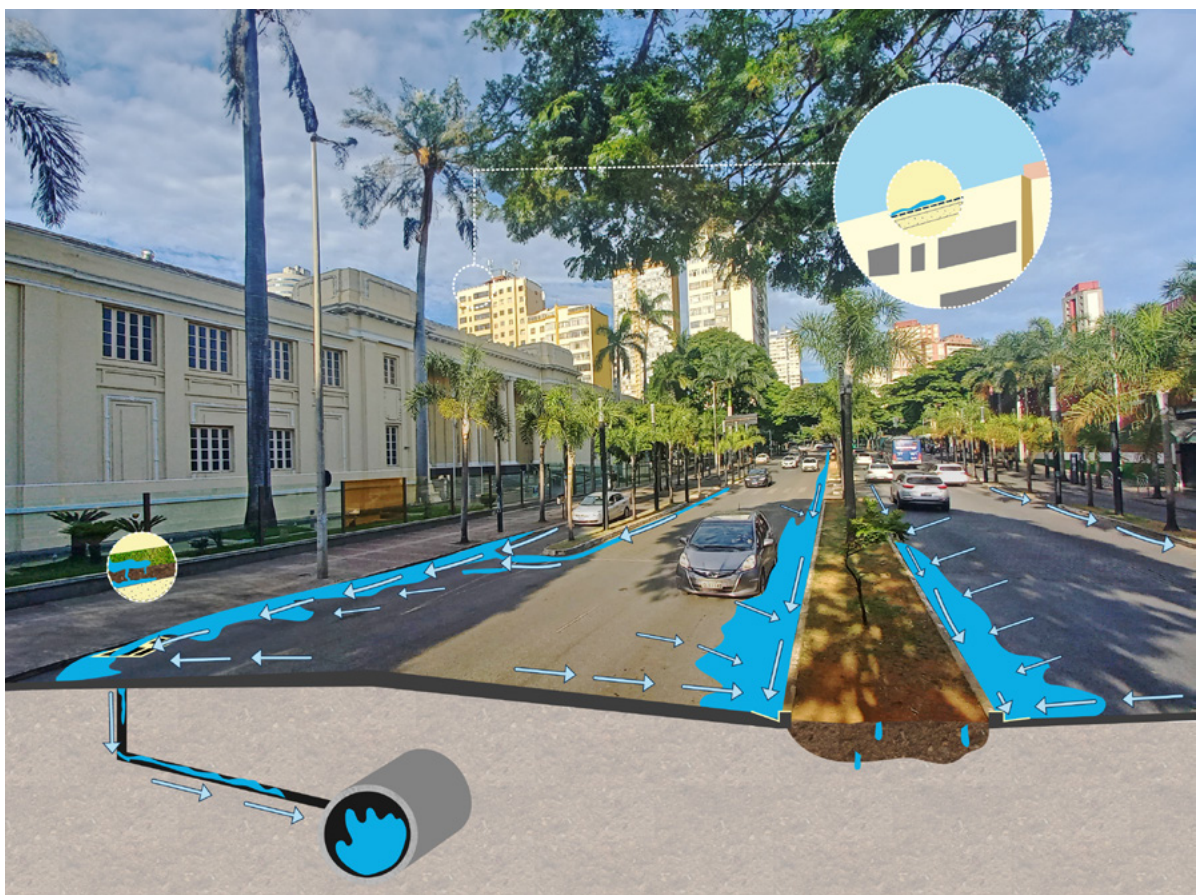


Cenário com implantação de infraestruturas verdes e azuis: grande parte da chuva é captada e armazenada pelas estruturas e apenas o excedente é direcionado às redes de drenagem. Com isso, a rede de microdrenagem pode ser projetada para transportar volumes menores, ficando mais barata do que no cenário sem infraestrutura verde e azul. Os jardins de chuva, construídos nas vias transversais, de menor declividade, ajudam a reduzir a velocidade de escoamento da água pelas vias inclinadas.





Cenário atual: a água esco rapidamente, é totalmente direcionada às redes de drenagem e, em poucos minutos após o início da chuva, chega até o córrego do Leitão e o ribeirão Arrudas.



Cenário com implantação de infraestruturas verdes e azuis: apenas o excedente de água não captado pelos telhados verdes e jardins de chuva é direcionado às redes de drenagem. Áreas como jardins e canteiros centrais têm seu solo descompactado para aumentar a permeabilidade e viram jardins de chuva, recebendo águas dos telhados e das ruas.



lembra:
isto é rio

Como seriam as inundações



área inundada
(em hectares)



2

impermeabilização
máxima

área inundada
seria equivalente a
23 bairros

aumento signifi-
cativo das inunda-
ções, frequentes na
avenida Prudente de Moraes

3

sem a
barragem
Santa Lúcia

1

cenário
atual

a área inundada seria
inferior a
1 bairro

tempo
de retorno
(em anos)

chuva intensa que
acontece a cada
2 anos

chuva intensa que
acontece a cada
50 anos

chuva intensa que
acontece a cada
100 anos

4

10%
das técnicas
compensatórias

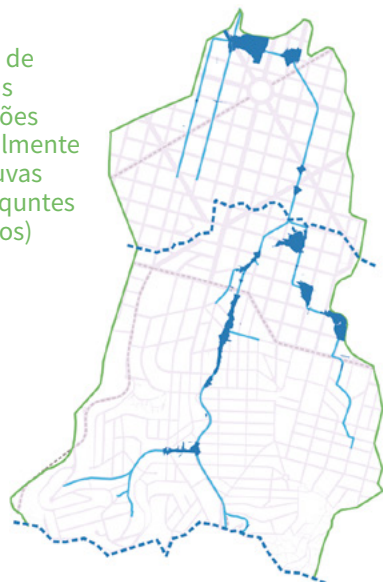
5

50%
das técnicas
compensatórias

6

100%
das técnicas
compensatórias

redução de
parte das
inundações
principalmente
para chuvas
mais frequentes
(TR 2 anos)



inundações
praticamente
zeradas



Questões atuais sobre o manejo das águas de chuva em Belo Horizonte

Ainda mais sérias nas periferias do município e nas áreas das bacias hidrográficas do Onça e do Arrudas em Contagem e Sabará!

Para saber mais, veja a [Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem](#), da Prefeitura de Belo Horizonte!

- **Ocupação de áreas de risco de inundações**, como planícies de inundações e áreas de risco geológico, em razão das históricas desigualdades econômica e social e da falta de controle de parcelamento do solo e das edificações, expõe a população mais vulnerável a maiores riscos de inundações;
- **As maiores inundações** acontecem nos cursos d'água da cidade transformados em "**avenidas sanitárias**", como Avenida Vilarinho, Avenida Tereza Cristina, Avenida Bernardo Vasconcelos;
- Ausência de **redes e interceptores de esgotamento sanitário** em muitos pontos da cidade, além de **lançamentos clandestinos** de esgotos nas redes de chuvas, que polui os rios e agrava a situação do manejo das águas de chuva;
- **Tempo de resposta muito curto** (tempo que a água demora para escoar pelo território e chegar até o curso d'água principal), dadas as grandes declividades característica do **relevo** da região, grande **taxa de impermeabilização** e rede que **drena as águas rapidamente**;
- A existência da **ilha de calor urbano** devido à intensa urbanização pode intensificar a gravidade de **eventos extremos** como chuvas fortes em curto espaço de tempo;
- Muitos dos **canais estão obsoletos** – não comportam as vazões para as quais foram projetados ou foram projetados para contextos diferentes, menos urbanizados do que o atual – e recebem resíduos sólidos e sedimentos que obstruem a passagem das águas.

Ferramentas que se destacam nas políticas urbanas de gestão das águas pluviais em Belo Horizonte

- **Programa de Recuperação Ambiental Drenurbs (2000):** Na primeira fase do programa, objetivou a recuperação dos cursos d'água, implantando parques lineares, áreas de convívio social, bacias de retenção, despoluição de cursos d'água e realocação de famílias moradoras de áreas de risco de inundação.
- **Plano Diretor de Drenagem Urbana (2001):** Os estudos são realizados ao nível da bacia hidrográfica, e resultam em recomendações para a inserção dos cursos d'água na paisagem urbana. Gerou o Atlas da Macrodrenagem e o banco de dados espacial Sistema SIG-Drenagem.
- **Plano Municipal de Saneamento (2001):** um dos instrumentos, atualizado bienalmente, que estabelece diretrizes para a implementação de mecanismos e serviços de saneamento.
- **Gestão de Riscos e Desastres (2006):** Ações para a prevenção, mitigação dos riscos e recuperação de áreas impactadas pelas chuvas. Ações de contingência são muito importantes, porque, em certas chuvas fortes, o que se tem a fazer é deixar a área inundável.
- **Monitoramento Hidrológico (desde 2011):** equipamentos instalados ao longo das sub-bacias para medição dos volumes de chuva e dos níveis dos cursos d'água, usados na criação de modelos hidrológicos (como este estudo) e nas ações de controle e alerta.
- **Controle na fonte com o uso de infraestruturas verdes e azuis:** Previsto desde o Plano Diretor de 2010 e obrigatório para todos os novos empreendimentos desde 2019. A PBH experimentou a implantação de trincheiras de infiltração, valas de retenção, coletores de águas pluviais para aproveitamento e wetlands. Atualmente, o município vem implantando dispositivos em áreas públicas, como jardins de chuva nas bacias dos córregos do Nado e Vilarinho.

Ferramentas que se destacam nas políticas urbanas de gestão das águas pluviais em Belo Horizonte

- **Novo Plano Diretor (2019):** instituiu novos parâmetros para preservar e requalificar áreas ambientalmente fragilizadas e para o aproveitamento do solo, atualizando as “taxa de ocupação” e “taxa de permeabilidade”, com o objetivo de garantir áreas drenantes em todos os zoneamentos. Além disso, em áreas de conexões de fundo de vale e Áreas de Diretrizes Especiais (ADEs), fica estabelecida a proibição da canalização dos cursos d’água.

Os usos e a ocupação do solo urbano regulam a permeabilidade por meio dos parâmetros de ocupação estabelecidos ao longo do tempo na cidade formal. Embora, na cidade informal, a ocupação não siga os usos prescritos ou parâmetros pré-estabelecidos, a ocupação do espaço também influencia no manejo das águas – como com a presença ou não de quintais permeáveis e a densidade de ocupação.

- **Política de Gestão de Águas Urbanas e do Risco de Inundações (2020):** Medidas estruturais (intervenções físicas) para manejar o escoamento de água superficial e medidas não estruturais (controle do uso e ocupação do solo, medidas educacionais e sistemas de alerta) para prevenção de alagamentos e riscos em áreas de inundação.
- **Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem Urbana (2023):** Incorpora aspectos atuais da legislação e as discussões trazidas pelos programas e planos anteriores, na busca da valorização e integração das águas ao ambiente urbano. Padroniza critérios relacionados à drenagem urbana e fornece diretrizes para melhor controle e redução do escoamento pluvial. Na Instrução Técnica, são apresentados os projetos tipo para reservatórios individuais, trincheiras de infiltração, jardins de chuva e telhados verdes.

Resultados do estudo de cenários

1 cenário atual

A extensão da inundação apontada pelos estudos foi bem maior do que aquela indicada pela Carta de Inundações de Belo Horizonte (2009).

2 máxima impermeabilização

Com a impermeabilização máxima da bacia permitida pela legislação, as inundações seria equivalente à retirada da bacia de detenção do sistema de manejo das águas pluviais. Fica evidente a importância da preservação das áreas verdes restantes para a redução de enxurradas e das áreas inundadas.

3 sem a barragem santa lúcia

A bacia de detenção abranda as cheias na bacia do córrego do Leitão. Importante notar que, ao contrário de outras bacias de detenção construídas no município, a Barragem Santa Lúcia tem aspectos espaciais de parque que favorecem usos múltiplos para lazer, saúde e melhoria do microclima da região.

4 10% infraestruturas verdes e azuis

A implantação de infraestruturas verdes e azuis em 10% das áreas disponíveis não apresenta benefícios hidrológicos expressivos; assim, para se chegar a resultados mais otimistas, é necessário que as técnicas sejam implantadas amplamente por toda a bacia.

5 50% infraestruturas verdes e azuis

6 100% infraestruturas verdes e azuis

A bacia tem potencial para adequar as formas de ocupação e implantar infraestruturas verdes e azuis. Sua implantação em 50% e 100% das áreas disponíveis praticamente eliminaria as inundações.

Conclusões

Ao longo das décadas, **Belo Horizonte** expandiu-se a partir de **modelo de urbanização higienista, já obsoleto**, com conquista das várzeas (áreas de inundação), aterramento de nascentes e brejos, canalização dos cursos d'água e sua transformação em avenidas, supressão das matas e intensa impermeabilização do solo. A redução da infiltração das águas de chuva e o aumento da quantidade e da velocidade do escoamento superficial, em momento de emergência climática, são as principais causas dos **alagamentos e enxurradas**, repetidos a cada estação de chuvas e cada vez mais intensos. Este documento apresenta **infraestruturas alternativas** para **lidar com as cheias**, em uma região localizada na regional Centro-Sul, a bacia hidrográfica do córrego do Leitão. O estudo simula **6 cenários** para comparar a **resposta às chuvas**, 3 deles pessimistas, com a manutenção da lógica atual de urbanização, e 3 deles otimistas, com mudança de paradigma a respeito da implantação de infraestruturas verdes e azuis.

Observamos que, com a **implantação de infraestruturas verdes e azuis** como telhados verdes, jardins de chuva, reservatórios, trincheiras de infiltração e pavimentos permeáveis em **metade das áreas** mapeadas disponíveis, já seria possível praticamente **zerar as inundações da região**. Além de benefícios hidrológicos como o aumento da infiltração e evapotranspiração, tais infraestruturas apresentam vantagens ecossistêmicas, econômicas, de qualidade de vida e saúde coletiva, além de responderem como adaptações às alterações climáticas.

Conclusões

Para **benefícios hidrológicos significativos**, a implantação das técnicas deve ocorrer de **forma ampla** e integrar as **escalas doméstica, comunitária e pública**, sendo a participação e interação entre os diferentes atores e escalas o que viabiliza socialmente as infraestruturas verdes e azuis. A aplicação em escala doméstica ou individual pode ser fortalecida por **benefícios e leis**, seja no nível comunitário, como num condomínio, ou público, como uma **política municipal de pagamento por serviços ambientais** ou de **obrigatoriedade de aplicação das técnicas nas novas e antigas construções**. A esfera pública pode, além de incentivar a aplicação por terceiros e implantar essas técnicas nas áreas públicas, incluir alternativas para diversificar o **repertório técnico** das estruturas de drenagem disponíveis para a cidade.

A Prefeitura de Belo Horizonte já possui políticas e ferramentas para a execução dessas alternativas, como o **Plano Diretor** (2019) e a **Instrução técnica para elaboração de estudos e projetos de drenagem** (2023). Apesar da resistência política à sua efetivação, e da velocidade de implantação ser muito menor do que aquela exigida em momento de emergência climática, esperamos que este documento possa contribuir no debate público acerca do convívio com as chuvas no município.

Como transformar o cenário de inundações em Belo Horizonte?

Belo Horizonte, 2023

Projeto de extensão Lembra: isto é rio
Megafone das lutas socioambientais

Coordenação geral
Roberto Rolim Andrés

Coordenação e pesquisa
André Siqueira de Mendonça
Elisa Porto Marques
Isabela Oliveira Izidoro

Extensão e pesquisa
Ana Carolina da Silva Oliveira
Juliana Rodrigues Soares
Maria Clara Ribeiro Moreira

Consultoria histórica
Alessandro Borsagli

Apoio técnico-administrativo
Fábio Gustavo da Silva Souza
Fernando Antônio De Sousa Alvarenga

**lembra:
isto é rio**

Escola de
Arquitetura

UFMG

Como transformar o cenário de inundações em Belo Horizonte?

Organização
André Siqueira de Mendonça
Deyvid Wavel Barreto Rosa
Isabela Oliveira Izidoro
Roberto Rolim Andrés

Texto
Deyvid Wavel Barreto Rosa
Isabela Oliveira Izidoro

Diagramas, mapas e fotomontagens
Ana Carolina da Silva Oliveira
André Siqueira de Mendonça
Juliana Rodrigues Soares
Maria Clara Ribeiro Moreira

Projeto gráfico e diagramação
André Siqueira de Mendonça
Isabela Oliveira Izidoro

Revisão de conteúdo
André Siqueira de Mendonça
Deyvid Wavel Barreto Rosa
Roberto Rolim Andrés

Revisão textual
Thame XXXX

Referência
ROSA, Deyvid Wavel Barreto. Resposta Hidrológica de Uma Bacia Hidrográfica Urbana à Implantação de Técnicas Compensatórias de Drenagem Urbana: Bacia do Córrego do Leitão, Belo Horizonte, Minas Gerais. 2017. 220 p. Dissertação de Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, UFMG, Belo Horizonte, 2017.

