

IX-1134-MÉTODO DE PULS PARA AVALIAÇÃO AMORTECIMENTO DE CHEIA EM RESERVATÓRIO NA CIDADE DE MONTES CLAROS – MG.

Guilherme Augusto Guimarães Oliveira ⁽¹⁾

Engenheiro Civil e Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Vice-Prefeito e Secretário de Serviços Urbanos de Montes Claros-MG. E-mail: guilhermeago@gmail.com

Felipe Aquino Lima ⁽²⁾

Engenheiro Ambiental pelas Faculdades Santo Agostinho. Mestre em Produção Vegetal pela UFMG. Pós-Graduado em Geoprocessamento Aplicado pela IFNMG. Engenheiro da Secretaria Municipal de Montes Claros-MG. Email: aquinolimafelipe@gmail.com

Jeane Cristina Caetano da Cruz ⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES. Mestre em Planejamento Urbano e Territorial pela Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG. Engenheira da Secretaria Municipal de Serviços Urbanos da Prefeitura de Montes Claros. Email: jeanecristiny1@hotmail.com

Carolina Oliveira Santos ⁽⁴⁾

Engenheira Química pela Faculdade de Ciência e Tecnologia de Montes Claros. Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Diretora de Infraestrutura Urbana e Planejamento Estratégico. Email: eq.carolina.oliveira@gmail.com

Endereço⁽¹⁾: R. Carlos Paulino Cardoso, 401 - Vila Exposição, Montes Claros – MG – CEP: 39400-218 - Brasil - Tel: (38) 2211- 4243 - e-mail: guilhermeago@gmail.com

RESUMO

O escoamento superficial é o processo dinâmico gerado por um evento de precipitação sobre uma superfície natural ou antropizada. Para condução das águas pluviais as cidades seguem concepções higienistas, que prevê a rápida eliminação do escoamento para serem capazes de conduzir uma vazão gerada por eventos intensos e mais recorrentes. Porém, essa concepção ataca a consequência e implica em aceitar, cada vez mais, maiores volumes que precisam ser escoados, num ciclo de demandas, que ao longo do tempo, tem um viés insustentável. Nesse sentido, faz-se necessário que os ambientes urbanos possam ser moldados para absorver gradativamente as águas pluviais, num sistema sustentável. O objetivo do presente estudo é avaliar o amortecimento de cheia em um reservatório em situação de chuva crítica. Para avaliar o comportamento do hidrograma afluente e efluente adotou-se o método de Puls, que tem como base a equação da continuidade. Os resultados demonstram uma estimativa de redução do pico da cheia em 44% para as condições de projeto adotadas. Dessa maneira, o que se observou no desenvolver do presente projeto é que o manejo das águas pluviais deve ser pensado como um arranjo sistêmico, não existindo solução prioritária, mas sim, várias medidas e ações em múltiplas escalas. As técnicas convencionais e sustentáveis podem trabalhar em conjunto, uma vez que no próprio arranjo de um sistema voltado para uma drenagem mais sustentável é recorrente o uso de dispositivos de captação e condução convencionais, com o objetivo de alimentação ou extravasamento das técnicas de controle na fonte.

PALAVRAS-CHAVE: Vazão, Hidrograma, Controle de Cheias, Escoamento Superficial, Área Verde.

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização gera grandes modificações no ciclo hidrológico natural, especialmente alterando o uso do solo e criando condições para a geração de escoamento superficial. A impermeabilização, bem como a introdução de redes de drenagem que aceleram os escoamentos, geram, como efeito, a disponibilização de maiores volumes de água pluvial, que, por sua vez, também ocorrem com maiores velocidades (MIGUEZ, DI GREGÓRIO E VERÓL, 2018).

De acordo com Miguez, Veról e Rezende (2015), as práticas tradicionais dos projetos de drenagem apresentam uma concepção higienista, que tendem a focar no volume de escoamento. Porém, para Miguez, Di Gregório e

Veról (2018), essa concepção ataca a consequência e implica em aceitar, cada vez mais, maiores volumes que precisam ser escoados, num ciclo de demandas, que ao longo do tempo, tem um viés insustentável, uma vez que não se pode pensar em crescer indefinidamente as dimensões das redes para receber sempre mais escoamentos da cidade que se desenvolve. Além disso, quando se tem um crescimento urbano sem controle adequado ou sem planejamento prévio, ele acaba por inviabilizar até mesmo soluções tradicionais.

Segundo Miguez, Veról e Rezende (2015), ao longo das últimas décadas, a concepção tradicional vem sendo complementada ou substituída por conceitos que buscam soluções sistêmicas para o escoamento superficial, buscando agregar preocupações de manejo sustentável das águas pluviais urbanas, com a possibilidade de adaptar a cidade para recompor o ciclo hidrológico.

Assim, vem crescendo e substituindo a lógica da redução simples de alagamentos com a implementação de uma drenagem urbana cada vez mais sustentável e integrada que, de forma geral, seriam preferíveis às soluções tradicionais. Entretanto, o pensamento tradicional ainda perpetua nos projetos, sendo em muitos casos combinados com as técnicas compensatórias, produzindo, em algumas situações, arranjos sistêmicos, focados na reorganização espacial dos escoamentos produzidos pela bacia de maneira efetiva (MIGUEZ, VERÓL E REZENDE, 2015).

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo geral estimar o comportamento de um reservatório de amortização de cheia na cidade de Montes Claros-MG, aplicando a metodologia de Puls.

MATERIAIS E MÉTODOS

O local de estudo encontra-se situado na região norte da cidade de Montes Claros-MG e compreende uma área que possui propensão natural ao acúmulo de água, conforme apresentado na Figura 1.

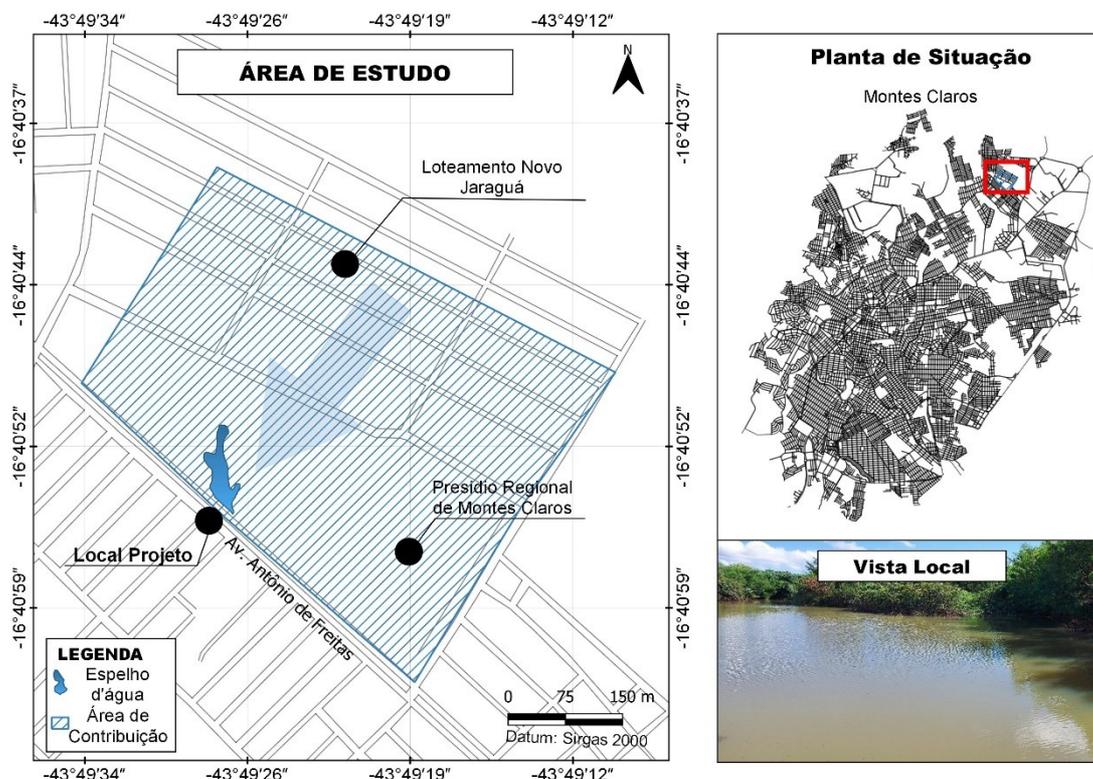


Figura 1: Situação espacial da área de estudo.

Segundo Araújo et al. (2022), para a aplicação do método de Puls, algumas premissas são consideradas, devendo assumir que a superfície da água é horizontal; que a vazão efluente é uma função única do volume de armazenamento; e que a vazão efluente varia linearmente com o tempo, durante cada período. De acordo com Canholi (2014), o comportamento de amortecimento em um reservatório pode ser descrito pela equação da continuidade (Equação 1), sendo:

$$I - Q = \frac{dS}{dt} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

I: Vazão afluente

Q: Vazão efluente

S: Volume

Ainda segundo Canholi (2014), para um intervalo de tempo Δt , a equação acima pode ser escrita na forma de diferenças finitas e rearranjada como (Equação 2):

$$(I_1 + I_2) + \left(\frac{2 \times S_1}{\Delta t} \right) - Q_1 = \left(\frac{2 \times S_2}{\Delta t} + Q_2 \right) \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

*I*₁ e *I*₂: Vazão afluente nos instantes 1 e 2

Δt : período de tempo entre 1 e 2

*S*₁ e *S*₂: volumes reservados nos instantes 1 e 2

Araújo et al. (2022) explica que, para a equação supracitada, a cada passo de tempo ela é aplicada, considerando conhecidos todos os valores do lado direito da igualdade, e obtendo um valor para o termo à esquerda do sinal da igualdade $(2 \times S) / \Delta t + Q$. A partir desse termo, o valor de Q $t + \Delta t$ pode ser obtido por interpolação de uma curva, ou tabela, que relaciona o termo $(2 \times S) / \Delta t + Q$ com o valor de *S*. A dinâmica de amortecimento é controlada pela entrada e saída da água no reservatório.

Para estimativa da curva cota x volume, necessária para conhecer a volumetria do reservatório, foi realizado levantamento topográfico, com posterior adequação para volumetria desejada.

A área de contribuição que converge para o reservatório de amortecimento possui 0,25 km². As vazões afluentes foram previamente calculadas e seguem apresentadas na Figura 2.

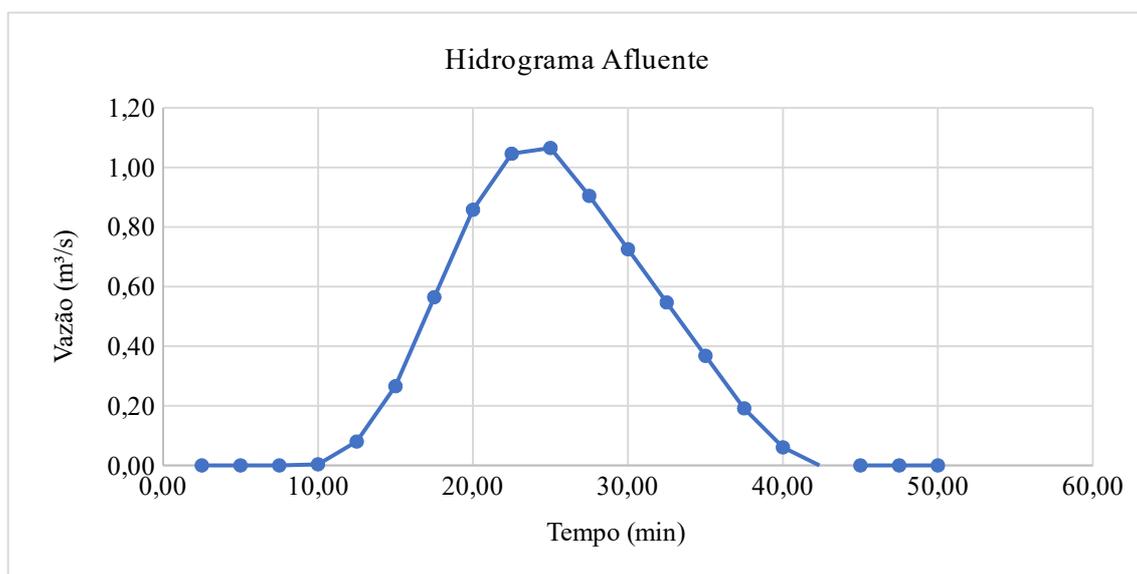


Figura 2: Hidrograma afluente.

As vazões efluentes da bacia de amortecimento dependem do tipo e das dimensões da sua estrutura de controle de saída. As relações entre o nível da água e as vazões extravasadas podem ser obtidas mediante utilização de parâmetros hidráulicos. De acordo Azevedo Neto (2019), para descarga de fundo, em condição de conduto forçado, é possível aplicar a equação proposta para orifícios (Equação 3), sendo:

$$Q = C_d \times A \times \sqrt{2 \times g \times H}$$

equação (3)

Q = vazão pelo conduto, em m^3/s

A = área da seção transversal do descarregador de fundo, em m^2 .

g = aceleração da gravidade: $9,81 m/s^2$

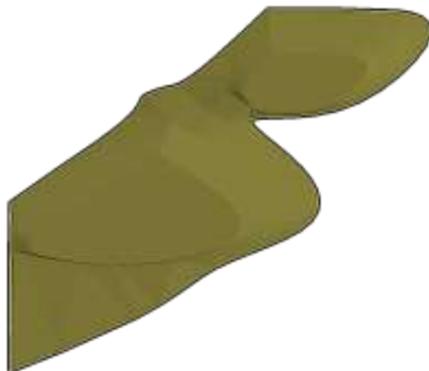
H = carga sobre o descarregador de fundo: diferença entre as cotas do nível d'água no reservatório e do eixo da galeria

C_d = coeficiente de descarga. O coeficiente de descarga C_d depende da relação L/D .

Os valores de C_d , para tubos circulares de concreto, seguiu recomendação de Lencastre (1972) *apud* (Azevedo Neto, 2019).

RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados da curva cota x volume, após levantamento de campo e adequação para conformação do terreno, são apresentados na Figura 3.



Cota (m)	Volume (m^3)
622	0
622	1
625	28
626	591
627	2500

Figura 3: Imagem em perspectiva e relação cota x volume do reservatório de amortecimento.

O comportamento do reservatório de amortecimento é estimado após entrada da vazão afluente, estando também condicionada a saída, vazão efluente, que por sua vez é determinado pelo dispositivo extravasador. Dessa maneira, aplicando a metodologia de Puls, seguem apresentadas na Figura 4 o comportamento estimado das vazões afluentes e efluentes no reservatório em estudo.

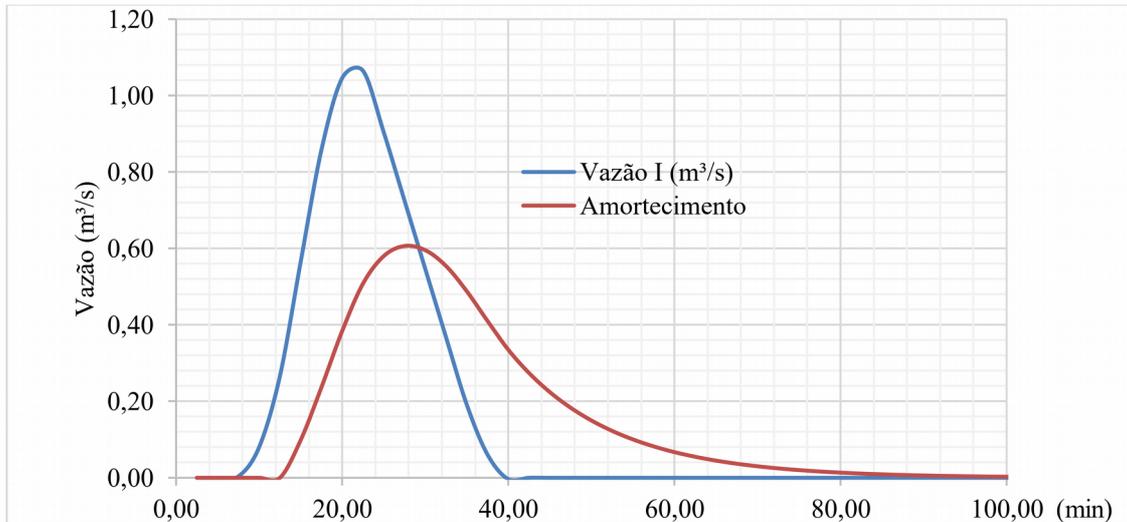


Figura 4: Comportamento das vazões afluente e efluente após simulação realizada.

Logo, foi possível verificar que o pico da vazão afluente, estimado em $1,07\text{m}^3/\text{s}$ foi reduzido para $0,60\text{m}^3/\text{s}$, o que implica em uma amortização de 44% do valor crítico. Esse resultado está condicionado a dimensão do extravasor, sendo estimado em DN 800mm, quando adotado um coeficiente de descarga de 0,75. A utilização de um diâmetro menor, por exemplo, implicaria em uma maior amortização, estando condicionada ao volume máximo do reservatório. Caso adotado um diâmetro maior, o efeito de amortecimento diminuiria, uma vez que a vazão extravasada seria maior.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

O ponto de estudo encontra-se em um talvegue que naturalmente acumula água da região a montante. As imagens da Figura 5 apresentam a situação de ocupação para os anos de 2002 e 2022.



Figura 5: Situação espacial da região de estudo em 2002 e em 2022, respectivamente.

É possível verificar um aumento do processo de urbanização a montante e a jusante. Verifica-se também que a antropização a jusante gerou uma maior dificuldade de escoamento superficial, uma vez que o caminho regular da água foi alterado e comprometido. Nesse sentido, eventos de chuvas acentuadas favorecem ainda mais o alagamento na avenida que intercede a linha de talvegue.

O que se observa é que a aplicação integral de sistemas de drenagem sustentáveis, muitas das vezes, é limitada pela dinâmica de uso e ocupação. Observa-se, também, que quando implementados, integralmente ou de maneira combinada, os ganhos ambientais, sociais e econômicos são significativos.

Nesse sentido, a implantação de um reservatório de amortecimento irá promover a diminuição do pico do escoamento superficial, bem como a velocidade do escoamento, atuando de maneira complementar a drenagem tradicional, que se faz necessária em detrimento ao atual cenário de uso e ocupação, mas que irá apresentar diminuição dos diâmetros dos tubos necessários para escoar a água pluvial quando comparado a um cenário sem reservatório de amortecimento.

De acordo com Tucci, Porto e Barros (1995), a atuação de controle sobre a geração de escoamentos pode começar dentro do próprio lote urbano, trata-se do controle na fonte.

Miguez, Veról e Rezende (2015), destacam que o controle na fonte já aparece com alguma frequência nos municípios. É o caso da cidade de Montes Claros-MG que, por meio da Lei 5.100, de 05 de novembro de 2018, instituiu a obrigatoriedade de sistema de captação, armazenamento e utilização de águas pluviais nas edificações de condomínios residenciais.

Para Tucci, Porto e Barros (1995) a ideia de reservatório no Brasil é, em geral, de grandes obras, no entanto, o reservatório pode representar uma pequena superfície. Para os autores, a característica da cheia urbana é que ela apresente um pico alto e pequeno volume, sendo assim, pequenos reservatórios auxiliam na redução da sobrecarga das redes de drenagem.

Uma característica interessante desse tipo de medida é a propagação da ideia de responsabilidade compartilhada entre poder público e a população, uma vez que a impermeabilização trazida pelas construções tende a agravar o problema de cheias (MIGUEZ, VERÓL E REZENDE, 2015).

É importante destacar que o manejo das águas pluviais deve ser pensado como um arranjo sistêmico, não existindo solução prioritária, mas sim, várias medidas e ações em múltiplas escalas. As técnicas convencionais e sustentáveis podem trabalhar em conjunto, uma vez que no próprio arranjo de um sistema voltado para uma drenagem mais sustentável é recorrente o uso de dispositivos de captação e condução convencionais, com o objetivo de alimentação ou extravasamento das técnicas de controle na fonte (PMBH, 2022).

CONCLUSÕES

Conclui-se que o ponto de estudo apresenta características favoráveis à implantação de reservatório de amortecimento, além disso, o cenário simulado apontou em uma redução de 44% do pico de cheia. A redução das vazões críticas favorece a utilização de tubos de drenagem com diâmetros menores, quando comparado ao mesmo cenário sem a presença da bacia de amortecimento.

Apesar das limitações impostas pelo crescimento urbano, muitas das vezes desordenado, é possível a integração de um manejo sustentável com o tradicional das águas pluviais, mostrando que medidas dessa natureza precisam ser gradativamente implementadas, de modo que o manejo sustentável das águas esteja cada vez mais presente diante das principais modificações introduzidas pelo crescimento da cidade sobre o ciclo das águas no ambiente urbano.

Por fim, é válido lembrar que existem diversas medidas de controle de escoamento que podem ser desenvolvidas para atenuar os picos de cheias, como é o caso do controle no lote, que se faz usualmente por meio de reservatórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, A. C. S. ; ANDRADE , M. P. ; RIBEIRO , C. B.A DE M. CÂNDIDO , V. B. DA R. ; MENDES, G. DE C. ; DE MELO, T. T. R.; GANTE, L. G. A. *Aplicação do método de Puls no amortecimento de cheias – Carangola (MG)* XIV ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS E IV SIMPÓSIO DE REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS. Brasília, DF. 2022
2. AZEVEDO NETTO, J. M. *Manual de Hidráulica* [livro eletrônico]. 9. ed – São Paulo: Blucher, 2019. 632 p.



3. CANHOLI, A. P. *Drenagem urbana e controle de enchentes* / - 2. ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
4. LENCASTRE, A. *Manual de Hidráulica Geral*. Editora Edgard Blucher, São Paulo, 1972, 411 p.
5. MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. *Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade* / – 1. ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
6. MIGUEZ, M. G.; DI GREGÓRIO, L. T.; VERÓL, A. P. *Gestão de riscos e desastres hidrológicos* / – 1. ed. – Rio de Janeiro : Elsevier, 2018.
7. PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE (PMBH) *Capítulo 4 -Sistema de drenagem pluvial: microdrenagem e controles regionais Belo Horizonte* In: PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE (PMBH) *Instrução técnica para elaboração de estudos e projetos de drenagem* - Belo Horizonte. Abril, 2022.
8. TUCCI, C. E. M. ; PORTO, R. LA L.; BARROS, M. T. L. *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.