

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UMA TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO COMO TÉCNICA COMPENSATÓRIA DE DRENAGEM URBANA EM TRECHO DA AVENIDA VILARINHO, BELO HORIZONTE

Iury Antônio Ribeiro Freire de Carvalho⁽¹⁾

Bacharel em Engenharia Civil, pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Pesquisador voluntário em Iniciação Científica sobre o reaproveitamento de resíduos de construção civil, na construção de estruturas de infiltração.

Geraldo Tadeu Rezende da Silva⁽²⁾

Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos e Professor da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

Endereço⁽¹⁾: Rua do Rouxinol, 155, Edifício Madeira 1301 – Imbui – Salvador – Bahia – CEP: 41720-052 – Brasil – Tel: +55 (31) 99257-1103 – e-mail: iuryarfcarvalho@hotmail.com.

RESUMO

O avanço da urbanização nas cidades traz consigo diversas consequências, uma delas é a impermeabilização do solo, devido a construção de pavimentos, pátios e telhados. Com o solo impermeável a água das chuvas gera maiores vazões no escoamento superficial causando enchentes nas áreas urbanas. O uso de soluções compensatórias de drenagem urbana, visam armazenar e infiltrar as águas no solo, diminuindo o escoamento superficial, diferente das galerias e canalizações, que apenas transferem a inundação de um local para outro.

O objetivo deste trabalho é aplicar a técnica compensatória de trincheira de infiltração, para não mais escoar as águas para o mais longe possível e sim armazenar e infiltrar as águas das chuvas no solo. Para analisar a eficiência da trincheira de infiltração, foi escolhido um ponto estratégico na cidade de Belo Horizonte, a Avenida Vilarinho onde ocorrem frequentes inundações. Este estudo encontrou uma capacidade de redução do escoamento superficial em torno de 28% para cada trincheira de infiltração. Conclui-se, portanto, que a utilização das trincheiras deve estar associada a outras estratégias de controle de enchentes uma vez que sua eficiência reduz as taxas de escoamento superficial, mas num nível mediano.

PALAVRAS-CHAVE: enchentes; drenagem urbana; trincheiras de infiltração;

1. INTRODUÇÃO

O tema central deste trabalho é a avaliação da aplicabilidade de trincheiras de infiltração para a drenagem urbana na Avenida Vilarinho em Belo Horizonte, zona de recorrentes inundações.

1.1 ENCHENTES URBANAS

Com o desenvolvimento das cidades, o solo do ambiente urbano vai se tornando cada vez mais impermeável, devido a intensa impermeabilização gerada pelas edificações, pavimentos, pátios e telhados. Com uma menor capacidade de infiltração, o volume de água que escoava antes lentamente, passa a ganhar maiores vazões e é redirecionado por dutos e canais. A área urbanizada se torna então uma barreira que dificulta a infiltração das águas pluviais no solo, gerando assim um desequilíbrio hidrológico na bacia ou na microbacia ocupada (TUCCI, 2007).

Segundo CANHOLI (2005), as inundações são resultado de um crescimento acelerado da urbanização, onde houve falta de planejamento dos sistemas drenagem e sua insuficiência devido a grandes vazões de água das chuvas. O planejamento da ocupação urbana poderia assegurar grandes espaços verdes favoráveis à infiltração. Na ausência destas áreas naturais de infiltração, se torna necessário então medidas para correção e prevenção desses desastres que são tão comuns no cotidiano de centros urbanos.

De acordo com TUCCI (2007), devido à necessidade de rapidez na solução para as enchentes, houve uma tendência de controlar as enchentes aumentando a eficiência de escoamento, através de galerias e canalizações, transferindo a inundação de um trecho para outro da bacia.

TUCCI (2007) complementa que essa é uma solução que procura conduzir as águas pluviais da forma mais rápida possível para fora das áreas urbanas. Embora seja uma solução que amenize as enchentes, medidas desta natureza não atacam a causa do problema que é a baixa taxa de infiltração nas áreas urbanas. São, portanto, paliativas, embora essenciais numa perspectiva de integração de múltiplas ações.

Para o caso de Belo Horizonte, seu plano municipal de saneamento (PMSBH, 2019) aponta que esse tipo de solução acaba gerando novas ocorrências de inundações, repetidas a cada estação, e sempre de forma evolutiva, nas regiões de jusante das bacias hidrográficas da cidade. Além disso, é notório o estrangulamento do fluxo, devido ao aumento das vazões transferidas nos trechos de montante para a jusante da bacia, causando transbordamentos e alagamentos em muitas vias de trânsito da cidade.

A frequência de inundações nos córregos/ribeiros do Vilarinho, Ressaca, Pintos, Leitão e Pampulha, na cidade de Belo Horizonte, além de diversos outros pontos da cidade, mostram a insuficiência e vulnerabilidade do sistema de drenagem urbana de Belo Horizonte na atualidade.

Outro aspecto preocupante, é a atual crise econômica financeira do setor público que reduz a capacidade de investimento em sistemas estruturados em canalizações, que possuem altos investimentos de implantação e carecem também de gastos na sua operação, para que haja adequados funcionamento e longevidade da estrutura, além de custos com sua manutenção que dificultam ainda mais o problema. (PMSBH, 2019). Portanto, soluções baseadas em canalizações resultam, na maioria dos casos, em projetos onerosos, que minimizam a inundação apenas transferindo-a de um local o para o outro. Consequentemente, a solução definitiva deve objetivar reduzir as vazões e o escoamento superficial, aumentando a parcela de água pluvial infiltrada. Como resultado haverá necessidade de menos recursos para a implantação de canalizações e estruturas. Isso é possível através de técnicas que possam atenuar o escoamento superficial, aumentar a infiltração de água no solo e regularizar vazões. (BAPTISTA, 2011).

1.2 SOLUÇÕES COMPENSÁTORIAS DE DRENAGEM URBANA

As técnicas compensatórias, ou medidas estruturais não-convencionais, recebem este nome por compensar os impactos da urbanização em toda bacia hidrográfica, proporcionando a diminuição do pico das vazões nas cheias, o reabastecimento do lençol freático e a preservação ambiental. Essas medidas buscam o controle do escoamento através de estruturas de retenção e estruturas de infiltração, ou a combinação de ambos, tendo como principais funcionalidades, regularizar o escoamento superficial, reduzir as vazões da rede de drenagem e compensar os efeitos de impermeabilização do solo (URBONAS; STAHR, 1993).

Segundo o PMSBH (2019), atualmente o sistema de drenagem de Belo Horizonte apresenta resultados bastantes insatisfatórios, pois, a cidade continua padecendo com as inundações urbanas, seja por falta de manutenção, ou por não comportar as vazões atuais do sistema, devido a urbanização acelerada. A demanda por soluções compensatórias, ou não convencionais, é real e tem sido bastante requisitada pelo setor técnico da cidade, na busca por soluções deste tipo de problema. Somam-se a este cenário, a extraordinária intensificação nos índices de precipitação ocorridos na cidade, como, por exemplo, o excepcional volume de chuvas ocorrido no verão de 2020.

As soluções compensatórias de drenagem urbana têm a necessidade de tratar as águas pluviais de maneira que possa se evitar ao máximo os riscos que trazem as inundações, respeitando as restrições de projeto impostas, de maneira que atinja seu objetivo de fazer com que sejam mitigados os problemas de inundação. A utilização dessas técnicas, reduzem os efeitos da urbanização nesse sentido, levando em conta também, projetos urbanísticos e tratamento das águas pluviais (BAPTISTA, 2011).

Para este trabalho técnico, a medida estrutural não convencional proposta foi a trincheira de infiltração. Essa técnica consiste, basicamente, de uma longa e estreita escavação, preenchida, geralmente, por material granular graúdo (brita, pedra de mão ou seixos rolados), de maneira a permitir o armazenamento temporário de águas pluviais nos vazios deste material agregado, fazendo com que o volume de água retido infiltre através do fundo e/ou lados da estrutura (MIKKELSEN; JACOBSEN, 1993).

Segundo CAPUTO (2012), este sistema funciona como um tradicional reservatório de redução de cheias, proporcionando a diminuição das vazões de enchentes, por ocasionar armazenamento e infiltração das águas pluviais no solo, reduzindo o escoamento superficial. O autor complementa que o preenchimento da trincheira pode ser feito por diferentes materiais, como, por exemplo, garrafas PET.

BAPTISTA (2011) classifica a trincheira de infiltração como uma técnica compensatória capaz de “se adaptar facilmente às áreas livres devido ao seu formato alongado”, otimizando a ocupação do local escolhido para aplicação da técnica. Devido a colmatação, que ocorre primeiramente no fundo da estrutura, este efeito alongado permite maior absorção de água pelas paredes da trincheira, aumentando assim sua vida útil.

A colmatação, processo que interfere diretamente no funcionamento da trincheira de infiltração, consiste na obstrução dos poros do solo e do leito drenante construído, devido à presença de partículas sólidas na água infiltrada. No intuito de realizar o pré-tratamento da água, para reduzir o influxo de partículas finas no solo, é recomendado a utilização de mantas geotêxteis removíveis e laváveis (CAPUTO, 2012). BAPTISTA (2011) complementa que o emprego de uma faixa de grama, no topo da trincheira, é uma solução para reter os sólidos finos carreados pelas águas que escoam para o interior da estrutura.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência de um sistema de drenagem compensatório baseado numa trincheira de infiltração, na redução do escoamento superficial gerado por chuvas de risco emergencial, em trecho do córrego Vilarinho, na região metropolitana de Belo Horizonte.

3. METODOLOGIA APLICADA

Descreve-se a seguir, as etapas da metodologia aplicada.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para o desenvolvimento do trabalho, primeiramente, foi realizado um levantamento das áreas da cidade de Belo Horizonte que sofrem com constantes enchentes. O município possui uma área territorial de 331,401 km², cerca de 2.512.070 habitantes e se encontra localizado na região sudeste do Brasil, sendo a capital do Estado de Minas Gerais. Em seus limites administrativos são encontradas três principais bacias hidrográficas: Arrudas, Onça e Rio das Velhas.

O trecho escolhido para o estudo fica localizado na Avenida Vilarinho, entre a Rua dos Melões e a Rua das Madeiras onde ocorrem historicamente sucessivas inundações. Esta região fica localizada próximo a um shopping e estações de ônibus e metrô que são referências na cidade. Com as constantes inundações, revelam-se prejuízos aos moradores da região e cidadãos de Belo Horizonte que utilizam o transporte público no seu dia a dia para trabalho, estudos e comércio local que é bastante forte na região de Venda Nova. Já houve, inclusive, morte de pessoas que ficaram presas a veículos nas inundações que ocorreram neste ponto.



Figura 1: Alagamento no trecho escolhido (Jornal Estado de Minas, 2020)



Figura 2: Visão em planta da área escolhida (Google Maps, 2020)

Com base na Carta de Inundações de Belo Horizonte (2009), é possível observar a mancha de inundação devido as chuvas e os locais com mais chances de sofrerem enchentes. O córrego Vilarinho, responsável pelas inundações nesta avenida, é bastante afetado pelas grandes vazões e pelo volume de água uma vez que, ao longo de sua calha, possui a junção de outros córregos. Com o aumento das precipitações, o córrego não consegue drenar a água que chega até ele nos momentos de pico gerando, conseqüentemente, alagamentos em ruas e avenidas. Na figura 3, é possível observar, em azul, a mancha de inundação prevista para as enchentes nesta baixada.

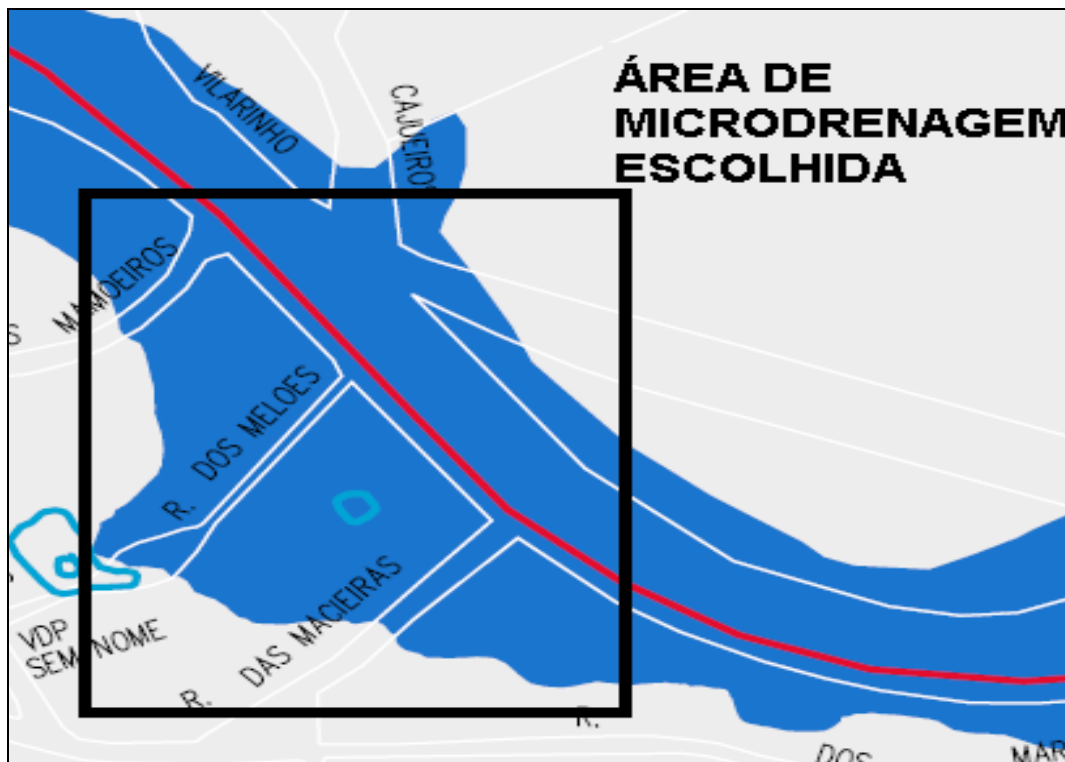


Figura 3: Trecho no córrego Vilarinho escolhido para estudo (Carta de Inundações, 2009)

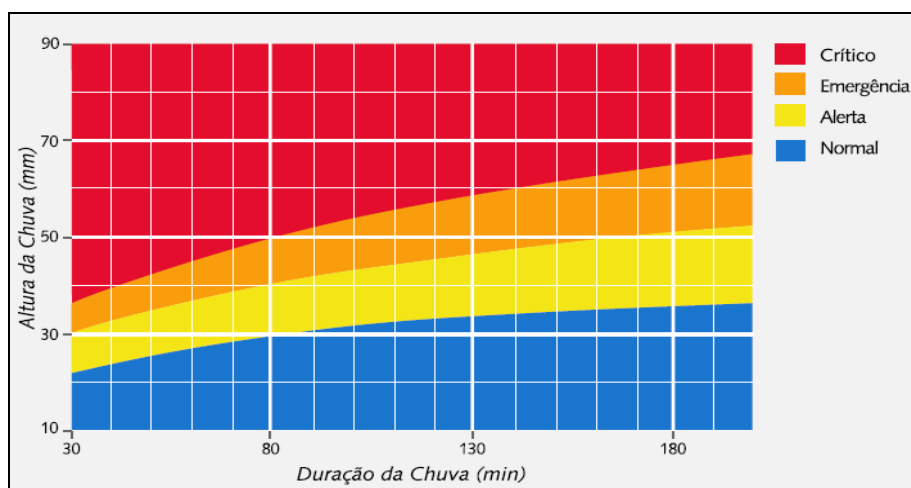


Figura 4: Risco de inundação (Carta de inundações, 2009)

3.2 LOCAL DE IMPLANTAÇÃO DA TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO

Com auxílio da ferramenta AUTOCAD, foi possível reproduzir a área em estudo e, assim, definir os pontos de implantação das trincheiras de infiltração de acordo com suas limitações, de modo a simular cenários de maior desempenho.

Ao utilizar combinações de soluções dentro da mancha de inundação é esperado que o uso de trincheiras de infiltração amenize as enchentes na região e ao longo do trecho do córrego que atravessa esta região vulnerável. Porém, num cenário ideal, essa medida deve ser feita não só em um trecho, mas sim em vários pontos do córrego até que a mancha de inundação desapareça.

As dimensões das trincheiras foram estabelecidas como: Trincheira de Infiltração 01 (T.I 01) – 57 x 3 x 1,5; Trincheira 02 (T.I 02) – 30 x 3 x 3, sendo comprimento x largura x profundidade, respectivamente. O material de preenchimento possui porosidade de 0,40. A figura 5 apresenta a localização destas duas trincheiras.

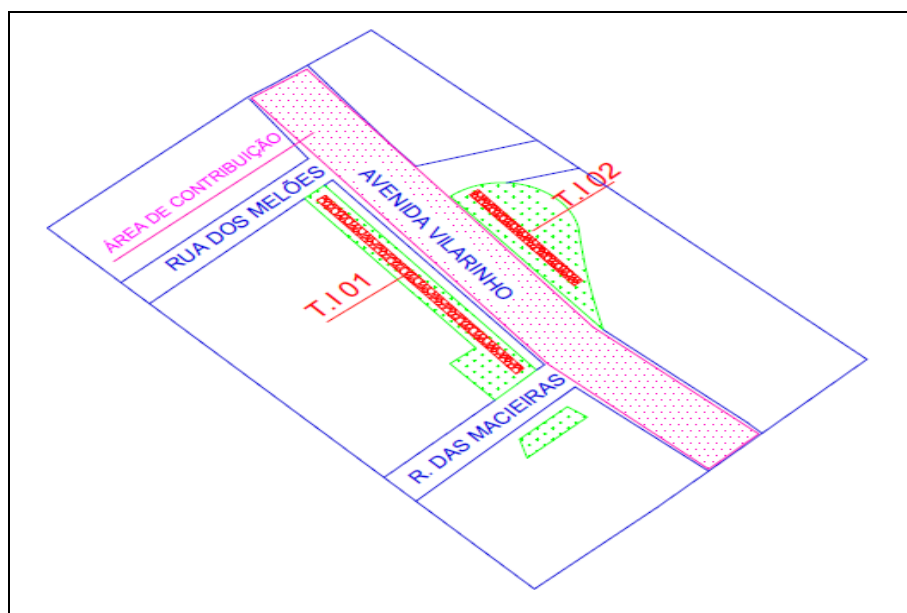


Figura 5: Local de implantação das trincheiras de infiltração (Elaborado pelo Autor)

3.3 PARÂMETROS, CRITÉRIOS E EQUAÇÕES

3.3.1 PERÍODO DE RETORNO E DURAÇÃO DA CHUVA DE PROJETO (T e d)

Nos procedimentos técnicos para a elaboração de estudos e projetos de microdrenagem no Município de Belo Horizonte, compreendendo, para a drenagem urbana, a coleta, a condução e o lançamento final dos deflúvios superficiais, a Sudecap padronizou o período de retorno a ser adotado como de 10 anos e a duração da chuva de projeto igual a 10 minutos.

3.3.2 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C)

A literatura fornece tabelas com valores do coeficiente em função do tipo de solo e do seu uso e ocupação (tipo, densidade, cobertura vegetal, dentre outros aspectos). O valor de C neste estudo foi considerado 0,90, coeficiente entre 0,70 e 0,95 indicado por BAPTISTA (2011), para vias asfaltadas e concretadas.

3.3.3 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO SOLO (K)

SILVA (1995) determinou dois tipos de solos predominantes em Belo Horizonte, dividindo a cidade em duas regiões, cada uma com um determinado tipo de solo. A região de Venda Nova, em seus estudos, possui um solo Podzólico Vermelho Amarelo – com textura areno-argilosa e uma condutividade hidráulica média de $1,1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$.

Este valor apenas dá uma ideia da grandeza de condutividade hidráulica em função do tipo de solo. Para o real dimensionamento das estruturas de infiltração, é fundamental que seja realizado ensaios que permitam definir a real condutividade hidráulica do solo, não apenas pela taxa de infiltração da classificação do solo.

3.3.4 EQUAÇÃO DE INTENSIDADE DAS CHUVAS (IT,d,j)

As intensidades deverão ser calculadas através da equação de chuvas intensas de GUIMARÃES e NAGHETTINI (1998), estabelecida com base nas relações intensidade – duração – frequência e de hietogramas típicos de distribuição temporal, para as precipitações históricas de Belo Horizonte e sua região metropolitana:

$$IT_{d,j} = 0,76542d^{-0,7059} Panual^{0,5360} \mu d, T \quad \text{equação (1)}$$

Onde: $IT_{d,j}$ = intensidade de precipitação para o período de retorno T, a duração d e no local j; d = duração da precipitação em h; Panual = refere-se a altura de precipitação anual na localidade j em mm = 1430mm; μ = é a quantis adimensionais de frequência, de validade regional, associados a duração (d) e ao período de retorno (T) = 1,428;

3.3.5 VAZÃO DE PROJETO (Qp)

As vazões afluentes das estruturas de drenagem superficial podem ser calculadas pelo método racional (DNIT, 2006).

$$Qp = 0,00278 \times C \times I \times A \quad \text{equação (2)}$$

Onde: Qp = Vazão de escoamento (m^3/s); C = Coeficiente de escoamento superficial; I = Intensidade de precipitação para região em estudo (mm/h); A = Área da bacia (ha)

3.4 DIMENSIONAMENTO DA TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizado o método proposto por JONASSON (1984, *apud* MIKKELSEN E JACOBSEN) em 1993, intitulado método da chuva envelope (do acrônimo em inglês, *rain-envelope method*), por ser simples, de aplicação direta a partir dos dados de caracterização do local de implantação e da curva intensidade-duração-frequência (IDF).

3.4.1 VOLUME INFILTRADO NA TRINCHEIRA (V_{perc})

A Lei de Darcy é usada para estimar a taxa de água percolada considerando o tempo de enchimento e esvaziamento da estrutura. Pode-se aproximar a taxa média de saída de água como média entre as vazões de saída para o enchimento e o esvaziamento da estrutura, resultando na seguinte expressão:

$$V_{perc}(t) = k \cdot \phi \cdot (A_{perc})/2 \cdot 3600 \cdot t_p \quad \text{equação (3)}$$

Onde: $V_{perc}(t)$ = volume de água percolado no solo (m^3); k = condutividade hidráulica saturada do solo (m/s); A_{perc} = Área total dos lados da estrutura de percolação (m^2); t_p = tempo de percolação (h); ϕ = gradiente hidráulico = 1,0;

3.4.2 ESTIMATIVA DA REDUÇÃO NO ESCOMANETO SUPERFICIAL COM O USO DE TRINCHEIRAS

A estimativa de redução do escoamento superficial é feita através do balanço hídrico entre o volume infiltrado, calculado no item 3.4.1, e o volume afluyente, calculado com base na vazão de escoamento, calculada no item 3.3.5, multiplicado pelo tempo de precipitação de projeto, da seguinte forma:

$$V_e = V_a - V_i \quad \text{equação (4)}$$

Onde: V_e = Volume escoado (m^3); V_a = Volume afluyente (m^3); V_i = Volume infiltrado (m^3).

3.4.3 CÁLCULO DA VAZÃO DE SAÍDA (Q_s)

Para o cálculo da vazão de saída utiliza-se a equação 5

$$Q_s = \alpha \cdot q_{as} \cdot S \quad \text{equação (5)}$$

Onde: Q_s = Vazão de saída (m^3); α = coeficiente de segurança = 1; q_{as} = capacidade de absorção por unidade de superfície infiltrante, em $m^3/s/m^2$ (k); S = superfície de infiltração (m^2);

3.4.4 SUPERFÍCIE DE INFILTRAÇÃO (S)

A superfície de infiltração é expressamente definida em função do tipo de obra e do seu funcionamento. Será adotada a hipótese que o fundo irá colmatar e que somente as paredes irão trabalhar como superfície para infiltração, conforme sugerido por Baptista (2011).

$$S = 2Lp \quad \text{equação (6)}$$

Onde: S = Superfície de infiltração (m^2); L = extensão longitudinal da trincheira (m); p = profundidade da trincheira (m).

3.4.5 VAZÃO ESPECÍFICA DE SAÍDA POR UNIDADE DE ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (q_s)

$$q_s = Q_s / A_a \quad \text{equação (7)}$$

Onde: q_s = Vazão específica de saída (m/s); Q_s = Vazão de projeto (m^3/s); A_a = Área de contribuição (m^2)

3.4.6 VOLUME MÁXIMO A ARMAZENAR E VOLUME MÁXIMO DA ESTRUTURA (S_{max})

Nesta etapa, podemos descobrir se a estrutura de infiltração tem capacidade suficiente para armazenar as águas das chuvas que para ela são escoadas, analisando a relação entre o volume máximo a ser armazenado de águas afluentes à estrutura e a capacidade de armazenamento máximo da própria estrutura. O volume máximo a armazenar (S_{req}) é obtido pelo produto da altura específica máxima (DH_{max}) e a área de contribuição. Já o volume máximo da estrutura é obtido através do produto entre a profundidade da trincheira (p), porosidade do material de preenchimento (n) e a largura da estrutura (l) e o comprimento (L).

$$S_{max} = nlpL \quad \text{equação (8)}$$

4. RESULTADOS OBTIDOS

As tabelas de 1 a 5 apresentam os resultados obtidos.

Tabela 1: Parâmetros básicos das trincheiras de infiltração

Parâmetros	Trincheira 01	Trincheira 02
Porosidade da brita (n)	0,40	0,40
Condutividade hidráulica do solo (m/s)	$1,1 \times 10^{-6}$	$1,1 \times 10^{-6}$
Coefficiente de escoamento (C)	0,90	0,90
Área de contribuição (ha)	0,1729	0,1729
Comprimento (m)	57	30
Largura (m)	3	3
Altura (m)	1,5	3
Superfície de infiltração (m ²)	171	180

Tabela 2: Valores obtidos através do “rain envelope method”

TECNICA	S	Qs	Aa	qs	DHmx	Sreq	Smax
	(m ²)	(m ³ /s)	(m ²)	(mm/h)	(mm)	(m ³)	(m ³)
Trincheira01	171	0,00018	1729	0,3750	57,3750	99,2014	102,6
Trincheira02	180	0,00020	1729	0,4164	57,2508	98,9866	108

Tabela 3: Cálculo da altura específica máxima (Trincheira de infiltração 01)

d	P	Pef	qs*d	DHmx= Pef-qs*d
(min)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
30	38	34,2	0,1875	34,0125
55	44	39,6	0,3438	39,2562
80	50	45	0,4999	44,5001
105	55	49,5	0,6563	48,8437
130	59,5	53,55	0,8125	52,7375
155	61,5	55,35	0,9688	54,3812
180	65	58,5	1,1250	57,3750

Tabela 4: Cálculo da altura específica máxima (Trincheira de infiltração 02)

d	P	Pef	qs*d	DHmx= Pef-qs*d
(min)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
30	38	34,2	0,2082	33,9918
55	44	39,6	0,3817	39,2183
80	50	45	0,5552	44,4448
105	55	49,5	0,7287	48,7713
130	59,5	53,55	0,9022	52,6478
155	61,5	55,35	1,0757	54,2743
180	65	58,5	1,2492	57,2508

Tabela 5: Análise das vazões da bacia

BACIA	Área total	C	I	Qp	Qs trincheira01	Qs trincheira02
	(ha)		(mm/h)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
01	0,8021	0,90	190,14	0,3816	0,00018	0,00020

Tabela 6: Estimativa da redução do escoamento superficial por trincheira

	Volume Afluente (m ³)	Volume infiltrado (m ³)	Volume total (infiltrado + armazenado) (m ³)	Volume escoado total (m ³)	Estimativa de redução
Trincheira 01	$0,3816 \times 1000 = 381,6$	$1,1 \times 10^{-6} \times 85,5 \times 3600 \times 0,166 = 0,056$	$0,056 + (57 \times 1,5 \times 3 \times 0,40) = 102,66$	$381,6 - 102,66 = 278,94$	27%
Trincheira 02	$0,0823 \times 1000 = 82,3$	$1,1 \times 10^{-6} \times 90 \times 3600 \times 0,166 = 0,059$	$0,059 + (30 \times 3 \times 3 \times 0,40) = 108,059$	$82,3 - 108,06 = -25,76$	28,3%

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O dimensionamento das trincheiras simula precipitações com período de retorno de 10 anos, com duração de precipitação de 10 minutos, na Avenida Vilarinho, entre a Rua dos Melões e a Rua das Madeiras no município de Belo Horizonte. Foram considerados também outros critérios para dimensionamento como a colmatação total do fundo da estrutura e a redução pela metade da área de percolação.

Após o dimensionamento das trincheiras de infiltração, pelo método “*rain envelope method*”, é possível avaliar a eficiência das estruturas no local escolhido para a sua implantação. Através da tabela 2, observa-se que as trincheiras satisfazem as condições iniciais de projeto, pois o volume a ser armazenado é menor que a capacidade máxima das trincheiras.

Os resultados foram satisfatórios por apresentar reduções no escoamento superficial na ordem de 27% a 28,3%, como observado na tabela 6, adotando-se duas trincheiras na mesma microbacia. A opção por duas trincheiras com capacidade suficiente para armazenar os volumes da microbacia é justificado, pois, em épocas de chuvas intensas como as que ocorreram no verão de 2020, quando foram registrados na capital mineira 932,3mm de chuva, praticamente 66,5% do esperado para o ano inteiro, o volume a ser captado é muito significativo.

Devido à baixa condutividade hidráulica do solo, estas estruturas armazenam mais que infiltram água no solo, podendo, assim, serem chamadas de trincheiras de detenção. Como foram adotadas duas unidades, caso uma trincheira sature totalmente, ainda haverá uma outra com capacidade suficiente para suportar os volumes de água precipitada.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho técnico apresentou um estudo de viabilidade para implantação de uma trincheira de infiltração na região de Venda Nova, Belo Horizonte, no intuito de reduzir o volume de água do escoamento superficial, reduzindo suas vazões através de armazenamento e infiltração da água das chuvas no solo. Foi utilizada uma sequência de dimensionamento com a aplicação dos parâmetros que podem ser utilizados para definir a viabilidade de uma trincheira de infiltração em qualquer local, através do “*rain envelope method*”.

Foi possível observar que, devido ao baixo coeficiente de permeabilidade do solo, as trincheiras de infiltração tiveram eficiência parcial na infiltração das águas, embora tenham sido capazes de suportar as vazões necessárias para seu devido funcionamento através do armazenamento. Portanto, esta solução representa uma ação aditiva a outras ações integradas que podem ser adotadas para a drenagem urbana como os jardins de biorretenção, os pavimentos permeáveis, os telhados verdes, os poços de infiltração, entre outros, que focam na redução do escoamento superficial gerado pelas chuvas intensas.

Em paralelo, buscando potencializar os resultados gerados, a aplicação dessas técnicas não deve ocorrer apenas em um ponto da bacia hidrográfica, mas sim ao longo de toda a mancha de inundação.

Ressalta-se que, para a adoção prática das trincheiras, é necessária a identificação da real condutividade hidráulica do solo que, nesta simulação, foi estimado. Recomenda-se também a realização de ensaios antes da implantação das trincheiras, confirmando os valores aqui obtidos.

Finalmente, em futuros estudos, pode-se avaliar a utilização de outros materiais drenantes para o preenchimento das trincheiras, como resíduos de pet, garrafas pet, pneus, resíduos de construção civil, entre outros o que pode contribuir para a promoção da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAPTISTA, M. NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. Técnicas compensatórias em Drenagem Urbana. ABRH, Porto Alegre, 2011.
2. BRASIL. Departamento nacional de infraestrutura de transportes (DNIT). Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários, 2006. 2 ed. Rio de Janeiro, p. 484, 2006.
3. CANHOLI, A.P. Drenagem urbana e controle de enchentes, 2º ed. São Paulo: Oficina de textos. p. 302-310, 2005.
4. CAPUTO, U. Avaliação do potencial de utilização de trincheiras de infiltração em espaços com urbanização consolidada / Estudo de caso do município de Belo Horizonte – MG. Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte. p 55-57, 2012.
5. GOOGLE MAPS, 2020. Visão em planta de área escolhida, disponível em <<https://www.google.com/maps/place/Shopping+Esta%C3%A7%C3%A3o+BH/@-19.8219734,-43.9492169,203m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0xa68ff65605088f:0x2a4d448788eb44c6!8m2!3d-19.8214337!4d-43.947449>> acesso em 28/04/2020.
6. JORNAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Reportagem: Chuva causa inundação em Venda Nova; estações de metrô e do Move são fechadas, 2020. Disponível em <https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/01/03/interna_gerais,1112118/chuva-causa-inundacao-em-venda-nova-estacoes-do-metro-e-do-move-sao-f.shtml> acesso em 24/04/2020.
7. MIKKELSEN, P.S., JACOBSEN, P. *Stormwater infiltration design based on rainfall statistics and soil hydraulics*. ASCE International Symposium on Engineering Hydrology, San Francisco, California, p.653-658, Jul. 1993.
8. PINHEIRO, G.; NAGHETTINI, M. Análise regional de frequência e distribuição temporal das precipitações intensas na região metropolitana de Belo Horizonte. 1 ed. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, p. 88, 1998.
9. PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE - PBH. Carta de inundação de Belo Horizonte – Identificação de Áreas Potencialmente Susceptíveis. Belo Horizonte: Prefeitura Municipal, 2009. Disponível em <<https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/informacoes/diretoria-de-gestao-de-aguas-urbanas/cartas-de-inundacoes>> acesso em 26/04/2020.
10. PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE – PBH. Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/informacoes/publicacoes/plano-de-saneamento>> acesso em 25/04/2020.
11. SILVA, A.. Estudos geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos e geoambientais integrados no município de Belo Horizonte: Projeto estudos técnicos para o levantamento da carta geológica do município de Belo Horizonte; Relatório final. FUNDEP/UFMG-IGC Belo Horizonte. p. 234, 1995.
12. TUCCI, C.E.M. Inundações Urbanas, ABRH, ed. da UFRGS, Capítulo 1, 2007.
13. URBONAS, B.; STAHR, P. Melhores práticas de manejo e de retenção, objetivando sua qualidade, drenagem e administração de sistemas de esgotamento conjunto pluvial e de esgotos. New Jersey: Ptr. Prentice Hall, p. 449, 1993