



## **Interligação de polders via conjuntos eletromecânicos para o gerenciamento de águas pluviais urbanas**

**Palavras chave: macrodrenagem; polders; gerenciamento de águas pluviais; interligação de reservatórios; bombeamento de águas pluviais.**

**Aluno: Nilson Achilles Merlin Filho - RA: 222975 (UNICAMP)**

**Orientador: Prof. Dr. José Anderson do Nascimento Batista (UNICAMP)**

### **1. INTRODUÇÃO**

O polder trata-se de um conjunto formado por um dique, um reservatório subterrâneo off-line com capacidade tipicamente 100 vezes inferior às bacias de detenção, mais uma estação elevatória anexa para verter excedentes ao armazenamento. O sistema entra em funcionamento quando ocorrem chuvas de grande intensidade, na qual o dique faz o trabalho de isolamento do polder em relação à subida da linha da água do rio, que aciona o fechamento da sua válvula por diferença de pressão positiva (para fora do rio) armazenando temporariamente o escoamento no reservatório. Em caso de excedente ao armazenamento, bombas disponíveis no reservatório são acionadas para transpor o dique em direção ao rio. Após a redução da linha da água no rio em relação ao nível de água contida no polder, o armazenamento é descarregado no rio mediante abertura de válvula por diferença de pressão negativa (para dentro do rio). Um dos pontos negativos em relação ao polder é também o seu custo de implantação. Por isso, se faz necessário a pesquisa por sistemas de polders de menor custo, maior difusão urbana e eventualmente suas interligações para aumentar a utilização da capacidade total de detenção do sistema pluvial urbano.

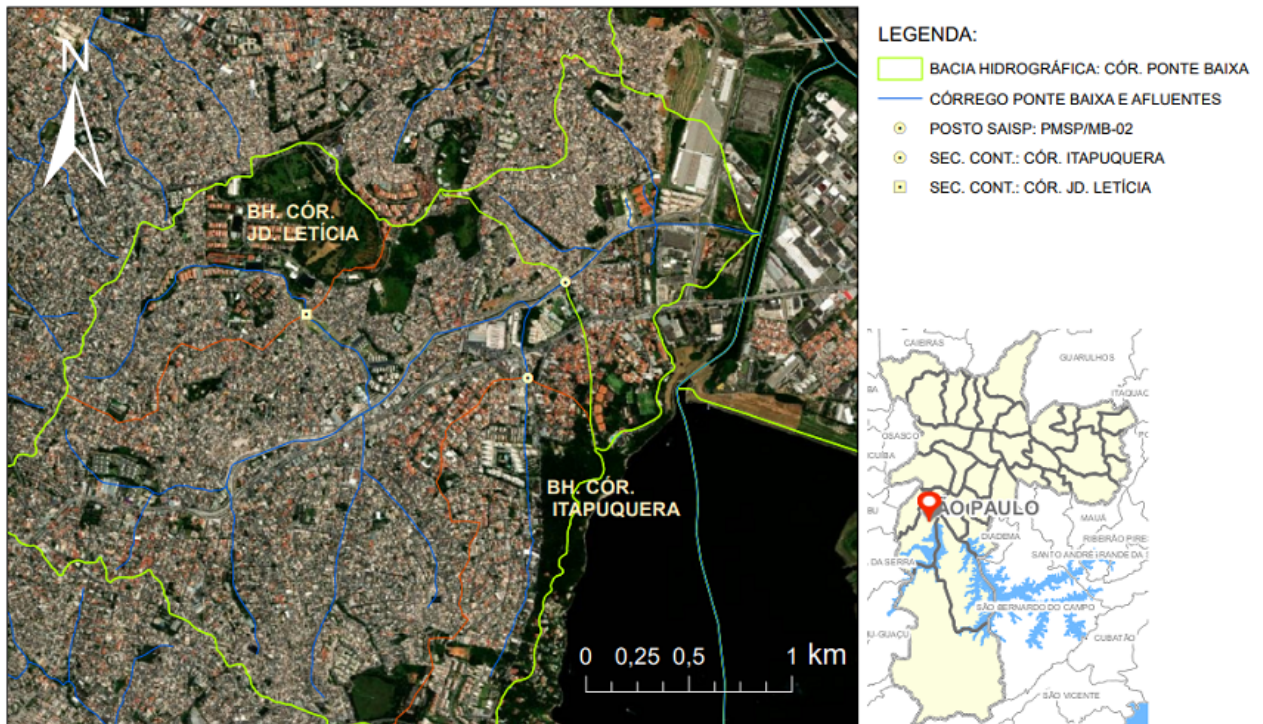
A possibilidade da interligação de polders de afluentes de um canal por meio da instalação de conjuntos eletromecânicos formados por estação elevatória e adutora, permitiria a transferência do volume de água excedente do polder de montante diretamente para o polder de jusante, evitando sobrecargas no canal existente. Assim, o objetivo desta pesquisa é avaliar a viabilidade da tubulação entre polders como estratégia de alívio antecipado para aumentar o aproveitamento do volume dos polders para o amortecimento de cheia por meio da utilização de modelos matemáticos e com auxílio de *software*.

### **2. ÁREA DE ESTUDO**

Para realização da pesquisa, foi adotada como área de estudo as pontes sobre córregos contidas nas delimitações do município de São Paulo, SP, Brasil. O critério adotado na seleção dos córregos foi a disponibilidade de dados pluviométricos e fluviométricos, a área de drenagem da bacia hidrográfica e o acesso a informações geométricas dos cursos d'água.

Dessa forma, foi selecionado o Córrego Ponte Baixa, São Paulo, SP, Brasil, como área de estudo que foi utilizada para propor dois reservatórios do tipo polder e a interligação de ambos por meio do conjunto de bomba e adutora. A escolha se deve pela localização do posto "PMSP/MB-02" (Latitude: -23.66615; Longitude: -46.73297) no córrego e a área de drenagem de 5,6 km<sup>2</sup>. Assim, foi adotado como localização dos polders propostos o Córrego Jardim Letícia e o Córrego Itapuquera, ambos afluentes do Córrego Ponte Baixa. As localizações do posto do SAISP, dos reservatórios localizados em cada córrego e as delimitações de suas bacias hidrográficas são apresentadas na **Figura 1**.

**Figura 1 -** Bacia do Córrego Ponte Baixa (Imagem de Satélite).



Fonte: Geosampa, (2021) e Imagem Satélite: *Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNE/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN e GIS User Community.*

### 3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo consiste na elaboração de um modelo computacional e sua calibração a partir de dados de vazão obtidos em campo.

#### 3.1. MODELO COMPUTACIONAL NO SWMM

O processo de modelagem matemática, parte de um modelo perceptivo, que seria um resumo das percepções de como uma bacia responde para uma chuva em diferentes condições, para um modelo conceitual, que é uma simplificação do modelo perceptivo na qual se define as equações matemáticas que serão utilizadas em um modelo. Dessa forma, é preciso reconhecer as simplificações que o modelo apresenta, pois todas as descrições matemáticas usadas para fazer previsões são inevitavelmente simplificações de um modelo perceptivo. Após isso, parte para um modelo procedural, que permite simular em um computador as equações utilizadas em forma de um código, e depois para uma calibração do modelo, que ajusta os valores de parâmetros para uma melhor combinação entre as previsões do modelo previsto e o que é observado na prática, e por fim, passa por um processo de validação (BEVEN, 2012). Os modelos matemáticos podem ser tanto desenvolvidos para representar situações mais específicas, assim como existem sistemas de simulação hidrológica à disposição para profissionais da área de recursos hídricos que possuem eficácia comprovada para lidar com cheias urbanas (SMDU, 2012).

Dessa forma, o modelo computacional utilizado foi o *software EPA Storm Water Management Model* (SWMM), em sua versão 5.1, que é usado em vários países para o planejamento, análises e projetos de sistemas de drenagem de águas pluviais em áreas urbanas, sistemas coletores de águas residuais, além de várias aplicações em áreas não urbanas. O SWMM é um modelo dinâmico de chuva-vazão que simula a quantidade e a qualidade do escoamento superficial, podendo ser utilizado para a simulação tanto de um único evento chuvoso quanto para um evento contínuo de longo prazo. Além disso, o componente relativo ao escoamento superficial opera com um conjunto de sub-bacias hidrográficas que recebem precipitações e geram escoamentos e cargas poluidoras. Outra simulação importante é o percurso destas águas através de

um sistema composto por tubulações, canais, dispositivos de armazenamento e tratamento, bombas e elementos de regulação.(ROSSMAN, 2015).

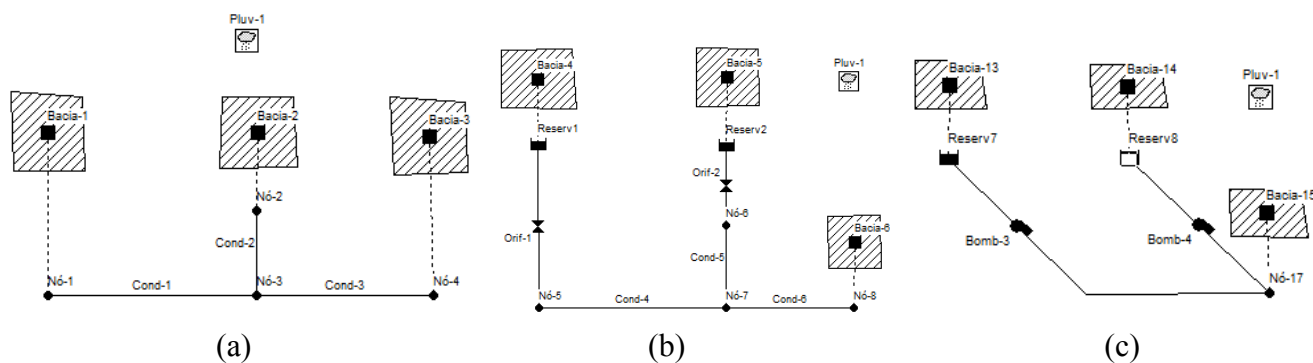
### 3.2. MODELOS CONCEITUAIS

O modelo conceitual sem reservatórios, apresentado na **Figura 2a**, é composto por um pluviômetro, três sub-bacias, quatro nós e três condutos e visa simular o estado atual da área de estudo, ou seja, sem reservatórios propostos. O pluviômetro (“Pluv-1”) representa a precipitação que ocorre na área de estudo, a “Bacia 1” representa a área de drenagem que possui como exutório o “Nó-1”, localizado na seção escolhida para o posicionamento do polder no Córrego Jardim Leticia, a “Bacia 2” corresponde a área de drenagem com exutório no “Nó-2” na seção escolhida do polder no Córrego Itapuquera e a “Bacia 3” refere-se a área de drenagem complementar ao posto cujo exutório é o Nó-4, localizado na estação telemétrica do SAISP no Córrego Ponte Baixa. Além disso, os condutos “Cond-4”, “Cond-5” e “Cond-6” representam os córregos que interligam os locais de posicionamento dos polders e o posto telemétrico, assim como o “Nó-3” representa o ponto de afluência entre os córregos.

Já o modelo com reservatórios, apresentado na **Figura 2b**, foi adotado o pluviômetro, as sub-bacias, os reservatórios a montante e a jusante, os seus respectivos orifícios, os nós e os condutos. O pluviômetro (“Pluv-1”) representa a precipitação, a “Bacia-4” representa a área de drenagem cujo exutório é o reservatório proposto para o Córrego Jardim Leticia (“Reserv1”) que é interligado ao “Nó-5” por um orifício (“Orif-1”), a “Bacia-5” representa a área de drenagem cujo exutório é o reservatório proposto para o Córrego Itapuquera (“Reserv2”), que é interligado ao “Nó-6” por um orifício (“Orif-2”), a “Bacia 6” representa a área de drenagem complementar ao posto cujo exutório está localizado na estação telemétrica do SAISP (“Nó-8”), o “Nó-7” representa o ponto de afluência entre os córregos e os condutos (“Cond-4”, “Cond-5” e “Cond-6”) representam os córregos que interligam os reservatórios propostos e o posto telemétrico.

No modelo com estações elevatórias, apresentado na **Figura 2c**, o pluviômetro, as sub-bacias, os reservatórios a montante e a jusante, as estações elevatórias e o nó exutório. O pluviômetro (“Pluv-1”) representa a precipitação que ocorre na área de estudo, a “Bacia-13” representa a área de drenagem cujo exutório é o reservatório proposto para o Córrego Jardim Leticia (“Reserv7”), que é interligado até o exutório (“Nó-17”) pela estação elevatória (“Bomb-3”) e a “Bacia-14” representa a área de drenagem do “Reserv8” que interliga o exutório pela estação elevatória (“Bomb-4”). A “Bacia-15” é a área de drenagem complementar.

**Figura 2 - a) Modelo conceitual sem os reservatórios, b) Modelo com reservatórios e c) Modelo com estações elevatórias.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.3. CALIBRAÇÃO DO MODELO

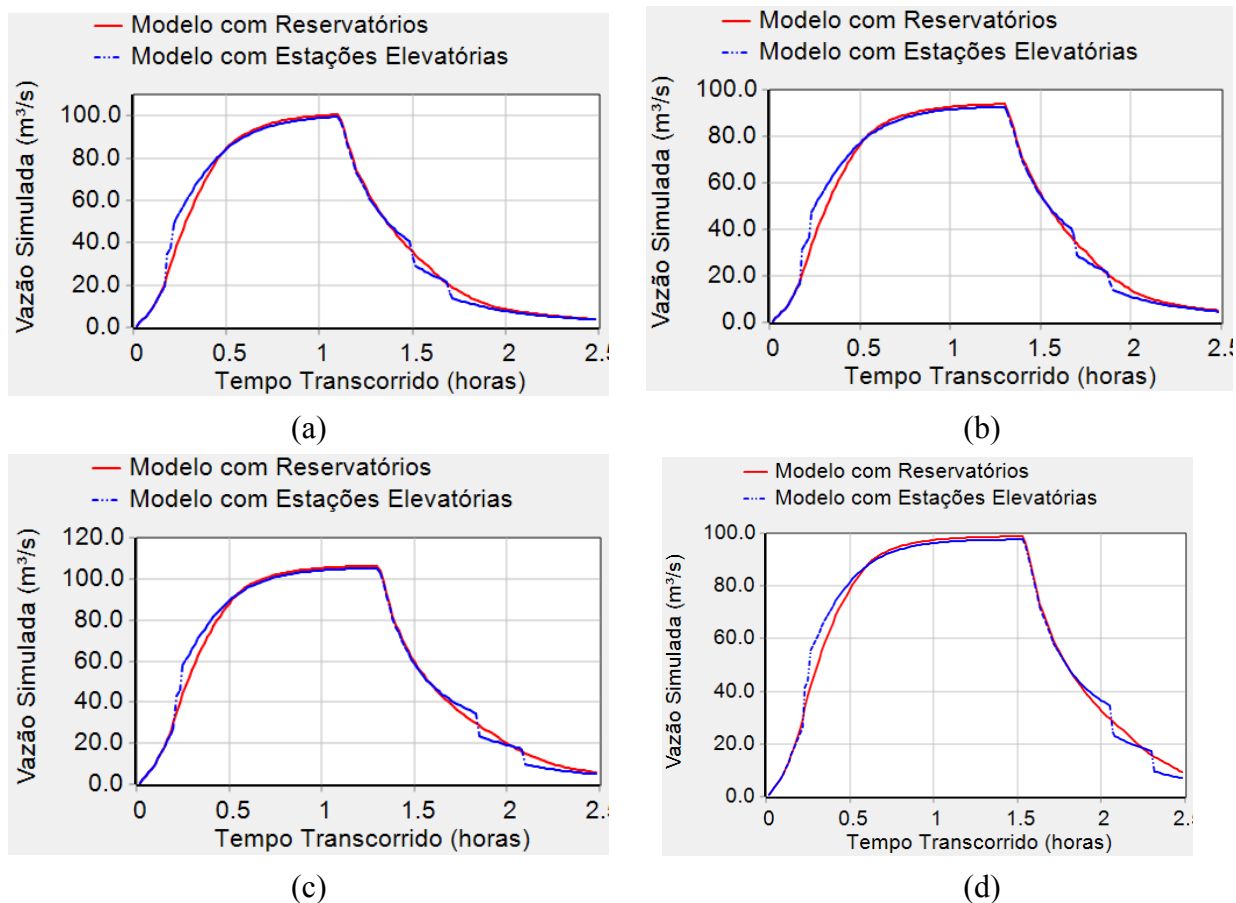
O modelo conceitual adotado para realização da calibração foi o modelo sem reservatórios, que visa simular a situação atual da área de estudo. O hidrograma simulado representa as afluências

totais no “Nó-4”, que representa a localização da estação telemétrica. Utilizando os dados de entrada e as simplificações adotadas, foram realizadas simulações com relatórios a cada 10 minutos, de forma que fosse compatível com os dados medidos, adotando diferentes valores de  $n$  de Manning para superfícies impermeáveis e realizando o cálculo das diferenças quadráticas para cada ponto dos hidrogramas medidos e simulados.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos das simulações dos modelos conceituais com reservatórios e com estações elevatórias são os hidrogramas simulados. As chuvas simuladas são para um tempo de retorno de 5 anos, com duração máxima de 33 min (**Figura 3a**) e 39 min (**Figura 4a**), e de 10 anos, com duração de 39 min (**Figura 3c**) e 46 min (**Figura 3d**). Para o reservatório localizado no Córrego Jardim Leticia, foi adotado o volume de 7099,9 m<sup>3</sup> para Tr de 5 anos e 12132,2 m<sup>3</sup> para 10 anos, ambos com vazão de saída admissível de 13,4 m<sup>3</sup>/s. Já o reservatório localizado no Córrego Itapuquera foi adotado 7699,0 m<sup>3</sup> de volume pra Tr de 5 anos e 12518,3 m<sup>3</sup> para 10 anos, com vazão admissível de saída de 9,9 m<sup>3</sup>/s para ambos. As bombas dimensionadas para a interligação entre o Córrego Jardim Leticia e o exutório foram 3 bombas “Amacan PB4 1600-1060” da KSB em paralelo e para o Córrego Itapuquera e o exutório foram 3 bombas “Amacan PB4 1200-870” da KSB em paralelo.

**Figura 3 - a)** Hidrogramas simulados para Tr=5anos e Dmáx=33min, **b)** para Tr=5anos e Dmáx=39min, **c)** para Tr=10anos e Dmáx=39min e **d)** para Tr=10anos e Dmáx=46min.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os conjuntos eletromecânicos determinados acima tiveram seu consumo unitário simulado para cada um dos quatro eventos conforme apresentado na **Tabela 1**. Como já observado nos

hidrogramas simulados na **Figura 3**, a utilização de sistemas elevatórios e a interligação por meio de adutora permite antecipar o tempo de chegada da cheia no exutório. Assim, o emprego dos conjuntos eletromecânicos permitiu a redução do pico de cheia no exutório, conforme também apresentado na **Tabela 1**.

**Tabela 1** - Consumos elétricos unitários e reduções de pico de cheia simulados.

D (min)	Tr (anos)	Consumo Unitário (Wh/m <sup>3</sup> )	$\Delta Q_p$ (%)
46	10	28,51	1,16%
39	10	28,72	1,10%
39	5	28,58	1,22%
33	5	28,42	1,14%

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5. CONCLUSÃO

Neste estudo foram simulados cenários de propagação de cheia com a interligação de reservatórios de detenção, por meio de conjuntos eletromecânicos elevatórios, para chuvas intensas consideradas em uma pequena bacia hidrográfica, com dados pluviométricos e fluviométricos, com condições urbanísticas tipicamente encontradas na Região Metropolitana de São Paulo. O estudo simulou o consumo elétrico unitário necessário para cada cenário, encontrando os maiores valores, para a maior duração de chuva e menor tempo de retorno e menor duração com maior tempo de retorno. O arranjo de interligação estudado, obteve leves reduções percentuais de pico de cheia, sendo as maiores encontradas com as maiores durações, independente do tempo de retorno. Estes resultados, portanto, representam uma possível estratégia promissora de projeto para contribuir com a redução dos impactos das cheias urbanas.

## 6. BIBLIOGRAFIA

BEVEN, Keith. *Rainfall-Runoff Modelling*. Lancaster, Reino Unido: *Lancaster University*, 2012.

ROSSMAN, Lewis A. *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1*. Cincinnati: *U.S. Environmental Protection Agency*, 2015.

SÃO PAULO (cidade). Prefeitura de São Paulo. **GeoSampa**. Disponível em: [http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/\\_SBC.aspx](http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx). Acesso em: 09 mar. 2021.

SÃO PAULO (cidade). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU). **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos**. São Paulo: SMDU, 2012.