

## **INTEGRAÇÃO DE MEDIDAS PONTUAIS E DISTRIBUÍDAS NO CONTROLE DE CHEIAS NA BACIA DO RIO ITAJAÍ DO SUL**

DOI: 10.19177/rgsa.v7e02018232-250

**Bruno Henrique Abatti<sup>1</sup>**  
**Gabriele Vanessa Tschöke<sup>2</sup>**



2º Seminário  
Internacional de  
**PROTEÇÃO E  
DEFESA CIVIL**

### **RESUMO**

Diante de frequentes eventos de inundação na região do Alto Vale do Itajaí, evidencia-se o prejuízo socioeconômico da região associado a estes eventos. O processo de urbanização é um fator preponderante para o desencadeamento destes eventos, principalmente pelo acréscimo de áreas impermeabilizadas, que implicam na redução da interceptação, da infiltração, do armazenamento superficial e no aumento do escoamento superficial. Assim, através de um modelo hidrológico chuva-vazão, realizaram-se simulações para diferentes cenários de impermeabilização do solo. Observou-se o incremento da vazão decorrente do acréscimo de área impermeabilizada na bacia hidrográfica, evidenciando o impacto que a modificação das condições naturais do solo possui sobre o hidrograma de cheia e nas medidas estruturais presentes no local de estudo.

**Palavras-chave:** Inundações. Impermeabilização do solo. Modelo Hidrológico.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de alteração de perfil das cidades devido ao fluxo imigratório das zonas rurais e o rápido crescimento populacional, promovido pelo progresso tecnológico e econômico, é definido como urbanização. A urbanização desordenada, acarreta diretamente na degradação do meio ambiente e na qualidade de vida da população, principalmente em regiões com forte tendência à eventos de inundações. Este sistema de ocupação desgovernada intensifica o processo de impermeabilização do solo, elevando os problemas relacionados as cheias urbanas. Como consequência, ocorre a alteração das condições naturais do solo, há o aumento das vazões máximas, aumento do volume de escoamento superficial, produção de sedimentos e degradação do ambiente natural (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

A dinâmica dos processos hidrológicos na área urbana se relaciona diretamente com questões ambientais, econômicas e sociais (SILVA, 2016). O constante aumento da frequência e intensidade dos desastres hidrológicos está diretamente relacionada a interação entre aspectos socioeconômicos e o ambiente, visto que, continuamente populações de baixo poder de resiliência ocupam áreas de risco (KOBAYAMA et al., 2010).

Neste contexto, faz-se necessário desenvolver ou reestruturar métodos de prevenção que tornem ínfimos os danos, econômicos e sociais, causados pelas cheias. Tradicionalmente, estes métodos são classificados de acordo com sua natureza, em medidas estruturais e medidas não estruturais. Ambas possuem princípios distintos, porém, um mesmo objetivo: a mitigação dos eventos extremos de inundações. Sendo assim estas medidas de controle, para serem efetivas, necessitam ser empregadas de forma integrada.

As medidas estruturais subdividem-se em intensivas e extensivas. As medidas intensivas correspondem a ações que atuam diretamente no corpo hídrico e objetivam alterar a velocidade do escoamento, através de canalizações que aceleram o escoamento, ou em medidas que retardam o escoamento como reservatórios, desvios e restauração dos canais. As medidas extensivas são assim chamadas por estarem distribuídas na bacia, como pequenos armazenamentos, recomposição de cobertura vegetal e controle de erosão do solo ao longo da bacia.

Contrariamente às medidas estruturais, que muitas vezes criam uma solução momentânea, ações não estruturais podem ser eficientes e mais viáveis economicamente. Os principais objetivos dos métodos não estruturais estão relacionados principalmente a atuar na totalidade da bacia hidrográfica, disciplinar a ocupação territorial, a proteção e defesa civil e a mudança de hábitos da população. A partir disto, as medidas não estruturais são baseadas principalmente no zoneamento de áreas inundáveis, sistemas de previsão de cheias e alertas, educação ambiental e ações de regulamentação e ocupação do solo (CANHOLI, 2014).

A importância de uma aplicação integrada entre medidas estruturais e não estruturais pode ser percebida quando se verifica uma baixa eficiência, ou até mesmo a falha, de uma medida estrutural devido ao pouco cuidado com o processo de ampliação da cheia natural na bacia, no qual, é preponderante para o desencadeamento de inundações. Isto pode ser observado constantemente em diversas localidades. A Região do Alto Vale do Itajaí é um exemplo da desconexão entre estas medidas (MOURA; VIEIRA; BOHN, 2015).

A bacia hidrográfica do Alto Vale do Itajaí historicamente se relaciona com eventos de inundações, ocasionando danos econômicos e sociais imensuráveis, afetando principalmente o município de Rio do Sul, capital e cidade mais populosa da região. Para minimizar os danos causados pelas cheias foram implementadas medidas estruturais, estas consistem na construção de um sistema de armazenamento composto por três reservatórios para o controle de inundações, localizados nos municípios de Ituporanga, Taió e José Boiteux. Estes reservatórios armazenam a água escoada superficialmente durante os eventos de precipitações mais intensas, reduzindo os picos de vazão nos corpos hídricos.

Essas barragens de contenção de cheias foram construídas nos afluentes de montante, o rio Itajaí do Sul (Ituporanga), o rio Itajaí do Oeste (Taió) e o rio Itajaí do Norte (José Boiteux), são as instalações mais representativas para o controle de enchentes na região e a operação iniciou, respectivamente, nos anos de 1975, 1972 e 1992. A soma das áreas de drenagem dessas três barragens é de 4.633km<sup>2</sup>, equivalente a 31% da área total da Bacia do Rio Itajaí (JICA, 2011).

Na maioria dos eventos extremos de inundação ocorridos nesta bacia houve o vertimento destas estruturas. Sendo assim, no ano de 2016 foram

realizadas obras de sobre-elevação dos reservatórios Sul e Oeste, no qual, elevou-se o barramento de 29m a 31m e 21m à 23m, respectivamente. Aproximadamente um ano após a sobre-elevação das barragens Sul e Oeste, a capacidade de armazenamento de ambas foi novamente superada. Entende-se que uma maior efetividade das barragens pode ser alcançada com a adoção, também, de medidas não estruturais, principalmente relacionadas a ações de regulamentação da ocupação do solo.

Modelos hidrológicos são uma das principais ferramentas para avaliar o impacto destas ações no ciclo hidrológico, em diferentes cenários. A partir de uma precipitação conhecida ou prevista, é possível simular a resposta da bacia hidrográfica na forma de um hidrograma, fornecendo relevantes informações como a vazão de pico, volume do escoamento e o tempo necessário para que a vazão do rio retorne a valores similares aos anteriores ao evento de chuva (USACE-HEC, 2010). Isto é, aplica-se a modelagem para a representação de possíveis alterações nas características da bacia hidrográfica, dirigindo de forma mais eficiente às tomadas de decisão referente a medidas preventivas às inundações (TUCCI, 2005).

Alterações do uso e manejo do solo da bacia impactam significativamente na quantidade de escoamento, pois modificam a relação entre infiltração, evapotranspiração e o escoamento superficial. A simulação do comportamento hidrológico da bacia em diferentes cenários de uso do solo depende da capacidade do modelo em representar os processos que atual nas condições prévias e alteradas, bem como da independência das variáveis de entrada quanto aos cenários de alteração e da definição de critérios adequados para a estimativa dos parâmetros que representam estas alterações de uso (TUCCI, 2005).

Dessa maneira os objetivos deste trabalho são dois. Primeiro, buscou-se evidenciar graficamente a limitação dos reservatórios Sul e Oeste durante os eventos de extrema precipitação. E, em seguida buscou-se avaliar a alteração do hidrograma de cheias em consequência de diferentes cenários de impermeabilização do solo. Estes dois objetivos juntos convergem para um objetivo principal que é avaliar a integração de medidas concentradas que são os reservatórios com medidas distribuídas representadas aqui pela alteração no grau de impermeabilização.

## 2 METODOLOGIA

A área de estudo pertence a bacia do rio Itajaí do Sul, localizada no estado de Santa Catarina, abrangendo municípios como Ituporanga, Alfredo Wagner, Aurora, Petrolândia e uma parcela do município de Rio do Sul. O local de estudo foi determinado através da observação dos seguintes aspectos: a presença da Barragem Sul, disponibilidade de dados na região e grande influência desta sub-bacia nas inundações no Alto Vale do Itajaí, visto que, seu exutório está posicionado no centro do município de maior desenvolvimento urbano da região, Rio do Sul.

Primeiramente foram selecionados os eventos passíveis de serem utilizados no estudo. Esta etapa foi realizada através da observação de informações referente aos eventos de inundação sucedidos na região do Alto Vale do Itajaí, bem como, obtenção de séries históricas de precipitações, vazões e da operação dos reservatórios Sul e Oeste.

Com o objetivo de demonstrar os frequentes vertimentos da barragem Sul e na região, foram compiladas as informações de precipitação, nível da lâmina d'água nos reservatórios e operação das comportas das barragens.

Para a realização da simulação de diferentes cenários de permeabilidade do solo da bacia do rio Itajaí do Sul, utilizou-se um modelo hidrológico chuva-vazão, denominado HEC-HMS. Este modelo foi desenvolvido pelo Centro de Engenharia Hidrológica do corpo de engenheiros do exército dos Estados Unidos. A utilização deste modelo é justificada, principalmente, por existir uma interface com Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e pela grande flexibilidade, na representação das etapas hidrológicas e dados de entrada do modelo.

A entrada de dados no modelo é compartimentada em quatro elementos: modelo da bacia, modelo meteorológico, especificações de controle, tempo de série de dados. É necessário definir estes componentes e adicionar os parâmetros iniciais.

Iniciou-se a modelagem obtendo as informações requeridas pelo modelo da bacia, físicas e hidrológicas. As características físicas da bacia hidrográfica, como

delimitação das subbacias, hidrografia, declividade das subbacias, declividade dos canais e largura dos canais, foram determinadas através de um Sistema de Informações Geográficas utilizando um modelo digital de terreno (MDT), com resolução espacial de 30m, disponibilizado pela SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Os elementos hidrológicos são segmentados em método de perdas, de transformação do escoamento e escoamento de base, os dados de entrada para cada segmento foram obtidos por meio de consulta à literatura

A série de dados, tanto de precipitação quanto de vazão, foram obtidas através de postos fluviométricos presentes na área de interesse, disponíveis no sistema de informações hidrológicas da Agência Nacional de Águas (HIDROWEB). Estas mesmas informações foram utilizadas para definir o modelo meteorológico. Optou-se pelo método da influência de cada posto fluviométrico sobre cada subbacia e as especificações de controle foram determinadas de acordo com a disponibilidade de dados e o evento de precipitação de interesse. Após os dados de entrada inseridos, realizou-se a calibração do modelo e sua respectiva validação.

A fim de constatar o quanto a alteração nas condições naturais do solo, sem a utilização de medidas compensatórias, reflete na resposta da bacia a eventos extremos de precipitação, analisou-se a variação do pico e do volume total do hidrograma em diferentes cenários. Avaliou-se a relação entre porcentagens de impermeabilidade do solo e a modificação do hidrograma no exutório.

Para isso, desenvolveu-se chuvas de projetos com tempo de retorno de 2, 5 e 10 anos. As precipitações intensas foram determinadas por meio de um software denominado HidroChuSC, no qual, permite estimar as variáveis das equações de chuvas intensas (IDF) para os municípios do estado de Santa Catarina. A distribuição temporal da precipitação se determinou pelos métodos dos blocos alternados, sendo a duração total da precipitação de um dia com o espaço de tempo horário.

Figura 1 – Equações IDF, com 2 anos de tempo de retorno, para o município de Rio do Sul

$$i = \frac{626,180 \cdot 2^{0,161}}{(120+2,710)^{0,743}} \quad (\text{Para } t \text{ até } 120 \text{ min}) \quad (1)$$

$$i = \frac{752,710 \cdot 2^{0,161}}{(1440+2,710)^{0,743}} \quad (\text{Para } t \text{ de } 120 \text{ min a } 1440 \text{ min}) \quad (2)$$

Aplicou-se estas precipitações, de duração diária com tempo de retorno de 2, 5 e 10 anos, no modelo hidrológico, alterando o modelo meteorológico para hietogramas específicos. Em seguida foram realizadas simulações modificando tanto as condições de porcentagem de área impermeável da bacia do rio Itajaí do Sul quanto as precipitações intensas.

O cenário inicial utilizado consiste na concepção atual da urbanização da bacia, no qual, corresponde a aproximadamente 2% de área impermeabilizada, em continuidade, fez-se simulações com valores de 3.5% e 5% de impermeabilização do solo e se analisou a resposta da bacia hidrográfica quando submetida a modificações nas condições de urbanização.

A fim de constatar o quanto a alteração nas condições naturais do solo reflete na resposta da bacia a eventos extremos de precipitação, analisou-se a variação do pico e do volume total do hidrograma em diferentes cenários. Avaliando a relação entre porcentagens de impermeabilidade do solo e a modificação do hidrograma no exutório.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Demonstração do recorrente esgotamento da capacidade dos reservatórios**

A demonstração da situação recorrente da ocupação máxima da capacidade dos reservatórios é evidenciada na coleta de informações de 4 eventos distintos. Os 3 primeiros eventos se referem a inundações em setembro de 2011, setembro de 2013 e outubro de 2015, época em que a sobre-elevação das barragens ainda não estava concretizada. Nestes eventos a capacidade de armazenamento dos reservatórios Sul foram esgotadas, ocorrendo o vertimento das barragens.

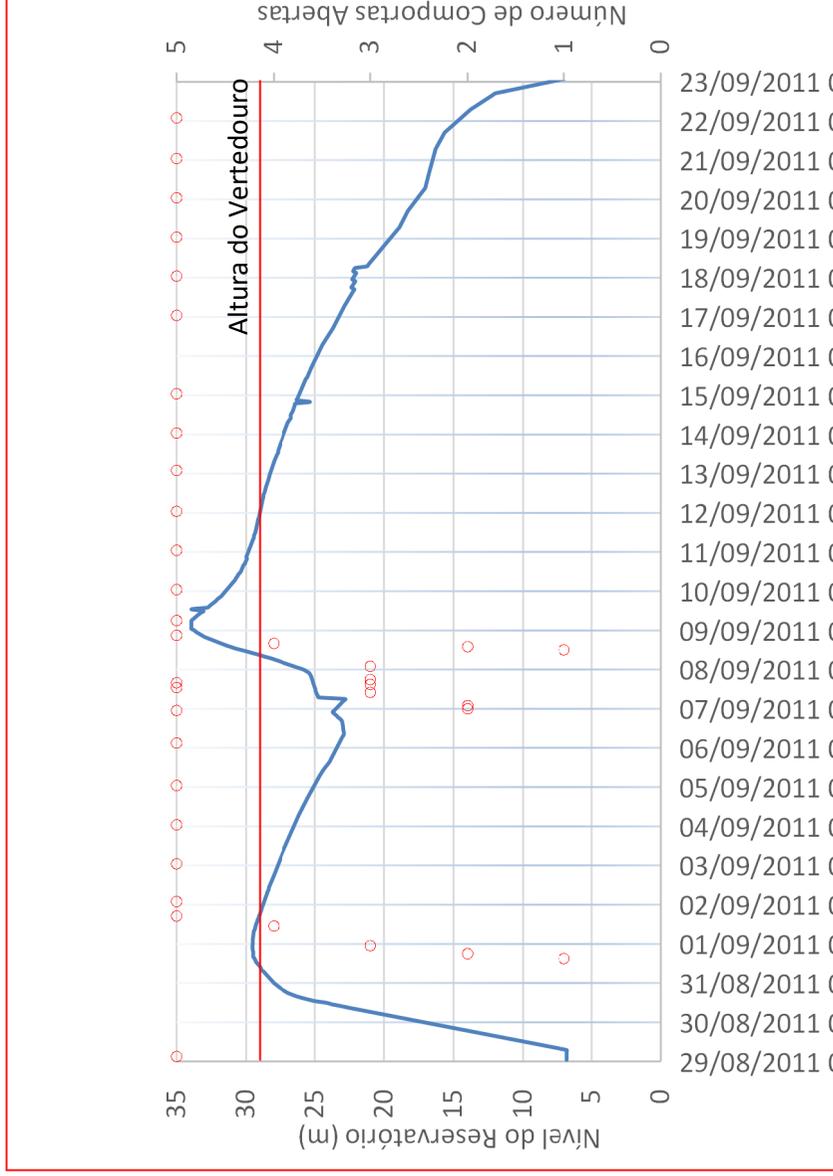


Figura 2 – Operação da Barragem Sul no evento hidrológico extremo de setembro de 2011

Fonte: Dos autores (2018)

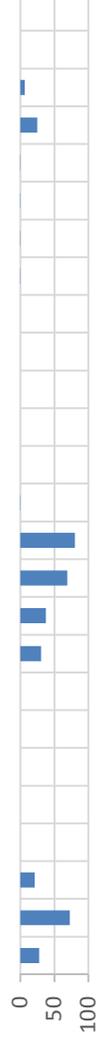


Figura 3 - Operação da barragem Sul no evento hidrológico extremo de setembro de 2013

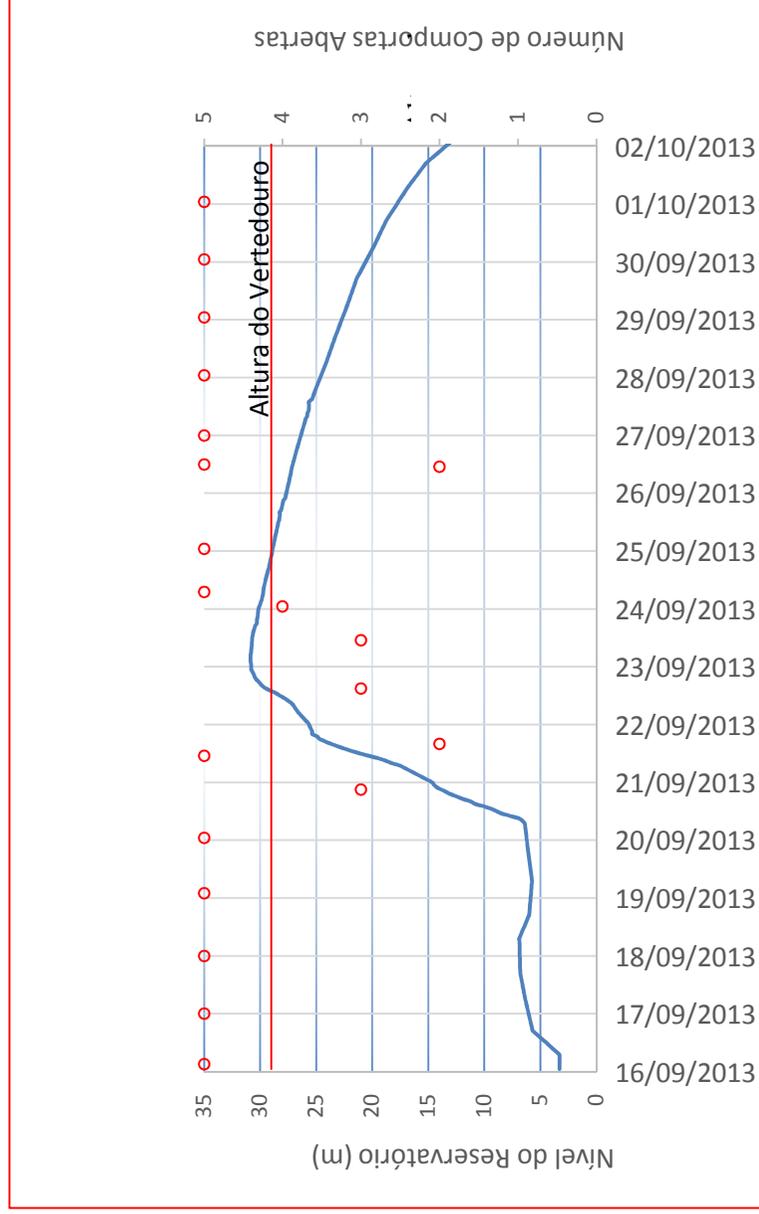
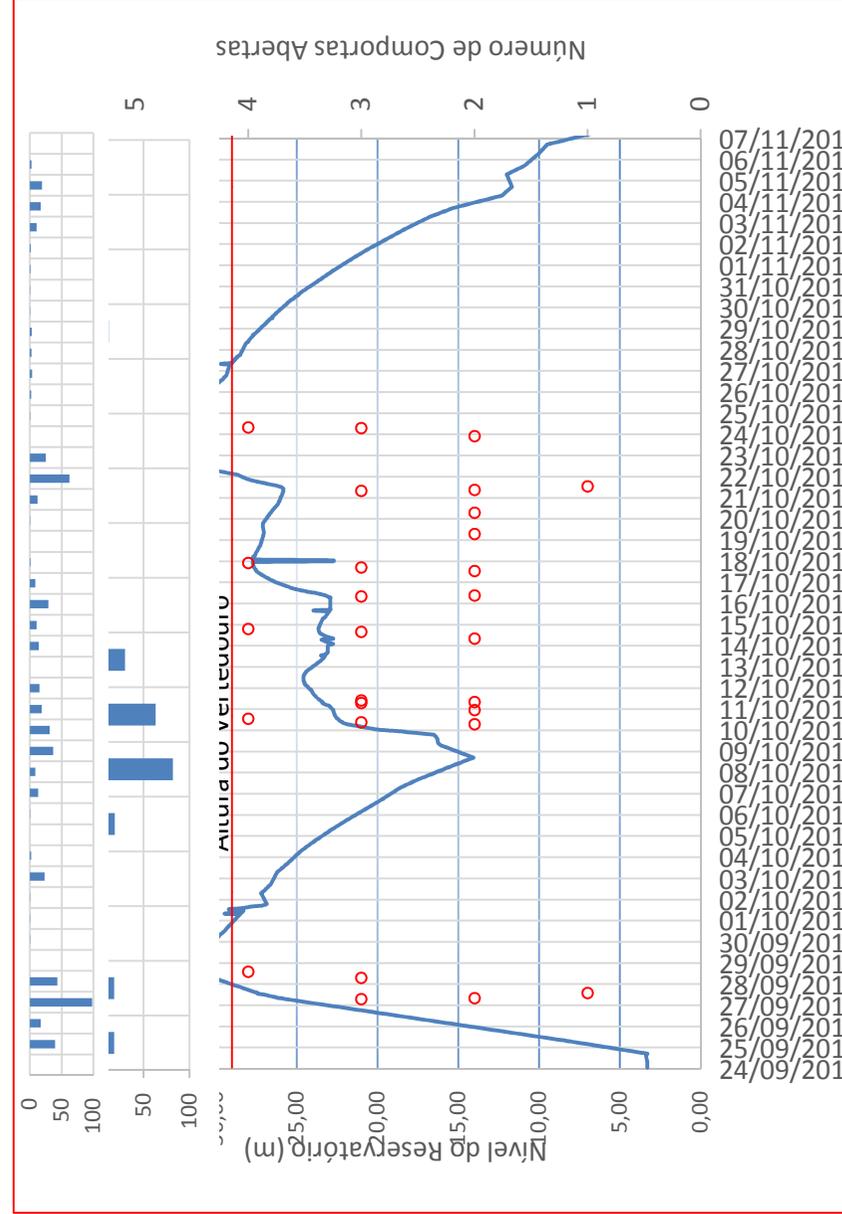


Figura 4 - Operação da barragem Sul no evento hidrológico extremo de outubro de 2015

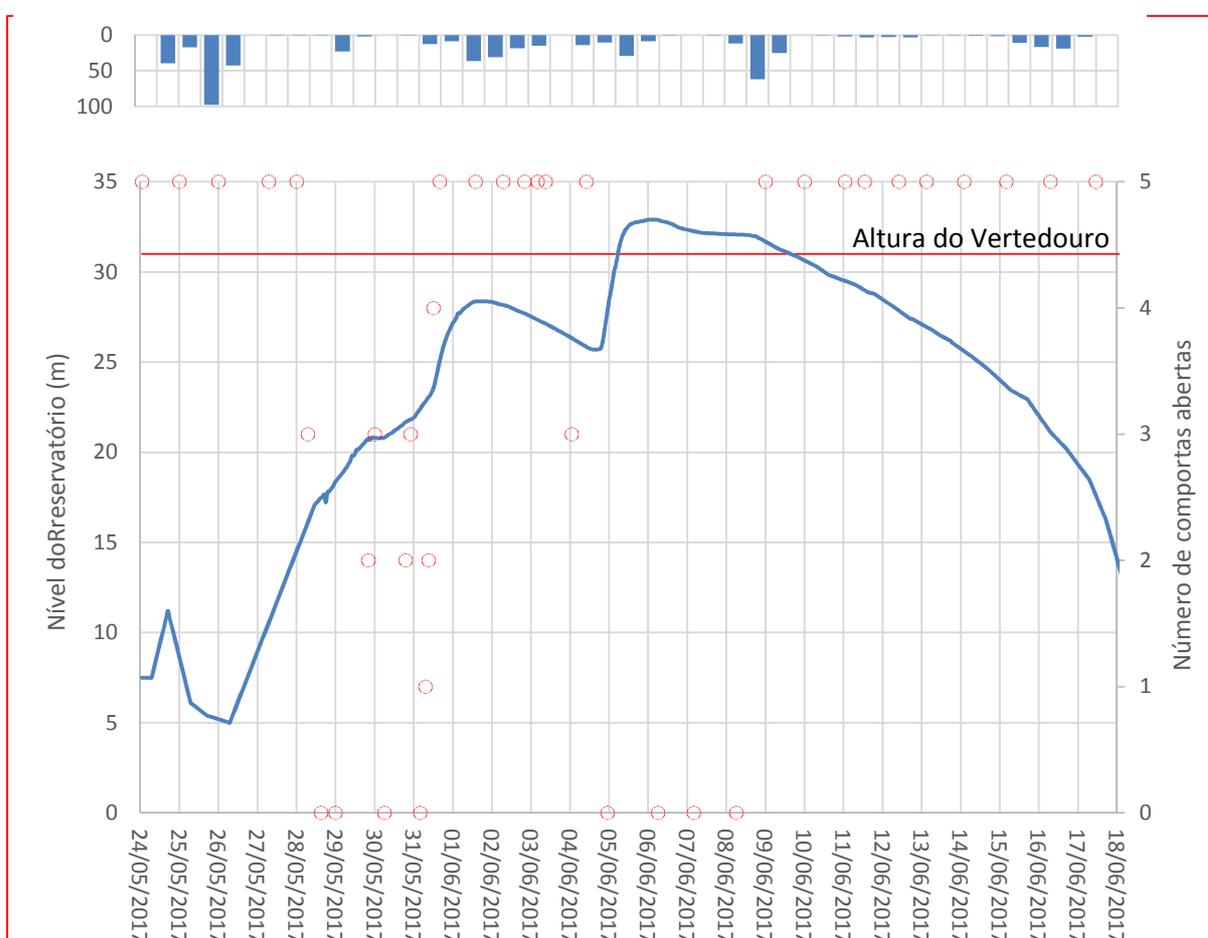


Fonte: Dos autores (2018)

Os dados de operação, precipitação e cota de armazenamento do reservatório Sul, em eventos hidrológicos distintos, demonstra a susceptibilidade deste empreendimento, isto é, notoriamente há a necessidade de realizar ações que potencializem a efetividade da barragem Sul.

Pretendendo aumentar a capacidade de armazenamento dos reservatórios, realizou-se obras de sobre-elevação que foram concluídas no ano de 2016. Neste contexto, uma precipitação acumulada de aproximadamente 180mm no começo do mês de junho de 2017 foi o suficiente para esgotar a capacidade de armazenamento das barragens Sul e Oeste, ocorrendo novamente o vertimento das barragens. Posto isso, é preciso refletir o quanto a efetividade de uma alternativa estrutural está dependente de medidas não estruturais. Sendo que, a segurança aparente proposta pela sobre-elevação das barragens tende a induzir a ocupação de áreas comumente inundáveis, comprometendo a qualidade de vida e o poder de resiliência das comunidades ribeirinhas ao longo do rio Itajaí.

Figura5 - Operação da barragem Sul no evento hidrológico extremo de



setembro de 2017

Fonte: Dos autores (2018)

De outra forma, questiona-se o grande investimento em medidas momentâneas e pontuais no corpo hídrico e o pouco apelo a questões de controle de cheias ao longo da bacia hidrográfica. Como por exemplo, compensação de impermeabilização, zoneamento de áreas inundáveis, sistema de previsão e alerta de cheias e conscientização acerca dos desastres naturais.

Nesta circunstância, destaca-se o trabalho desenvolvido por Moura, Vieira e Bohn (2015), no qual, evidencia problemas relacionados a falta de integração entre as ações para mitigação de cheias. Isto é, entende-se que as obras de sobre-elevação, nos reservatórios Sul e Oeste, possuem grande importância para a contenção das cheias na região, no entanto, sem um desenvolvimento de ações ao longo da bacia hidrográfica, este amortecimento momentâneo do pico de inundação é insuficiente para garantir a redução dos impactos causados pelas recorrentes inundações.

### **3.2 Hidrogramas de cheia para diferentes cenários de impermeabilização do solo**

A representação hidrológica obtida, com o software HEC-HMS, demonstrou ser passível de aplicação na bacia do rio Itajaí do Sul, segundo a classificação proposta por ZAPPA (2002). Deve-se compreender que a simulação hidrológica é a representação simplificada da dinâmica dos processos hidrológicos e, portanto, há diversas limitações apresentadas pelos modelos. Neste trabalho se destaca a deficiência de representar alguns eventos ocorridos na bacia, visto que, não se aplicou o reservatório em questão. Para retificar a ausência deste, buscou-se superestimar os valores de armazenamento de precipitação na bacia, este recurso se mostrou eficaz, porém há dificuldade de representar certos eventos, já que os valores de armazenamento de precipitação serão constantes, enquanto que, a operação do reservatório é variável à cada evento, havendo em certas situações uma incoerência na relação da precipitação com a vazão final.

Diante disso, aplicou-se à modelagem a diferentes cenários de impermeabilização do solo, expondo a influência que a alteração das condições

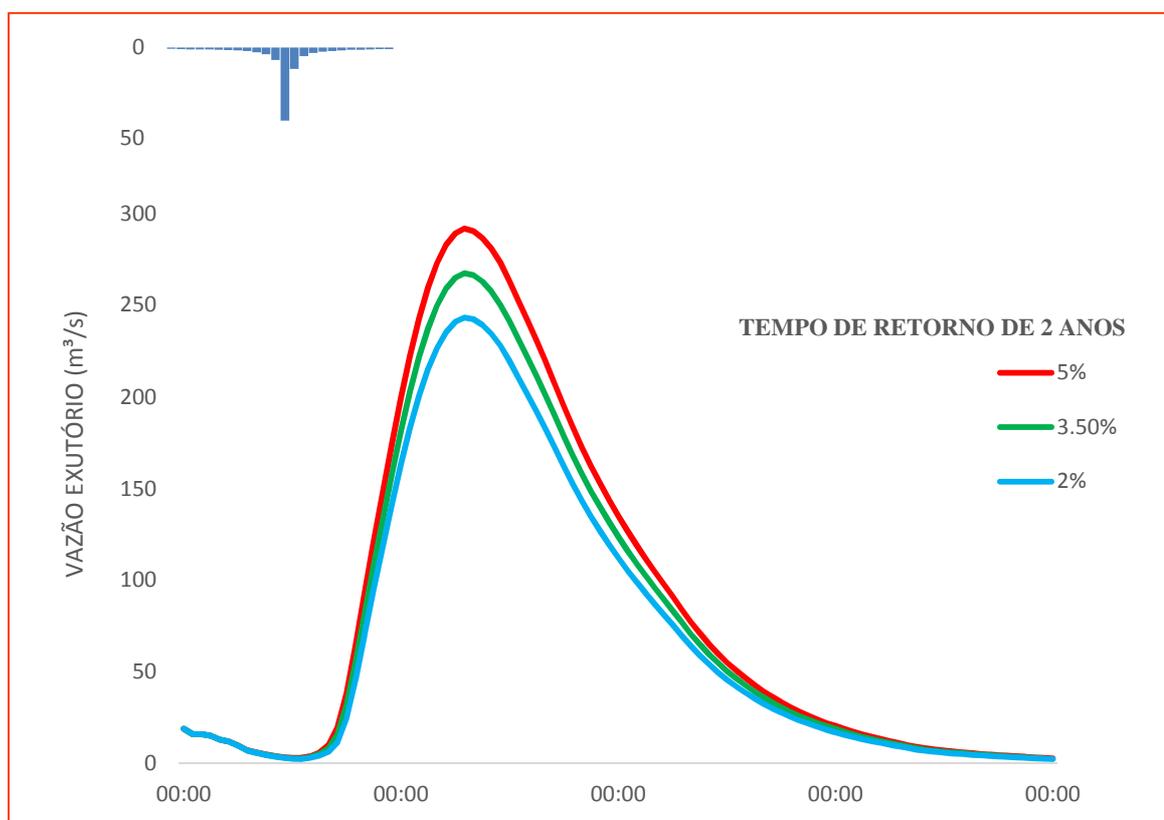
naturais do solo possui sobre o hidrograma final da bacia.

Espera-se que com o aumento da porcentagem de impermeabilização do solo as perdas de precipitação, em função da infiltração, sejam menores. O resultado dessa modificação tende a aumentar e adiantar o pico de uma cheia, considerando que a relação entre a precipitação e a vazão foram alterados, principalmente, devido a diminuição das retenções superficiais e da vegetação.

As chuvas intensas foram definidas com duração diária, determinando que os eventos simulados decorressem com precipitações totais acumuladas de 94.08mm para 2 anos de tempo de retorno, 111.84 mm para 5 anos de tempo de retorno e 127.44 mm para 10 anos de retorno.

A resposta da bacia do rio Itajaí do Sul a uma precipitação com período de retorno de 2 anos, no cenário de 2% de área impermeabilizada, foi de um pico de vazão de 243.3 m<sup>3</sup>/s e o volume total do hidrograma se aproximou de 24525.5 (1000 m<sup>3</sup>). Quando alterada a porcentagem de impermeabilização para 3.5%, o pico de vazão recebeu um acréscimo de 9.05%, sendo a vazão máxima de 267.5 m<sup>3</sup>/s, o volume total do hidrograma aumentou 9.39%, alcançando um volume aproximado de 27067.5 (1000 m<sup>3</sup>). No último cenário avaliado, no qual a área de impermeabilização é de 5%, observou-se o impacto significativo da urbanização na dinâmica entre a precipitação e a vazão na bacia, visto que o pico de vazão atingiu 291.8 m<sup>3</sup>/s, um valor de 16.62% acima da vazão de pico da situação atual da bacia do rio Itajaí do Sul, da mesma maneira que o volume total do hidrograma obteve um acréscimo de 17.15%.

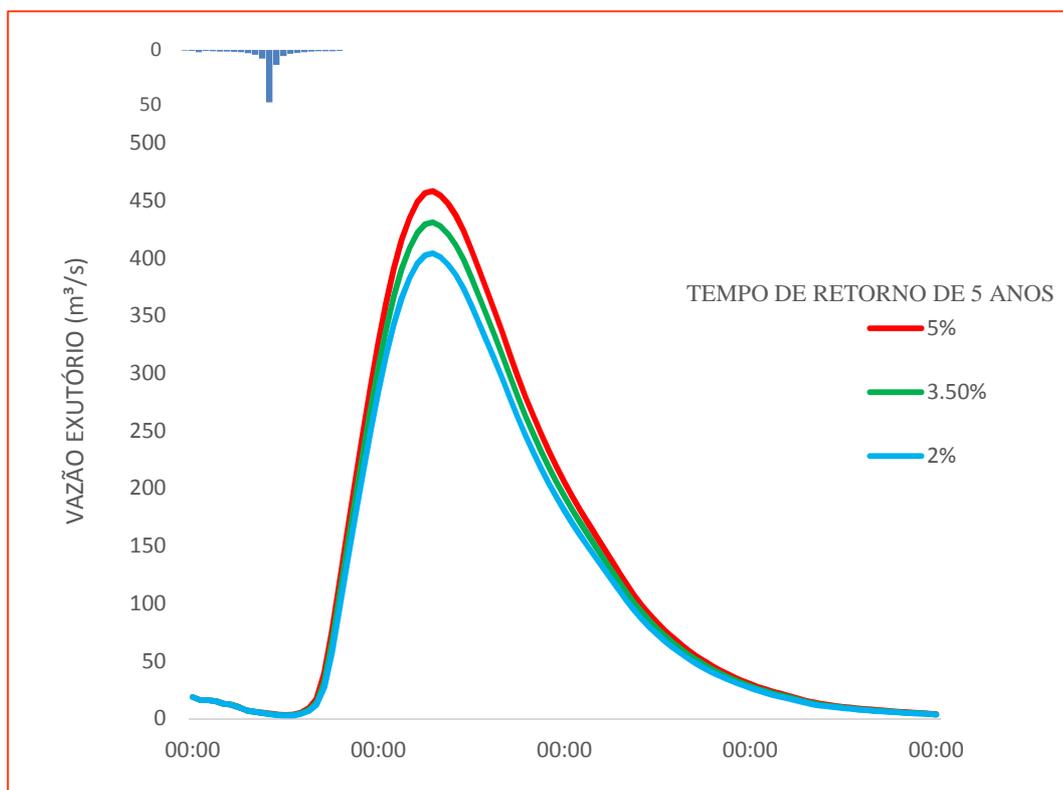
Figura6 – Hidrograma do exutório da Bacia do rio Itajaí do Sul com diferentes cenários de impermeabilização do solo.



Fonte: Dos Autores (2018)

Considerando uma precipitação de tempo de retorno de 5 anos, as variações no pico de cheia e no volume total do hidrograma foram mais discretas, no contexto atual de 2% de área impermeabilizada o pico do hidrograma e seu volume total foram de 404 m<sup>3</sup>/s e 40332.3 (1000 m<sup>3</sup>) respectivamente. Quanto modificada a porcentagem de impermeabilização da bacia para 3.5% a vazão recebeu um incremento de 6.26% e o volume de total de 6.56%. No cenário de maior urbanização, 5% de área impermeabilizada, os valores de pico de vazão e volume total do hidrograma alcançaram 458 m<sup>3</sup>/s e 46002.6 (1000 m<sup>3</sup>).

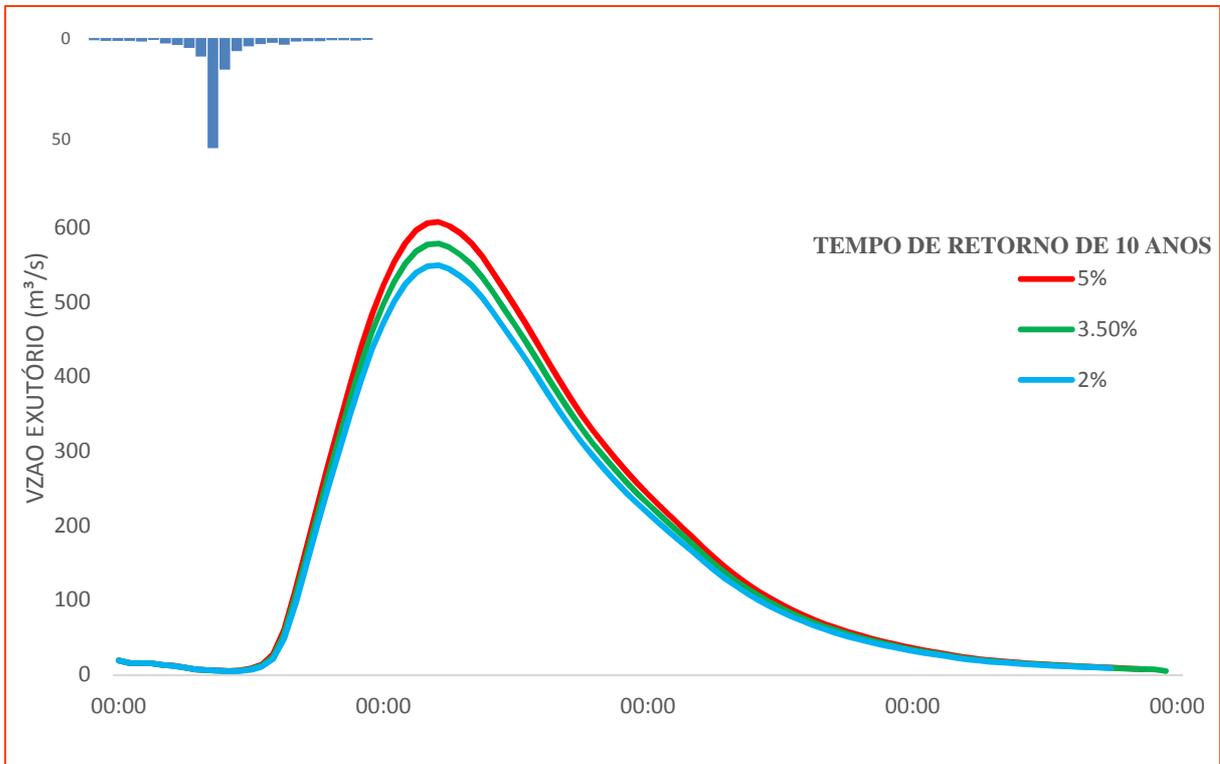
Figura7 – Hidrograma do exutório da Bacia do rio Itajaí do Sul com diferentes cenários de urbanização.



Fonte: Dos autores (2018)

Enfim, o último cenário simulado, no qual, a precipitação é de 10 anos de tempo de retorno, a resposta da bacia do rio Itajaí do Sul evidenciou a significativa geração de vazão em eventos de grande volume de precipitação, na situação atual de 2% da área impermeabilizada a vazão de pico foi de 546.2 (m<sup>3</sup>/s) e o volume total do escoamento 54438.6 (1000 m<sup>3</sup>). Acompanhando a tendência anteriormente citada, ao passo que se aumenta o volume de precipitação, as diferenças de vazão entre cada cenário de impermeabilização se demonstraram menos significativas. Posto que, no cenário de 3.5% de impermeabilização a vazão de pico e o volume total do hidrograma foram de 575.2 (m<sup>3</sup>/s) e 57552 (1000 m<sup>3</sup>), enquanto que, no cenário de 5% de área impermeabilizada estes valores foram de 604.3 (m<sup>3</sup>/s) e 60668.1 (1000 m<sup>3</sup>). Verificou-se que apenas neste volume de precipitação houve alteração no tempo de pico do hidrograma final, o pico se adiantou 2 horas se comparado aos eventos anteriores.

Figura 8 – Hidrograma do exutório da Bacia do rio Itajaí do Sul com diferentes cenários de urbanização.



Fonte: Dos autores (2018)

Constata-se que a redução da variação das vazões de pico à medita que se eleva o volume de precipitação pode ser justificado pelo processo de saturação da bacia, ou seja, em um evento em que a precipitação não supera completamente as perdas por infiltração do solo, evapotranspiração e interceptação, a área impermeabilizada possui maior influência no hidrograma final. Em um contexto no qual há um grande volume de precipitação, as condições de infiltração do solo e retenção da precipitação são saturadas rapidamente, impermeabilizando a área total da bacia, restringindo a sensibilidade da vazão quanto a impermeabilidade do solo.

Tabela 1 – Compilação dos resultados obtidos com a simulação hidrológica.

Precipitação (mm)	Impermeabilidade (%)	Pico Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Volume Total (1000m <sup>3</sup> )	Acréscimo de Vazão (%)	Acréscimo de Volume (%)
<b>TR2 ANOS</b>	2	243.3	24525.5	-	-
	3.50	267.5	27067.5	9.05%	9.39%
	5	291.8	29602.6	16.62%	17.15%
<b>TR5 ANOS</b>	2	404	40332.3	-	-
	3.50	431	43161.7	6.26%	6.56%
	5	458	46002.6	12.33%	12.33%
<b>TR10 ANOS</b>	2	546.2	54438.6	-	-
	3.50	575.2	57552	5.04%	5.40%
	5	604.3	60668.1	9.61%	10.27%

Fonte: Dos autores (2018)

De acordo com os resultados obtidos na simulação hidrológica, denota-se o grande impacto que a variação da impermeabilidade, mediante a urbanização, possui sobre a vazão final de um evento de grande precipitação.

Observa-se que há um incremento na vazão significativa quando comparado a trabalhos desenvolvidos neste horizonte, tendo como exemplo o trabalho elaborado por Moraes *et al.* (2012), no qual, analisou diferentes cenários do perímetro urbano da bacia hidrográfica do Córrego da Servidão, onde se localiza a maior parte do sítio urbano da cidade de Rio Claro, neste contexto, analisou-se a relação da chuva-vazão realizando simulações com a variação da urbanização dos anos de 1958, 1972 e 2006, apresentando um dos resultados mais significativos a comparação da vazão da situação de 1958 e 2006, em que no primeiro cenário a vazão atingiu 43 m<sup>3</sup>/se em 2006 a vazão alcançou valores de 55 m<sup>3</sup>/s, ocorrendo um acréscimo da vazão de aproximadamente 21%, conseqüente do processo de urbanização.

Posto isso, é evidenciado o amplo vínculo entre o processo de urbanização

e a geração de escoamento superficial que é o fator preponderante para o desencadeamento de eventos de inundações, portanto, procura-se controlá-lo a fim de reduzir a frequência e magnitude das cheias.

Salienta-se novamente, a conjuntura de medidas aplicadas a contenção de cheias na bacia do Alto Vale do Itajaí, no qual, realizou-se uma sobre-elevação nos reservatórios de cheias aumentando a capacidade de armazenamento de água de aproximadamente 20% em ambos reservatórios, no entanto, a aplicação de medidas como: compensação de áreas impermeabilizadas, regulamentação do uso e ocupação do solo, conscientização dos habitantes aos riscos e desastres e sistemas de alertas, são ainda incipientes ao longo da bacia.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O planejamento e a gestão do espaço urbano, ainda nos dias atuais, é realizado de maneira linear e mecanicista, com sua estratégia de atuação fragmentada, principalmente, com a falta de comunicação entre os agentes, as políticas e os processos. Esse tipo de pensamento é contrário à realidade do fenômeno urbano, que é complexo e não linear (SANTOS e TONIOLO, 2010; PEREIRA, 2013). O desafio atual é uma atuação articulada, integrada e que considere a complexidade dos fenômenos envolvidos.

As ações realizadas ao longo da bacia hidrográfica devem auxiliar na efetividade das medidas pontuais no manancial, devendo garantir que exista uma menor geração de fluxo superficial e que sejam desenvolvidas medidas de planejamento urbano, territorial e políticas de gerenciamento de recursos hídricos.

Ao passo que é acrescentado a porcentagem de impermeabilização do solo há o incremento da vazão superficial, assim, representando a dinâmica entre os processos hidrológicos e a urbanização, expondo a necessidade de integração das ações mitigadoras de inundação.

## INTEGRATION OF SPECIAL AND DISTRIBUTED MEASURES IN THE CONTROL OF FLOODS IN THE RIVER BASIN OF ITAJAÍ DO SUL

### ABSTRACT

In view of frequent flood events in the Alto Vale do Itajaí region, the socioeconomic loss of the region associated with these events is evident. The urbanization process is a preponderant factor for the triggering these events, mainly by the addition of waterproofed areas, which entails the reduction of interception, infiltration, surface storage and increase of surface runoff. Thus, through a rain-flow hydrologic model, simulations were carried out for different scenarios of soil waterproofing. It was observed the increase of the flow due to the addition of waterproofed area in the hydrographic basin, evidencing the impact that the modification of the natural conditions of the soil has on the hydrograph of floods and in the structural measures present in the place of research.

**Key-words:** Floods. Waterproofing of soil. Hydrologic model.

### REFERÊNCIAS

Agência Nacional de águas. **HidroWeb**: Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em:<[hidroweb.ana.gov.br](http://hidroweb.ana.gov.br)>.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

JAPAN INTERNATIONAL COORPORATION AGENCY. Progress Report on the Itajaí River Basin Flood Control Project. Tokyo, Japão. 1986. Estudo preparatório para o projeto de prevenção e mitigação de desastres da bacia do Rio Itajaí. Santa Catarina. 2011.

KOBIYAMA, Masato et al. Hydrological disasters reduction: lessons from hydrology. In: SENS, Maurício Luiz; MONDARDO, Renata Iza. **Science and Technology for Environmental Studies**: Experiences from Brazil, Portugal and Germany. Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2010. Cap. 4.

p.49-70.

MIGUEZ, Marcelo Gomes; VERÓL, Aline Pires; REZENDE, Osvaldo Moura. **Drenagem Urbana: Do projeto tradicional à sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

MORAES, Isabel Cristina et al. INTERFERÊNCIA DO USO DA TERRA NAS INUNDAÇÕES DA ÁREA URBANA DO CÓRREGO DA SERVIDÃO, RIO CLARO (SP). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Rio Claro - São Paulo - Brasil, v. 3, n. 2, p.187-200, jul. 2012.

MOURA, João Marcos Bosi Mendonça de; VIEIRA, Rafaela; BOHN, Noemia. Barragem de Contenção de Cheias e Políticas Públicas: o caso de Ituporanga – Santa Catarina, Brasil. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 6, n. 3, p.70-88, setembro 2015.

PEREIRA, R. C. Estado, território e reestruturação produtiva na metrópole fluminense. Espaço e economia. *Revista Brasileira de Geografia Econômica*, ano II, n.3. 2013.

SANTOS, R. G.; TONIOLO, L. A Integração das Políticas Setoriais Públicas Nas Intervenções Urbanas dos Projetos de Habitação de Interesse Social: Um Compromisso com o Futuro. *Revista Gestão Pública em Curitiba*, v. I, p. 03-08, 2010.

SILVA, Sidnei Pereira da. **Ferramenta de apoio ao manejo de águas pluviais urbanas com base em indicadores de sustentabilidade - SAMSAP**. 2016. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos,2016,

TUCCI, Carlos E. M. **Modelos Hidrológicos**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

USACE-HEC. Hydrologic Modeling System, HEC-HMS v3.5 – **User’s Manual**. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 318 p.,2010.

ZAPPA, M. **Multiple-response verification of a distributed hydrological model at different spatial scales**. Zurich: Swiss Federal Institute of Technology, 2002.