

Geoprocessamento no planejamento urbano para controle das inundações

Prof. Cláudio Santos da Silva

Instituto Superior Tupy
Curso de Arquitetura e Urbanismo
Joinville SC
clao08m@hotmail.com

Resumo: A urbanização de um determinado território, por consequência do modelo de ocupação implantado, pode trazer consigo efeitos indesejáveis, considerados extremamente prejudiciais à população quando associados às alterações sofridas pelo ciclo hidrológico. Neste artigo são comentadas as relações entre a urbanização e inundações, visando destacar variáveis que contribuam para a compreensão das causas dos graves impactos da ação das águas nas cidades. Através do estudo de Pelotas/RS, foram identificados aspectos que aumentam a suscetibilidade a inundações. Como contribuição ao tema, são demonstradas estratégias para uso e ocupação do solo a serem incorporadas na elaboração de Planos Diretores, utilizando o geoprocessamento como ferramenta de agilização do mapeamento da situação existente, na identificação de conflitos e na adoção de medidas preventivas que consideram aspectos paisagísticos e ambientais na solução do problema das inundações, que têm sido tão frequentes nas cidades brasileiras.

Palavras-chave: planejamento urbano, inundações, geoprocessamento.

Abstract: The urbanization of one determined territory, in consequence of the model of the urban development implanted, can bring undesirable effects, considered extremely harmful to the population, when associated to the alterations suffered by the hydrologic cycle. In this paper, the relations between urbanization and floodings are presented, pointing out aspects that contribute for the adoption of measures that can minimize the serious impacts of water actions in the. In a case study in Pelotas, RS, we identified aspects that increase the floodings susceptibility. In contribution to the project, we have identified strategies on the use and occupation of territories to be incorporated in the elaboration of Master Plans and indicate the use of geoprocessing as a tool to accelerate the mapping of the existing situation, in the identification of conflicts and the adoption preventive writs that consider the landscape architecture and environmental aspects in the solution of the flooding problems, it's frequently occurs in the Brazilian cities.

Keywords: urban planning, flooding areas, geoprocessing.

1 Urbanização e inundações

Historicamente, as chuvas abundantes que levavam ao transbordamento de rios sempre foram consideradas benéficas para o ser humano. Esse fenômeno natural era esperado com expectativa para fertilizar o solo e trazer fartura às populações. As inundações, ao contrário do significado de temor, representavam prosperidade, como no caso clássico da fertilização das margens do Rio Nilo. O espaço natural ao longo das margens dos rios ficava reservado para o período de abundâncias das águas. Dentro do ciclo hidrológico as águas precipitavam, escoavam e se infiltravam no solo naturalmente. O ser humano se adaptava e se beneficiava com a inundação resultante. Cobia-lhe a convivência pacífica e prazerosa com este fenômeno natural.

No entanto, nos dias atuais tem-se temor generalizado e prejuízos incalculáveis quando as chuvas caem. Questionamos o porquê da população se sentir ameaçada nos períodos de chuvas intensas, recorrentes a cada ano, se as águas continuam dentro do seu ciclo natural, exatamente como a milhares de anos. Mas basta observar o que os seres humanos têm realizado, acreditando que podem subordinar as leis da natureza às suas necessidades básicas e técnicas, implantando seus empreendimentos de modo indiscriminado e ocupando as faixas marginais de proteção dos cursos de água, retirando abusivamente a vegetação que exerce múltiplas ações de proteção no ciclo global, para começarmos a compreender tais motivos.

Pavimentam extensas áreas e obstruem o escoamento das linhas de drenagem naturais, impedem a ação regeneradora da infiltração natural das águas, assim como empobrecem solos, aceleram a erosão e o processo de assoreamentos dos rios. O resultado é o aumento das possibilidades de ocorrência de inundações de forma exponencial, ao perturbar o ambiente e danificar as áreas naturais de recarga e equilíbrio hídrico, como também estas modificações sobre o regime hídrico levam à escassez de água para abastecimento das cidades.

Diante deste quadro, percebe-se que a população urbana aumentou e foi se instalando de forma desordenada e invadindo os espaços naturais, antes reservados apenas às águas. Estas, não encontrando mais as condições propícias para a sua infiltração, e tampouco os espaços onde antigamente se acomodavam para cumprir sua função na natureza e melhor servir ao ser humano, invadem o leito que antes ocupavam. E numa relação de causa e efeito, os prejuízos são inestimáveis para os bens, as propriedades e os negócios daqueles que ocupam as áreas que deviam estar reservadas para a recreação e contemplação nos períodos de estiagens, e às inundações, nas épocas chuvosas.

De maneira geral, questiona-se também como é possível tanto temor pelas cheias, se já foram realizadas tantas obras de macro e microdrenagem e recursos incalculáveis foram despendidos para que a população ficasse protegida da inundação. Pode-se constatar que assuntos importantes relacionados à prevenção e proteção das inundações foram tratados, em sua maioria, com medidas estruturais de controle, como exemplo as construções de barragens, que são elementos de proteção significativos mas focalizam somente a segurança dos bens e das propriedades de modo parcial, exigindo somas elevadas de recursos para implantação e manutenção, não fornecendo a proteção ideal para os diversos setores da bacia hidrográfica. Já as medidas não-estruturais, que tendem a ser potencialmente mais eficientes e de solução mais sustentável para os problemas relacionados à água, normalmente não são aplicadas ou estimuladas para reduzir, em particular, a vulnerabilidade ambiental.

Cabe refletir, contudo, se a segurança completa é possível e a que custo pode-se alcançá-la. Na verdade, mesmo com investimentos muito elevados, sempre há um risco remanescente para a sociedade. Podemos constatar que a realização destas obras sempre gera uma falsa sensação de segurança, visto que sua proteção não pode ser absoluta e completa. Ao mesmo tempo, é necessário lembrar da ação imprevisível da natureza e que devem ser considerados os conceitos de risco residual, as ações e decisões incorretas, no qual se incluem a ocorrência das potenciais falhas ou as rupturas dos sistemas de proteção. O Município de Pelotas vivenciou esta situação, com a falha do Sistema de Proteção contra Enchentes registrada no dia 07 de maio de 2004, como será apresentado no decorrer deste trabalho.

2 Desenvolvimento urbano e impactos gerados

A compreensão do ciclo hidrológico é fundamental para o entendimento dos efeitos causados pela modificação das características naturais da bacia hidrográfica provocados pela urbanização. A interface entre solo, vegetação e atmosfera tem forte influência por todo ciclo (Silveira, 1998).

Como mostra o esquema da Figura 1, a água que infiltra pode percolar para o aquífero ou gerar um escoamento sub-superficial ao longo dos canais internos do solo, até a superfície ou um curso d'água. A água que percola até o aquífero é armazenada e transportada até os rios, criando condições de mantê-los perenes nos períodos de longa estiagem. O escoamento superficial converge para os rios que formam a drenagem principal das bacias hidrográficas. Para solos com superfície desprotegida que sofre a ação de compactação, a capacidade de infiltração diminui, resultando em maior escoamento superficial. Este escoamento depende de características físicas como declividade, rugosidade, seção de escoamento e obstruções ao fluxo. Os rios tendem a moldar dois leitos, o menor, ocupado na maior parte do ano, e o maior, o que caracteriza o período das cheias. Porém, interferindo no ciclo hidrológico existe a ação antrópica que atua, muitas vezes, desconsiderando estes processos naturais.

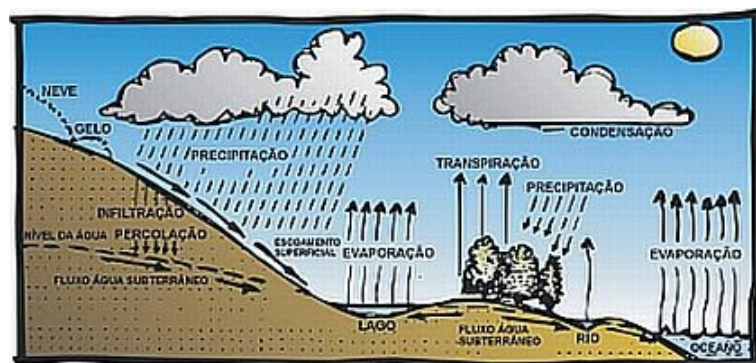


Figura 1 : Ciclo hidrológico terrestre (Elaborado a partir do IGBP, 1993)

Hough (1998) apresenta a quantificação do efeito da urbanização sobre as variáveis do ciclo hidrológico. As principais alterações verificadas são aumento de 10 para 43% do volume do escoamento superficial através dos dutos pluviais urbanos e redução de 50 para 32% do escoamento subterrâneo. Com alteração da cobertura vegetal, o volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, com a urbanização e supressão da vegetação passa a escoar rapidamente nos canais retificados, exigindo maior capacidade de escoamento nas seções. E com a impermeabilização do solo através de telhados, ruas, calçadas e pátios, a água que infiltrava passa a escoar pelos condutos, aumentando o volume de água no escoamento superficial (Figura2).

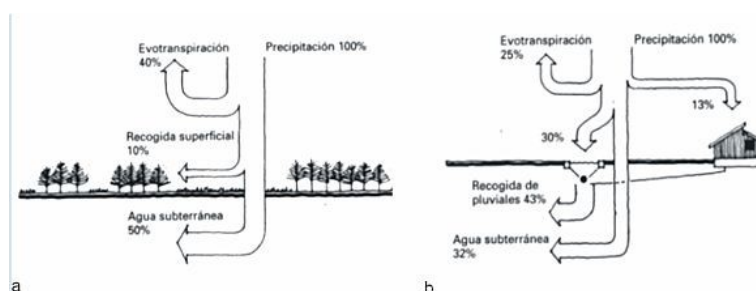


Figura 2 : Alterações hidrológicas devido à urbanização: (a) condição natural; (b) condição urbanizada (Hough, 1998)

Áreas urbanizadas que impedem a infiltração para o subsolo aumentam tanto o volume de água quanto a velocidade do escoamento superficial, reduzindo o tempo de concentração e atingindo as áreas mais baixas da bacia hidrográfica em espaço de tempo menor que na condição rural. O esquema da Figura 3 apresenta a síntese das modificações provocadas no escoamento natural das águas após os processos inadequados de urbanização.



Figura 3 : Processo de impacto da urbanização na drenagem (adaptado de Sudersha, 2002)

3 Intervenções na macrodrenagem urbana que geram impactos

Segundo Tucci (2001), o controle de enchentes nas cidades brasileiras tem sido realizado de forma equivocada com sensíveis prejuízos para a população. As causas dos impactos estão relacionadas basicamente ao princípio dos projetos desenvolvidos pelos profissionais, onde a drenagem urbana tem sido tratada com base no *conceito equivocado* de que a melhor drenagem é a que retira a água excedente o mais rápido possível do seu local de origem, e que não consideram a bacia hidrográfica como sistema de controle, onde a quantidade de água que circula em cada trecho é transferida de um ponto para outro da bacia através de condutos e canalizações excedendo a capacidade de vazão nos pontos mais baixos. Em consequência destes projetos, ocorrem impactos com elevado prejuízo para diferentes grupos da população e também para o poder público. A sociedade paga mais caro para um controle que aumenta dramaticamente as inundações (Figura 4).



Figura 4 : Exemplos da energia das águas nas enxurradas em áreas urbanas (Campana et al, 1994)

Somada aos problemas de soluções impróprias de projeto para a drenagem, destacam-se a destinação inadequada dos resíduos urbanos. A produção de lixo coletada no Brasil é da ordem de 0,5 a 0,8 kg/pessoa/dia, mas não existem informações sobre a quantidade de lixo que fica retida na drenagem. Mesmo a nível internacional as informações são reduzidas. Em San Jose, Califórnia o lixo que chega na drenagem foi estimado em 4 lb / pessoa/ano. Após a limpeza das ruas resultam 1,8 lb/pessoa/ano na rede. No Brasil este volume deve ser maior, pois muitas vezes a drenagem é utilizada como destino final de resíduos sólidos (Tucci, 2002).

As principais consequências da produção de sedimentos são o assoreamento das seções de canalizações da drenagem, com redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbanos, e o transporte de poluentes agregados ao sedimento, que contaminam as águas pluviais gerando sérios prejuízos à saúde pública (Figura 5).



Figura 5 : Embalagens plásticas que obstruem o escoamento nos canais de drenagem (Tucci, 2002)

Como consequências destas ações, o cenário comum de impactos das águas verificados nas cidades (Figura 6) comprova o real prejuízo da qualidade de vida nos ambientes urbanos e o comprometimento da segurança e bem-estar da população.



Figura 6 : Registros dos transtornos ocasionados pelas inundações urbanas (Tundisi, 2003)

4 Necessidade de visão integrada para as soluções adotadas

É possível verificar que a gestão municipal dos componentes envolvidos no processo de urbanização tem sido realizada de maneira desintegrada, com pouco foco no conjunto da cidade, atuando sempre sobre problemas pontuais e poucas vezes desenvolvendo um planejamento preventivo. A visão contemporânea para as soluções aponta para o planejamento integrado da água na cidade, incorporada ao Plano de Desenvolvimento Urbano onde os componentes de manancial, esgotamento sanitário, resíduo sólido, drenagem urbana e inundações ribeirinhas são vistos dentro de um mesmo conjunto e relacionados com a causa principal que é a ocupação do solo urbano (Figura 7).



Figura 7 : Integração do planejamento e gestão da água no ambiente urbano (adaptado de Tucci, 2001).

A atuação preventiva no desenvolvimento urbano reduz o custo da solução dos problemas relacionados com a água. Por exemplo, no controle preventivo da drenagem urbana, a relação entre o planejamento não-estrutural dos controles com relação às obras futuras de contenção estruturais é de 1 para 500 (Tucci, 2001). Ou seja, planejando a cidade com áreas de ocupação e controle da drenagem na fonte, a distribuição do espaço de risco e o desenvolvimento dos sistemas de abastecimento e esgotamento, os custos são muito menores do que quando ocorrem as crises onde as correções passam a ter custos inviáveis para o município.

O planejamento urbano deve considerar os aspectos relacionados com a água no uso do solo e na definição das tendências dos vetores de expansão da cidade. Quando vistos dentro de cada uma das disciplinas, em planos setoriais, certamente resultarão em prejuízos para a sociedade. A maior dificuldade para a implementação do planejamento integrado decorre da limitada capacidade institucional dos municípios para enfrentar problemas tão complexos e interdisciplinares, e também a forma setorial como normalmente a gestão municipal é organizada. Esta é a mudança de paradigma que precisa ser enfrentada.

Segundo Tucci (2002), as inundações nas cidades brasileiras são um processo gerado principalmente pela falta de disciplinamento das ocupações urbanas. Como o custo do controle desse processo é muito alto quando o desenvolvimento já está implantado, a medida preventiva de controle onde os custos são reduzidos é o Plano Diretor de Drenagem Urbana-PDDU. Devido à interferência que a ocupação do solo tem sobre a drenagem, existem elementos do Plano de Drenagem que são introduzidos no Plano Diretor Urbano ou na legislação de ocupação do solo. Portanto, o PDDU deve ser um componente do Plano Diretor de Planejamento Urbano de uma cidade.

5 Estudo do caso de Pelotas/RS

O município de Pelotas situa-se na região fisiográfica denominada Encosta do Sudeste, uma das 11 regiões em que está dividido o Rio Grande do Sul, localizando-se desde as ondulações mais baixas da encosta oriental da Serra dos Tapes até a planície sedimentar da margem ocidental do Canal São Gonçalo. Pela sua localização em encosta, apresenta duas regiões distintas: a região serrana elevada e ondulada, e a região de planície extremamente baixa e plana, correspondendo ao território urbano (Figura 8). Devido à localização, já foram registradas ocorrências de grandes proporções em 1941, 1956, 1977, 1984 e 2004, que causaram inúmeros prejuízos para população e problemas de saúde pública ocasionados por doenças e veiculação hídrica.

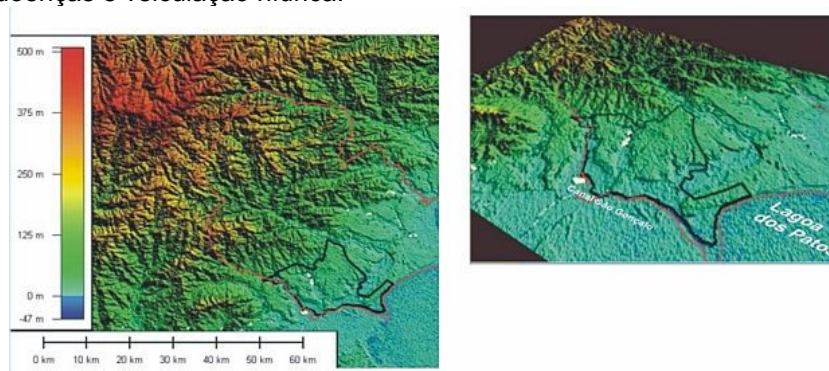


Figura 8 : Representação do relevo de Pelotas/RS, com indicação da zona urbana (Silva, 2007).

Através do Modelo Digital do Terreno-MDT, elaborado com recursos de geoprocessamento, foi possível simular a variação dos níveis de inundação, tomando por base a conformação do relevo e a análise de áreas inundadas com nível das águas entre 1m e 5 m (NMM - Datum Torres), como apresenta a Figura 9. O limite de 5 m representa a cota da planície de inundação da Bacia da Lagoa Mirim e é considerado neste estudo de caso como limite de risco.

Nesta simulação, ficam evidenciadas quais áreas da zona urbana estão sujeitas ao alcance das águas. Basicamente as áreas comprometidas estão situadas ao sul da zona urbana, na várzea do canal São Gonçalo. Essa área representa aproximadamente 37, 5% do território urbano e atinge parcela considerável das ocupações de grandes bairros de Pelotas como Centro, Porto, Areal, Laranjal e Fragata.

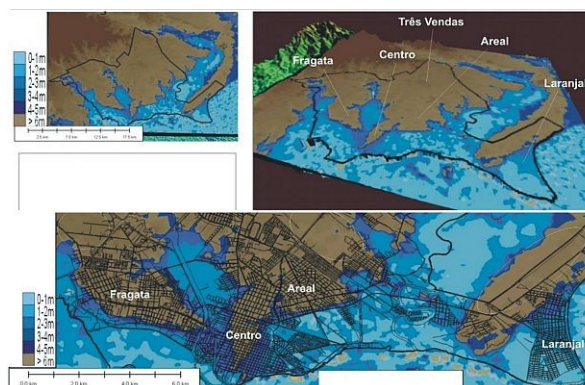


Figura 9 : Simulação de inundação do nível 1 à 5m (Silva, 2007).

A partir da simulação de um evento de cheia atingindo o nível de 5 metros, pode-se constatar como exemplo o risco ao qual está submetida a Estação Rodoviária Municipal, implantada na região da várzea do Arroio Santa Bárbara. Registros fotográficos da cheia ocorrida em maio de 2004 (Figura 10) permitem comparar os locais atingidos com as características da topografia deste setor da bacia e entorno imediato, bastante impermeabilizada com asfalto por representar um dos principais acessos viários à cidade.

Além da Estação Rodoviária, estão instaladas nas imediações deste canal e também foram atingidos em 2004, o aterro sanitário municipal e um Hospital Universitário em fase de construção. O aterro é fonte contaminante e propagadora de doenças, e o hospital, além de ser interditado em caso de cheia, pode ser infectado por águas poluídas.

Pode-se concluir que, além das residências existentes neste setor, estes usos são incompatíveis com as características desta área. Nenhuma destas ocupações, principalmente os prédios de uso público e o aterro, deveriam estar instalados nessa região. A simples falta de critérios determinantes, como as características do meio físico para a definição das áreas a serem ocupadas, resultam em danos de grandes proporções no futuro. Simulações como estas servem para demonstrar que análises prévias, realizadas anteriormente à definição de locais para implantação de empreendimentos desta natureza, se observadas podem evitar significativamente a situação de risco a inundações que ficam submetidas as ocupações nas cidades.

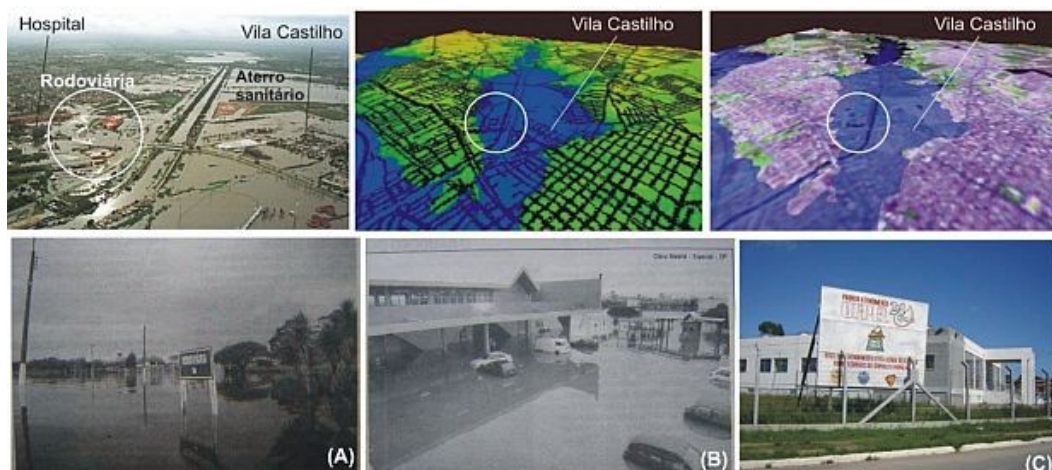


Figura 10 : Acima, comparação da situação real de inundação e das simulações digitais elaboradas; abaixo, prédios de uso coletivo instalados na área de várzea - (a) vias de acesso à estação rodoviária, (b) prejuízos ocasionados pela cheia, (c) hospital da Universidade Federal em obras implantado em área inundável (Silva, 2007).

6 Conclusões

Procurou-se trazer aqui uma abordagem sobre a necessidade de maior compreensão acerca dos processos naturais nas atividades de intervenção no meio físico para projetar ou modificar as cidades, devido aos elevados graus de degradação do ambiente decorrentes da má apropriação dos recursos naturais. Entendendo o ambiente como o todo, natureza e cidade, pois tais ações trazem como consequência não apenas a deterioração e extinção dos recursos naturais, mas também a redução da qualidade de vida nas zonas urbanas.

Foram apresentadas reflexões sobre as limitações da proteção que obras de engenharia oferecem para ocupações de risco, defendendo a idéia de que as soluções mais adequadas e menos catastróficas nos ambientes urbanos visam adequar as ocupações ao convívio equilibrado com o regime natural das águas. E quando for realmente necessária uma intervenção física, as ações devem ocorrer fazendo com que as modificações se aproximem ao máximo da condição natural anterior à urbanização da área. Em linhas gerais, na busca de soluções urbanas que interferem na drenagem, a atenção deve estar sempre voltada para a redução do volume de água na rede de escoamento, pois isto tende a evitar o extravasamento dos cursos d'água nas áreas mais baixas da bacia.

Ressaltamos o grande potencial do uso do geoprocessamento para elaboração de mapeamentos e diagnósticos urbanos, que comprovou possuir ferramentas de grande utilidade e eficiência que possibilitam

a identificação antecipada das áreas inundáveis (Figura 11) a fim de subsidiar atividades de planejamento territorial que visem adequação dos usos do solo aos condicionantes hídricos para minimizar riscos.

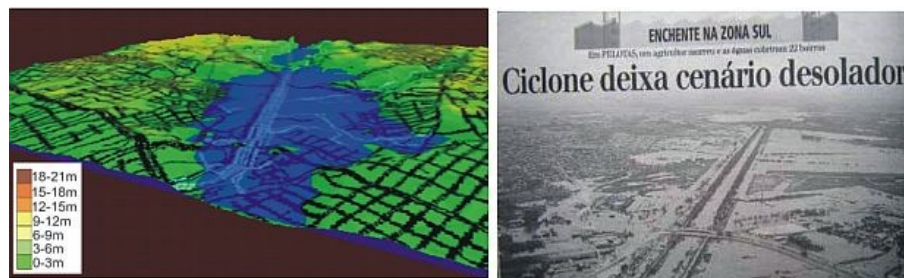


Figura 11 : Possibilidade de identificação da área de risco através de simulação digital, antecipadamente ao evento de inundação (Silva, 2007).

Apesar da limitação em desenvolver as análises sob enfoque dos interesses urbanísticos, consideramos que as constatações apresentadas possuem relevância para avaliação por parte de grupos multidisciplinares, que normalmente constituem as equipes que tratam de planejamento e gestão territorial. Nesse sentido, espera-se que as informações aqui apresentadas sirvam de subsídios a profissionais de diversas áreas do conhecimento que atuam na gestão do território urbano, no sentido de apoiar o processo de tomada de decisões, e que possam auxiliar na adoção de soluções que venham minimizar efetivamente os inúmeros transtornos ocasionados pela ocorrência de inundações nas cidades.

7 Referências Bibliográficas

- CAMPANA, N. A.; TUCCI, C. E. M.** *Estimativa de Áreas Impermeáveis de MacroBacias Urbanas*. Revista Brasileira de Engenharia. Caderno de Recursos Hídricos, 1994.
- HOUGH, M.** *NATURALEZA Y CIUDAD: Planificación Urbana y Procesos Ecológicos*. Gustavo Gilli. Barcelona, 1998.
- IGBP - The International Geosphere-Biosphere Programme.** *Biospheric Aspects of the Hydrological Cycle.: A Study of Global Change*. Report n.27. Estocolmo, 1993.
- SILVA, C. S.** *INUNDAÇÕES EM PELOTAS/RS: O uso do geoprocessamento no planejamento paisagístico e ambiental*. Dissertação de Mestrado. PósARQ-UFSC, 2007.
- SILVEIRA, A. L. L.** *Hidrologia Urbana no Brasil*. in : BRAGA, B.; TUCCI, C.E.M.; TOZZI, M., 1998, *Drenagem Urbana, Gerenciamento, Simulação e Controle*. ABRH Publicações nº 3, Editora da UFRGS, Porto Alegre, 1998.
- SUDERSHA.** *Medidas não-estruturais*. Plano Diretor de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba. 2002.
- TUCCI, C. E. M.** *Hidrologia. Ciência e Aplicação*. EDUSP, São Paulo-SP. 2001.
- _____. *Gerenciamento da Drenagem Urbana*. RBRH V 7 N.1, 2002.
- TUNDISI, J.G.** *Água no século 21: enfrentando a escassez*. IIE, Lima, 2003.