

**A vegetação e a permeabilidade difusa como solução à drenagem urbana
no município de Belo Horizonte.**

*Vegetation and diffuse permeability as a solution to urban drainage in the city of Belo
Horizonte.*

Vegetación y permeabilidad difusa como solución de drenaje urbano en la ciudad de
Belo Horizonte.

Carla Taina Deltreggia

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, UFMG, Brasil
carladeltreggia@ufmg.br

Gisela Barcellos de Souza

Professora Doutora, UFMG, Brasil
giselabarcellos@ufmg.br

RESUMO

Os recorrentes episódios de enchentes e inundações e a análise do histórico da legislação e dos projetos de drenagem do município de Belo Horizonte nos permitem visualizar os limites da atuação pública em relação ao tema. Revelam a premência de repensar o que vem sendo praticado e o que ainda pode ser feito para ampliarmos a capacidade de infiltração e retenção das águas no solo. Minimizar as enchentes e seus impactos têm sido um dos principais objetos de preocupação pública, mas, para além disso, permitir que as águas penetrem no solo é de fundamental importância para a manutenção do ciclo hidrológico e dos níveis do lençol freático. As alternativas para a questão da drenagem têm sido buscadas em solo público a partir da construção de bacias de retenção e da implantação de jardins de chuva em passeios. O presente estudo de caso, por sua vez, pretende avaliar as possibilidades e a efetividade de ampliar as estratégias de microdrenagem, com soluções contidas nos limites internos do lote. Para tanto, avaliam-se não apenas as taxas, mas a capacidade de permeabilidade dos solos, enfatizando características que definem sua capacidade de armazenamento, como composição, ocupação e, não menos importante, a presença e o porte da vegetação. Conclui-se que tais características podem servir de base de formulação para políticas de incentivo à ampliação e a manutenção do solo permeável e vegetado intra-lote, como o IPTU Verde e a concessão de Outorga Não Onerosa.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem. Vegetação. Infiltração.

ABSTRACT

The recurrent episodes of floods and inundations and the analysis of the history legislation and the drainage projects in the city of Belo Horizonte allows us to see the limits of public action in relation to the theme. They reveal the urgency of rethinking what has been done and what can still be done to increase the infiltration capacity and water retention in the soil. Minimizing floods and their impacts has been one of the main objects of public concern, but in addition to this, allowing the water to penetrate the soil is too important to keep the hydrological cycle working and the groundwater levels. Alternatives to the drainage issue have been sought on public ground such as the construction of detention basins and the implementation of rain gardens on sidewalks. But the present study case intends to evaluate the possibilities and effectiveness of extending microdrainage strategies, with solutions contained within the internal limits of the lot. Not only permeability rates are evaluated, but also the permeability capacity of soils, emphasizing characteristics that define their storage capacity, such as composition, occupation and, not least, the presence and size of vegetation. It is concluded that such characteristics can serve as a basis for formulating policies to encourage the expansion and maintenance of permeable and vegetated soil intra-lot.

RESUMEN

Los episodios recurrentes de inundaciones y crecidas y el análisis de la historia de la legislación y de los proyectos de drenaje en la ciudad de Belo Horizonte permiten visualizar los límites de la acción pública sobre el tema. Revelan la urgente necesidad de replantear lo que se ha practicado y lo que aún se puede hacer para aumentar la capacidad de infiltración y retención del agua en el suelo. Minimizar las inundaciones y sus impactos ha sido uno de los principales objetos de preocupación pública, pero además de esto, permitir que el agua penetre en el suelo tiene una importancia fundamental para el mantenimiento del ciclo hidrológico y de los niveles freáticos. Se han buscado alternativas al problema del drenaje en suelo público a partir de la construcción de cuencas de detención y la implantación de jardines de lluvia en las aceras. Este estudio de caso, a su vez, pretende evaluar las posibilidades y la eficacia de ampliar las estrategias de microdrenaje, con soluciones contenidas dentro de los límites internos de la parcela. Para ello, se evalúan no sólo las tasas de permeabilidad sino también la capacidad de permeabilidad de los suelos, haciendo hincapié en las características que definen su capacidad de almacenamiento, como la composición, la ocupación y, no menos importante, la presencia y el tamaño de la vegetación. Se concluye que tales características pueden servir de base para la formulación de políticas de incentivo a la expansión y mantenimiento del suelo permeable y vegetado intra-lote.

INTRODUÇÃO

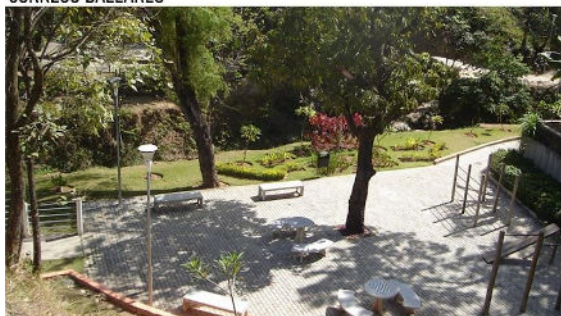
As enchentes e inundações acompanham o desenvolvimento de Belo Horizonte desde o início do processo de urbanização, devido às soluções apresentadas ao sistema de drenagem urbana e esgotamento sanitário. Por um lado, as técnicas higienistas trataram os rios como o destino final das águas pluviais e residuais por quase um século. Por outro, a priorização do automóvel encontrou nos fundos de vale, com baixas declividades, o espaço ideal para a implantação das vias expressas. Ambas as posturas contribuíram para a implantação das avenidas sanitárias, que culminaram na canalização e tamponamento dos rios urbanos, tirando-os de cena e escondendo seu estado de degradação.

As preocupações acerca da gestão ambiental emergem em Belo Horizonte a partir da década de 70, dada a repercussão internacional do ambientalismo e a situação alarmante decorrente de uma rápida e não planejada expansão urbana, com uma crescente impermeabilização do solo, ocupação dos fundos de vale e degradação ambiental. Mas a caminhada foi longa até que houvesse uma mudança de paradigma da gestão da drenagem urbana, com a substituição das canalizações pela busca da manutenção dos cursos d'água em leito natural e sua reinserção na paisagem e no cotidiano da população.

Tal aspecto permanece ainda hoje mais como desejo do que realidade prática, sendo as exceções implementadas a partir da instituição do programa Drenurbs, em 2010. O programa em questão foi criado para atuar em uma extensão considerável do território, abrangendo 51% da área total do município, com intervenções focadas nos córregos que apresentam riscos de inundação e elevado grau de deterioração ambiental; e tem como uma de suas premissas a manutenção dos cursos hídricos em estado natural. Porém, além de dificuldades orçamentárias que reduziram consideravelmente a capacidade de atuação do programa, os projetos executados apresentam certa disparidade entre si, ora compreendendo mudanças de caráter abrangente e intersetorial, com a construção de parques lineares, que transformaram os fundos de vale em áreas de lazer e uso social – o que aconteceu nos córregos 1º de Maio e Baleares, por exemplo –; e ora focando sua atuação na construção de bacias de retenção sem nenhuma relação com o entorno – como aconteceu no córrego Engenho Nogueira e Bonsucesso, onde, no último caso, houve a implantação de uma nova via artéria, na contramão dos princípios propagados pelo Drenurbs (Araújo et. al, 2015).

Figura 1 - Bacias de retenção dos Córregos Baleares e 1º de Maio, empreendidas pelo programa Drenurbs.

CÓRREGO BALEARES

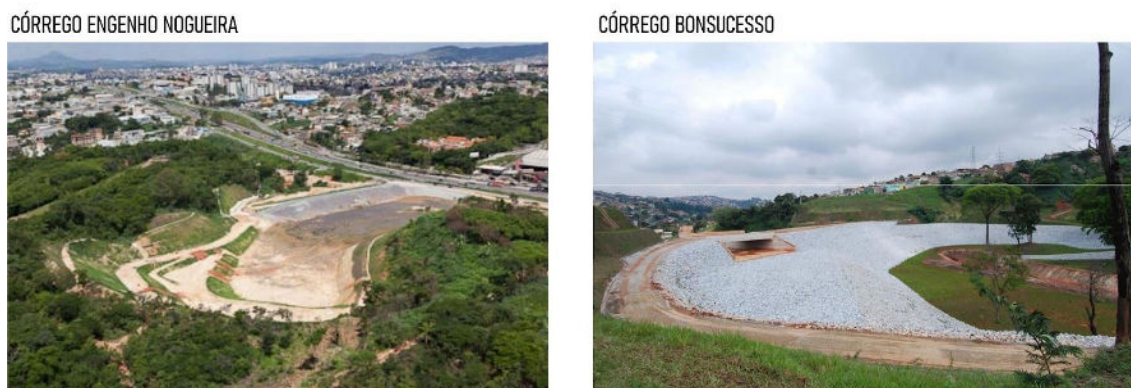


CÓRREGO 1º DE MAIO



Fonte: PBH-SUDECAP (2011). Adaptado pela autora.

Figura 2 - Bacias de retenção dos Córregos Engenho Nogueira e Bonsucesso, empreendidas pelo programa Drenurbs.



Fonte: PBH-SUDECAP (2011). Adaptado pela autora.

Não só os projetos de drenagem como também a legislação urbana e seus parâmetros construtivos apenas recentemente incorporaram às suas necessidades soluções alternativas ao escoamento superficial das águas pluviais e à promoção de uma ocupação do solo de menor impacto ambiental. A virada de chave ocorreu em 1996, quando a prefeitura passou a definir uma taxa para o controle da permeabilidade do solo intra-lote, por meio da Lei 7166. Com a instituição da Taxa de Permeabilidade - TP, transferiu-se ao proprietário parte da responsabilidade de gestão das águas precipitadas sob seu lote, com o objetivo de desafogar o sistema público de drenagem pluvial e mitigar os impactos ocasionados pela impermeabilização do solo.

A lei representou um avanço em relação à gestão da drenagem urbana e um prognóstico à situação alarmante das enchentes e inundações, porém sua definição já veio acompanhada de uma estratégia compensatória nada interessante. Foi permitida a impermeabilização completa dos lotes (exceto aqueles localizados nas zonas de proteção - ZPAM e ZPs) se mantido o percentual da área descoberta e vegetada, mesmo que sobre laje impermeabilizada, conjugadas a uma caixa de captação. A estratégia visava retardar o lançamento das águas pluviais ao sistema público de drenagem, mas impedia que estas fossem infiltradas no solo. Com isso, o destino das águas recolhidas pela caixa de captação continuava sendo as tubulações que desaguavam nos rios (por muitas vezes canalizados), inviabilizando a recarga dos aquíferos, tão importante à manutenção do ciclo hidrológico das águas e ao controle de enchentes.

A cidade se expandiu e se constituiu desta forma até o ano de 2020, quando passou a vigorar a nova e atual legislação, nº 11.181, a qual propôs mudanças estruturantes na definição da Taxa de Permeabilidade. A partir de então, passa a ser obrigatório que a taxa de permeabilidade seja cumprida em terreno natural e vegetado, viabilizando a infiltração das águas no solo. A caixa de captação também passou a ser obrigatória para todos os lotes, constituindo dispositivo complementar à TP, de forma que, juntos, resultem em uma vazão do terreno edificado equivalente à sua vazão primitiva, ou seja, àquela que o terreno possuía quando se encontrava 100% permeável. Dessa forma, a caixa de captação deve suportar o excedente de água que o terreno impermeabilizado não é capaz de reter, liberando este excedente aos poucos para a rede pública de drenagem e desafogando as galerias públicas de água pluvial.

Mas a cidade sofre, hoje, as consequências das práticas estipuladas pelas legislações anteriores. Em decorrência da não obrigatoriedade da manutenção da permeabilidade / vegetabilidade do solo até o ano de 2020, a expansão urbana resultou em um cenário onde aproximadamente 63% do município encontra-se completamente impermeabilizado (PMS, 2016/2019). Como resultado, assistimos a recorrentes episódios de inundações em áreas de

ocupação já consolidada, que apresentam elevados índices de impermeabilização. Para mitigar tais problemas, a prefeitura vem construindo bacias de retenção em áreas alagáveis, como parte da estratégia de atuação do programa Drenurbs. Mas seria esta a mais eficiente estratégia de contenção das cheias em ambientes construídos?

Parte-se do pressuposto de que as estratégias setoriais, como as bacias de retenção, não são capazes de solucionar os problemas de drenagem, tratam-se apenas de estratégias mitigadoras. Trabalha-se com a hipótese de que soluções difusas, que ampliem a permeabilidade do solo e reduzam a velocidade e o volume de concentração das águas nos fundos de vale, podem reverter o quadro das enchentes e inundações tão recorrentes no município de Belo Horizonte.

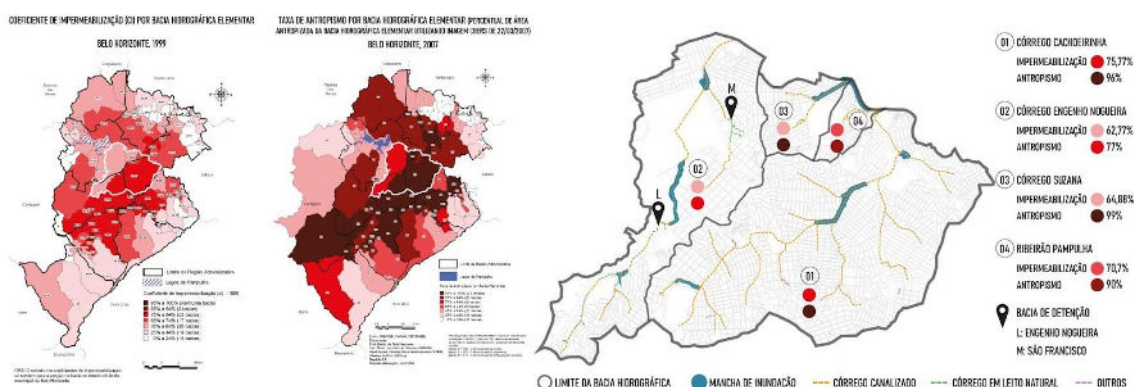
OBJETIVO

O presente artigo tem por objetivo avaliar a capacidade de infiltração e retenção das águas no solo e evidenciar como a presença da vegetação amplia a capacidade de armazenamento das águas em meio urbano e que, portanto, garantir a manutenção de lotes permeáveis e vegetados de forma difusa pelo território é capaz de minimizar as inundações e suas consequências.

METODOLOGIA

Para mensurar a capacidade de infiltração e retenção das águas pluviais nos diferentes cenários possíveis, foi escolhido um recorte territorial que consiste na junção de 3 bacias hidrográficas elementares de Belo Horizonte, as bacias dos Córregos Cachoeirinha, Engenho Nogueira, Suzana e, por fim, foi incluída também a porção sul da bacia do Ribeirão Pampulha. A escolha da área de análise pautou-se nas características desfavoráveis à drenagem que o ambiente apresenta, tendo em vista as altas taxas de ocupação do solo e a canalização de 84,5% dos canais hídricos existentes na área de análise. Tais características resultaram em elevados riscos de inundações nos fundos de vale, com 7 pontos críticos dispostos na região. De acordo com dados fornecidos pela SUDECAP (2001) a região apresentava, já em 1996, altas taxas de impermeabilização do solo e, em 2007, apresentou expressivas taxas de antropismo, que certamente elevaram ainda mais a impermeabilização do solo no decorrer destes 11 anos.

Figura 3 - Síntese das condições de drenagem das bacias hidrográficas elementares analisadas.



Fonte: PBH - SMPU (2008). Adaptado pela autora.

Devido aos recorrentes episódios de inundações, a Prefeitura de Belo Horizonte edificou duas bacias de retenção na região para conter as cheias, a Bacia Engenho Nogueira, que possui 130 mil m³ de volume máximo de retenção, na qual foram gastos 28,4 milhões de

reais; e a Bacia São Francisco, que possui 66 mil m³ de capacidade, com investimentos estimados em 20,8 milhões de reais (SUDECAP, 2011).

Para que fosse estabelecida uma comparação entre a capacidade de infiltração das águas no solo, com o volume máximo de retenção das bacias edificadas, foi adotado o método SCS (Soil Conservation Service) para o cálculo da infiltração acumulada ao longo de um evento de chuva, que considera as características do solo e de ocupação da bacia definidas através do CN (Curve Number). As equações foram demonstradas por COLLISCHONN, W. e DORNELLES, F. (2013) no livro Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais.

Figura 4 - Fórmulas utilizadas pelo Método SCS para projetos de macrodrenagem.

$$P = Ia + F + Q$$

$$\frac{Q}{P - Ia} = \frac{F}{S}$$

$$Ia = 0,2 \cdot S$$

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia + S)} \quad , \text{ quando } P > Ia \text{ e } Q = 0 \text{ quando } P \leq 0$$

$$Q = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{(P + 0,8 \cdot S)} \quad , \text{ quando } P > Ia \text{ e } Q = 0 \text{ quando } P \leq 0$$

$$S = \frac{(25400)}{CN} - 254$$

P = Precipitação ocorrida ao longo de um evento de chuva (mm)
 Q = Chuva efetiva, ou escoamento superficial ao longo do evento (mm)
 F = Infiltração acumulada ao longo do evento de chuva (mm)
 Ia = Perdas iniciais (mm)
 S = Máxima infiltração acumulada potencial

Fonte: Collischonn, W., Dornelles, F. (2015). Adaptado pela autora.

O Curve Number, por sua vez, está associado a três variáveis: o grupo hidrológico ao qual o solo pertence, sua cobertura e condições de umidade (McCuen,1998). O SCS, do United States Department of Agriculture, classificou os solos em 4 grupos hidrológicos distintos: A, B, C e D, de acordo com suas características de textura e condutividade hidráulica. Os solos do tipo A possuem a maior capacidade de permeabilidade e, portanto, geram os menores volumes de escoamento superficial; e vão decrescendo em ordem de permeabilidade, até atingir a classificação D, que consiste em solos de baixa permeabilidade e alto potencial de geração de escoamento. Ramos (2008) aplicou sobre o território de Belo Horizonte a classificação SCS, que resultou na subdivisão do município em duas categorias: B (no qual a área de estudo está integralmente inserida) e D.

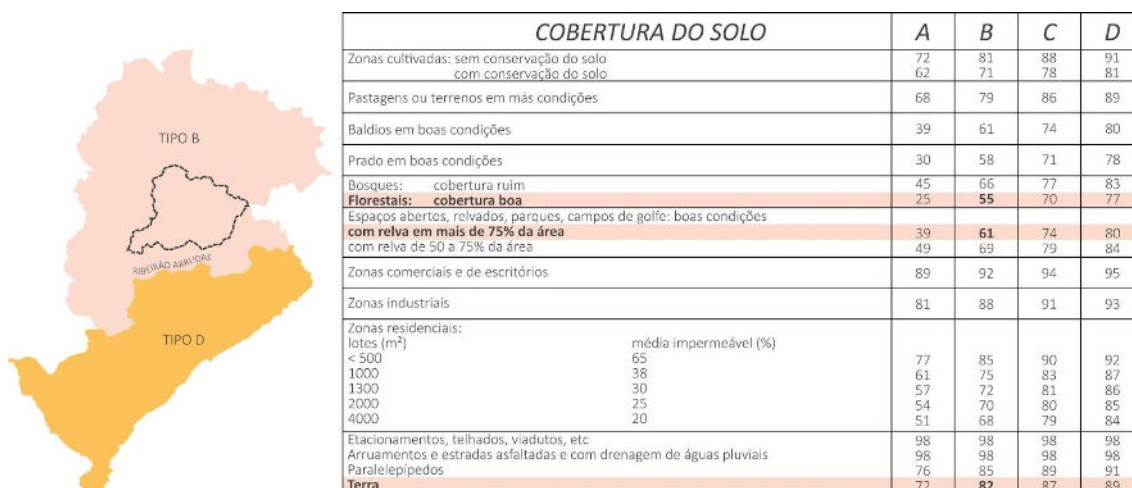
Figura 5 - Tipos de solo considerados no método SCS, para a determinação dos valores do CN.

TIPO - SCS	CARACTERÍSTICAS
A	Solos com baixo potencial de escoamento superficial e alta taxa de infiltração, profundos e de baixa erodibilidade
B	Solos menos permeáveis e menos profundos do que os do tipo A e com maior potencial de geração de escoamento.
C	Solos com maior potencial de escoamento do que os solos do tipo B. São solos moderadamente profundos, de baixa permeabilidade e resistência à erosão
D	Solos pouco profundos, de baixa capacidade de infiltração, com alto potencial de geração de escoamento e erodibilidade

Fonte: Collischonn, W., Dornelles, F. (2015), apud Hawkins et al. (2009).

Tucci (1993) traduziu os valores de CN para as bacias urbanas brasileiras. De todas as categorias do subgrupo B, foram selecionadas 3 para equacionar as simulações de capacidade de infiltração das águas no solo: 1) “terra”, para simular o solo permeável não vegetado (exposto), 2) “relva”, para solos com vegetação gramínea e 3) “florestais”, para solos com vegetação arbórea.

Figura 6 - Valores de CN para diferentes condições de cobertura vegetal.



Fonte: Collischonn, W., Dornelles, F. (2015), apud Tucci (1996). Adaptado pela autora.

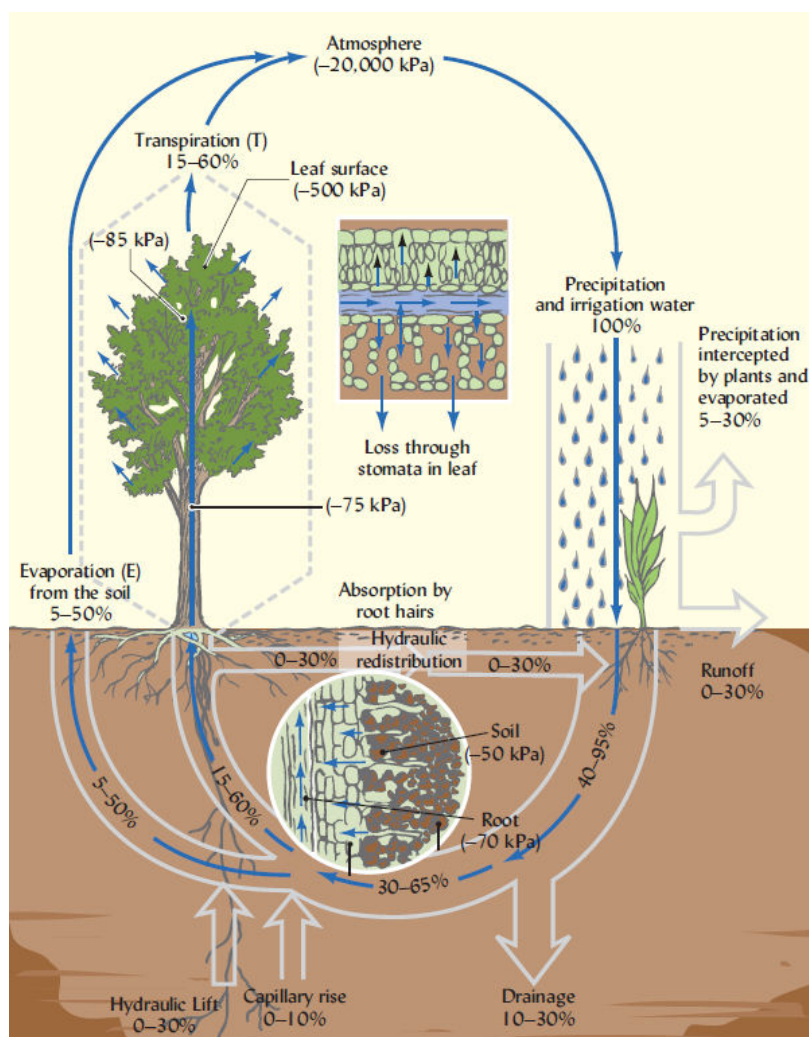
Para a elaboração do cálculo, foi aplicada a taxa de permeabilidade da legislação vigente (nº 11.181) sobre os lotes, para que a capacidade de infiltração fosse comparada tendo como base a mesma área permeável, porém com tratamentos distintos. A área dos lotes foi calculada a partir da base shapefile “lote CTM” – ou seja, lotes segundo o Cadastro Territorial Municipal, base para a cobrança do IPTU –, disponível no site BHMap. Foram desconsideradas as áreas de vias, as ZEIS e o cemitério, devido a capacidade de infiltração pouco relevante destes ambientes, em função de suas altas taxas de impermeabilização.

O índice pluviométrico mensal utilizado foi mensurado pela Estação nº 83587 e disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referente ao mês de janeiro de 2021. Para a simplificação dos cálculos e para a simulação de um evento pluvial crítico, considerou-se o volume de chuva mensal como um único evento. Tendo as variáveis: precipitação, CN e a área de infiltração, foi aplicado o método SCS e gerados os volumes de infiltração dos solos nos 3 cenários analisados.

Deve-se salientar, no entanto, que no cenário em que o solo contém vegetação arbórea a capacidade de infiltração de água no solo não é suficiente para suprir o volume total de água retido pela vegetação. Para além da água infiltrada no solo, parte do volume precipitado será captada também pelas raízes das árvores para a utilização em seus processos de evapotranspiração, aumentando ainda mais a capacidade de retenção das águas. Neste processo, a água infiltrada é drenada pelas raízes das plantas e conduzida até as folhas, em razão da diferença de potencial estabelecida pelos estômatos, que transpiram, devolvendo água à atmosfera. Este processo acontece no período diurno, já no período noturno os estômatos das folhas se fecham, o que inverte a diferença de potencial, reconduzindo a água de volta ao solo (HAYCOCK, et al, 1997).

Para a simulação da captação vegetal, utilizou-se o esquema de Ray R. Weil e N. Brady (2017), que estipula, para o solo vegetado, uma infiltração entre 40 e 95% do volume total precipitado sob a área. Deste total, 30 a 65% seria o equivalente à água captada pelas plantas e utilizada no processo de evapotranspiração. Portanto, foram calculados dois cenários, o de menor contribuição (onde 40% do volume precipitado é infiltrado e, deste, 30% é retido pelas plantas) e o de maior contribuição (onde 95% do volume precipitado é infiltrado e, deste total, 65% é retido pelas plantas e utilizado na evapotranspiração).

Figura 7 - Contínuo solo-planta-atmosfera

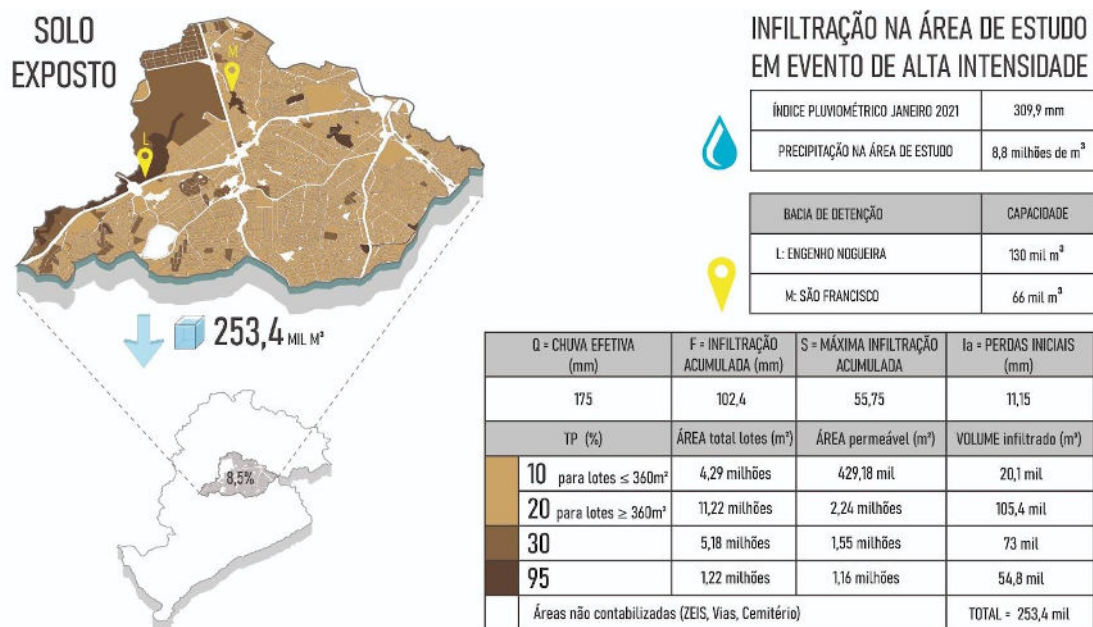


Fonte: Weil R., Brady N. (2017).

RESULTADOS E CONCLUSÃO

Com base nos métodos citados acima, chegou-se à conclusão de que se todos os lotes da área de análise (exceto ZEIS e o Cemitério da Paz) cumprissem a taxa de permeabilidade mínima exigida, porém mantivessem o solo exposto (sem qualquer vegetação) o volume potencial de infiltração, em um evento pluviométrico crítico, de 309,9mm, seria de 253,4 mil m^3 , conforme demonstrado na Figura 8. Para o evento em questão, o volume de precipitação total na área de estudo seria de 8,8 milhões de m^3 , portanto, o solo exposto seria capaz de captar aproximadamente 3% da chuva do evento.

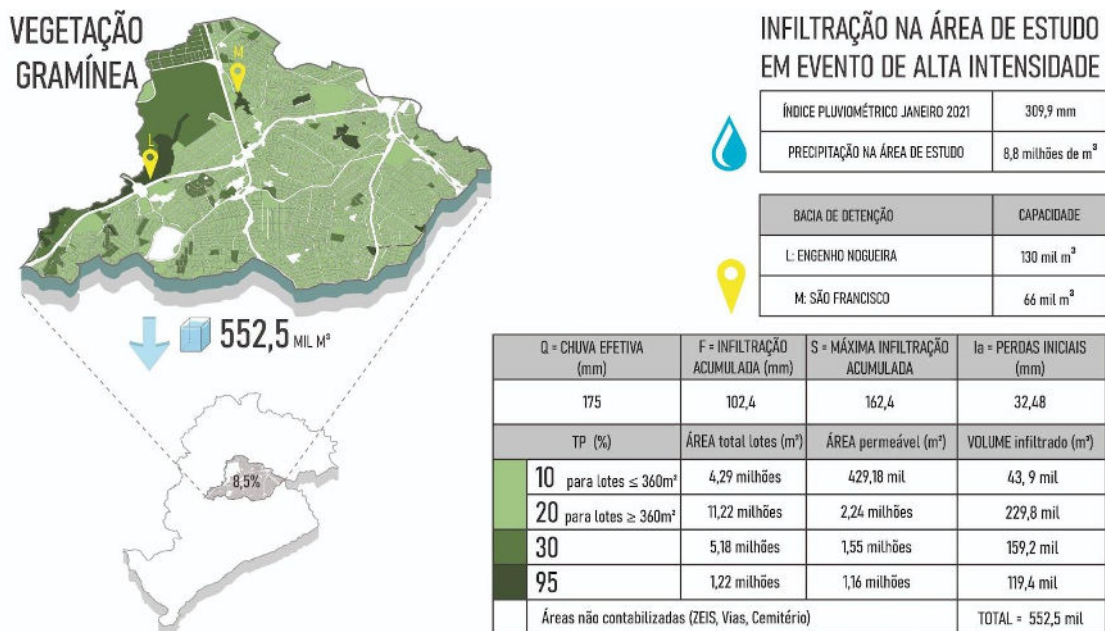
Figura 8 - Capacidade de infiltração na área de estudo em evento de alta intensidade para solos expostos.



Fonte: Elaborado pela autora.

No segundo cenário, onde foi considerado o cumprimento da área permeável estipulada pela Lei 11.181 com vegetação gramínea, a capacidade de infiltração aumentou para 552,5 mil m³, o que corresponde a 6,3% da precipitação total do evento.

Figura 9 - Capacidade de infiltração na área de estudo em evento de alta intensidade para solos vegetados.

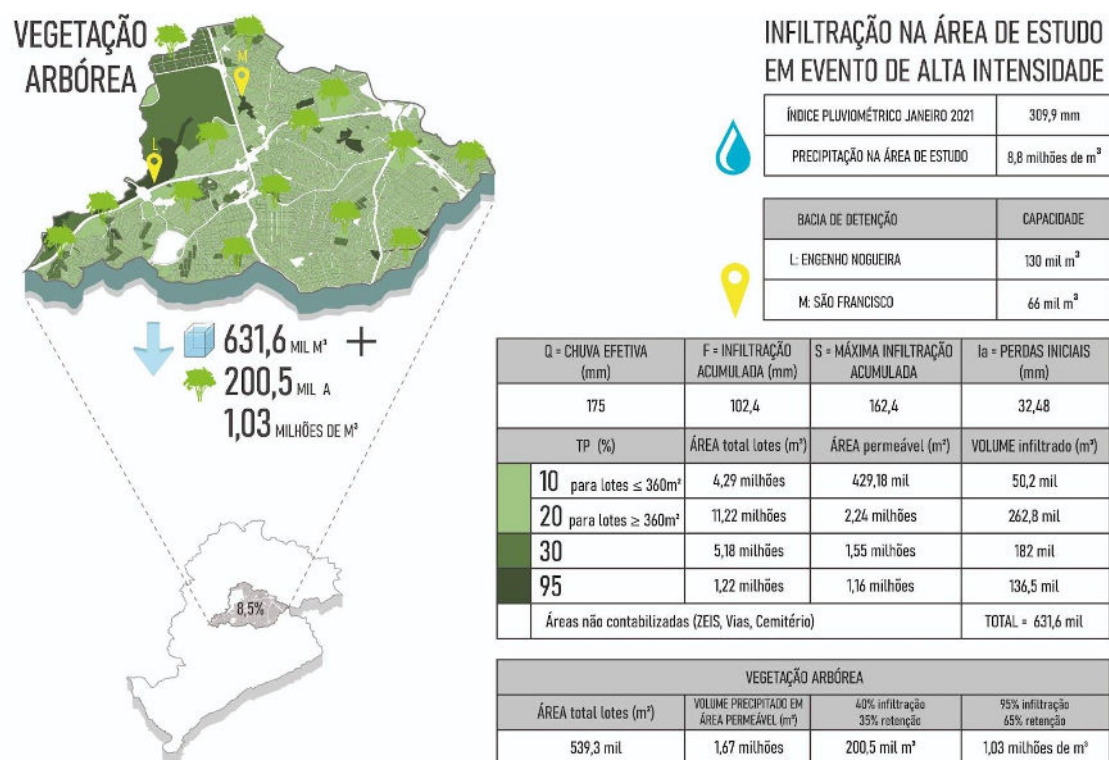


Fonte: Elaborado pela autora.

No terceiro e último cenário, com a presença da vegetação arbórea, o volume de infiltração do solo aumentou para 631,6 mil m³. Somado a isto, a retenção realizada pelas plantas para a realização da evapotranspiração poderia variar entre 200,5 mil m³ a 1,03 milhões de m³, conforme os percentuais demonstrados por Weil R. e Brady N. (2017) na Figura 7, o que

resultaria, no melhor cenário, em uma captação de 1,66 milhões de m³, que corresponde a 19% da precipitação total do evento.

Figura 10 - Capacidade de infiltração na área de estudo em evento de alta intensidade em solo com vegetação arbórea.



Fonte: Elaborado pela autora.

Comparando, portanto, o pior cenário (solo exposto) com o melhor deles (vegetação arbórea de alta capacidade de retenção) obtém-se uma diferença de 1,4 milhões de m³, um valor 7 vezes superior ao volume máximo captado pelas duas bacias de retenção existentes na área de análise (que é de 196 mil m³). Portanto, a manutenção do solo permeável e vegetado mostra-se mais eficaz, em termos de capacidade de armazenamento das águas pluviais, do que as bacias de retenção.

Certamente, a taxa de permeabilidade estipulada pela Legislação 11.181 não é de fato cumprida em sua totalidade, tendo em vista as altas taxas de antropismo das bacias hidrográficas estudadas no ano de 2007 (Figura 3), quando ainda era permitido vencer a TP a partir da caixa de captação. Ou seja, nem mesmo o pior cenário simulado é de fato praticado, o que nos permite compreender a implantação das bacias de retenção para mitigar os efeitos da intensa impermeabilização.

Porém, continuar investindo na construção de dispositivos de retenção não solucionará a causa das inundações, que é a impermeabilização do solo. O acúmulo de água se manifesta nos fundos de vale (local de implantação das bacias de retenção), mas a intensidade do acúmulo a jusante se deve à impermeabilização que inicia-se a montante. Dessa forma, garantir a permeabilidade do solo na totalidade da bacia é de fundamental importância para a contenção das inundações. Como demonstrado, a vegetação auxilia de forma expressiva no processo de infiltração / retenção das águas pluviais, minimizando tanto sua velocidade de escoamento quanto o volume de concentração nos fundos de vale. Portanto, a prática da vegetação difusa mostra-se uma eficiente estratégia de solução para as recorrentes inundações.

Até o momento, o investimento estipulado na construção das bacias de retenção da área analisada soma 49,2 milhões de reais. Qual seria a abrangência e a efetividade da aplicação

de semelhante quantia em projetos alternativos de drenagem, que almejassem a implantação e a manutenção da permeabilidade vegetada difusa nos lotes urbanos? É possível pensarmos em estratégias como o IPTU verde, que consiste na isenção, ou descontos no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) mediante adoção de práticas socioambientais, ou mesmo na concessão da Outorga não onerosa para promover a permeabilidade vegetada difusa.

O avançado nível de consolidação do território mostra-se como um entrave à aplicação de projetos de drenagem difusos, não convencionais, mas o ambiente urbano é dinâmico e encontra-se em constante modificação. Precisamos, portanto, oferecer atrativos capazes de gerar as transformações almejadas.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, et al. Reflexões acerca das intervenções integradas na gestão das águas urbanas em Belo Horizonte. **XVI ENANPUR**, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <<https://www.praxisbh.com.br/artigo-reflexoes-acerca-das-intervencoes-integradas-na-gestao-das-aguas-urbanas-em-belo-horizonte/>> Acesso em: 28 out. 2022.

BORSAGLI, Alessandro. **Rios Invisíveis da Metrópole Mineira**. Belo Horizonte: Ed. Do Autor, 2016.

BELO HORIZONTE. **Lei Municipal 11.181, de 8 de agosto de 2019**. Aprova o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e dá outras providências. Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <<https://www.cmbh.mg.gov.br/atividade-legislativa/pesquisar-legislacao/lei/11181/2019>> Acesso em: 28 out. 2022.

COLLISCHONN, W, DORNELLES, F. **Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais**. ABRHidro. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=5&LIVRO=216&TITULO=hidrologia_para_engenharia_e_ciencias_ambientais> Acesso em: 28 out. 2022.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (FJP). **Saneamento Básico em Belo Horizonte: trajetória em 100 anos – os serviços de água e esgoto**. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, COPASA, 1997.

HAYCOCK, et al. **Buffer Zones: Their Processes and Potential In Water Protection**. Haycock, 1997. Disponível em: <[http://biodiversitysouthwest.org.uk/docs/BufferZones\(locked\).pdf](http://biodiversitysouthwest.org.uk/docs/BufferZones(locked).pdf)> Acesso em: 28 out. 2022.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Estudos Urbanos. Belo Horizonte - 2008. Transformações recentes na estrutura urbana**. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.pbh.gov.br/comunicacao/pdfs/estudos%20urbanos_capa.pdf> Acesso em: 28 out. 2022.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Plano de Ações de Combate às Inundações em Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://pbh.gov.br/combate_inundacoes/Plano_de_Acoes_de_Combate_a_Inundacoes_em_BH_.pdf> Acesso em: 28 out. 2022.

SUDECAP. **Capítulo 6: Hidrologia**. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: . <<https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/pp-inf-cap6-hdl-04.17.pdf>> Acesso em: 28 out. 2022.

WEIL R, BRADY N. **The Nature and Properties of Soils**. 15th Edition. PEARSON, 2017.