ESTUDO DE CONCEPÇÃO PARA RESERVATÓRIO DE RETARDO DE CHEIAS: Microbacia Córrego Milho do Molho

Arnaldo Boa Sorte de Oliveira
Engenheiro Industrial – Mecânica
Pós-graduado em Engenharia de Saneamento Básico pela USP, possui MBA em Administração para Engenheiros. Acumula 42 anos de experiência na SABESP, atuando como Gerente de Operação, Gerente de Manutenção Eletromecânica e Gerente de Departamento de Engenharia. Desde 2017, exerce atualmente a função de Consultor Sênior na Norte Sul Hidrotecnologia.

Luan Pacheco Nascimento
Técnico em Saneamento Nível B

Endereço: Rua Frei Gaspar, 220 – Apartamento - 1210 - Mooca - São Paulo, SP - CEP: 03164-100 - Brasil – Tel: +55 (11) 98685-5039 - e-mail: a.boasorte@yahoo.com.br

RESUMO

O crescimento urbano desordenado e a consequente impermeabilização do solo têm sobrecarregado os sistemas tradicionais de drenagem nas grandes cidades, intensificando episódios de inundações. Este estudo apresenta uma proposta de concepção hidráulica baseada nos conceitos de Cidade-Esponja e desenvolvimento de baixo impacto para mitigar os alagamentos na microbacia do Córrego Milho do Molho, em Ermelino Matarazzo. A metodologia consistiu no levantamento de dados fisiográficos e na modelagem matemática computacional utilizando o software PCSWMM. O diagnóstico do cenário atual apontou um severo estrangulamento hidráulico a montante da Rua Campanela Antônio, onde a vazão de pico excede a capacidade de escoamento da infraestrutura existente. A solução proposta contempla a inserção descentralizada de 16 mini tanques de retenção de 50 m³ nas vias públicas. A simulação do cenário futuro validou a eficácia da intervenção, demonstrando uma redução da vazão de pico e a completa eliminação da mancha de inundação local. Conclui-se que o manejo descentralizado na fonte é técnica e economicamente viável para promover a resiliência urbana.
PALAVRAS-CHAVE: Córrego Milho do Molho, Precipitações pluviométricas; Sistemas de drenagem.

INTRODUÇÃO

A área de estudo deste relatório está inserida na bacia hidrográfica do Córrego Mongaguá, localizada na zona leste do Município de São Paulo, tendo como referência as Ruas Ovídio Lopes e Antônio Tertuliano, no bairro de Ermelino Matarazzo. Este estudo visa possibilitar uma convivência segura com as precipitações pluviométricas que atualmente excedem a capacidade do sistema de macrodrenagem representado pelo córrego Milho do Molho, causando enchentes severas na região. Simultaneamente, busca-se minimizar os efeitos a jusante ao longo do córrego Mongaguá.

Diante da densidade urbana e das características socioambientais de Ermelino Matarazzo, a solução para o problema exige o desenvolvimento de um projeto de concepção hidráulica que supere os limites da engenharia cinza tradicional (baseada puramente em canalizações e pressa para escoar a água). O objetivo principal é, no mínimo, compatibilizar a capacidade de vazão da atual calha do córrego Milho do Molho com o volume gerado na microbacia que drena até ele. Para alcançar a eficiência necessária em um cenário de crise climática, este projeto incorpora os conceitos de Cidade-Esponja, defendidos pelo urbanista Kongjian Yu.

De acordo com Yu (2024), enfrentar a água por meio do concreto rígido gera falsas soluções que apenas transferem o problema para jusante. A transformação de metrópoles densamente povoadas como São Paulo em territórios resilientes exige uma mudança de mentalidade: em vez de combater a água, o projeto urbano deve aprender a "conviver e se adaptar a ela", reduzindo a velocidade dos fluxos e criando espaços para que as águas pluviais possam se espalhar, infiltrar e ser retidas na própria bacia.

Considerando que a inundação nesta região possui uma escala tanto urbana (localizada nos eixos viários) quanto regional (na macrodrenagem do córrego), a concepção hidráulica proposta busca integrar o sistema existente a

estratégias de retenção na fonte. Exige, portanto, viabilizar intervenções holísticas que garantam a segurança contra cheias e que, paralelamente, favoreçam a infiltração de águas pluviais para a realimentação do lençol freático.

OBJETIVO

O objetivo central deste estudo é propor e validar, por meio de modelagem computacional, a viabilidade técnica de mini reservatórios lineares descentralizados como medida de amortecimento de cheias na microbacia do Córrego Milho do Molho, sendo este modelo reaplicável a outros sistemas de drenagem

METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o alcance dos objetivos dessa pesquisa consistiu, em um primeiro momento, no levantamento de documentos diversos que caracterizassem o problema e delimitassem a área de estudo, sendo fundamentais:

- A análise de imagens de satélite;
- O Caderno de Bacia Hidrográfica Córrego Mongaguá – Prefeitura Municipal de São Paulo;
- O Portal de Mapas oficiais da cidade de São Paulo.

Num segundo momento a metodologia consistiu na modelagem matemática computacional dinâmica (onda dinâmica) da microbacia através do software PCSWMM, aplicando os métodos do Curve Number (CN) e do Bloco Alternado para uma chuva de projeto com tempo de retorno de 10 anos

ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

A região objeto do estudo possui uma área de aproximadamente 0,67 km², inserida na Subprefeitura de Ermelino Matarazzo. O relevo é relativamente acidentado, possuindo alturas variando entre 810 m e 735 m, representando um desnível de cerca de 75 m. A ocupação é feita por moradias horizontais de baixo e médio padrão

Figura 1: Vista aérea da área em estudo com destaque dos corpos de água



Fonte: Google Earth (2024)

DIAGNÓSTICO DO PROBLEMA

A área em estudo apresenta o cenário clássico de vulnerabilidade hídrica em cidades brasileiras. O diagnóstico técnico para essa situação foca na perda da capacidade de suporte da bacia hidrográfica devido à urbanização desordenada.

Figura 2: área inundável ao largo do córrego Milho do Molho



Fonte: Caderno de Bacia Hidrográfica Córrego Monguagá (Prefeitura Municipal de São Paulo, ano 2025)

A inundação recorrente ao largo do leito do córrego Milho do Molho conforme figura 2, decorre dos seguintes fatores:

a) Dinâmica Hidrológica e Impermeabilização

O alto índice de impermeabilização do solo (pavimentação, telhados e calçadas) alterou drasticamente o ciclo hidrológico local. Sem áreas de infiltração, o coeficiente de escoamento superficial (run-off) aproxima-se da unidade.

- **Impacto:** O volume de água que deveria infiltrar no solo é convertido instantaneamente em enxurrada.
- **Tempo de Concentração:** A velocidade com que a água atinge o corpo hídrico é aumentada, antecipando os picos de cheia e sobrecarregando a calha do córrego em intervalos muito curtos de tempo.

a) Estrangulamento da Calha e Ocupação de Margens

- A ocupação das margens elimina a planície de inundação natural do córrego.
- **Redução da Seção Transversal:** Construções irregulares ou muros de contenção avançam sobre o leito, diminuindo a área disponível para a passagem do fluxo.
- **Infraestrutura subdimensionada:** Tanto o córrego Milho do Molho quanto o seu principal afluente foram confinados em galerias fechadas com diâmetros aparentemente de 1,50 m (elas não possuem cadastro).

Figura 3: Leito do córrego Milho do Molho "espremido" entre fundos das construções



Fonte: Google Earth (2024)

As galerias fechadas possuem uma capacidade de vazão máxima fixa. Quando a vazão de pico gerada pela impermeabilização supera a capacidade da tubulação, o sistema entra em carga (pressão positiva). A água, excedente, transborda a montante passando para escoamento superficial até o ponto mais baixo do sistema. Além disso, a alta velocidade da água escoando pela tubulação, acelera a chegada da onda de cheia neste mesmo ponto baixo. A condição torna-se mais crítica a partir da confluência do afluente com o córrego Milho do Molho, onde as vazões se somam e o escoamento passa a ser feito por duas tubulações de 1,50m até pouco antes da travessia sob a Rua Campanela Antônio.

Figura 4:Córrego Milho do Molho próximo a travessia sob a Rua Campanela Antonio



Fonte: arquivo pessoal do autor (2026)

VERIFICAÇÃO DA HIPÓTESE

Parâmetros físicos da microbacia

- Área “A”: 0,67 km²
- Talvegue “L”: 1.597 m
- Cota do ponto mais alto “Ho”: 810,329 m
- Cota mais baixa “H1”: 735,060 m
- Declividade “i”: 0,0484 m/m
- Grau de impermeabilidade elevado.

O conhecimento do ciclo hidrológico que ocorre nas bacias hidrográficas urbanas é a base para todo estudo, sendo os componentes principais as precipitações, a infiltração da água no solo, as perdas por evaporação ou por evapotranspiração, as retenções temporárias em depressões do terreno, a geração do escoamento superficial direto e o escoamento nos sistemas de drenagem, naturais ou artificiais.

Dessa forma, é necessário conhecer a dinâmica das precipitações na área de interesse, sua intensidade, o risco de ocorrência, sua distribuição temporal e espacial. Assim, um dos principais parâmetros de estudo é o CN (*Curve Number*) que é um parâmetro empírico desenvolvido pelo *Soil Conservation Service* (SCS, hoje NRCS) dos Estados Unidos. Utilizado para estimar o volume de escoamento superficial direto (enxurrada) resultante de uma precipitação sobre uma bacia hidrográfica e considerando a saturação do solo. Basicamente, o CN quantifica o potencial de uma bacia em gerar escoamento: quanto maior o valor, maior a impermeabilidade e o risco de inundação.

A classificação dos grupos hidrológicos de solo segundo a metodologia do *National Resources Conservation Service* (NRCS):

- **Grupo A –** Solos de mais baixo potencial de deflúvio; são solos profundos, de constituição arenosa, com pouco silte e argila. Podem também ser constituídos por cascalhos, de alta permeabilidade.
- **Grupo B** – Solos com potencial de escoamento ("runoff") moderadamente baixo. Predominam solos arenosos, menos profundos e menos agregados que o acima (A); Grupo, como um todo, apresenta, após seu intenso umedecimento, capacidade de infiltração acima da média.
- **Grupo C** – Solos com potencial de escoamento moderadamente alto. Compreende solos rasos e solos contendo consideráveis teores de argilas e colóides, porém inferiores ao Grupo D. Este solo tem infiltração abaixo da média após saturação.
- **Grupo D** – Solos com o mais alto potencial de escoamento. Inclui a maioria das argilas e solos rasos com sub-horizontes impermeáveis próximos à superfície.

Porém definir o ***Curve Number*** **(CN)** em áreas urbanas exige um olhar que vai além da geologia pura, pois a intervenção humana altera drasticamente a resposta hidrológica do solo original. Assim, utilizaremos o critério da combinação entre o Grupo Hidrológico do Solo e o Uso e Ocupação do Solo. Como o solo predominante na área é o Lamitos arenosos e arenitos, adotaremos o grupo C. Os valores recomendados de CN em função da classe hidrológica do solo e de seu uso e ocupação são apresentados na tabela 1:

Tabela 1 – valores recomendados para o CN

Descrição do Uso do Solo	**Classe Hidrológica do Solo - NRCS**			
	A	**B**	**C**	**D**
Terra Cultivada				
Sem tratamento para conservação	72	81	88	91
Com tratamento para conservação	62	71	78	81
Pastagem				
Condição ruim	68	79	86	89
Condição boa	39	61	74	80
Campo				
Condição boa	30	58	71	78
Floresta				
Densidade baixa, coberturas pobres, sem cobertura	45	66	77	83
Boa cobertura	25	55	70	77
Espaços abertos, gramados, parques, campos de golfe, cemitérios etc.				
Condição boa	39	61	74	80
Condição justa	49	69	79	84
Áreas comerciais e de negócios	89	92	94	95
Distritos industriais	81	88	91	93
Estacionamento pavimentado, telhados, calçadas etc.	98	98	98	98
Residencial				
0,05 ha ou menos	77	85	90	92
0,10 ha	61	75	83	87
0,13 ha	57	72	81	86
0,20 ha	54	70	80	85
0,40 ha	51	68	79	84
Ruas e estradas				
Pavimentada com meio-fio e drenagem	98	98	98	98
Em cascalho	76	85	89	91
Sujas (sem pavimento)	72	82	87	89

Fonte: caderno de drenagem do córrego Mongaguá (2025)

Cruzando a classe hidrológica do solo com a linha "tamanho médio do lote – 0,05 há, resulta num CN de 90 para a microbacia. Outro fator importante é o tempo de concentração, que se refere ao tempo médio em que a água leva para escoar do ponto mais distante da microbacia até o ponto de interesse, concentrando-se com a chuva que está caindo no ponto de interesse.

Para determinação do tempo de concentração utilizaremos a fórmula de Kirpich, onde o uso dela para áreas de até 2 km² é amplamente aceito na literatura técnica e por órgãos de fiscalização no Brasil, desde que as seguintes condições sejam observadas:

- Bacias Pequenas onde ela funciona muito bem para áreas pequenas como a de 2 km² mencionada que é o nosso caso.
- Precisa em terrenos com inclinação significativa.

$$tc = 57 \times \left(\frac{L^3}{\Delta h}\right)^{0,385}$$

equação (1)

O tempo de concentração é de 18 minutos (1080 seg.)

Tempo de retorno, é uma medida estatística que indica, em média, com que frequência um evento hidrológico extremo tende a ser igualado ou superado.

Com relação a Prefeitura de São Paulo, as diretrizes para escolha do TR foram estabelecidas pela Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras (SIURB), com base nos estudos da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH):

- Áreas Residenciais: TR de 2 a 5 anos.
- Áreas Comerciais/Centrais: TR de 5 a 10 anos.
- Aeroportos e Vias Expressas: TR de 10 anos.

Para obras hidráulicas do porte aqui proposto é comum utilizarmos tempo de retorno de 10 anos. A intensidade de chuva do projeto será determinada pelo modelo de Wilken adotado pelo Centro Tecnológico de Hidráulica da USP, fornecida pela fórmula:

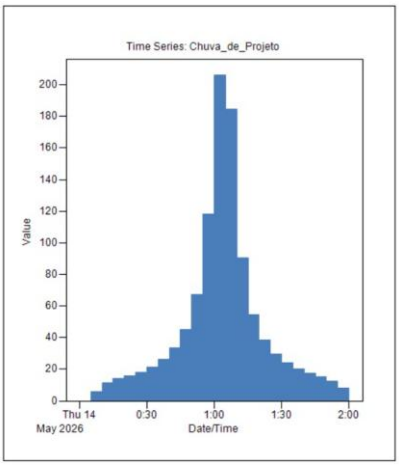
$$I = \frac{1747{,}9 \cdot T^{0,181}}{(tc+15)^{0,89}}$$

equação (2)

A intensidade da chuva resultou na modelagem PCSWMM o hietograma que mostra o comportamento de uma tempestade: quando ela começou, qual foi o momento mais crítico (o pico) e quando ela perde força.

Figura 5: hietograma da chuva de projeto

Time (H:M)	Value
00:00:00	0
00:05:00	5.61
00:10:00	11.16
00:15:00	13.87
00:20:00	15.77
00:25:00	18.24
00:30:00	21.57
00:35:00	26.29
00:40:00	33.39
00:45:00	44.92
00:50:00	67.52
00:55:00	117.92
01:00:00	206.12
01:05:00	184.33
01:10:00	90.69
01:15:00	54.48
01:20:00	38.57
01:25:00	29.49
01:30:00	23.83
01:35:00	20.01
01:40:00	17.31
01:45:00	15.31
01:50:00	12.37
01:55:00	8.24
02:00:00	0



Fonte: modelagem PCSWMM

A vazão de estudo determinada pela modelagem PCSWMM para a microbacia nas condições estipuladas fica em:

Q = 23,66 m³/s equação (3)

AVALIAÇÃO DO CANAL DO CÓRREGO MILHO DO MOLHO

A calha do córrego Milho do Molho, no trecho a partir do recebimento do afluente da Trav. Sanitária Angelim Vermelho até próximo a travessia sob a Rua Campanela Antônio, está confinada em 2 tubulações em concreto com diâmetro de 1,50 m, aparentando bastante antiga e com problemas estruturais. Após a travessia da Rua Campanela Antônio, a calha passa para canal aberto, inicialmente em gabiões e posteriormente em placas de concreto, conforme figuras 6 e 7 a seguir:

Figuras 6 e 7: Chegada do córrego Milho do Molho em tubulação Ø 1,50 m na travessia sob a Rua Campanela Antônio e trecho a jusante em gabiões.





Fonte: arquivo pessoal do autor (2026)

A calha no trecho final do córrego Milho do Molho, com dimensões de 2,00 m de largura e 2,20 m de altura em placas de concreto, possui capacidade de transporte calculada em 24 m³/s (compatível com o valor do diagrama unifilar apresentado no caderno de drenagem do córrego Mongaguá), possuindo capacidade para transporte da vazão total da microbacia, calculada em 23,66 m³/s pela modelagem PCSWMM.

Figura 8: Trecho final do córrego, próximo a sua foz no córrego Mongaguá



Fonte: arquivo pessoal do autor (2026)

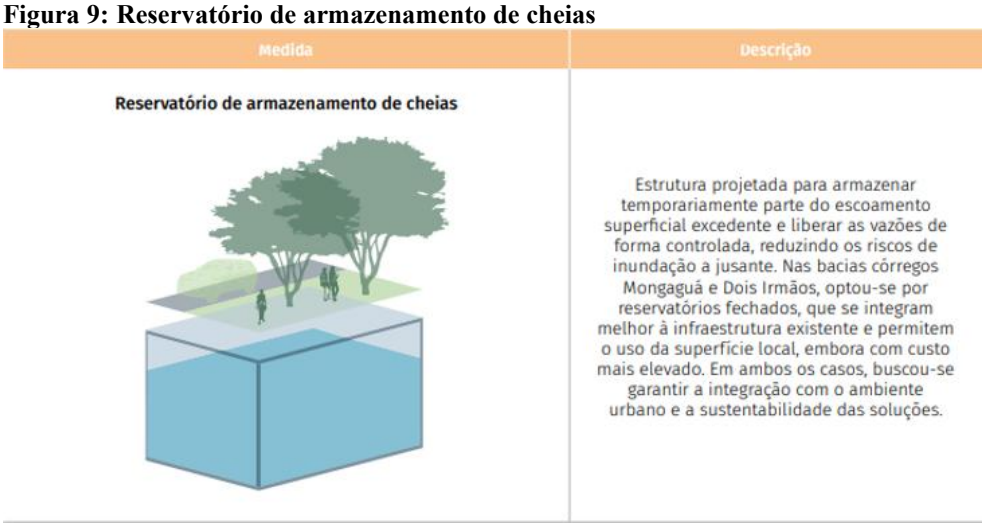
Assim o problema das recorrentes inundações se apresenta a montante da travessia da Rua Campanela Antônio, cuja calha do córrego Milho do Molho confinada em duas tubulações de 1,50 m, cujo diâmetro de uma tubulação equivalente seria de 1,95 m, possui uma capacidade de escoamento máxima de

aproximadamente 9,17 m³/s, sendo que pelo modelo PCSWMM, a vazão de pico que chega neste trecho equivale a 17,89 m³/s.

PROPOSTA PARA A MICROBACIA

A proposta a seguir possui aderência as sugestões citadas no caderno de drenagem dos córregos, âmbito dos contratos SIURB-FCTH nº 208/SIURB/2022 e SIURB-FCTH nº 085/SIURB/2025, principalmente no que tange às alternativas dentro do conceito de "Tipologia das principais medidas de drenagem sustentáveis":

Figura 9: Reservatório de armazenamento de cheias



Fonte caderno de drenagem córrego Mongaguá (2025)

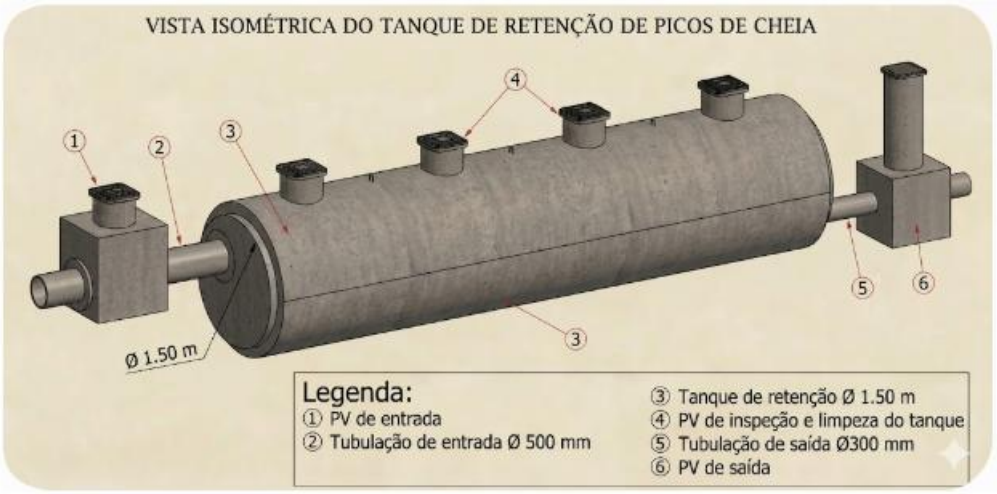
Figura 10: Poço de infiltração



Fonte: Caderno de drenagem córrego Ribeirão Varginha (2025)

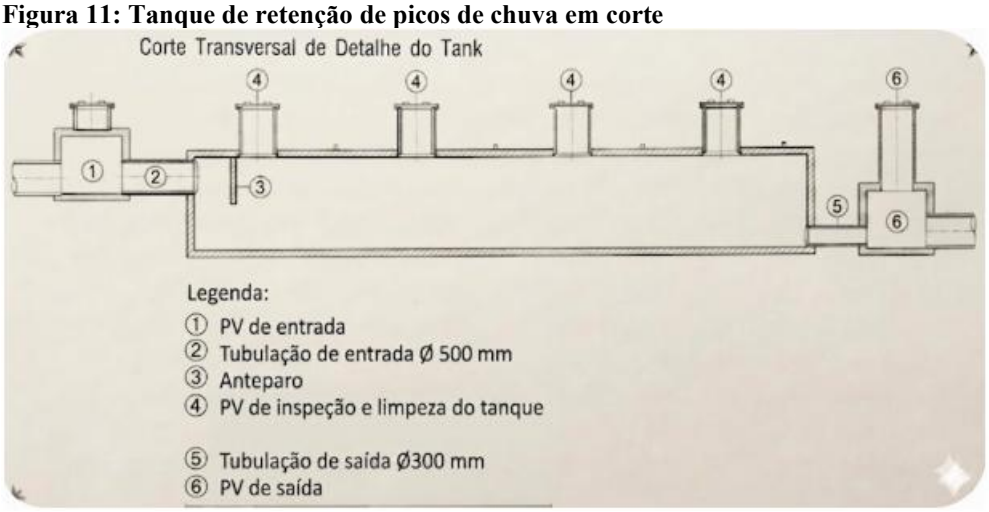
A proposta aqui encaminhada, envolve os conceitos citados, consistindo na instalação de mini reservatórios de armazenamento, distribuídos nas vias públicas que fariam a retenção de pico das chuvas, pelo tempo calculado de concentração das chuvas, liberando a água retida de forma controlada, de acordo com a capacidade do corpo receptor. As figuras 11 e 12 a seguir demonstram o mini tanque aqui proposto em perspectiva e corte:

Figura 11: Tanque de retenção de picos de chuvas



Fonte: arquivo pessoal do autor (2026)

Figura 11: Tanque de retenção de picos de chuva em corte



Fonte: arquivo pessoal do autor (2026)

A estratégia de instalação requer a distribuição de pequenos reservatórios de aproximadamente 50 m³ em trechos de ruas nas cotas intermediárias da microbacia, propiciando:

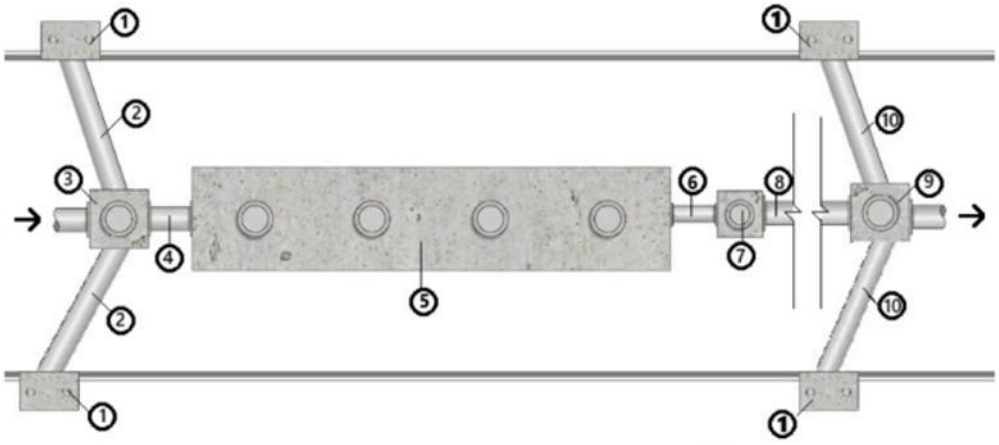
- **Amortecimento de Picos de Vazão na Fonte:** Ao interceptar o escoamento superficial (*runoff*) diretamente nas cotas intermediárias, as estruturas absorvem o volume excedente da precipitação logo nas primeiras fases do evento crítico, reduzindo significativamente a vazão de pico que converge para o fundo de vale.
- **Elevação do Tempo de Concentração:** Através da redução do diâmetro de saída, a água acumulada é liberada de forma controlada e defasada no tempo. Esse retardo artificial eleva o tempo de concentração da bacia, fracionando a chegada dos volumes a jusante e evitando a superposição de ondas de cheia.
- **Otimização da Capacidade do Corpo Receptor:** A liberação lenta e gradual garante que o corpo receptor na cota mais baixa opere dentro de sua capacidade nominal de escoamento, eliminando os transbordamentos sem a necessidade de intervenções macroestruturais onerosas (como a canalização ou o alargamento de rios).

A viabilidade urbana e econômica desta tecnologia fundamenta-se no conceito de infraestrutura descentralizada de baixo impacto (LID - *Low Impact Development*), que elimina a necessidade de desapropriações onerosas e minimiza os conflitos com o ordenamento territorial.

A estratégia central consiste em utilizar o próprio leito das vias públicas nas cotas intermediárias como espaço de implantação dos mini-tanques, otimizando o domínio público existente por meio de duas frentes de engenharia perfeitamente adaptáveis à realidade de cada logradouro:

- **Integração em Vias Consolidadas (Com Sistema de Galerias Existente):** Nas vias que já contam com rede de drenagem pluvial subterrânea, os mini-tanques são implantados diretamente no subsolo, substituindo ou expandindo trechos estratégicos da própria galeria convencional. Essa abordagem de *retrofit* hidrológico transforma condutos lineares simples em câmaras de detenção temporária. A água flui normalmente em eventos de baixa intensidade, mas, durante picos de precipitação, o tanque retém o volume excedente e o libera de forma restrita a jusante, aproveitando 100% do espaço subterrâneo já afetado e evitando obras de demolição de grande porte na superfície.

Figura 13: Esquema de montagem de reservatórios de contenção em ruas com declive dotadas de GAP

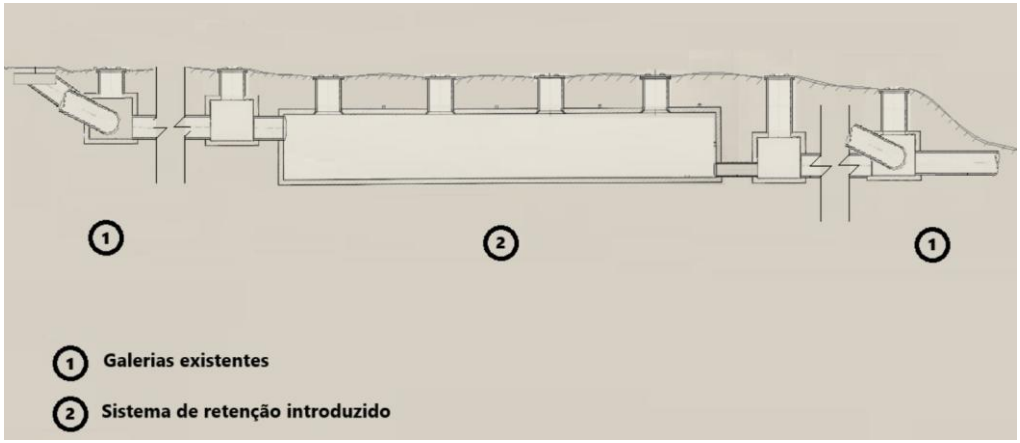


LEGENDA

1. Boca de lobo de captação
2. Ramal de ligação BL - PV
3. Poço de visita de entrada
4. Tubulação de entrada do tanque Ø500 mm
5. Tanque de retenção
6. Tubulação de saída do tanque Ø300 mm
7. Poço de visita de saída
8. Tubulação de saída do poço Ø500 mm
9. Poço de visita da galeria existente
10. Tubulação de ligação PV - BL

Fonte: arquivo pessoal do autor (2026)

Figura 14: Perfil do esquema de montagem de reservatórios de contenção em ruas com declive não dotadas de GAP

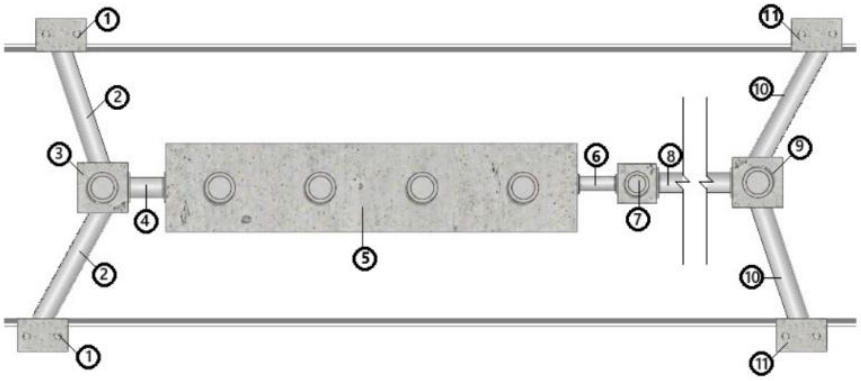


Fonte: arquivo pessoal do autor (2026)

Soluções em Vias sem Rede de Drenagem Subterrânea: Nas vias desprovidas de infraestrutura de microdrenagem, os mini-tanques atuam de forma autônoma e superficial, aproveitando os desníveis naturais fornecidos pela topografia da própria microbacia.

O sistema opera por gravidade onde uma estrutura de captação superficial a montante canaliza o fluxo da sarjeta para o interior do mini-tanque instalado sob o leito viário. Após o amortecimento do volume, a água é devolvida por uma descarga controlada, também de forma superficial, para a sarjeta a jusante.
Essa dinâmica utiliza a energia potencial da declividade da via para manter o fluxo contínuo e controlado, reduzindo drasticamente a velocidade e o volume de inundação do pavimento sem exigir a construção imediata de quilômetros de novas redes de galerias.

Figura 15: Esquema de montagem de reservatórios de contenção em ruas com declive não dotadas de GAP



LEGENDA

1. Boca de lobo de captação
2. Ramal de ligação BL - PV
3. Poço de visita de entrada
4. Tubulação de entrada do tanque Ø500 mm
5. Tanque de retenção
6. Tubulação de saída do tanque Ø300 mm
7. Poço de visita de saída
8. Tubulação de saída do poço Ø500 mm
9. Poço de visita de distribuição para escoamento superficial
10. Tubulação de ligação PV - BL de lançamento superficial
11. Boca de Lobo para lançamento superficial

Fonte: arquivo pessoal do autor (2026)

Na figura 16, apresentamos o esquema de descarga superficial após a retenção no tanque:

Figura 16: Boca de lobo de descarga superficial



Fonte: arquivo pessoal do autor (2026)

Do ponto de vista econômico, essa flexibilidade viária reduz sensivelmente o custo de capital (*CAPEX*) da intervenção quando comparado a soluções centralizadas tradicionais. A modularidade da implantação permite que as obras sejam executadas em etapas, conforme a disponibilidade orçamentária do município, priorizando as vias com maior potencial de contribuição crítica para as cheias. Além disso, ao otimizar o espaço público das ruas, preserva-se o zoneamento urbano e evitam-se os custos sociais e jurídicos decorrentes de processos expropriatórios de áreas privadas.

VALIDAÇÃO DA PROPOSTA DOS TANQUES DE RETENÇÃO

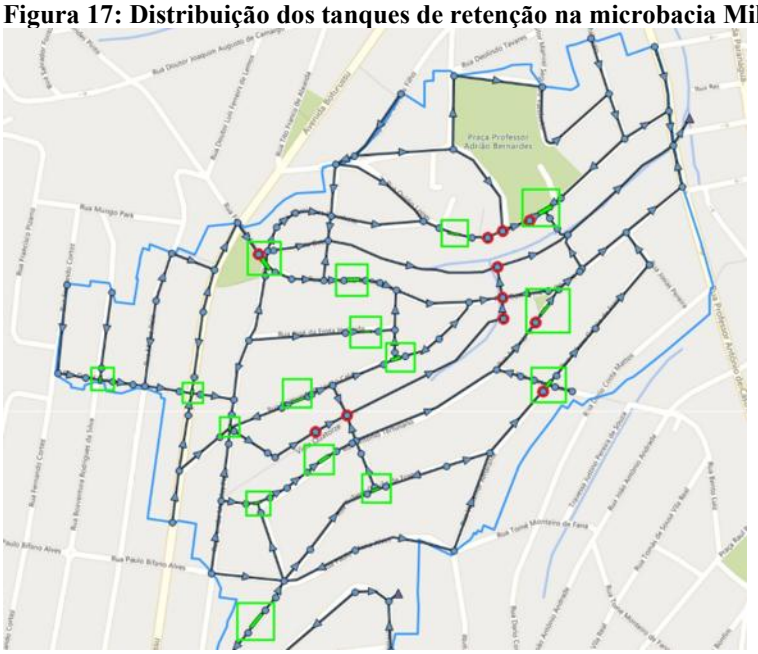
Para a validação e verificação da eficácia da implantação dos tanques de retenção de picos de cheia propostos, foi desenvolvida uma modelagem matemática e simulação computacional do comportamento hidrológico e hidráulico na microbacia do Córrego Milho do Molho, utilizando o software **PCSWMM**, introduzindo paulatinamente os tanques nas cotas intermediárias da microbacia, acompanhando o efeito.

O estudo cenarizado compreendeu duas etapas distintas:

1- **Cenário Atual** (Sem Intervenção dos tanques): Simulação do comportamento da microbacia sob condições originais de escoamento superficial. Os resultados apontaram uma sobrecarga hidráulica severa no sistema de macrodrenagem existente, na ordem de 17,89 m³/s resultando em transbordamento e inundação a montante da travessia localizada na Rua Campanela Antonio, evidenciando o gargalo estrutural da região diante de eventos críticos de precipitação.
2- **Cenário Futuro** (Com Intervenção): Simulação dinâmicas integrando o conjunto de 16 tanques de retenção ao modelo da microbacia, conforme figura 13. Com a introdução dessas estruturas, observou-se uma significativa laminação das vazões de pico, passando para 12,47 m³/s, junto a travessia da Rua Campanela Antônio, promovendo o amortecimento e o armazenamento temporário do volume excedente de deflúvio superficial, liberando dentro da capacidade de absorção da infraestrutura existente.

A modelagem dinâmica demonstrou ser válida, apresentando erro de continuidade de **1,5%** estando dentro do limite estrito recomendado pela literatura de modelagem computacional (fixado em menos de 5% para o EPA SWMM/PCSWMM). Isso significa que a redução de vazão de pico observada de 17,89 m³/s para 12,47 m³/s na travessia da Rua Campanela Antônio e 23,66 m³/s para 16,32 m³/s observado junto ao exutório é o resultado físico real do amortecimento e do atraso de fase provocado pelas 16 estruturas descentralizadas.

Figura 17: Distribuição dos tanques de retenção na microbacia Milho do Molho



Fonte: arquivo pessoal do autor (2026)

A análise comparativa entre os cenários comprovou que a introdução dos tanques foi plenamente efetiva, eliminando por completo a mancha de inundação e os extravasamentos a montante da travessia da Rua Campanela Antonio, de forma a contribuir também para alívio de pontos de inundações situados a jusante. Desse modo, ficou demonstrada a eficiência técnica da solução projetada quanto à mitigação dos riscos de cheias e à garantia da segurança da infraestrutura urbana local.

INCREMENTANDO O CONCEITO ESPONJA

Poderia ser pensado também na utilização destes tanques para alimentação do lençol freático, onde para transformar o tanque de retenção de picos de cheia, estruturalmente estanque e focado apenas em amortecimento, em um sistema misto de **retenção e infiltração** para alimentação do lençol freático, precisamos alterar a interface desta estrutura com o solo circundante e garantir a qualidade da água infiltrada.

Assim, poderia aplicar perfurações circulares no fundo do tanque para permitir o extravasamento basal da água armazenada. De modo simplificado, a estrutura do sistema de infiltração deveria conter:

- Berço de Brita (material poroso): o Tanque deve ser assentado sobre uma camada de transição de brita no. 3 ou 4.
- Manta Geotextil (não tecido – bidim): toda a zona de brita que envolve o tanque perfurado deve ser envelopada com manta. A manta impede a migração de finos (silte/argila) do solo natural para o interior do tanque e para os vazios da brita, evitando colmatação do sistema.

Seria, neste caso, recomendável que o poço de visita inicial fosse aprofundado abaixo da cota da tubulação de entrada, funcionando como uma caixa de areia e retentora de folhas/flutuantes por septo hidráulico. Da mesma forma, uma avaliação dos impactos geotécnicos da infiltração sob as vias públicas e medidas para mitigar eventuais danos seriam necessárias.

PONTOS DE ALERTA:

A instalação dos tanques por si só não irá evitar o transbordamento dos córregos se não for sustentada por um programa de manutenção e limpeza dos tanques. Assim serão fundamentais contratos de limpeza sistemáticos, haja vista que uma descontinuidade comprometerá todo o esforço para evitar as tragédias recorrentes das inundações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do cenário de vulnerabilidade hídrica do Município de São Paulo, a implementação dos tanques de retenção apresenta-se como uma solução técnica superior e economicamente viável para o controle das inundações. Diferente das intervenções convencionais, que priorizam apenas as grandes obras de piscinões nos pontos baixos da cidade — tratando apenas os efeitos das cheias — este projeto propõe o combate direto às causas.

A eficácia desta proposta reside na atuação sobre a capilaridade do sistema de drenagem. Ao reter o excedente pluvial imediatamente em seus pontos de origem, aumenta-se o tempo de concentração e evita-se a sobrecarga das calhas principais, que historicamente operam além de sua capacidade nominal durante eventos críticos.

Sendo este um projeto piloto, sua execução fornecerá dados empíricos fundamentais para a replicação do modelo em escala municipal. Em suma, a transição para um modelo de controle descentralizado não apenas mitiga o risco de enchentes imediatas, mas promove uma gestão urbana mais resiliente, inteligente e integrada à realidade geográfica de São Paulo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. YU, Kongjian. É possível transformar um município em uma cidade-esponja em cinco anos. Entrevistador: Frances Jones. **Rev. Pesquisa Fapesp.** 25 jun 2024. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/kongjian-yu-e-possivel-transformar-um-municipio-em-uma-cidade-esponja-em-cinco-anos/ Acesso: 14 mar 2026.
2. CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA: bacias dos córregos Mongaguá e Dois Irmãos e áreas adjacentes / Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – São Paulo: FCTH/SIURB, 2025. 310 p. Disponível em: https://drive.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/obras/arquivos/CBH_Mongagua.pdf Acesso em: 20 ago 2025.
3. CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA: bacia do Ribeirão Varginha / Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – São Paulo: FCTH/SIURB, 2025. 236 p. Disponível em: https://drive.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/obras/arquivos/CBH_Varginha.pdf Acesso em: 20 ago 2025
4. COMPUTATIONAL HYDRAULICS INTERNATIONAL (CHI). **PCSWMM: Urban Drainage and Stormwater Management Model User's Manual and Documentation**. Guelph, Ontário, Canadá: CHI, 2026. Disponível em: https://www.pcswmm.com. Acesso em: 14 mar 2026.