



Lúcia Helena de Oliveira é professora do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Epusp – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e pesquisadora da área de sistemas prediais*

Sistemas integrados: aproveitamento de água pluvial e drenagem na fonte

O artigo a seguir apresenta aspectos construtivos e parâmetros de projeto para um sistema de aproveitamento de água pluvial integrado a um sistema de drenagem na fonte, também denominado poço de infiltração. Pesquisas indicam que essa medida pode reduzir em cerca de 30% o consumo de água potável.

urbanização trouxe o crescimento populacional e industrial, provocando o aumento da demanda e do consumo de água. Também ocorreu a mudança do ciclo hidrológico nos centros urbanos, em decorrência da ampliação de áreas impermeabilizadas, que impedem a infiltração e o armazenamento da água pluvial no subsolo.

No cenário atual de desenvolvimento urbano, há dois problemas críticos: a escassez de recursos naturais, como a água, em decorrência da degradação de sua qualidade, e as inundações, causadas pelo crescimento das áreas impermeáveis e a deficiência dos sistemas convencionais de drenagem urbana. O mau desempenho destes últimos indica a necessidade de ações de controle sustentáveis para o restabelecimento do equilíbrio hidrológico e a diminuição dos impactos da urbanização. Al-

gumas dessas ações podem ser iniciadas nos sistemas prediais, a exemplo do aproveitamento de água pluvial e a integração dessa rede e daquela de água potável ao sistema de drenagem urbano. Dessa forma, pode-se reduzir o consumo no edifício, contribuir para o combate à escassez de água e controlar o escoamento superficial nas vias urbanas.

Conforme a Agenda 21 do CIB – *International Council for Research and Innovation in Building and Construction*, um conceito mais preciso de construção sustentável seria a redução do uso de recursos naturais e a conservação das condições que sustentam a vida do meio ambiente. Essas diretrizes supõem o uso da água pluvial na irrigação de jardins e na descarga em bacias sanitárias e a infiltração no solo de seu excedente.

Assim, são apresentados alguns aspectos construtivos e parâmetros

de projeto para um sistema de aproveitamento de água pluvial integrado a um sistema de drenagem na fonte, denominado poço de infiltração.

Aproveitamento de água pluvial

A implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água pluvial é crescente no Brasil e na Alemanha, Japão, Canadá, Índia, China e em alguns países africanos.

Na Alemanha, os objetivos principais dessa solução são evitar a sobrecarga do sistema de coleta do esgoto sanitário e da água pluvial, e abastecer lagos artificiais. Assim, a vazão da água pluvial no esgoto sanitário é reduzida, evitando o risco de enchentes.

No Brasil, os sistemas de aproveitamento de água pluvial também permitem a redução das vazões nas redes públicas de esgotos, que são do

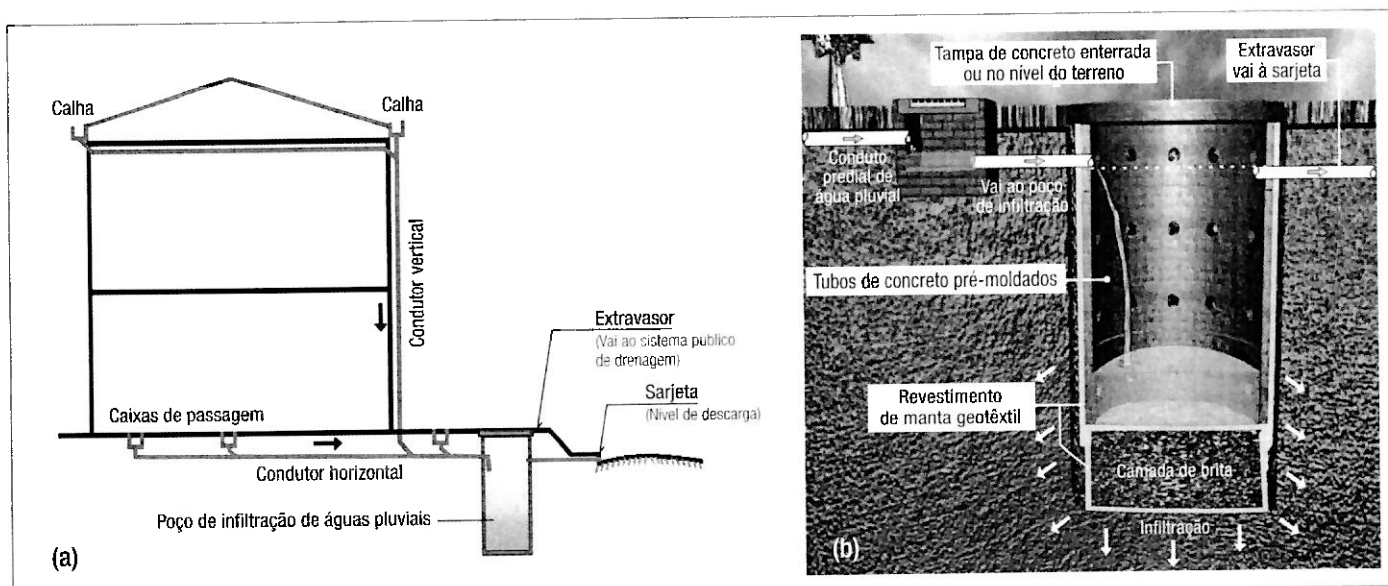


Fig. 1 - Poço de infiltração de águas pluviais

tipo separador absoluto. O problema é verificado especialmente nas estações chuvosas.

Algumas pesquisas mostram que o aproveitamento da água pluvial pode reduzir em cerca de 30% o consumo de água potável, contribuindo, dessa forma, para a redução da demanda no sistema público de abastecimento. Isso não ocorre na estação de tratamento de esgoto sanitário, pois ela recebe a água

pluvial utilizada no sistema predial, com exceção daquela utilizada em irrigação.

Em relação à utilização de água pluvial em lavagem de roupas, os resultados de pesquisas realizadas na Alemanha atenderam aos parâmetros físicos e químicos e aos requisitos de higiene, exceto no caso da água captada de telhados com muitos pombos. Atualmente, a legislação daquele país recomenda dois

pontos para máquinas de lavar roupa: um de água potável e outro de água não-potável, cabendo ao usuário a decisão de utilizar este último.

Ressalta-se que as características das cidades alemãs, bem como o grau de conscientização ambiental de seus habitantes, são distintos daqueles encontrados no Brasil. Por isso, não se deve relacionar de forma simplista os sistemas prediais com o aproveitamento de fontes alternativas de água. Nes-

Tubo de Alumínio para Água Quente

Tecnologia Multicamadas

Temperatura de trabalho 95° C
Pressão de trabalho 100 MCA

- 1 Polietileno Reticulado
- 2 Adesivo
- 3 Alumínio
- 4 Adesivo
- 5 Polietileno Reticulado

A Tecnologia de Multicamadas do Tubo de Alumínio Emmeti protege a alma de alumínio, evitando seu contato com a água e com elementos externos, aumentando a segurança química e física e, assim, sua durabilidade.

Instalação rápida e limpa
Menos conexões, mais segurança
Sem emendas e sem desperdício

Sem soldas, cola ou termofusão.

Dobrável, o tubo dispensa conexões no percurso

Bobinas de 100 metros, evitando perda de pontas como nas barras.

Conheça as Conexões Emmeti de Prensar e Roscar, com engate rápido e vedação embutida



0800 723 66 77
www.emmeti.com.br

EMMETI
Idéias para instalar

Telefax: 014 3471-0141

Fone Vendas: 3406-2877

Torneira para pia com
bica móvel e arejador
Modelo Parede

Torneira para lavatório
com bica móvel e
arejador

Torneira para jardim

Consulte o nosso site:

www.mactronic.com.br

Torneira longa para pia com
arejador - 22 cm

Torneira para
máquina de lavar
e tanquinho

Pulverizador manual

Válvulas de
retenção
vertical

Há mais de 20 anos
conquistando
clientes



Conexão

se sentido, o CBCS – Comitê Brasileiro de Construção Sustentável mantém o posicionamento de que essa solução pode ser adequada para determinados tipos de edifícios, desde que sejam observados critérios de projeto, execução, operação e manutenção, que se implante um processo de monitoramento e controle, com a definição das responsabilidades por eventuais contaminações da água e riscos de saúde dos usuários. Caso isso seja negligenciado, diz o CBCS, pode haver um retrocesso na difusão e no aproveitamento de fontes alternativas de água.

No Brasil, não há pesquisas sobre um sistema de aproveitamento de água pluvial integrado a um sistema de infiltração na fonte. A implantação de um sistema como esse levaria à redução da vazão de contribuição de residências, estabelecimentos comerciais e indústrias para os sistemas de drenagem urbana. A adoção de vários pontos de controle na fonte evitaria o aumento das vazões máximas a jusante de uma bacia hidrográfica urbana, diminuindo ou impedindo a formação de cheias.

Os poços de infiltração são soluções de drenagem de águas pluviais na fonte, pois controlam o escoamento em lotes edificados, estacionamentos e demais áreas de pequenas dimensões. O poço ilustrado na figura 1(b) é similar a uma cisterna, com parede de tubos de concreto perfurados ou de alvenaria de tijolos maciço em crivo, revestida externamente com manta geotêxtil e preenchida com brita nº 1 nas laterais, fazendo a interface manta/solo. O fundo apresenta uma camada de brita nº 0, com espessura mínima de 30 cm, também revestida por manta geotêxtil.

Para a construção de poços de infiltração, recomenda-se o levantamento de parâmetros como:

- nível do lençol freático mais elevado

no período sazonal;

- classificação e caracterização dos índices físicos do solo local;
- perfil do solo até a profundidade correspondente ao sistema de infiltração;
- coeficiente médio de permeabilidade e taxa média de infiltração do solo;
- potencial de colapsibilidade do solo;
- tempos de retorno e de concentração;
- índices pluviométricos;
- áreas de contribuição e coeficiente de escoamento superficial;
- vazão de projeto; e
- determinação e quantificação da carga poluidora das águas de escoamento superficiais.

Essas informações visam propiciar maior desempenho e dimensionamento econômico e funcional do poço, além do cumprimento do propósito para o qual foi projetado.

A determinação desses parâmetros fornece os subsídios necessários à concepção do sistema de infiltração, tais como:

- diâmetro do poço;
- profundidade máxima do sistema de drenagem;
- número de unidades necessárias;
- capacidade de amortecimento das vazões no sistema de drenagem urbana;
- tempo de esvaziamento;
- estabilidade da estrutura do solo, submetido a grandes variações da taxa de umidade; e
- controle para evitar a contaminação do solo e lençol freático.

Os poços de infiltração podem ser construídos nos subsolos de edifícios (figura 2). Entretanto, são necessárias algumas adequações para que o sistema conduza a água de um nível abaixo da via pública para a sarjeta, após o enchimento da estrutura.

Nesse caso, o poço de infiltração deve estar sob uma camada de solo que garanta a estanqueidade da

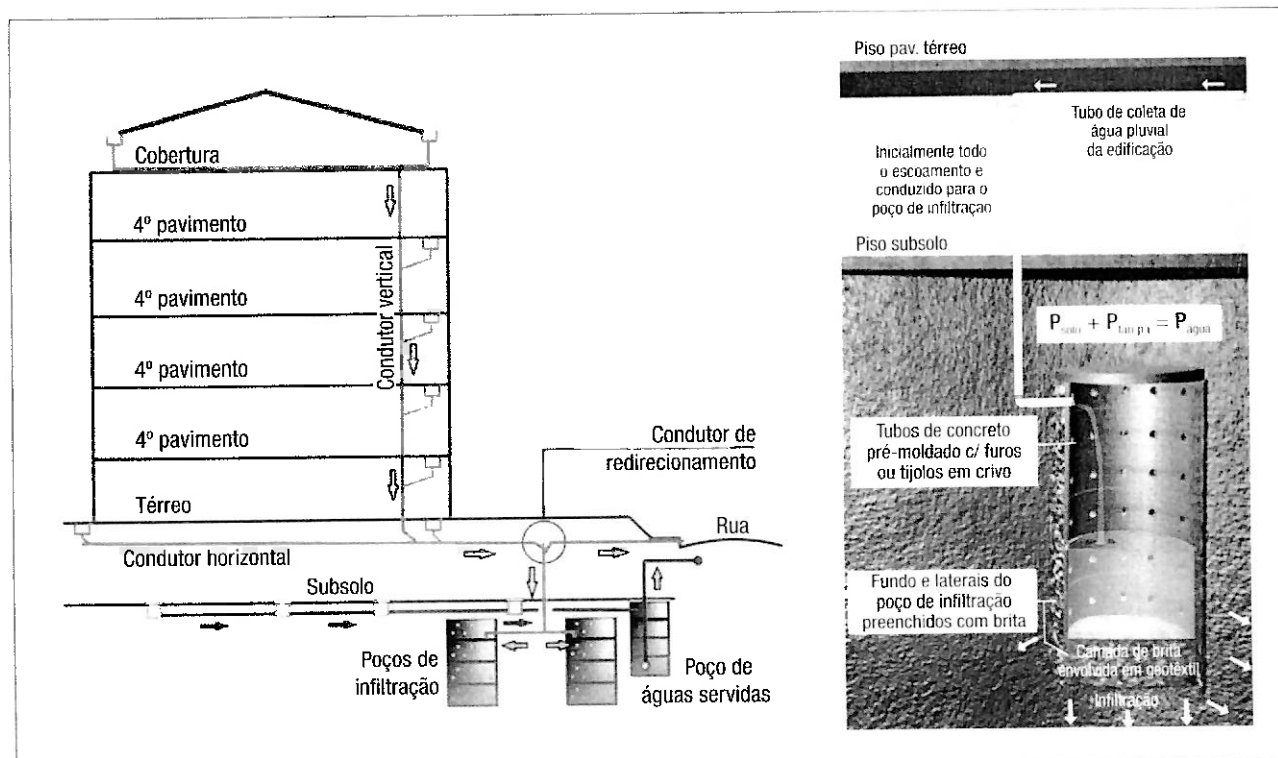


Fig. 2 – Poço de infiltração de águas pluviais em subsolos

Vela Filtrante

para torneiras de cozinha
com filtro tipo bica móvel

a única
com maior
área de
filtração



**Filtros
Mil**

Industrial,
Seja nosso parceiro
agregando a qualidade de
nossa vela a suas
torneiras com filtro

fábrica: (41) 3525-8000

www.filtrosmil.com.br

Coletor solar de alto rendimento mesmo sob condições adversas



- Edifícios com limitação de espaço físico para instalação dos coletores convencionais.
- Locais com baixa radiação solar ou baixas temperaturas (sujeitos à geada).
- Aplicações especiais que requerem grandes volumes de água e altas temperaturas.

Garantia
de 10 anos

unasol
sistemas solares

Tel: (48) 3346-1275 - e-mail: unasol@unasol.com.br

www.unasol.com.br

Conexão

tampa. A altura dessa camada pode ser calculada conforme a seguinte equação:

$$P = \gamma \cdot h \quad (1)$$

em que:

P = força aplicada, em kN/m^2 ;

γ = peso específico do solo de aterro, em kN/m^3 ; e

h = altura da camada do solo de aterro, em metros.

Igualando a força exercida pelo peso da água dentro do tubo vertical à força exercida pelo peso do solo de aterro sobre a tampa do poço de infiltração, somado ao peso da própria tampa de concreto, tem-se:

$$P_{\text{solo}} + P_{\text{tampa}} = P_{\text{água}} \quad (2)$$

onde:

P_{solo} = força aplicada pelo solo de aterro, em kN/m^2 ;

P_{tampa} = força aplicada pelo peso próprio da tampa, em kN/m^2 ; e

$P_{\text{água}}$ = força aplicada pelo peso da água, em kN/m^2 .

Substituindo o valor de P da equa-

ção 1 na equação 2, tem-se a altura mínima de solo de aterro, expressa pela equação 4.

$$\gamma_{\text{solo}} \cdot h_{\text{solo}} + \gamma_{\text{tampa}} \cdot h_{\text{tampa}} = \gamma_{\text{água}} \cdot h_{\text{água}} \quad (3)$$

$$h_{\text{solo}} = \frac{(\gamma_{\text{água}} \cdot h_{\text{água}}) - (\gamma_{\text{tampa}} \cdot h_{\text{tampa}})}{\gamma_{\text{solo}}} \quad (4)$$

em que:

h_{solo} = altura da camada do solo de aterro sobre a tampa, em metros;

$h_{\text{água}}$ = altura da água no poço, em metros;

h_{tampa} = espessura da tampa, em metros;

$\gamma_{\text{água}}$ = peso específico da água, em kN/m^3 ;

γ_{tampa} = peso específico da tampa, em kN/m^3 ; e

γ_{solo} = peso específico do solo de aterro, em kN/m^3 .

Além de levar em consideração a altura do solo de aterro, o poço de infiltração deve ser construído de modo que a sua tampa fique abaixo do nível de fundo das caixas de passagem mais próximas. Desse modo, é evitada a inundação dessas caixas, que pode se dar pelo

encharcamento do terreno e possíveis afloramentos de água no subsolo.

Para maior eficiência dos poços de infiltração, recomenda-se a instalação de um conjunto motobomba, com o objetivo de recalcar a água pluvial após atingir seu nível máximo, o que é sinalizado por uma bóia de nível. Desse modo, é possível o esvaziamento do poço abaixo desse nível, simplesmente pela sua própria capacidade de infiltração.

Sistema de aproveitamento de água pluvial integrado ao sistema de infiltração

Se o sistema predial de aproveitamento de água pluvial for integrado a um sistema de infiltração do volume de água extravasada do reservatório, obtém-se maior redução da vazão de escoamento superficial. Além disso, há maior recarga do lençol freático e melhora da qualidade da água de escoamento superficial, uma vez que são drenadas áreas menores e, con-

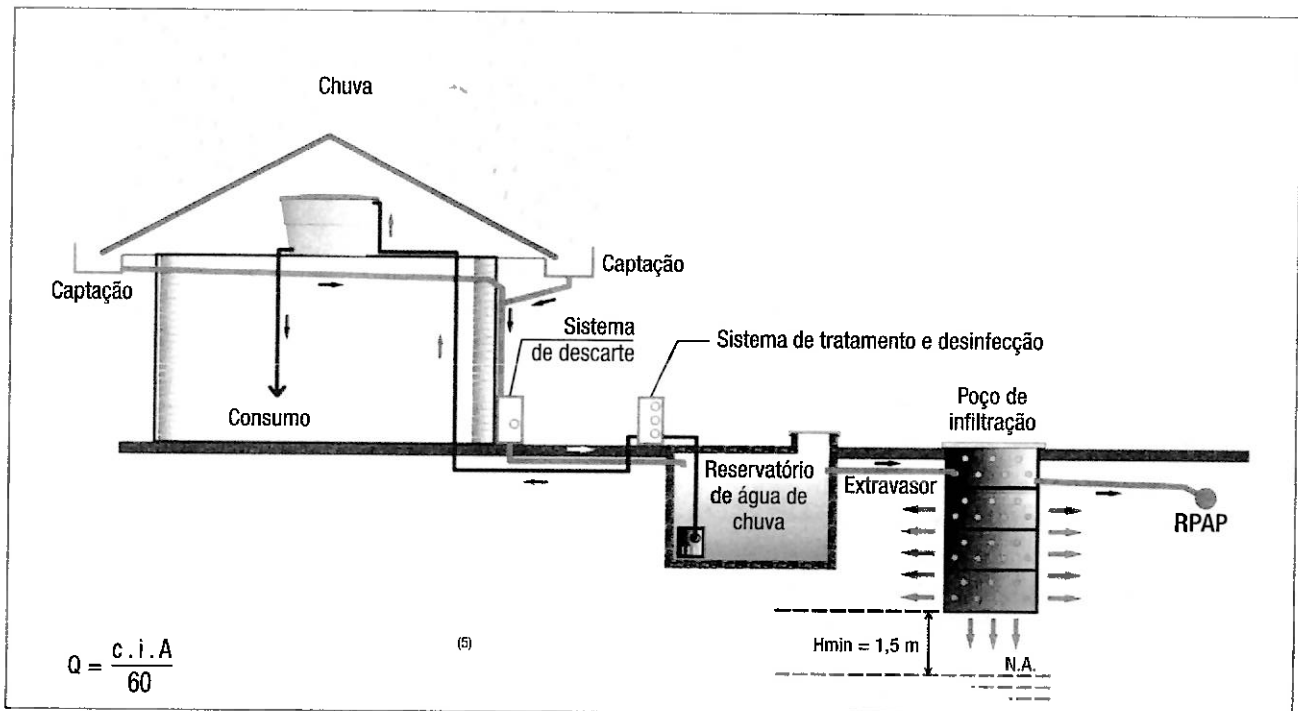


Fig. 3 – Sistema de aproveitamento de água de chuva integrado à drenagem de água pluvial por poço de infiltração

seqüentemente, quantidades menores de poluentes.

A figura 3 apresenta um esquema do sistema de aproveitamento de água pluvial integrado a um poço de infiltração.

Dimensionamento do reservatório de água pluvial

Para o dimensionamento do reservatório de água pluvial, são necessárias as seguintes informações:

- valores médios mensais de intensidades pluviométricas relativas aos últimos anos, a fim de estimar os futuros valores dessa variável;
- demanda de água em função das atividades a serem desenvolvidas com a água pluvial;
- área de contribuição, determinada conforme recomendações da NBR 10844; e
- coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *runoff*, em função do material da área de contribuição.

Alguns dos métodos de dimensionamento do reservatório estão apresentados na NBR 15527.

No período de chuva, a vazão excedente obtida após o enchimento do reservatório é encaminhada para o poço de infiltração. Somente quando o poço atingir a condição de encharcamento do solo é que o efluente será conduzido ao sistema público de águas pluviais. Assim, haverá chuvas em que não será gerada vazão para o sistema de drenagem urbana.

Dimensionamento do poço de infiltração de águas pluviais

Para o dimensionamento de um poço de infiltração de água pluvial, são necessárias as seguintes informações:

- tempo de retorno, que segundo a NBR 10844, para áreas pavimentadas pode ser de um ano;
- intensidade pluviométrica local para o tempo de retorno;

- coeficiente de *runoff* em função do material da área de contribuição;
- área de contribuição;
- maior nível sazonal do lençol freático, devido a dois fatores: níveis muito elevados inviabilizam a implantação desse sistema, pois impossibilitam a infiltração da água pluvial. Além disso, a NBR 7229 recomenda afastar sumidouros a uma distância de no mínimo 1,5 m do nível sazonal mais elevado do lençol freático, a fim de evitar sua contaminação por poluentes transportados pela água;
- caracterização do solo, o que permite verificar se a infiltração e a percolação de água no terreno interferem de forma deletéria na estabilidade do terreno; e
- coeficiente de permeabilidade, o que permite estimar a área necessária para a infiltração de um determinado volume de água precipitada.

Passos para o dimensionamento do poço de infiltração

No momento de dimensionar o poço de infiltração, deve-se, em primeiro lugar, calcular a intensidade pluviométrica (i), com $T = 1$ ano e $t = 5$ minutos. Em seguida, é feito o cálculo da área de contribuição da cobertura, conforme recomendações da NBR 10844. O coeficiente de escoamento superficial pode ser $c = 1$, uma vez que a superfície do telhado é considerada impermeável.

A vazão de projeto é determinada pela equação 5:

$$Q = \frac{c \cdot i \cdot A}{60} \quad (5)$$

na qual:

Q = vazão do projeto, em L/min;

C = coeficiente de escoamento superficial; e

A = área de contribuição, em metros quadrados.

O próximo passo é calcular o volume total precipitado sobre a área de

contribuição para o tempo de 5 minutos, por considerar que esse valor é capaz de reduzir o pico de cheia do hidrograma de chuvas de maior frequência e com as mesmas características.

É necessário levar em conta a permeabilidade do solo para reduzir o volume do poço de infiltração ou considerar o solo do poço completamente impermeável, como coeficiente de segurança.

Em seguida, é feito o cálculo da capacidade total de armazenamento do poço, por meio das equações 6 e 7.

$$V_{\text{poço}} = V_{\text{total}} - V_{\text{vazios}} \quad (6)$$

$$V_{\text{vazios}} = V_{\text{brita}} \cdot I_{\text{vazios}} \quad (7)$$

onde:

$V_{\text{poço}}$ = volume do poço acima da camada de brita;

V_{total} = volume que o poço deve armazenar durante a chuva de projeto;

V_{brita} = volume de pedras com vazios;

V_{vazios} = volume de vazios; e

I_{vazios} = índice de vazios.

Conhecendo o volume de armazenamento necessário e a capacidade de armazenamento da camada de brita, é possível calcular, com a equação 8, a profundidade h necessária do poço de infiltração.

$$h = \frac{V_{\text{poço}}}{A_{\text{seção}}} \quad (8)$$

Também é importante destacar que o edifício mais sustentável do ponto de vista de gestão de água pluvial é aquele que consegue aproveitar esse recurso e infiltrar o excedente de tal forma que o sistema de drenagem urbana não receba nenhuma gota de água da chuva.

* Com a colaboração de Ricardo P. A. Reis, professor da Escola de Engenharia da UFG - Universidade Federal de Goiás.

