

## **DRENAGEM URBANA**

### **OCUPAÇÃO DE ÁREAS INUNDÁVEIS E MEDIDAS ADOTADAS PARA MINIMIZAR ALAGAMENTOS: ESTUDO DE CASO DO SETOR GENTIL MEIRÉLES, GOIÂNIA-GO**

**Sérgio Soares da Silva**– sergioamb2000@yahoo.com.br

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Goiás

**Layara de Paula Sousa Santos**– layara0912@hotmail.com

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Goiás

**Thaís Teodoro dos Santos Cordeiro**– thais.ttsc@gmail.com

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Goiás

**Alexandre Kepler Soares** – aksoares@gmail.com

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Goiás

**Resumo:** As frequentes ocupações das Áreas de Preservação Permanente – APPs – dos corpos hídricos nas grandes cidades brasileiras são um dos fatores que expõe os munícipes ali residentes aos danos causados pelas enchentes e inundações em áreas urbanas. Os processos de urbanização de forma desordenada e a ineficiência dos órgãos de fiscalização encorajam tanto os loteadores quanto parte da população a invadirem as áreas de várzeas dos cursos d'água. Nem sempre os projetos de loteamentos aprovados pelos órgãos municipais, contam com estudos hidrológicos que preveem eventos de cheias que ultrapassam a calha natural dos corpos hídricos, situação esta que tende a se intensificar com o aumento da urbanização na bacia, associada, principalmente, à pavimentação das vias, as quais aumentam as áreas impermeáveis. As autoridades municipais na tentativa de contornar as condições já postas, favorecidas, inclusive pela falta e/ou ineficiência dos instrumentos que disciplinam a ocupação do solo, adotam medidas imediatistas de altos custos financeiros que não são suficientes para controlar totalmente as inundações, dentre elas tem-se: a retificação e/ou a canalização parcial de cursos d'água, a construção de diques, entre outras. Ante o exposto, o presente artigo, discute o caso relacionado ao ponto sujeito à inundação próximo à Alameda Modigliane no Setor Gentil Meireles em Goiânia-GO, as medidas adotadas pelo município para solucionar o problema, bem como identifica os fatores que favorecem tais eventos naquela localidade.

**Palavras-chave:** Inundação, Drenagem, Diques, Retificação.

## 1. INTRODUÇÃO

Os processos de inundações em áreas urbanas são velhos conhecidos da população brasileira, sobretudo, das classes menos favorecidas, as quais sem recursos suficientes para adquirir imóveis nas melhores localidades das cidades acabam ocupando áreas de menor valor que quase sempre estão em locais sujeitos a inundações. Ademais, nem sempre os municípios possuem legislações (Plano Diretor) que delimitam bem as áreas inundáveis, e quando as têm, além de não fazer cumpri-las, adotam apenas medidas estruturais, em áreas já habitadas, para tentar reduzir os efeitos das cheias. Tais medidas são de caráter pontual e destinam apenas a transferir o problema para jusante, e/ou são concebidas equivocadamente e insuficientes para uma solução definitiva.

Dessa forma os prejuízos públicos são aumentados, pois, além de não solucionar o problema, os recursos financeiros são gastos equivocadamente. Tal situação é mais grave quando se soma às obras, o aumento da produção de sedimentos, reduzindo a capacidade dos canais e a qualidade da água (TUCCI, 1997).

Com o crescimento das cidades cresce também a impermeabilização do solo, reduz as taxas de infiltração, recarga do lençol freático e o escoamento básico. Aumentando por consequência, o escoamento superficial, a velocidade, a frequência e a magnitude dos picos de cheias, o que aumenta as ocorrências de enchentes (MASCARENHAS *et al.*, 2005). Os sistemas drenagem, também contribuem para o aumento da velocidade de escoamento, o que favorece o aporte simultâneo de grandes volumes de água aos corpos hídricos, intensificando as inundações de áreas que de alguma maneira quase sempre são ocupadas pela população (TUCCI, 2003). Tais ocupações podem ser por edificações residenciais, recreação, uso agrícola, comercial ou industrial (TUCCI, 2009).

Demonstra a magnitude desse problema, o fato de no ano de 2013, o Brasil ter 1.543 municípios atingidos por enchentes ou inundações, o que corresponde a 27,7% dos municípios, e 1.574 atingidos por enxurradas ou inundações bruscas (28,3%). Tratando-se de alagamentos, 2.065 municípios foram atingidos durante o período de 2009 a 2013, representando 37,1% do total de municípios brasileiros, sendo que os municípios com mais de 500.000 habitantes foram os mais atingidos, estes compreendem 97,4% do total (IBGE, 2013).

Ante o exposto é notório que as enchentes e inundações urbanas são problemas que causam relevantes transtornos à sociedade. Portanto, o presente artigo objetiva avaliar os motivos de alagamentos e as medidas adotadas pelo município de Goiânia na solução do problema, em um ponto urbanizado na Área de Preservação Permanente da margem esquerda do córrego Anicuns, localizada a aproximadamente 1.300 metros acima da foz do referido corpo hídrico.

## 2. METODOLOGIA

No que se refere ao tema abordado, esta pesquisa se caracteriza como de natureza teórica e prática. Sua fundamentação técnica está embasada em estudos bibliográficos de artigos e livros atinentes ao assunto tratado.

O viés prático da pesquisa baseou-se no levantamento e análises de imagens e fotos aéreas da região, as quais permitiram visualizar e comparar o histórico de intervenções na área; caracterização da bacia hidrográfica por ferramentas do ArcGIS, ferramenta que permitiu qualificar e quantificar o uso e ocupação do solo; arquivo topográfico do município de Goiânia e imagens de satélite Landsat 8, documento fundamental para a delimitação da bacia pela ferramenta ArcGIS; visita *in loco* para levantamento dos equipamentos de

drenagens implantados, e uma entrevista com um morador que se propôs a responder as seguintes perguntas: i) Nome? Endereço? Quando ocorreu a última inundação no local? É comum alagamentos naquela área? Qual foi nível médio da água no último alagamento?

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA

A bacia em estudo possui 221,6 km<sup>2</sup>, a qual está totalmente inserida no município de Goiânia. No que se refere ao seu uso e ocupação se caracteriza da seguinte maneira: 54,14 % correspondem às áreas urbanizadas; 34,23 % áreas de pastagens e/ou solos expostos e 11,63% correspondem a áreas vegetadas (Figura 1).

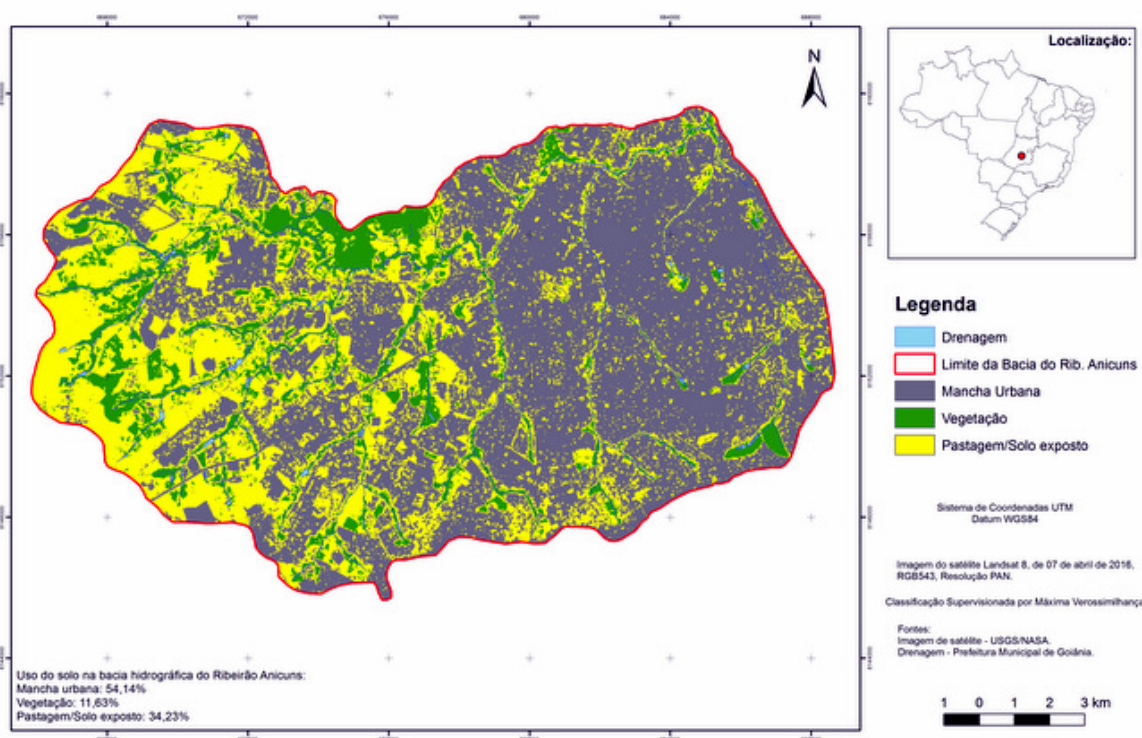


Figura 1 - Caracterização do uso do solo da bacia do Ribeirão Anicuns

A área em estudo, cuja cota é de aproximadamente 650m, está localizada às margens de um trecho do ribeirão Anicuns de aproximadamente 665m de extensão, com início nas coordenadas UTM Zona 22K 682531.36 e 8157732.97 se prolongando até as coordenadas UTM Zona 22K 682906.93 e 8158203.03.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Enchentes e inundações e as medidas para solução

As enchentes são definidas como elevações temporárias dos níveis d'água devido ao aumento da vazão no canal de drenagem. Por outro lado, as inundações consistem no processo de extravasamento das águas do canal para áreas marginais quando a enchente atinge a cota do nível máximo da calha principal do rio (VIANNA, 2000).

As precipitações intensas nos centros urbanos, suficientes para superar a capacidade de infiltração do solo, geram grandes volumes de escoamentos superficiais, os quais nem sempre são comportados pelos sistemas de drenagens. O volume excedente que

não é drenado invade as várzeas, evento este, conhecido como inundação de áreas ribeirinhas. Outro tipo de inundação diretamente associado à urbanização é causado pela má ocupação nas regiões ribeirinhas (TUCCI *et al.*, 2003).

Segundo Ribeiro (2010) é necessário investir em sistemas de microdrenagem dos grandes centros urbanos, visando minimizar os impactos causados pelo excesso de águas pluviais. Entretanto, percebe-se que as obras de drenagem e microdrenagem urbanas, nem sempre consideram as características físicas das áreas, fato que resulta em danos aos equipamentos implantados, sobretudo em locais propensos a inundações (TOLEDO & CUNHA, 2014).

Na tentativa de contornar a situação de risco da população que vive em áreas sujeitas a inundações, as autoridades buscam soluções corretivas para controle desses eventos, as quais podem ser do tipo estrutural e/ou não-estrutural. As medidas estruturais modificam o sistema fluvial para evitar prejuízos causados pelas enchentes, já as não-estruturais são aquelas que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes (TUCCI, 2009). Ainda segundo o referido autor as medidas se dividem da seguinte maneira:

- **Medidas estruturais:** destinadas a reduzir os riscos de enchentes, podendo ser extensivas ou intensivas; i) extensivas: objetivam mudar as relações entre precipitação e vazão, tais como, alteração da cobertura vegetal, que reduz e retarda os picos de cheias e controla erosão. ii) intensivas: agem no rio por meio da construção de diques e *polders*, aumentando a capacidade de descarga dos rios; e o corte de meandros. Pode ser, também, por meio de estruturas que retardam o escoamento, como reservatórios e bacias de amortecimento; além do desvio do escoamento, por meio de canais de desvio.
- **Medidas não-estruturais:** (...) relocação de estruturas da área de inundação, uso de material resistente à água, regulamentação da ocupação da área sujeita a inundação, regulamentação de subdivisão e código de construção, aquisição de áreas de inundação pelo poder público, seguro contra inundação, implementação de serviços de previsão e alerta de enchentes com plano de evacuação, incentivos fiscais para uso prudente dessas áreas; implementação de sistemas de alerta e adoção de políticas de desenvolvimento. Podendo tais medidas ser agrupadas em: regulamentação do uso da terra, construções à prova de enchentes, seguro de enchente, previsão e alerta de inundação.

As medidas estruturais, embora demandem valores vultosos, não objetivam dar segurança completa às áreas de inundação. Para tanto, seria necessária uma proteção contra a maior enchente que possa ocorrer na bacia. Uma estrutura desse porte é econômica e fisicamente e inviável na maioria das situações. Ademais, medidas estruturais podem gerar uma falsa sensação de segurança, fomentando a ocupação de áreas inundáveis, as quais futuramente podem sofrer danos maiores. Já as medidas não-estruturais, em conjunto ou não com as estruturais, podem reduzir os prejuízos com menores custos (TUCCI, 2009).

A falta de visão sistêmica no planejamento da macrodrenagem é um dos grandes responsáveis pelo estado caótico do controle das enchentes nas áreas urbanas brasileiras. É nesse cenário que se destaca a necessidade de planejar ações preventivas e corretivas, onde o problema já se encontra instalado. Para tanto, as ações devem ser integradas, abrangendo toda a bacia hidrográfica (CANHOLI, 2015).

No caso de Goiânia, conforme estudos realizados por Santos (2010), a porção centro-sul é a região mais urbanizada do município e justamente onde se concentram as maiores quantidades de problemas relacionados a inundações, desbarrancamentos e moradias

afetadas por enxurradas e deslizamentos. Tal situação permite constatar que a expansão urbana não contribuiu para evitar a ocupação dos fundos de vale, potencializando, portanto, as ocorrências relacionadas a emergências e riscos ambientais (MORAIS *et al.*, 2012).

#### 4.2 Estudo de caso “Ribeirão Anicuns”

Diante da caracterização do uso e ocupação do solo é possível afirmar que a bacia do Anicuns é predominantemente urbana, tendo, portanto, os hidrogramas de seus corpos hídricos alterados, vez que a urbanização, como já mencionado, aumenta o escoamento superficial e reduz o tempo de concentração da bacia, intensificando as frequências de alagamentos, principalmente em áreas de planícies, mais próximas ao exutório.

Após uma chuva de 35,7 mm no dia 19 de janeiro de 2016, conforme dados da estação (OMM: 83423 – Goiânia-GO) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a área em estudo sofreu um alagamento. Há de se ponderar também que a chuva acumulada nos 30 dias que antecederam ao evento de cheia, incluindo a chuva do dia 19 de janeiro de 2016, foi de 424,1 mm, (INMET, 2016), conforme mostra a Figura 2.



Figura 2 - Dados de chuva da estação Goiânia - GO (OMM: 83423)  
 Fonte: INMET (2016)

Mediante informações prestadas por um morador da região no dia 07/04/2016, o nível da água durante o alagamento de 19 de janeiro de 2016 chegou a aproximadamente dois metros em sua casa. Todavia, por meio da análise de fotos aéreas de 2011, do Sistema de Informações Geográficas de Goiânia – SIGGO –, é possível verificar que o ribeirão Anicuns àquela época, já contava com um dique em sua margem esquerda, o qual tem como objetivo reduzir as frequências de alagamentos, Figura 3.

Além do dique, verificou-se por meio da análise de fotografias aéreas, do Acervo da Divisão de Biblioteca e Documentação (DVEDOC) da Prefeitura de Goiânia, que o ribeirão Anicuns no trecho em questão, passou por uma obra de macrodrenagem (cortes de meandros) que tem como objetivo aumentar a declividade do curso d’água e a velocidade de escoamento, buscando reduzir os eventos de cheias no local, figura 4.

Após o alagamento de 19 de janeiro de 2016, a área em estudo foi objeto de nova intervenção, a qual se deu por meio da elevação do dique. Todavia, em verificação *in loco* constatou-se que as cinco Alamedas (Monet, Mondrian, Modigliani, Miró e Matisse) que se aproximam perpendicularmente à margem esquerda do Anicuns, contam com sistemas de drenagem de águas pluviais, compostos por galerias enterradas a uma profundidade

aproximada de um metro, e no final (parte mais baixa) de cada rua existem bocas coletoras (bocas de lobo) destinadas a captar a água drenada nas sarjetas. As tubulações de drenagem que transpõem sob o dique desembocam no leito do Anicuns a aproximadamente um metro acima de seu nível normal. Das cinco tubulações, quatro contam com válvulas de bloqueio, destinadas a evitar a passagem de água do corpo hídrico para o sistema de drenagem das vias, durante períodos de cheias.



Figura 3 - Evidências do dique existente na margem do ribeirão Anicuns  
Fonte: SIGGO (2011)

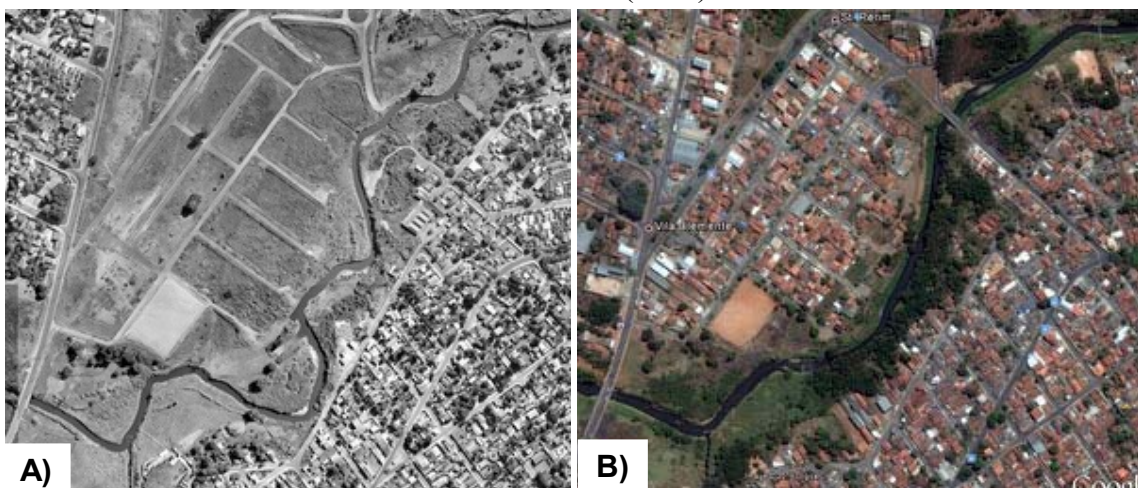


Figura 4 - A) Foto aérea de 1992; B) Imagem de satélite de 2015  
Fontes: A) Prefeitura de Goiânia; B) *Google Earth* (com adaptações).

Por meio da Figura 4 (A) é possível verificar que a ocupação das APPs do ribeirão Anicuns, sobretudo, a área inundável em estudo, se iniciou em meados do ano de 1992, data

em que o Código Florestal Federal, lei nº 4.771/1965, já considerava como APP as faixas marginais com largura mínima de 30 metros naquele ribeirão. Em 2007 o Plano Diretor de Goiânia, lei complementar nº 171/2007, passou a restringir a ocupação em uma faixa de 100 metros, todavia, as ocupações naquele ponto em questão se deram transgredindo apenas o Código Florestal Federal de 1965, o qual estava em vigência à época da implantação dos loteamentos, os quais foram implantados, inclusive em área de inundação do ribeirão Anicuns.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocorrência de inundações no Setor Gentil Meiréles é devida principalmente ao processo de urbanização que acarreta o desmatamento e impermeabilização de vários espaços, aliada à ocupação inadequada de APPs. Embora o poder público tenha tomado medidas destinadas a reduzir a frequência de alagamentos na área estudada, como o corte de meandros do ribeirão Anicuns e a edificação de um dique na sua margem esquerda; bem como a instalação de válvulas bloqueadoras nas tubulações de drenagens que transpõe sob o referido dique, ainda assim, o local estudado sofre com constantes alagamentos. Isso ocorre porque o acionamento das válvulas, apesar de bloquear o retorno da água do Anicuns pelas tubulações de drenagem, impedindo sua chegada até a área estudada, interrompe também, o transporte e o lançamento das águas pluviais conduzidas pelas tubulações supracitadas, causando o alagamento daquele ponto do Setor Gentil Meiréles. Ademais, as medidas estruturais como a retificação do curso d'água e a construção do dique, não são garantias contra novos alagamentos. Portanto, a solução do problema passa pela adoção de medidas estruturais e não estruturais, as quais somadas são mais eficientes para garantir a integridade dos munícipes que atualmente vivem em áreas sujeitas a alagamentos.

## 6. REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Código Florestal Federal, lei nº 4.771/1965**. Disponível em: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAepMYAH/codigo-florestal-lei-4771-1965> >. Acesso em: 22 de abr. 2016.
- CANHOLI, A. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. Oficina de Textos, 2015.
- DVDOC - Acervo da Divisão de Biblioteca e Documentação. **Conjunto de fotografias aéreas - Prefeitura de Goiânia**: foto aérea. Goiânia, 1992. Fotografia aérea.
- GOIÂNIA. **Plano Diretor, lei complementar nº 171/2007**. Disponível em: < <http://www.goiania.go.gov.br/Download/seplam/Colet%C3%A2nea%20Urban%C3%ADstica/3.%20Par%C3%A2metros%20Urban%C3%ADsticos/3.%20Par%C3%A2metros%20Urban%C3%ADsticos%20-%20Lei%208617.pdf> >. Acesso em: 22 de abr. 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Perfil dos Municípios Brasileiros**, 2013. Disponível em: < [ftp://ftp.ibge.gov.br/Perfil\\_Municipios/2013/munic2013.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Perfil_Municipios/2013/munic2013.pdf) >. Acesso em: 18 de abr. de 2016.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Dados Históricos de chuva da Estação OMM: 83423**. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/inicio.php> >. Acesso em: 22 de abr. de 2016.
- MASCARENHAS, F. C. B.; MIGUEZ, M. G.; MAGALHÃES, L. P. C.; PRODANOFF, J. H. A. On-site stormwater detention as an alternative flood control measure in ultra-urban environments in developing countries. In: **International Symposium on Sustainable Water Management for Large Cities, held during the Seventh Scientific Assembly of the**

International Association of Hydrological Sciences, Foz do Iguaçu, Brazil, 3-9 April 2005. IAHS Press, 2005. p. 196-202.

MORAIS, L. B; RIBEIRO, A. R; HORA, K. E. R. Avaliação dos riscos ambientais da ocupação urbana da sub bacia do córrego Vaca Brava, Goiania-Goiás. **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, 2012.

RIBEIRO, Maria Eliana Jubé. **Infraestrutura verde: uma estratégia de conexão entre pessoas e lugares. Por um planejamento urbano ecológico para Goiânia**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: FAUUSP, 2010. 179p.

SANTOS, K. R. **Distribuição espacial das inundações em Goiânia (GO) e análise desse fenômeno na bacia do Córrego Pedreira**. 2010. Dissertação de Mestre em Geografia-Instituto de Estudos SocioAmbientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

SIGGO - Sistema de Informações Geográficas de Goiânia. **Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia v. 23 - Prefeitura de Goiânia**: foto aérea. Goiânia, 2011. Fotografia aérea. Escala 1:1000.

TOLEDO, M. D.; CUNHA, C. M. P. A importância do conhecimento pedológico/geomorfológico e geotécnico para a concepção de estruturas de microdrenagem urbana em áreas de fragilidade. **Observatório Geográfico da América Latina**, 2014.

TUCCI, C. E. M. **Água no Meio Urbano**. Rio Grande do Sul. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. Disponível em: <[http://www.pec.poli.br/sistema/material\\_disciplina%20/fotos/%C3%A1guanomeio%20urbano.pdf](http://www.pec.poli.br/sistema/material_disciplina%20/fotos/%C3%A1guanomeio%20urbano.pdf)>. Acesso em: 17 de Abr. 2016.

TUCCI, C. E. M. e BERTON, J.C. (Org). **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre 2003. Disponível em: <http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/inbr02803.pdf>. Acesso em 17 de Abr. 2016.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**. 4 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS, 2009, p. 627-629.

TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L.; GOLDENFUM, J. A.; GERMANO, A. O. **Inundações e drenagem urbana nos países da América do Sul**, Brasil. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; BERTONI, Juan Carlos. (Org.). **Inundações Urbanas na América do Sul**. 1 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS, 2003, v. 1, p. 275-324.

VIANNA, A. P. P. **Utilização de modelagens hidrológica e hidráulica Associadas a um sistema de informações geográficas para mapeamento de áreas inundáveis – Estudo de caso: município de Itajubá, MG**. Dissertação de Mestrado, Belo Horizonte, 2000.