

# ESTUDOS PARA A MINIMIZAÇÃO DO RISCO DE INUNDAÇÕES NA ÁREA URBANA DE JOAÇABA POR MEIO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS EM DRENAGEM URBANA

Edivam Eleno Ongaratto\*

Elfride Anrain Lindner\*\*

## Resumo

Os sistemas de drenagem denominados não convencionais se opõem às técnicas tradicionais de drenagem que induzem a aceleração dos escoamentos mediante de canalizações. O objetivo deste trabalho é estudar a viabilidade da formação de reservatório de contenção de cheias no Rio do Tigre, transformando a área em um ambiente multiuso (proteção ambiental, seguridade hídrica, lazer e entretenimento). Para a minimização dos riscos de enchentes usando métodos não convencionais de macrodrenagem urbana, estudou-se o modelo de reservatório de retenção. Durante o projeto, foi possível identificar três áreas dentro da Bacia Hidrográfica do Rio do Tigre, de Joaçaba, SC, para a implantação de reservatórios que apresentam características topográficas e de ocupação favoráveis. Com o uso de molinete digital, medidor acústico de velocidade de canais e rios (ADC), foram realizadas sete medições diretas de vazão. No período avaliado de março 2011 a maio de 2012, a vazão oscilou entre 0,53 e 2,76 m<sup>3</sup>/s. A largura do rio (lâmina-d'água) esteve entre 3,8 e 7,0 m, a profundidade entre 35 e 84 cm e a velocidade entre 0,09 e 0,40 m/s. Constatou-se a impossibilidade de medição de vazão, nos períodos de cheia, em razão da alta velocidade da água. Com os dados disponíveis de vazão fez-se um dimensionamento prévio do reservatório de retenção. Este dimensionamento foi feito para a redução de vazão de 15 m<sup>3</sup>/s no escoamento do Rio do Tigre em tempos de cheias. Para a obtenção dos volumes, adotaram-se tempos de retenção 20min, 30min, 45min e 60min, resultando, respectivamente, em 18.000 m<sup>3</sup>, 27.000 m<sup>3</sup>, 40.500 m<sup>3</sup> e 54.000 m<sup>3</sup> para a retenção.

Palavras-chave: Rio do Tigre. Medições de vazão. Reservatório de retenção.

## 1 INTRODUÇÃO

A engenharia tradicional busca projetar sistemas de drenagem capazes de conduzir a água da chuva com a maior rapidez possível até os corpos receptores. Essa concepção pode causar problemas no escoamento a jusante.

O processo de urbanização, a supressão das matas e a impermeabilização do solo agravam o problema do balanço hídrico. As enchentes se tornam frequentes e atingem pessoas, causando prejuízos financeiros e até mesmo mortes.

\* Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Universidade do Oeste de Santa Catarina, *Campus* de Joaçaba; edivamongaratto@gmail.com

\*\* Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina; Professora orientadora na Universidade do Oeste de Santa Catarina, *Campus* de Joaçaba; elfride.lindner@unoesc.edu.br

As boas práticas são necessárias objetivando o retardamento do escoamento superficial, incluindo a retenção de picos de cheias, o aproveitamento da água das chuvas, o uso de pavimentação permeável, a preservação das matas ciliares, entre outras iniciativas.

Não apenas em grandes centros, mas em cidades de pequeno porte da nossa região ocorrem desastres naturais em razão do excesso hídrico, como enxurradas e enchentes. A engenharia trabalha buscando solucionar ou minimizar os danos decorrentes das enchentes e principalmente das inundações, ou seja, do extravasamento das águas fora da calha do rio. Atualmente, os sistemas de drenagem não convencionais, que são soluções estruturais, estão sendo incorporados ao sistema de drenagem urbano. Entre as várias formas de soluções estruturais, destacam-se: melhoria das condições de infiltração, detenção e retenção em reservatórios e retardamento de escoamentos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Pode-se definir bacia hidrográfica como uma área de terras banhada por um rio principal e seus tributários. Esses cursos de água fazem a drenagem da superfície e direcionam a água das áreas mais altas para as mais baixas, seguindo o relevo da região à qual pertencem. Seus limites são definidos por um divisor de águas popularmente denominado de “espigão” (HIROSHI, 2003).

Lança e Costa (2001) comentam, mais detalhadamente, que “bacia hidrográfica” é sempre referida a uma determinada seção do rio. Quando se define genericamente, a seção do rio se refere à foz. A bacia é definida, em seu perímetro, por um divisor que separa as águas encaminhando-as para os diversos rios. O divisor segue por uma linha rígida em torno da bacia, atravessando o curso de água somente no ponto de saída ou seção final. O divisor une os pontos de máxima cota entre bacias, mas podem existir no seu interior picos isolados com cota superior, bem como depressões com cota inferior.

Assim, a bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico em que a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados profundamente (TUCCI, 2001).

A precipitação é entendida em hidrologia como toda a água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. A disponibilidade de precipitação em uma bacia durante o ano é o fator para quantificar, entre outros, a necessidade de irrigação de culturas para o abastecimento de água doméstico e industrial. A determinação da intensidade da precipitação é importante para o controle de inundação e a erosão do solo (TUCCI, 2001).

Quando se faz um estudo de planejamento de longo prazo de uso de uma ou mais bacias hidrográficas, a precipitação é um dado básico, pois não sofre influências diretas de alterações antrópicas provocadas no meio.

Tucci (2001) explica que pela capacidade para produzir escoamento, a chuva é o tipo de precipitação mais importante para a hidrologia, a precipitação é um processo aleatório e sua previsão pode ser realizada com poucos dias de antecedência, com uma margem de erro significativa.

Exprime-se a quantidade de chuva pela altura de água caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável. A altura pluviométrica, portanto, é a espessura média da lâmina de água precipitada que cobriria a região atingida pela precipitação, admitindo-se que esta água não se infiltrasse, não se evaporasse, nem se escoasse para fora dos limites da região. A unidade de medição habitual é o milímetro de chuva, que corresponde ao volume de um litro por metro quadrado de superfície (TUCCI, 2001).

O escoamento superficial é o fator mais importante do ciclo hidrológico em termos de drenagens. Trata-se da ocorrência e transporte de água na superfície terrestre e está associado à maioria dos estudos hidrológicos e à proteção aos fenômenos catastróficos provocados pelo seu deslocamento, abrangendo desde o excesso de precipitações e suas diretas consequências até um dimensionamento preventivo duradouro (HIROSHI, 2003).

A contribuição total para o escoamento em uma seção considerada (bacia) é proveniente da precipitação recolhida diretamente pela superfície livre das águas; do escoamento superficial e subsuperficial direto e do escoamento básico (contribuição do lençol freático). Assim, em um ciclo hidrológico, parte da precipitação é interceptada pela vegetação e obstáculos ou retida em depressões. A porção da água que infiltra no solo supre a deficiência de umidade, permitindo o início do escoamento superficial (aumento da vazão). Terminada a precipitação, o escoamento superficial prossegue durante certo tempo e a curva de vazão vai diminuindo. Além do escoamento superficial direto, o curso de água recebe uma contribuição do lençol subterrâneo (VILLELA; MATTOS, 1975).

A consideração simplista do ciclo hidrológico mascara a complexidade do escoamento superficial em razão, sobretudo, da incidência de fatores físicos e climáticos da bacia sobre sua ocorrência. Villela e Mattos (1975) discorrem sobre tais fatores interferentes:

- a) Intensidade e duração da precipitação: a intensidade de precipitações reflete a velocidade com que a capacidade de infiltração será atingida e, conseqüentemente, a amplitude do escoamento superficial. A duração também é proporcional ao escoamento (saturação do solo);
- b) Área da bacia: a extensão da bacia está diretamente relacionada à quantidade de água por ela captada;
- c) Permeabilidade do solo: quanto mais permeável for o solo, maior será a quantidade de água que ele pode absorver, diminuindo o excesso de precipitação;
- d) Umidade do solo: dependente de precipitações antecedentes, possui influência sobre a capacidade de infiltração da água no solo;
- e) Temperatura: age diretamente no fenômeno de evaporação;
- f) Topografia: uma bacia inclinada origina maior escoamento superficial e menor infiltração;

- g) Tipo de vegetação: age sobre a retenção superficial;
- h) Forma da bacia: bacias alongadas no sentido do rio principal podem originar maiores picos de enchentes, em decorrência da possibilidade de a chuva alcançar, em curto tempo, o canal do rio.

Por vazão entende-se o volume de água que passa em uma determinada seção do rio por unidade de tempo, a qual é determinada pelas variáveis de profundidade, largura e velocidade do fluxo, expressa comumente no sistema internacional (SI) de medidas em  $m^3/s$ . A descarga (vazão) aumenta da montante (região mais alta do rio) para a jusante (áreas rio abaixo) até sua foz (CARVALHO, 2008).

A vazão é a principal grandeza que caracteriza o escoamento e é normalmente expressa em  $m^3/s$ . Em hidráulica ou mecânica dos fluidos define-se vazão como o volume escoado por unidade de tempo, que se escoar por meio de um conduto livre ou forçado (HIROSHI, 2003).

A disponibilidade de séries de dados hidrológicos confiáveis é crucial para o desenvolvimento de projetos adequados de reservatórios, canais, diques, estações elevatórias, eclusas, vertedouros e de outras estruturas hidráulicas. Séries longas de registros de descargas líquidas passadas são de grande importância para a estimativa de períodos de recorrência e para o planejamento de ações mitigadoras de efeitos de cheias e secas (MENDONÇA, 2003).

A regionalização hidrológica pode ser definida como o processo de transferência de informações de um local para outro, dentro de uma área com comportamento hidrológico semelhante. Esta transferência pode ocorrer na forma de uma variável, função ou parâmetro (ANGONEZE, 2011).

Pedrazzi (1999) também fala que existem várias maneiras para se medir a vazão em um curso de água. Para ele, as mais utilizadas são aquelas que determinam a vazão a partir do nível de água; para pequenos córregos são usadas calhas e vertedores e para rios de médio e grande porte o método consiste no conhecimento de área e de velocidade.

No método área-velocidade, a vazão é obtida aplicando-se a Equação da continuidade (1):

(1)

Em que:

$Q$  = Vazão, em  $m^3/s$ ;

$V$  = Velocidade da água, em  $m/s$ ;

$A$  = Área da seção transversal, em  $m^2$ .

Algumas metodologias de regionalização de vazões têm sido propostas, como utilização de equações de regressão regionais, aplicadas a regiões hidrologicamente homogêneas e à interpolação linear que utiliza vazões correspondentes às áreas de drenagem das seções fluviométricas mais próximas (RIBEIRO; MARQUES; SILVA, 2005).

De acordo com Pedrazzi (1999), um posto fluviométrico consiste em vários lances de régua (escalas) instaladas em uma seção de um curso de água, que permite a leitura dos seus

níveis de água. Normalmente, atribui-se ao posto o nome do município ou cidade onde ele é instalado e se identifica por um prefixo. A leitura do nível de água é feita duas vezes ao dia, às 7h e às 17h (ou 18h), e seus valores anotados em uma caderneta. Completada a leitura de 1 mês, essa caderneta é enviada ao escritório central, no qual os dados são analisados, processados e publicados em boletins fluviométricos. A conversão da leitura do nível de água em vazão é feita por meio de curva-chave, que é a relação entre os níveis de água e as respectivas vazões de um posto fluviométrico.

O ciclo hidrológico pode ser representado pela Equação do Balanço Hídrico associada a uma bacia hidrográfica, conforme Garcez e Alvarez (1988):

$$P+R=Q+E+(R+\Delta R) \quad (2)$$

Onde:  $P$  é o total precipitado sobre a bacia, expresso em mm;  $E$  é a evapotranspiração, expressa em mm;  $Q$  é a altura média anual da lâmina-d'água que, uniformemente distribuída sobre a bacia hidrográfica, representa o volume total escoado superficialmente na bacia, pode ser expresso em mm,  $m^3/s$  ou  $l/s$ ;  $R$  são as reservas de períodos precedentes (águas subterrâneas) e  $\Delta R$  é a variação de todos os armazenamentos, superficiais e subterrâneos, é expressa em  $m^3$  ou em mm.

Do balanço hídrico, pode-se observar que, se  $\Delta R$  for nula (mesmo valor das reservas no início e no fim do período considerado, exemplo vazão média anual) ou desprezível em face de  $P$  e  $Q$  (períodos de observação de longa duração), ter-se-á:

$$E=P-Q \quad (3)$$

Com o conhecimento da altura média anual das precipitações caídas sobre uma bacia, é possível estimar, em primeira aproximação, a vazão média anual do curso de água correspondente, reescrevendo a Equação (3) (PEDRAZZI, 1999) na forma de:

$$Q=P-E \quad (3)$$

A ciência ainda não dispõe de meios para alterar as precipitações. Também não alcança agir sobre a evapotranspiração, que recebe a maior influência da radiação solar (horas de insolação), seguida da temperatura, umidade do ar e velocidade do vento, entre outras variáveis. Pode-se agir nos fenômenos de infiltração e de interceptação vegetal ou por depressões.

Considerando que as bacias urbanas ainda possuem área para ocupação futura, Tucci (2001) apresenta sugestões específicas para serem tomadas medidas de caráter não estruturais, como:

- a) Revisão da legislação municipal quanto às taxas de ocupação para as áreas que serão ocupadas pela urbanização;

- b) para os novos loteamentos e condomínios a serem aprovados, sugere-se que as áreas de circulação e passeios sejam mais permeáveis, por meio da adoção de calçamento das ruas com blocos ou pavimentação porosa, bem como o uso de calçadas com trechos em áreas verdes;
- c) para os novos grandes empreendimentos (*shoppings*, pátios de estacionamento, áreas industriais, estabelecimentos públicos) quando da aprovação dos projetos, sugere-se a exigência de sistemas de captação e armazenamento das águas pluviais como forma de retenção do excesso de vazão decorrente do aumento das áreas impermeabilizadas;
- d) o estudo de implantação de lagoas de detenção, em pontos estratégicos com dupla função de detenção das águas pluviais nos picos de vazão e utilização ainda como áreas de lazer e prática de esportes nos períodos de ausência de chuvas;
- e) implantação de “taxa de impermeabilização” máxima na aprovação dos projetos e adoção de medidas de contenção do aumento das vazões nas propriedades, o que tornará possível, efetivamente, controlar os reflexos da urbanização sobre a macrodrenagem.

Para Angoneze (2011), os sistemas de drenagem não convencionais são tidos como um novo conceito de drenagem urbana, que visam a atenuar as vazões de pico e a solucionar problemas existentes, possibilitando um melhor planejamento em áreas futuramente urbanizadas, incorporando técnicas inovadoras de engenharia como a melhoria das condições de infiltração, o retardamento de escoamentos, a detenção ou retenção em reservatórios ou em canais abertos, entre outras. Estes novos sistemas acabaram sendo denominados de sistemas não convencionais, pois se opõem às técnicas tradicionais de drenagem que induzem a aceleração dos escoamentos mediante canalizações.

Conforme Canholi (2005), as soluções “não convencionais” em drenagem urbana podem ser entendidas como estruturas, obras, dispositivos ou ainda conceitos diferenciados de projetos. São soluções que diferem do conceito tradicional de canalização, ou estão associados a elas, para sua adequação ou otimização do sistema de drenagem.

O melhor projeto de drenagem é o que mantém as vazões máximas iguais ou menores às das condições naturais. As condições naturais são preservadas por meio da manutenção de áreas de infiltração naturais e/ou artificiais como pavimentos permeáveis, regulação de volumes por área de percolação, detenção em lotes e loteamentos com projetos paisagísticos adequados. A regulamentação pode ser obtida por ações isoladas na lei municipal ou mediante o Plano Diretor de Drenagem Urbana (TUCCI, 2001).

Exemplos de aplicação de técnicas compensatórias em drenagem urbana são os sistemas de macrodrenagem em Pelotas, RS, caracterizados pela criação de pôlders, na forma de áreas baixas protegidas por diques, localizados nas margens dos cursos de água e a bacia de detenção representada pelo lago do Parque Barigui em Curitiba, PR.

Em seu estudo sobre as inundações em Pelotas, Silva (2007) conclui que, em linhas gerais, a atenção nas soluções urbanas que interferem na drenagem deve estar voltada sempre para a redução do volume de água na rede de escoamento, pois isso tende a evitar o extravasamento dos cursos de água nas áreas mais baixas da bacia.

O Parque Barigui, muito popular em Curitiba, faz parte de uma política municipal de preservação de fundos de vale. Tem por objetivo evitar o assoreamento e a poluição dos rios por meio de monitoramento, proteger a mata ciliar, bem como impedir a ocupação irregular das suas margens, tornando essas áreas abertas à população na forma de parques (INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA, 2010).

Seus bosques ajudam a regular a qualidade de ar, enquanto seu imenso lago, com 230.000 m<sup>2</sup>, formado por uma represa, auxilia na contenção de enchentes do Rio Barigui.

Segundo Hayakawa (2004, p. 1 apud HAYAKAWA, 2008), o início do processo de minimizar os riscos ambientais vem da década de 1970, quando foram criados os primeiros parques de Curitiba: o Barigui (1972), o São Lourenço (1972), o Barreirinha (1972) e o Iguaçu (1978). A política de implantação dos parques em Curitiba não se limita a proporcionar uma alternativa de lazer para a população, tem também uma função que muitas vezes passa despercebida; estes parques são muito importantes, foram criados junto às bacias hidrográficas, e, com suas lagoas de contenção paralelas aos rios, ajudam a represar as águas e evitam a formação de áreas de inundação.

Amorim e Rego (2008) esclarecem que “medidas estruturais” são aquelas que possuem como característica principal o emprego de técnicas e obras de engenharia, com o objetivo de controlar e prever as possíveis enchentes que ocorrem nos períodos chuvosos. Estas medidas de intervenção nas redes de drenagem podem ser vistas também como uma forma remediadora dos impactos provocados pelas enchentes.

Para Canholi (2005), as medidas estruturais estão relacionadas às seguintes intervenções: aceleração do escoamento via canalizações; retardamento do fluxo; reservatórios e bacias de detenção e retenção; restauração de calhas naturais (retificação, ampliação da seção e revestimento); desvios de escoamento; túneis de derivação e canais de desvio; diques de proteção; polders; recomposição de cobertura vegetal; e, controle de erosão do solo.

Amorim e Rego (2008) acrescentam que há medidas estruturais alternativas de controle de enchentes. Os métodos alternativos estão basicamente voltados para o retardamento do escoamento superficial provocado pela impermeabilização, um dos maiores responsáveis pelas inundações e enchentes. As medidas distribuídas na fonte e na microdrenagem, ou seja, em casas, lotes e prédios, são viáveis para o controle de enchentes e propiciam o reaproveitamento da água pluvial para outros usos menos “nobres”, estimulando, assim, a reutilização hídrica. São exemplos, as cisternas para a água da chuva, a utilização de pisos permeáveis em grandes áreas como estacionamentos, áreas públicas e praças, que retardam o escoamento superficial, diminuindo os picos de vazão nos canais receptores. O aumento das taxas de infiltração colabora com o equilíbrio do balanço hídrico nos aquíferos subterrâneos, auxiliando também na prevenção de enchentes.

Os reservatórios para contenção de cheias, popularmente conhecidos como “piscinões” – são estruturas que funcionam para detenção ou retenção de água. Estes reservatórios atrasam

o deslocamento da água das chuvas aos rios, redistribuindo as vazões e regularizando-as, tendo a finalidade de reduzir o efeito das enchentes em áreas urbanas (CORSINI, 2012).

Além de auxiliar no controle de cheias, os reservatórios urbanos, em alguns casos, podem ser usados para tratar a poluição carregada pela água nas cidades. E, ainda, podem adquirir funções paisagísticas para se integrarem mais harmoniosamente ao ambiente urbano. No Brasil, os reservatórios para contenção de enchentes passaram a ser implantados na década de 1990. O “piscinão” do Pacaembu, na Zona Oeste da cidade de São Paulo, foi o primeiro a ser construído e opera desde 1994 (CORSINI, 2012).

O autor sugere que os reservatórios de contenção de enchentes devem ser embasados em estudos da hidrografia local. Como são obras ligadas a eventos naturais, os reservatórios são dimensionados para atuar bem até um determinado limite. Existe uma cheia limite de projeto, a partir da qual o rendimento é menor ou mesmo não existe.

Corsini (2012) comenta que os projetos desse tipo de reservatórios são feitos com base em cheias com probabilidade de ocorrência baixa, assim tornam-se eficientes em 98% dos eventos. Martins lembra que além do dimensionamento, outros fatores interferem no bom funcionamento de um reservatório, como a manutenção.

Para Corsini (2012), os principais dispositivos que devem ser dimensionados em um reservatório (piscinão), são:

- a) O seu volume, e, portanto, a área superficial que receberá o armazenamento, e a altura da lâmina-d'água dentro do reservatório;
- b) o dispositivo de descarga, em geral um orifício que restringe a vazão de saída, de modo que a vazão de entrada na cheia, de maior magnitude, gere um acúmulo temporário de água dentro do reservatório;
- c) e um vertedouro de segurança, que permite a passagem da água por cima do reservatório, quando ocorre uma chuva maior do que aquela que serviu de base para o projeto.

Miguez (2000 apud Corsini, 2012) diz que ao ocorrer precipitação sobre a bacia hidrográfica onde o reservatório se localiza, a água da chuva é, em parte, transformada em vazão. Assim, com a vazão de projeto, calcula-se o volume necessário para não haver extravasamento nas condições de projeto. “Algumas vezes, em vez de realizar o amortecimento de vazões, os ‘piscinões’ podem ser utilizados para excluir certo volume de água do sistema de drenagem. Estes, porém, tendem a ser menos eficientes, pois precisam de maior volume”, compara Marcelo Gomes Miguez, professor da Poli-UFRJ nos Cursos de Engenharia Civil, Urbana e Ambiental.

Os reservatórios de contenção de cheias podem ser construídos sobre o solo natural ou revestido. É comum usar gabiões, os quais ainda podem ser revestidos com concreto. Além do reservatório em si, os “piscinões” têm dispositivos para facilitar a limpeza, como rampas de acesso para a entrada de pás carregadeiras e caminhões (CANHOLI, 2005).

Canholi (2005) diz que a forma como é projetado e construído o reservatório tem várias condicionantes, como a área disponível em razão do volume e o custo de desapropriação.

“Quanto menor a área do terreno, mais profunda deve ser a obra, e, por isso, o metro cúbico de reservatório vai custar mais caro.”

Corsini (2012) atenta para o método construtivo. Segundo ele, as características do solo na região serão as preponderantes na definição da forma de escavação e contenção do terreno, bem como a existência de praça de trabalho, volume de material a ser movimentado, e, certamente, os fatores de custo podem fazer com que o projetista adote uma solução de contenção com estruturas de concreto ou taludes estabilizados.

Segundo Corsini (2012), os reservatórios podem ser classificados como *on-line* e *off-line*. No tipo *on-line*, todo o fluxo de água do reservatório está no nível do córrego. Já o *off-line* fica fora deste nível, apenas capta o excesso de água e opera em paralelo ao rio. Quando o rio ultrapassa um determinado nível de cheia, a água passa para este reservatório. Geralmente, os *off-line* são mais fundos que o nível da rua e requerem bombas para que a água volte até o córrego.

Os reservatórios podem ser abertos ou fechados. Quando fechados, tendem a ser enterrados, gerando grandes volumes de escavação e necessitando de bombeamento para o seu esvaziamento – embora não seja a regra, já que “piscinões” fechados também operam por gravidade. Já os abertos, podem ser mais rasos e se comunicar diretamente com a rede de drenagem para descarregar por gravidade as águas que vão acumulando (CORSINI, 2012).

Para Canholi (2005), o importante em um reservatório é o volume e a forma de operação. Reservatórios a céu aberto, mais rasos e com descarga por gravidade, tendem a ser de mais fácil implantação e com menores custos.

O Centro de Operação do Sistema de Alerta (Ceops) da Fundação Universidade Regional de Blumenau informa que ao antigo Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) se devem inúmeras obras de infraestrutura arquitetadas para a contenção de enchentes, canalização de córregos e drenagens (CENTRO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA, 2010).

O DNOS iniciou a implementação de obras hidráulicas de usos múltiplos e de barragens que têm como funções controlar enchentes e fornecer água para o abastecimento público e a irrigação. O atual Ministério da Integração Nacional exerce atualmente a função do DNOS (CENTRO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA, 2010).

O sistema de contenção de cheias do Vale do Itajaí, composto pelas três barragens, foi desenvolvido a partir de 1959 pelo DNOS (CENTRO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA, 2010).

Seguem algumas informações sobre as três barragens de contenções de cheias localizadas no Vale do Rio Itajaí. As informações foram obtidas do site do Departamento Estadual de Infraestrutura, SC (2012):

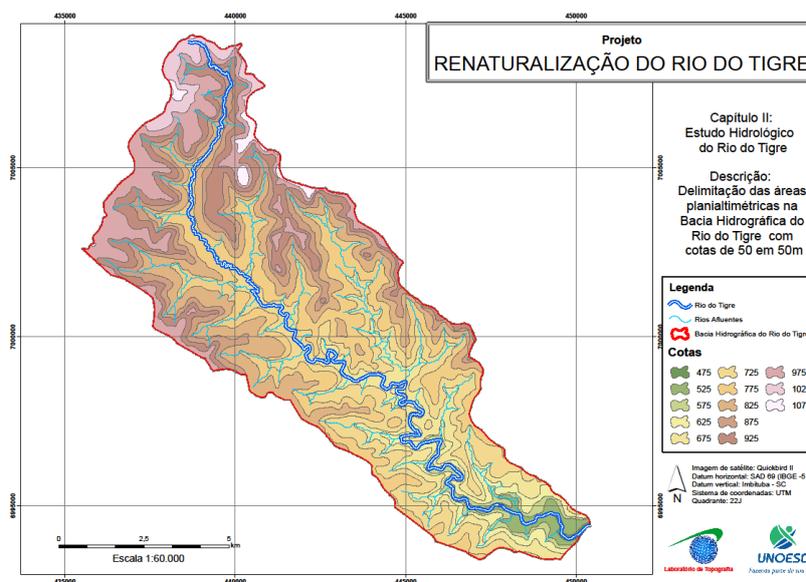
- a) Barragem Oeste, localizada acima da cidade de Taió, com obras iniciadas em 1964 e concluídas em 1973, com capacidade de 83 milhões de metros cúbicos;
- b) Barragem Sul, iniciada em 1966 e concluída em 1975, localizada na cidade de Ituporanga, com capacidade de 93 milhões de metros cúbicos;

- c) Barragem Norte, iniciada em 1976 e concluída apenas em 1992, com capacidade projetada para represar 253 milhões de metros cúbicos, porém, com as cheias sofridas ao longo do período de construção, fez com que se alterasse o projeto para capacidade de 357 milhões de metros cúbicos.

As principais características da Bacia do Rio do Tigre (UNIVERSIDADE DO OESTE DE SANTA CATARINA, 2011) consideradas relevantes ao projeto são: área da Bacia de 86,09 km<sup>2</sup>, perímetro de 51,39 km, 105 rios contribuintes da Bacia, altitude máxima da Bacia de 1.075 m. A nascente do Rio do Tigre está na altitude de 1.025 m e a sua foz a 500 m (altitude mínima).

O Mapa 1 mostra o recorte de imagem de satélite apresentado no *Projeto de Renaturalização do Rio do Tigre*, elaborado pela Universidade do Oeste de Santa Catarina 2011. O traçado final da Bacia Hidrográfica do Rio do Tigre, o caminho percorrido pelo curso de água principal e dos rios contribuintes da nascente até sua foz estão representados. A foz do Rio do Tigre ocorre na área urbana de Joacaba, na margem direita do Rio do Peixe.

Mapa 1 – Bacia Hidrográfica do Rio do Tigre



Fonte: Universidade do Oeste de Santa Catarina (2011).

### 3 METODOLOGIA

Para a realização do trabalho, inicialmente foi realizada a pesquisa bibliográfica. Para o conhecimento da planialtimetria da bacia, foram utilizados mapas digitais.

O principal equipamento para as medições de vazão em campo foi o medidor acústico de velocidade de canais e rios – ADC, molinete digital, adquirido pela Universidade do Oeste de Santa Catarina *Campus* de Joaçaba.

### 3.1 MAPAS DIGITAIS

Foram utilizados os mapas digitais do acervo do Laboratório de Topografia da Universidade do Oeste de Santa Catarina *Campus* de Joaçaba. As imagens de satélite do Quickbird II foram processadas com auxílio do *software* ArcGis Desktop 10. Fez-se a locação de alguns pontos em que há a possibilidade de implantação de reservatório de contenção de cheias. Buscaram-se locais onde não havia edificações nem mata nativa e que as condições topográficas fossem favoráveis à implantação do reservatório.

### 3.2 MEDIÇÕES DE VAZÃO

Para as medições de vazão realizadas no Rio do Tigre foram utilizados os seguintes equipamentos:

- a) Medidor acústico de velocidade de canais e rios – ADC, faixa medição de -0,2 a 2,4 m/s, sistema portátil de vazão por ADV velocímetro acústico Doppler – 6 megahertz (MHz) com sensores de temperaturas e profundidade integrados e funcionalidade de cálculo automático de vazão. Medição de velocidade – faixa de medição 0,2 a 2,4 m/s. Medição de profundidade – faixa de medição 0 a 5 m. Medição de temperatura – faixa de medição – 5 °C a 35 °C;
- b) trena de 30 metros de comprimento;
- c) cordas para apoio e segurança;
- d) prancheta e material para anotação e registro fotográfico;
- e) vestimenta de proteção (jardineira de borracha).

### 3.3 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Com as informações disponíveis, fez-se um dimensionamento prévio do reservatório. Foram utilizados os dados da Bacia Hidrográfica do Rio do Tigre, além de dados de outras bacias como forma de comparação. Verificou-se que as informações disponíveis sobre a Bacia do Rio do Tigre não são suficientes para um dimensionamento preciso.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 MEDIÇÕES DE VAZÃO

Foram realizadas medições de vazão no Rio do Tigre em Joaçaba, SC, em um total de sete medições. Em razão dos problemas com o equipamento utilizado nas medições, em algumas delas apenas foi possível a obtenção de dados de velocidade e profundidade. Os cálculos de vazão nesses casos foram feitos de forma manual. Tais medições ocorreram no dia 24 de março de 2011 no Rio do Tigre e a medição realizada no Rio Limeira no dia 20 de outubro de 2011. Na Tabela 1 estão apresentadas as datas e as devidas vazões obtidas. Ongaratto (2012) apresenta os relatórios fornecidos pelo equipamento ADC Doppler e as planilhas utilizadas para o cálculo manual das vazões.

Tabela 1 – Medições de vazão no Rio do Tigre, Joaçaba, SC, 2011 e 2012

<b>Data</b>	<b>Largura do rio, m</b>	<b>Profundidade média, m</b>	<b>Área seção transversal, m<sup>2</sup></b>	<b>Velocidade da água, m/s</b>	<b>Vazão, m<sup>3</sup>/s</b>
24/03/2011	10,7	0,412	3,798	0,265	1,07
17/10/2011	-	-	-	-	*2,76
15/3/2012	7	0,348	2,434	0,09	0,22
12/4/2012	5,6	0,669	3,747	0,403	1,51
20/4/2012	3,8	0,556	2,114	0,25	0,53
31/5/2012	4,7	0,563	2,647	0,246	0,65
14/6/2012	5	0,841	4,963	0,389	1,93

Fonte: os autores.

Nota: (\*) Em razão de a problemas operacionais somente foi recuperado o dado da vazão.

Foram realizadas medições de vazão a vau (operador entrou na água). Em alguns dias não foi possível a medição de vazão no Rio do Tigre. Quando a velocidade da água e a altura da lâmina-d' água atingem respectivamente 1,0 m/s e 1,2 m, torna-se impossível a entrada do operador no rio, já que a força exercida pela água é muito grande. Da mesma forma, a água exerce força sobre o equipamento, e com essas mesmas condições inviabiliza também a medição sobre as pontes. Por esse motivo, os valores medidos de vazão são relativamente baixos, nunca chegando a valores superiores a 3 m<sup>3</sup>/s.

Dificuldades adicionais surgiram no decorrer do trabalho em decorrência dos problemas técnicos com o ADC, que ficou em manutenção por longo período.

### 4.2 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO PARA A CONTENÇÃO DE CHEIAS

Primeiramente, tabularam-se, por meio do método de regionalização de vazões, os dados das maiores precipitações no Rio do Peixe. Com os dados das maiores vazões ocorridas no Rio do Peixe, compararam-se as áreas da Bacia do Rio do Peixe com a Bacia do Rio do Tigre e com uma sub-bacia localizada dentro da Bacia do Rio do Tigre.

A Tabela 2 mostra os dados obtidos da Agência Nacional de Águas/HidroWeb com as maiores vazões ( $Q$ ,  $m^3/s$ ) no Rio do Peixe registradas na estação fluviométrica de Joaçaba, SC.

Tabela 2 – Maiores vazões do Rio do Peixe observadas na estação fluviométrica de Joaçaba

Ano	2011	2010	2010	1999	1992	1997	1997	2009	1987	1992
Mês	9	4	4	7	5	10	10	9	5	5
Dia	9	23	26	3	29	11	12	28	14	28
Vazão ( $m^3/s$ )	2.925	2.800	2.590	2.375	2.310	2.256	1.769	1.713,5	1.591	1.577

Fonte: adaptado da Agência Nacional de Águas/ HidroWeb.

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos com a regionalização de vazões para a Bacia do Rio do Tigre e a sub-bacia de controle. Na exutória da sub-bacia de interesse, projetou-se a locação do reservatório de contenção de cheias.

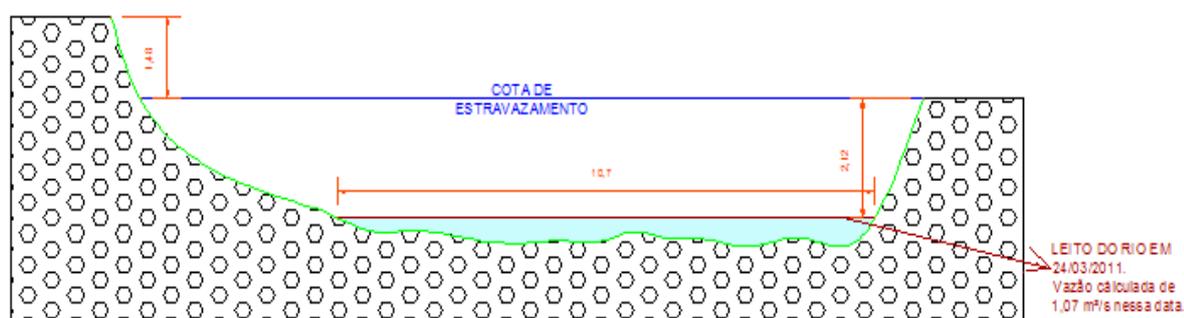
Tabela 3 – Maiores vazões do Rio do Peixe estação Joaçaba e calculadas para o Rio do Tigre e seção de interesse

Bacia	Área, ( $km^2$ )	Vazão ( $m^3/s$ )									
		2011	2010	2010	1999	1992	1997	1997	2009	1987	1992
Rio do Peixe	3.708	2.925	2.800	2.590	2.375	2.310	2.256	1.769	1.713,5	1.591	1.577
Rio do Tigre	86,09	67,9	65,0	60,1	55,1	53,6	52,4	41,1	39,8	36,9	36,6
Rio do Tigre sub-bacia	48,03	37,9	36,3	33,5	30,8	29,9	29,2	22,9	22,2	20,6	20,4

Fonte: os autores.

Com os resultados da regionalização de vazões, adotou-se apenas para fins de cálculo uma velocidade média de escoamento de 2 m/s. Identificou-se um local com maior risco de extravasamento do leito do rio. Trata-se do trecho próximo ao Tiro de Guerra de Joaçaba, SC, na ponte da Rua Rudolf Lindner, cuja seção transversal é representada na Figura 1.

Figura 1 – Seção transversal do Rio do Tigre, junto à ponte da Rua Rudolf Lindner em Joaçaba, SC



Fonte: Ongaratto (2012).

Alterações no gráfico ver o documento original na hora da diagramação

Com a adoção da velocidade de escoamento de 2 m/s e considerando a seção representada na Figura 1 com área de aproximadamente 32 m<sup>2</sup>, foi calculada a vazão aproximada para gerar uma lâmina de 50 cm com as vazões obtidas por meio da regionalização de vazões. Com isso, obteve-se um valor aproximado de 15 m<sup>3</sup>/s. Portanto, se houvesse a reservação de um volume de 15 m<sup>3</sup>/s, seria possível, em tempos de cheia, baixar a lâmina-d'água nesta seção em 50 cm.

#### 4.2.1 Dimensionamento do reservatório de contenção

Considerando tais dados, citados fez-se o dimensionamento prévio do reservatório de contenção de cheias. Calculou-se o volume necessário para reter 15 m<sup>3</sup>/s com tempos de retenção de 20min, 30min, 45min e 60min. Na Tabela 4 são mostrados os volumes obtidos para o reservatório e as dimensões correspondentes, a título de ilustração. As dimensões devem variar de acordo com o local de implantação, o volume reservado e o tipo de reservatório a ser empregado.

Tabela 1 – Dimensionamento do reservatório de contenção de cheias na Bacia do Rio do Tigre

Vazão Retida no Reservatório (m <sup>3</sup> /s)	Tempo de Retenção (min)	Volume Retido (m <sup>3</sup> )	Dimensões, m		
			Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)
15	20	18.000	3	60	100
15	30	27.000	3	75	120
15	45	40.500	3	90	150
15	60	54.000	3	100	180

Fonte: os autores.

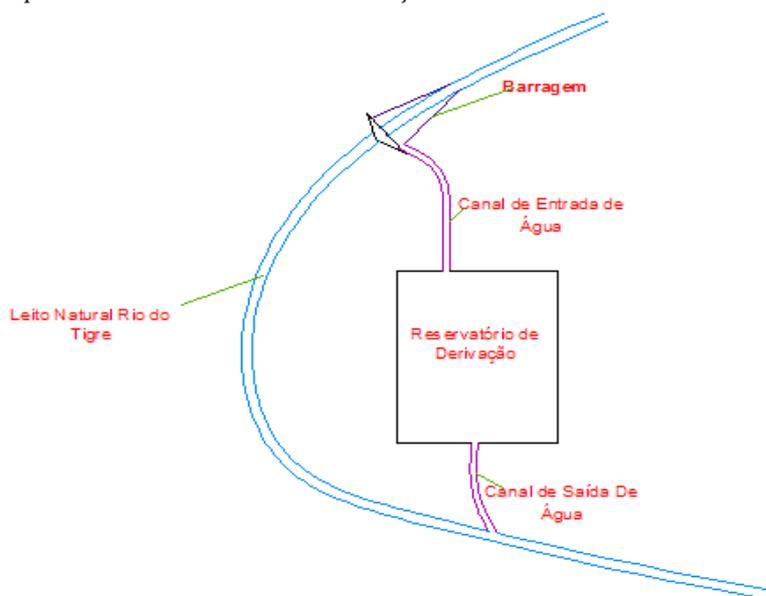
#### 4.3 LOCAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE RETENÇÃO

Buscando a identificação de locais para a implantação de reservatórios foram consideradas duas situações. A primeira, um reservatório de derivação, a segunda, um reservatório de detenção multiuso.

##### 4.3.1 Reservatório de derivação

Para essa solução seria feito um barramento no leito do rio que funciona de tal forma que quando o volume do escoamento no rio aumenta, o fluxo excedente é desviado para um canal auxiliar. Este conduz o fluxo de água até o reservatório. Quando a vazão no rio diminui, gradativamente é liberado o volume retido no reservatório. Pode-se visualizar no Esquema 1 a representação desse funcionamento.

Esquema 1 – Reservatório de derivação



Fonte: os autores.

Algumas vantagens foram observadas para esse sistema. Entre elas, a facilidade de limpeza dos sedimentos depositados no reservatório, pois em épocas de estiagem este ficaria seco, além de causar menor impacto ambiental por não alterar as características naturais do rio.

Ongaratto (2012) indica o local com características favoráveis à implantação deste reservatório. O local foi escolhido por não apresentar nenhuma edificação nos arredores, além de as condições da topografia serem favoráveis. Trata-se de um ponto em que o Rio do Tigre faz uma curva; em linha reta são aproximadamente 250 m, com um desnível de cerca de 9 m entre o ponto mais elevado e o mais baixo, possibilitando um bom funcionamento por gravidade ao reservatório em caso de implantação. Os valores de desnível e distância foram obtidos do *software* ArcGis Desktop 10.

#### 4.3.2 Reservatório de retenção

A segunda opção é um reservatório de retenção. Para este, seria necessário o represamento do Rio do Tigre, mantendo um nível mínimo, mesmo em épocas de estiagem, e sendo capaz de reter o volume calculado para evitar cheias a jusante.

A grande vantagem deste reservatório é a possibilidade de multiuso do lago formado. Além de evitar enchentes, poderia ser criada uma área de lazer ao redor do lago para divertimento da população de Joaçaba, já que a cidade não dispõe de áreas com essa finalidade. Existe ainda a possibilidade de estudar o potencial energético do lago.

Essa solução exige, porém, um amplo estudo de impacto ambiental em toda a região de abrangência. Ongaratto (2012) mostra dois pontos que apresentam características topográficas favoráveis, facilitando a construção da barragem. Ressalta-se que são áreas onde não existem edificações.

## 5 CONCLUSÃO E PROPOSTAS

Para a minimização dos riscos de enchentes usando métodos não convencionais de macrodrenagem urbana, estudou-se o modelo de reservatório de retenção. Durante o projeto foi possível identificar três áreas dentro da bacia hidrográfica do Rio do Tigre para a implantação de reservatórios que apresentam características topográficas e de ocupação favoráveis. As áreas encontram-se nas coordenadas latitude: 27°09'55" S e Longitude: 51°32'26" O; Latitude: 27°01'00" S e Longitude: 51°33'02" O; Latitude: 27°08'05" S e Longitude: 51°33'43" O (ONGARATTO, 2012).

Foram realizados os estudos de vazão pelos métodos direto e indireto. Pelo método direto, realizaram-se medições em dois pontos do Rio do Tigre. Levantaram-se as seções transversais e mediu-se a velocidade da corrente. Duas seções transversais distintas foram monitoradas, a principal na ponte, junto ao Tiro de Guerra, a outra, cerca de 300 m a montante. Ao total foram sete medições de vazão pelo método velocidade (m/s) x área da seção transversal (m<sup>2</sup>) no Rio do Tigre e uma no Rio Limeira.

Verifica-se a impossibilidade de medição de vazão quando o volume de escoamento aumenta muito, em razão da velocidade das águas, visto que o Rio do Tigre atravessa uma região ondulada. Segundo Jaeger (2006), a declividade que melhor representa a bacia tem o valor de 0,01266 m/m, obtida pelo método da média harmônica. A altitude máxima do Rio do Tigre é de 1.013 m e mínima de 472 m.

Para medição nessas condições seria preciso a construção de algum tipo de estrutura de ancoragem para o equipamento, assim seriam grandes as dificuldades para a execução de medições.

Pelo método indireto foram processados dados de vazão publicados pela Agência Nacional de Águas/HidroWeb, processados pela Universidade do Oeste de Santa Catarina e divulgados na publicação *Projeto de Renaturalização do Rio do Tigre* (UNIVERSIDADE DO OESTE DE SANTA CATARINA, 2011).

Com os dados disponíveis de vazão, fez-se um dimensionamento prévio para o volume necessário de reservação para minimizar as chances de extravasamento do leito do Rio do Tigre na área urbana de Joaçaba. Este dimensionamento foi feito para a redução de vazão de 15 m<sup>3</sup>/s no escoamento do Rio do Tigre em tempos de cheias. Adotando como tempo de retenção 20min, 30min, 45min e 60min, obtêm-se os volumes, em metros cúbicos, respectivamente: 18.000 m<sup>3</sup>, 27.000 m<sup>3</sup>, 40.500 m<sup>3</sup> e 54.000 m<sup>3</sup>.

O volume de água não precisa necessariamente ser retido em um único grande reservatório, podem ser construídos reservatórios de menor porte ao longo da bacia, por exemplo, em loteamentos futuros, grandes obras, etc.

Por fim, sugere-se um estudo aprofundado ao aproveitamento energético para o reservatório, já que este poderia gerar retorno financeiro. Além disso, ele garante a seguridade hídrica à região de abrangência, por meio do controle de enchentes e estiagens na Bacia do Rio do Tigre.

### **Abstract**

*The drainage systems called unconventional opposed to traditional drainage techniques that induce the acceleration of flow in pipes. The objective of this work is to study the feasibility of forming a reservoir for containing floods of the Rio do Tigre in transforming the area into a multi-purpose environment (environmental protection, water security, leisure and entertainment). To minimize the risk of flooding using unconventional methods of urban macro drainage studied the model holding tank. During the project it was possible to identify three areas within the basin of the Rio do Tigre, Joaçaba, SC, to the deployment of tanks which have topographical features and favorable occupancy. With the use of the Acoustic Doppler Current, (ADC), were performed seven direct measurements of flow. It was noted the impossibility of measuring flow in the flood season, due to high water velocity. With the available data flow became a design's prior holding reservoir. This design was done to reduce the flow of 15 m<sup>3</sup>/s in the flow of the Tigre River in times of flood. To obtain the volume, have been adopted retention time 20min, 30min, 45min and 60min, resulting, respectively, in 18,000 m<sup>3</sup>, 27,000 m<sup>3</sup>, 40,500 m<sup>3</sup> and 54,000 m<sup>3</sup> for retention.*

*Keywords: Rio do Tigre. Flow measurements. Detention reservoir.*

### **REFERÊNCIAS**

AMORIM, João Mateus de; REGO, Hugo N. A. de Almeida. Faculdade de Engenharia civil. Universidade Federal de Uberlândia. **Impacto das Águas Pluviais sobre o Meio Ambiente no Espaço Urbano**. Uberlândia: Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2008. Disponível em: <<http://mirante.110mb.com/4ed/13508.pdf>>. Acesso em: out. 2010.

ANGONEZE, Deise Luana. **Drenagem, Sistemas não Convencionais**: Estudo de Caso Loteamento em Cocórdia – SC. 2011. Monografia (Especialização em Gestão Integrada em Saneamento Básico)–Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba, 2011.

CARVALHO, D. F.; MELLO, J. L. P.; SILVA, L. D. B. **Apostila IT 115**: Irrigação e Drenagem. Capítulo 2. Ciclo Hidrológico. Rio de Janeiro: maio 2007. Disponível em: <[http://www.ufrjr.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA %20Parte%201.pdf](http://www.ufrjr.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf)>. Acesso em: set. 2011.

CARVALHO, T. M. Técnicas de Medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 1, n. 1, p. 73-85, maio/ago. 2008.

CENTRO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA. **Histórico das Obras de Contenção de Cheias e o Sistema de Alerta de Cheia no Vale do Itajaí**. Blumenau: FURB, 2010. Disponível em: <[http://ceops.furb.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=15&Itemid=11](http://ceops.furb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=15&Itemid=11)>. Acesso: em jun. 2012.

CHEVALLIER, P. Aquisição e processamento de dados. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2.<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2001.

CORSINI, Rodnei. Reservatórios para contenções de cheias. 16. ed. **Revista Pini**, jul. 2012. Disponível em: <<http://www.infraestruturaurbana.com.br/solucoes-tecnicas/4/artigo220142-2.asp>>. Acesso em: jul. 2012.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA. **Barragens – Contenções de Cheias no Vale do Itajaí**. Governo do Estado de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.deinfra.sc.gov.br/barragens/sobre-as-barragens/>>. Acesso em: jun 2012.

FRANCO, Edu José. **Dimensionamento de Bacias de Detenção das Águas Pluviais com base no Método Racional**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. Disponível em: <[www.ppgerha.ufpr.br/dissertacoes/files/085-Edu\\_Jose\\_Franco.pdf](http://www.ppgerha.ufpr.br/dissertacoes/files/085-Edu_Jose_Franco.pdf)>. Acesso em: mar. 2011.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1988. 291 p.

HAYAKAWA, Iuri Fukuda. **Situações de Risco Ambiental como definidoras de Inflexões no Planejamento e na Gestão Urbana: um estudo na cidade de Curitiba-Paraná**. Mestrado em Gestão Urbana. 2008. Dissertação (Mestrado em Gestão Urbana)–Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, 2008. Disponível em: <[www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2008/.../ABEP2008\\_1248.pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2008/.../ABEP2008_1248.pdf)>. Acesso em: mar. 2011.

HIROSHI, Paulo Yoshizane. **Hidrologia e Drenagem**. Campinas: Centro Superior de Educação Tecnológica da Unicamp, 2003. Disponível em: <<http://www.ft.unicamp.br/webdidat/matdidat.php?cod=ST%20-%20306&nome=Hiroshi+Paulo+Yoshizane>> . Acesso em: mar. 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA. **Parque Barigui**. Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br/Bancodedados/Curitibaemdados/anexos/Hist%C3%B3rico%20dos%20Parques%20e%20Bosques.pdf>>. Acesso em: out. 2010.

JAEGER, E.; LINDNER, E. A. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio do Tigre, Joaçaba – SC. In: TESSER, Daniel Poletto (Org.). **Caracterização físico-ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio do Tigre**. Joaçaba: Ed. Unoesc, 2007. 78 p. CD-ROM.

LANÇA, Rui; COSTA, Teixeira da. **Hidrologia da superfície**. Faro: Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Algarve, 2001.

MENDONÇA, Sérgio Antônio. Quantificação dos recursos hídricos: Introdução. In: PAIVA, João Batisa Dias de; PAIVA, Eloiza Maria Cauduro Dias de. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2003. 628 p.

ONGARATTO, Edivam Eleno. **Estudos para a Minimização do Risco de Inundações na Área Urbana de Joaçaba através de Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)–Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba, 2012.

PEDRAZZI, J.A. **Facens – Hidrologia Aplicada**. 1999. Disponível em: <<http://www.facens.br/site/alunos/download/hidrologia>>. Acesso em: set. 2006.

SILVA, Claudio Santos da. **Inundações em Pelotas, RS**: O uso de geoprocessamento no planejamento paisagístico e ambiental. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <[http://soniaa.arq.prof.ufsc.br/sonia/Mestrados\\_Defendidos/Claudio\\_Santos\\_da\\_Silva/claudio\\_santos\\_da\\_silva.pdf](http://soniaa.arq.prof.ufsc.br/sonia/Mestrados_Defendidos/Claudio_Santos_da_Silva/claudio_santos_da_silva.pdf)>. Acesso em out. 2010.

SILVA, L. C. **Sistemas de Drenagem Urbana Não Convencionais**. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil com ênfase Ambiental)–Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://engenharia.anhembi.br/civil04.html>>. Acesso em: set. 2011.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 1997. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4).

UNIVERSIDADE DO OESTE DE SANTA CATARINA. **Projeto de Renaturalização do Rio do Tigre**. Joçaba: Área das Ciências Exatas e da Terra, 2011.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. 1. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.