

## XII ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS

### **AVALIAÇÃO DE RESERVA DE ÁREAS PARA AMORTECIMENTO DE CHEIAS EM LOTEAMENTOS URBANOS: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE TUBARÃO – SC.**

*Gustavo Kretschmann Lima<sup>1</sup> ; Franciele Zanadrea<sup>2</sup> & Fernando Dornelles<sup>3</sup>*

**RESUMO** – A urbanização intensa das cidades brasileiras sem o devido planejamento tem provocado o agravamento de enchentes naturais e a ampliação da sua frequência, além de criar pontos de alagamento localizados. Isso ocorre devido à impermeabilização do solo que aumenta o volume escoado e diminui áreas verdes para amortecimento. Neste contexto, esse trabalho buscou verificar a área a ser reservada para o controle do escoamento pluvial através de reservatórios de retenção visando o máximo benefício (melhor amortecimento). Para isso, apresenta-se uma análise técnica para diferentes cenários de reserva de áreas através de um estudo de caso para uma área a ser loteada no município de Tubarão (SC). A avaliação dos cenários propostos foi realizada através de modelagem hidrológica e hidrodinâmica com o uso do modelo SWMM. Verificou-se que o melhor cenário é o com reserva de 2,0% da área total para amortecimento. Este cenário apresentou um amortecimento superior a 32% em relação ao cenário sem reserva.

**ABSTRACT**– The intense urbanization of Brazilian cities without proper planning has led to the aggravation of natural floods and the increase of their frequency, in addition to creating localized flooding points. This is due to the waterproofing of the soil which increases the runoff and reduces green areas for cushioning. In this context, this work sought to verify the area to be reserved for the control of the runoff through detention reservoirs aiming at the maximum benefit (better damping). For this, a technical analysis for different areas reservation scenarios is presented through a case study for an area to be urbanized in the city of Tubarão (SC). The evaluation of the proposed scenarios was done through hydrological and hydrodynamic modeling using the SWMM model. It was verified that the best scenario is the one with a reserve of 2.0% of the total area for damping. This scenario presented a damping of more than 32% in relation to the scenario without reservation.

**Palavras-Chave** – Reservatórios de retenção; SWMM; amortecimento de cheias.

---

1) Graduando em Engenharia Ambiental – IPH/UFRGS, gus\_lima\_@hotmail.com

2) Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental– IPH/UFRGS, franciele.zanan@gmail.com

3) Professor Adjunto do IPH/UFRGS, fernando.dornelles@ufrgs.br

## 1. INTRODUÇÃO

O entendimento da drenagem urbana extravasou o campo restrito da engenharia para se tornar um problema gerencial, com componentes políticas e sociológicas (TUCCI, 2008). A urbanização acelerada e desordenada, sem a implementações de ações que conduzam adequadamente o processo, geram muitas consequências. Dentre os problemas, destaca-se a redução na infiltração, que acaba por aumentar o escoamento superficial. Segundo Tucci e Collischon (1998), outras alterações, como a construção de condutos para esgotamento das águas pluviais que reduzem o tempo de deslocamento e aumentam a velocidade do fluxo, acabando por gerar um aumento nas vazões máximas e antecipando seus picos no tempo.

Para atenuação dos problemas gerados pela urbanização usam-se medidas de controle que podem ser divididas em estruturais ou não-estruturais. Na maioria das vezes, as medidas não estruturais devem ser aplicadas para áreas em processo de urbanização e as estruturais, para áreas onde já ocorreu o processo de urbanização (MELO, 2007).

Reservatórios de retenção são medidas estruturais para retenção temporária e/ou infiltração de águas pluviais utilizadas que, segundo Baptista (2005), devem atender a três funções principais: amortecimento de cheias geradas em contexto urbano como forma de controle de inundações; eventual redução de volumes de escoamento superficial; e nos casos de bacias de infiltração, redução da poluição difusa de origem pluvial em contexto urbano. Sendo assim, devem, portanto, contribuir para redução dos impactos da urbanização sobre os processos hidrológicos nas bacias hidrográficas urbanas.

Nakazone (2005) estudou a implantação de reservatórios de retenção em cinco conjuntos habitacionais em São Paulo e concluiu que as estruturas costumam ser corretivas e não preventivas. Devido ao desconhecimento e desvalorização destes, a dificuldade de mudar padrões arraigados e um certo preconceito por parte dos técnicos e proprietários, levantam-se barreiras para a implementação dessas estruturas.

Neste contexto, este trabalho busca propor a integração do planejamento ambiental aliado a uma solução alternativa aos sistemas convencionais, priorizando a atenuação e o retardo dos picos de vazões durante eventos pluviométricos extremos através da implantação de reservatórios de retenção. Desta forma, o objetivo principal deste trabalho é a proposição de reservação de áreas para a implementação de reservatórios de retenção na expansão urbanas do município de Tubarão (SC).

## 2. METODOLOGIA

O município de Tubarão está localizado na região sul do estado de Santa Catarina, com área de aproximadamente 301 km<sup>2</sup>, clima subtropical e precipitação média de 1400mm/ano. Possui uma população de 104.457 habitantes (IBGE, 2017) e encontra-se inteiramente dentro dos limites da bacia hidrográfica do rio Tubarão. A região sofre frequentemente com inundações e alagamentos de diversas proporções. Na porção norte do município, localiza-se o bairro Humaitá de Cima onde está localizado o vazio urbano, área alvo deste estudo, conforme Figura 1. Esta região possui uma área de 0,86 km<sup>2</sup> e foi escolhida por apresentar-se não urbanizada e dentro dos limites do perímetro urbano.

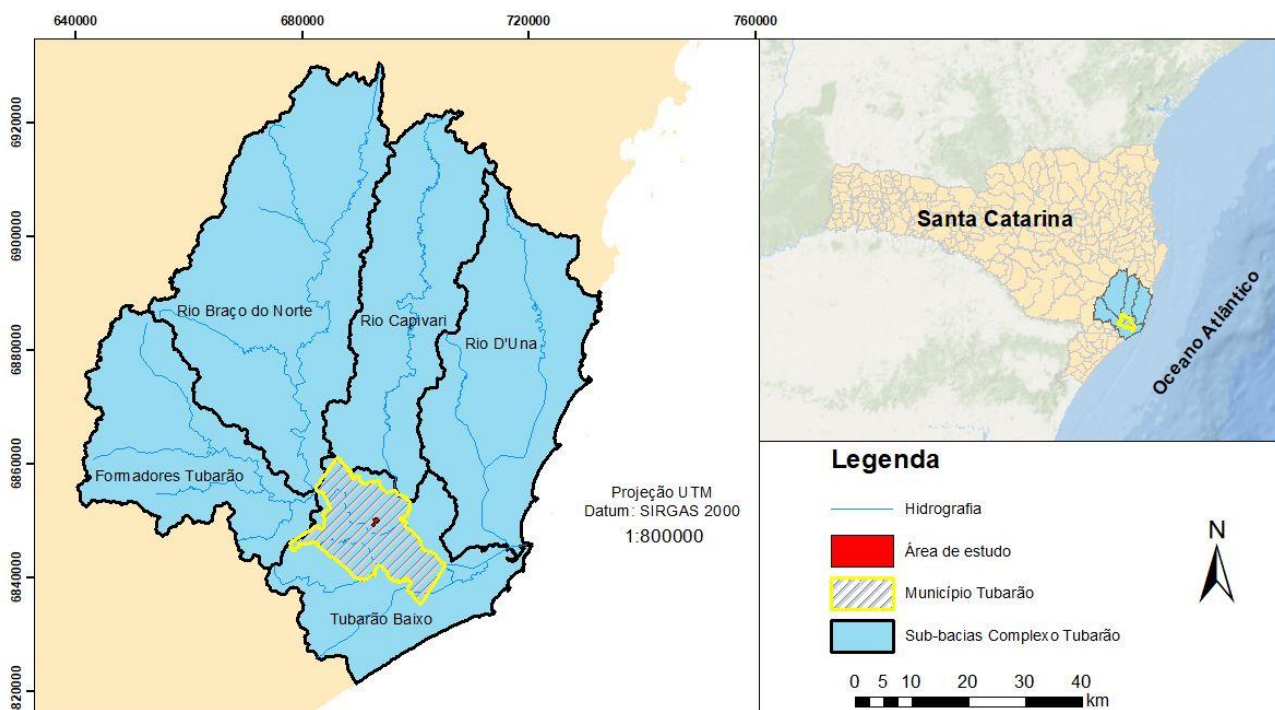


Figura 1. Área de estudo, município de Tubarão (SC) e sub-bacias do seu complexo.

Neste trabalho foram realizadas simulações hidráulicas e hidrológicas da área urbana em estudo. Foram propostas áreas de reserwações para amortecimento com 0%, 0,5%, 1%, 2% e 4% da área total do estudo, a fim de verificar o cenário com maior eficiência devido às medidas estruturais (inserção de 5 reservatórios). Para isto, propõe-se a criação de hidrogramas de projeto nos pontos de interesse da bacia e verificação do escoamento, através do uso do modelo *Storm Water Management Model* - SWMM (ROSSMAN, 2008).

Os parâmetros utilizados na simulação foram: o modelo de propagação através da Onda Dinâmica; precipitação através da inserção de chuva de projeto obtida pela IDF de Back et al. (2013) e modificada pelo método de Helfer et al. (2017); infiltração e escoamento pelo método SCS



– Curve Number com  $CN = 83$ . Foi utilizada uma curva cota x área para inserção dos reservatórios. Adotaram-se valores de  $n$  de Manning de 0,011 para as superfícies impermeáveis e 0,15 para superfícies permeáveis, além de 80% da área urbanizada e declividade do terreno igual a 0,5 %. Para a chuva de projeto, utilizou-se duração igual a 24 h e tempos de retorno (TR) de 10 e 25 anos e no dimensionamento foi utilizado o critério de enchimento máximo igual a 80% para os condutos, conforme o software indica como limite para não entrar em carga.

Foi proposta a introdução de um loteamento com 0,86 km<sup>2</sup> na área de estudo, desta forma, urbanizando-a. Os diâmetros dos condutos e as dimensões das galerias da macrodrenagem, no formato (Altura x Largura), foram resultantes do sistema sem reservatórios dimensionados para o tempo de retorno de 10 anos, e seguem apresentados na Figura 2.

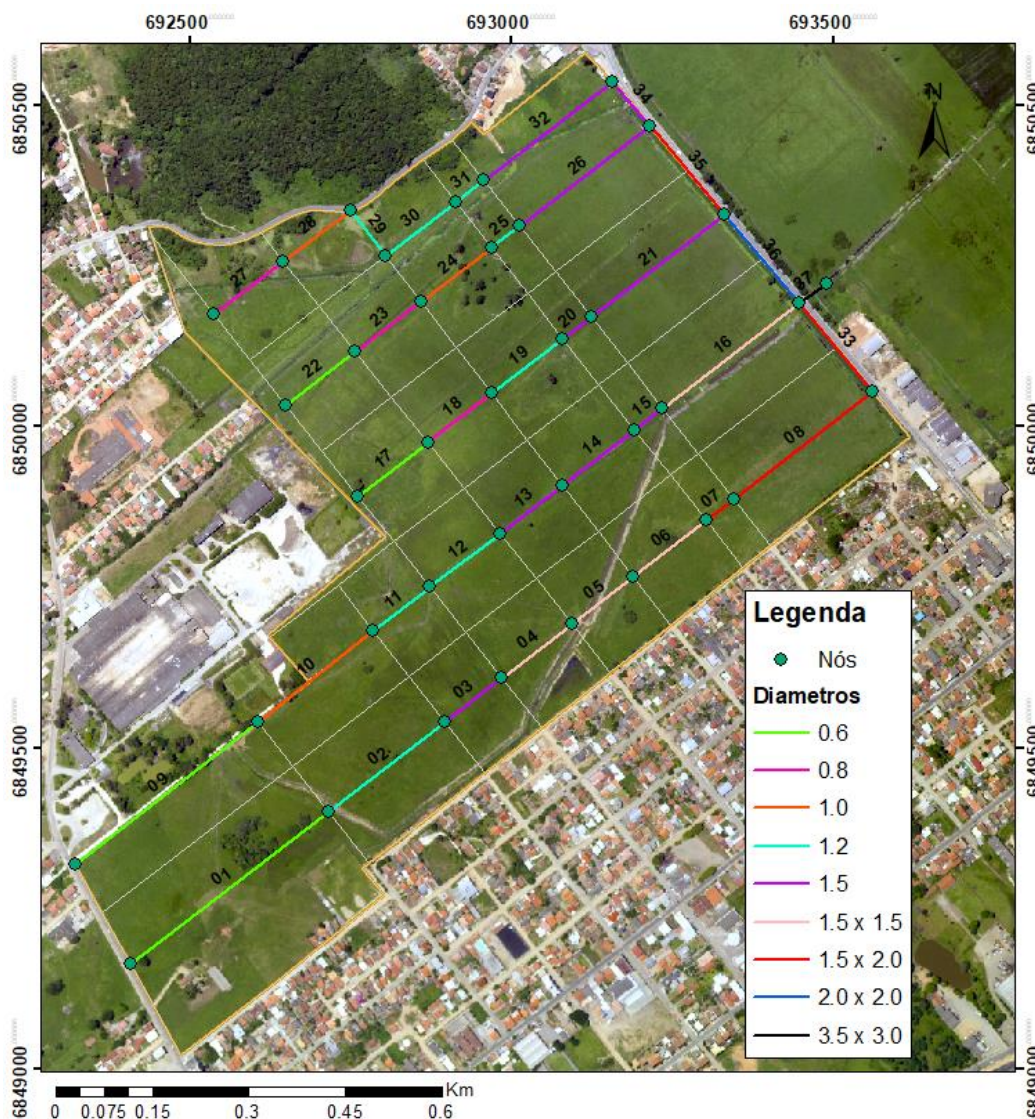


Figura 2. Condutos resultantes para o TR de 10 anos.



Após a rede ter sido dimensionada para o tempo de retorno de 10 anos, foi inserida uma chuva de projeto com tempo de retorno de 25 anos para alocação dos reservatórios. Foi proposto que a localização não ocorresse nos extremos de montante ou jusante para maximização de seus efeitos.

As áreas dos reservatórios foram calculadas a partir da porcentagem da área total do empreendimento, conforme critério dos cinco cenários propostos e ponderada em relação a área a montante. Todos os reservatórios têm suas saídas controladas por orifícios e vertedores de emergência. Os vertedores possuem altura de 20 cm e localizam-se no ponto mais alto possível das paredes dos reservatórios. As estruturas de saída são redimensionadas em cada cenário para melhoria do resultado. Os reservatórios recebem o escoamento das quadras conforme Figura 3.

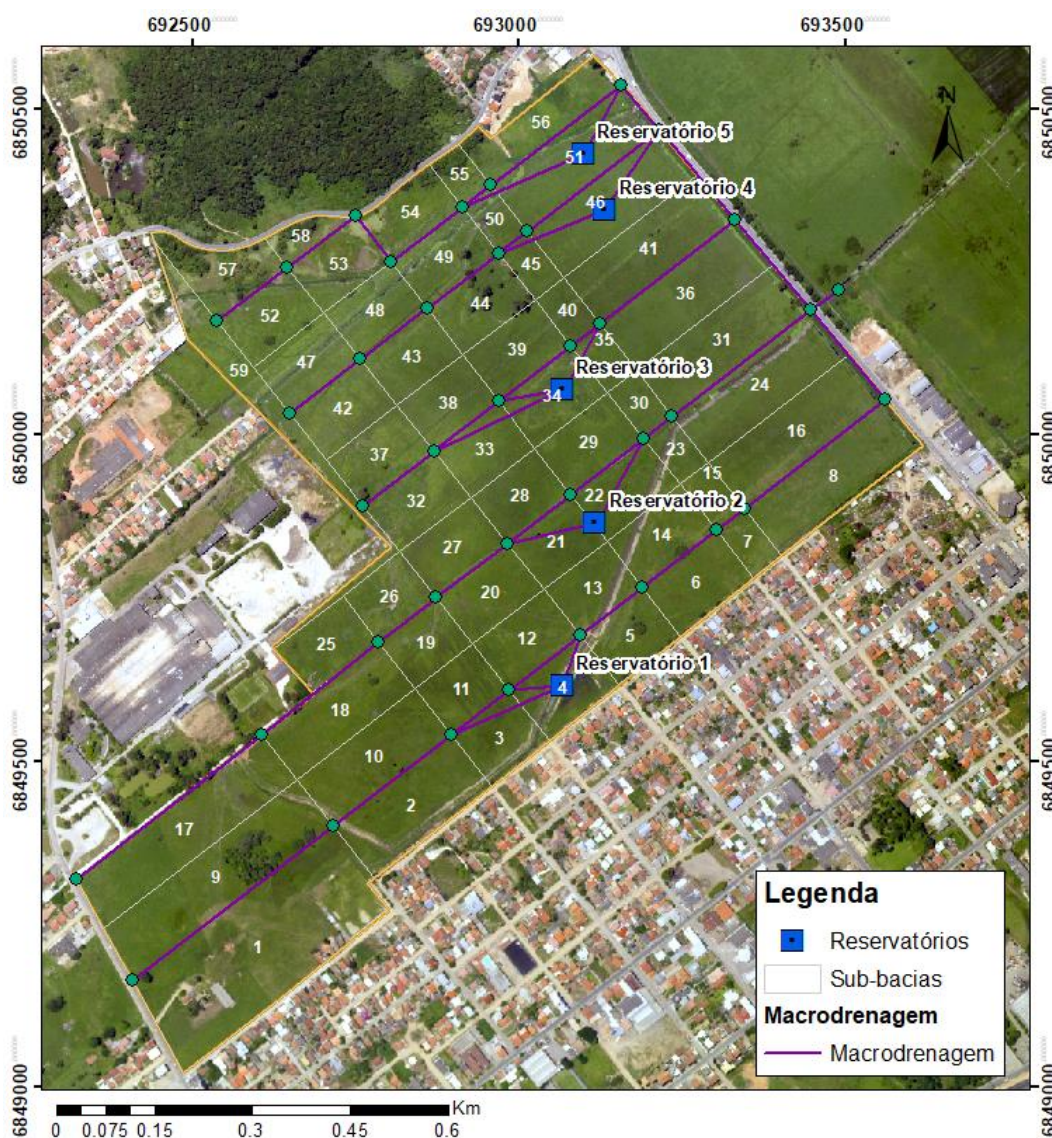


Figura 3. Reservatórios propostos e sub-bacias

Para delimitação das áreas de contribuição foi utilizada a ortofoto disponibilizada pela Secretaria de Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina (SDS-SC) em 2012. Este foi o critério utilizado tendo em vista que a região deverá ser aterrada para as possíveis construções, e assim, excluindo a possibilidade de utilizar um modelo digital de terreno - MDT. As sub-bacias foram discretizadas a partir de quadras que foram criadas de forma hipotética para o estudo. As águas provenientes do escoamento superficial serão conduzidas pela rede de macrodrenagem até uma vala existente, localizada ao lado da área de estudo, a qual tem seu exutório no rio Capivari.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos nas simulações da área de estudo para todos os cenários seguem apresentados na Tabela 1 e na Figura 4.

Os hidrogramas e as vazões de pico mostram que a implantação de reservatórios garante uma significativa redução no pico de vazão de 25,63 m<sup>3</sup>/s (Cenário 0,0%) para 23,15 m<sup>3</sup>/s (cenário 0,5%), 20,90 m<sup>3</sup>/s (cenário 1,0%), 17,24 m<sup>3</sup>/s (cenário 2,0%) e 16,48 m<sup>3</sup>/s (cenário 4,0%). Representando, assim, uma redução de 9,7%, 18,5%, 32,7% e 35,7%, respectivamente, se comparados com o cenário 0,0% (sem reservação de áreas).

Analisando os dados apresentados nos hidrogramas de projeto de tempo de retorno de 25 anos verifica-se que nos cenários 1,0%, 2,0% e 4,0% obteve-se um amortecimento nas vazões de forma que os valores máximos se apresentaram inferiores às vazões de pico de um evento com tempo de retorno de 10 anos. Isso demonstra que um evento inferior obteve maiores vazões de pico, sendo que na proposta higienista preocupa-se somente com o escoamento da água precipitada da forma mais rápida possível, sem preocupações com os resultados a jusante.

Tabela 1 – Vazões de pico, em m<sup>3</sup>/s.

Caso	Vazão de pico (m <sup>3</sup> /s)
Cenário 0,0%	25,63
Cenário 0,5%	23,15
Macrodrenagem TR 10 anos	21,96
Cenário 1,0%	20,90
Cenário 2,0%	17,24
Cenário 4,0%	16,48

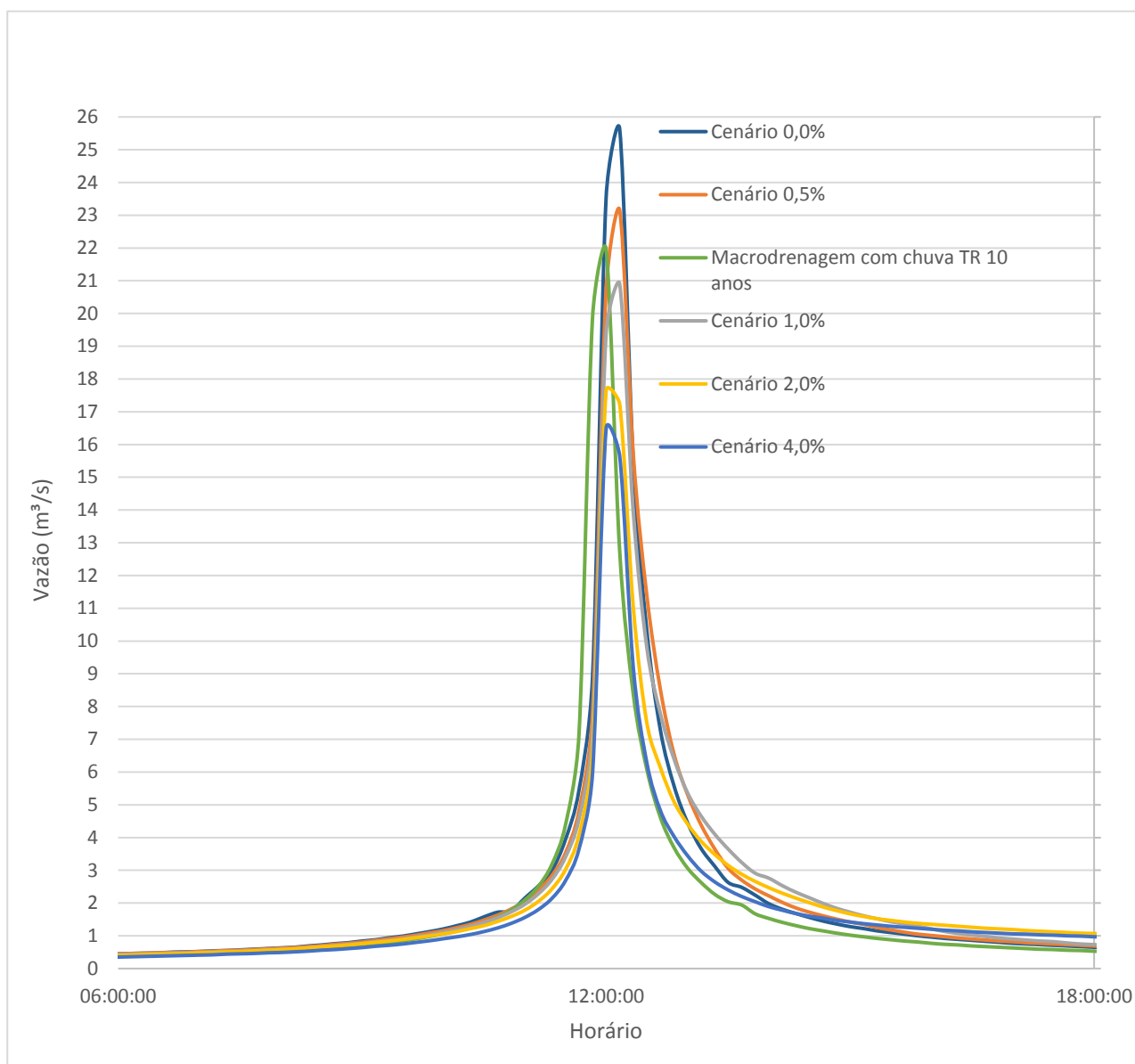


Figura 4 – Hidrogramas de projeto dos cenários (TR 25 anos) e da macrodrenagem (TR 10 anos) no exutório da área de estudo.

Além disso, quanto maiores as áreas reservadas para o amortecimento, melhores serão os resultados, porém, se comparados os dois últimos cenários, nota-se um ganho incremental baixo (variação de 17,24 m<sup>3</sup>/s no cenário 2,0% para 16,48 m<sup>3</sup>/s no cenário 4,0%), indicando que cenários maiores podem não trazer aumentos significativos no amortecimento da rede que tendem a se estabilizar.

Ainda, sabe-se que com o crescimento das áreas reservadas aumenta significativamente os custos dos reservatórios e desta forma, os reservatórios tornam-se muito onerosos se comparados ao incremento no total atenuado da cheia. Desta forma, constata-se que a reservação de áreas no cenário 2,0% apresentou os melhores resultados.

#### 4. CONCLUSÕES

O estudo de caso apresentado neste trabalho demonstra que bacias de retenção propostas para a área de estudo em Tubarão (SC) cumprem a sua função, onde foi obtida uma redução superior a 32% da vazão de pico para uma chuva de projeto de 24 horas de duração e período de retorno igual a 25 anos, com 2,0% de área reservada.

Dentre os cenários propostos, o melhor resultado foi obtido com a reservação de 2,0% da área total, visto o baixo ganho incremental do cenário com 1,0% para com 2,0% é baixo comparado ao crescimento dos custos com o aumento das áreas reservadas. Todavia, salienta-se que estes resultados são válidos para os critérios definidos inicialmente como a declividade do terreno constante e igual a 0,5%, padrão urbanístico e coeficientes como CN igual a 83 e critério de área urbanizável proposta em 80% da área total.

Destaca-se que neste estudo não foi previsto o uso de outras estruturas, além dos reservatórios, nem os custos do sistema. Sugere-se que sejam feitos estudos avaliando os custos totais do sistema com o incremento das áreas de reservação.

#### AGRADECIMENTOS

O presente estudo integra o Projeto “Plano Municipal de Macrodrenagem do Município de Tubarão, SC”, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com suporte financeiro do Município de Tubarão, SC. Os autores agradecem também a CAPES e a Defesa Civil de Tubarão, SC.

#### REFERÊNCIAS

- BACK, Á. J.; HENN, A.; OLIVEIRA, J. L. R. (2013). “*Heavy rainfall equations for Santa Catarina, Brazil*”. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, n. 6, pp. 2127-2134.
- BARBARO, G. (2016). “*Master Plan of solutions to mitigate the risk of coastal erosion in Calabria (Italy), a case study*”. Ocean & Coastal Management 132, pp. 24-35.
- BAPTISTA, M., NASCIMENTO, N., BARRAUD, S. (2005). “*Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*”. ABRH, Porto Alegre, 2005, 266 p.



- HELPER, A. L.; DORNELLES, F.; GOLDENFUM, J. A. (2017). “*Implications of discontinuous IDF equations in generation of runoff hydrographs. Case study: IDF-Porto Alegre (8 DISME)*”. RBRH, Porto Alegre, 22 (52).
- MELO, J. V. de. (2007). Medidas estruturais e não-estruturais de controle de escoamento superficial aplicáveis na Bacia do Rio Fragoso na cidade de Olinda. 2007. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.
- NAKAZONE, L. M. (2006). Implantação de reservatórios de retenção em conjuntos habitacionais: a experiência da CDHU. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Acesso em: 01-07-2018.
- ROSSMAN, L. A. (2008). “*Storm Water Management Model: User’s Manual V.5*”, New York, US EPA, 261p.
- TUCCI, C. E. M. (2008). “*Hidrologia: Ciência e Aplicação*”. Porto Alegre: Ed. Da UFRGS/ABRH: EDUSP, 943 p.
- TUCCI, C. E. M.; COLLISCHONN, W. (1998). “*Drenagem Urbana e Controle de Erosão*” in Anais do VI Simpósio Nacional de Controle da Erosão, Presidente Prudente, 1998.