

O Crescimento urbano e seus Reflexos na Macrodrenagem

**Mario Valério Filho
Ronaldo Garcia
Marcello Alves
Madalena Niero Pereira**

Universidade do Vale do Paraíba
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – IP&D
mvalerio@univap.br
rgarcia@univap.br

Universidade Estadual de Campinas
Unicamp - Instituto de Geociências - IG
malves@ige.unicamp.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
madalena@dsr.inpe.br

Resumo: O acentuado crescimento urbano das metrópoles brasileiras, nas últimas décadas, tem concorrido diretamente para o aumento substancial das áreas impermeabilizadas nas bacias hidrográficas e, conseqüentemente com uma maior freqüência das inundações, devido ao aumento do escoamento superficial causado pela impermeabilização das superfícies estabelecendo uma maior sobrecarga na macrodrenagem. O resultado dessas ocorrências tem intensificado os prejuízos econômicos, sociais e ambientais. No entanto, com o incremento das geotecnologias e a utilização de bancos de dados georreferenciados, tornou-se possível a elaboração de diagnósticos e também o monitoramento dos perímetros urbanizados em bacias hidrográficas. Assim, este trabalho apresenta uma análise temporal da dinâmica do crescimento urbano na bacia do Ribeirão Vidoca no município de São José dos Campos - SP, para as datas de 1997, 2000 e 2003. Avaliando o nível de criticidade que a bacia hidrográfica apresenta frente à evolução do crescimento urbano no período analisado.

Palavras chaves: bacias hidrográficas, geotecnologias, macrodrenagem, análise temporal.

Abstract: The rapid urban growth of Brazilian cities in the last decade has directly contributed to increase substantially the amount of impervious areas on the watersheds and consequently have contributed to shorten the gap of the flood frequency, in account of the great increase of impervious areas in the basin and the hazard on the macro drainage system. As a result there have being great social, economic and the ecosystem damages. However, with the increase in geotechnologies and use of georeferential databanks, it became possible the development of diagnostics, but also the monitoring the urban perimeters growth in the hydrographic basin. So, this paper presents a temporal analysis of the dynamics of the growth in the Vidoca River basin, in Sao Jose dos Campos – Sao Paulo – Brazil, in the life time of 1997, 2000 and 2003. Analyzing the level of criticality that the basin presents forward to the evolution of urban growth in the period examined.

Keywords: watersheds, geotechnologies, macro drainage system, temporal analysis.

1 Introdução

O Homem necessita intervir na natureza e modificar o espaço onde vive, para satisfazer suas necessidades de deslocamentos, habitação e subsistência. O maior ou menor grau dessas intervenções acarretará um maior ou menor impacto ambiental, podendo conduzir a um “desenvolvimento sustentável” – onde o homem pode conviver harmonicamente com a natureza, ou infringir pesadas perdas ao ecossistema global, o que geralmente se dá quando de uma ocupação urbana descontrolada.

Historicamente, as cidades quase sempre se localizavam às margens dos rios, e progressivamente iam se expandindo para montante, ao longo das bacias, ocupando as terras mais favoráveis à urbanização. Contudo, essa ocupação tem sido feita muitas vezes de forma incompatível com os condicionamentos ambientais, causando sérios impactos ao meio ambiente, quer seja pela ocupação de áreas do leito de inundação dos rios ou pela ocupação de áreas de forte declividade com potencial de grande erodibilidade.

O crescimento populacional das grandes cidades brasileiras e o conseqüente aumento da área impermeabilizada nas bacias hidrográficas, o assoreamento dos leitos dos rios, a poluição dos corpos d'água e as deficiências no planejamento da drenagem urbana formam um quadro dos principais problemas que afligem, há algum tempo, a grande maioria dos municípios brasileiros.

Os sistemas clássicos atuais de drenagem urbana estão centrados na lógica do rápido escoamento das águas pluviais. Na quase totalidade dos casos, os projetos nunca levam em consideração seus impactos potenciais na macrodrenagem. Assim sendo, e em decorrência da expansão urbana descontrolada, são necessárias freqüentes ampliações nas obras já executadas, (pontes, galerias, linhas de tubos) como solução para suportar o crescente aumento das vazões.

“O uso indiscriminado do solo urbano, sem um estudo prévio de suas limitações, tem gerado vários problemas de cunho social – perda de moradia, destruição de ruas, asfaltamentos, estradas, pontes, poluição visual, da água, do solo, do ar, - o que tem contribuído para diminuir, sistematicamente, a qualidade de vida em áreas metropolitanas ou em cidades com grande crescimento urbano”. (AUGUSTIN, 1985).

Essas soluções estruturais acarretam pesados investimentos por parte dos poderes públicos, e poderiam ser, em muitos casos, minimizados com a aplicação de políticas voltadas ao controle dos acréscimos das vazões e a aplicação de uma política rigorosa da não ocupação das áreas de inundação do leito dos corpos d'água. Durante o período de urbanização de uma bacia, ocorre também um aumento significativo na produção de sedimentos, causado por obras de terraplenagem, limpeza do terreno com a remoção da cobertura vegetal do solo e escavações.

“Os efeitos da urbanização descontrolada sobre o sistema receptor dos corpos d'água são: a aceleração da erosão dos leitos, a deposição acelerada de sedimentos nos lagos e estuários, o assoreamento do habitat animal nos berços de desova e dos micro-invertebrados, e o incremento dos poluentes”. (URBONAS, 1999).

O crescimento populacional das grandes cidades brasileiras e o conseqüente aumento da área impermeabilizada nas bacias hidrográficas, o assoreamento dos leitos dos rios, a poluição dos corpos d'água e as deficiências no planejamento da drenagem urbana formam um quadro dos principais problemas que afligem, há algum tempo, os municípios brasileiros.

Segundo Genz e Tucci (1995) os principais impactos que decorrem do desenvolvimento de uma área urbana sobre os processos hidrológicos estão ligados à forma de ocupação da terra, e também ao aumento das superfícies impermeáveis, em grande parte das bacias que se localizam próximas às zonas de expansão urbana ou inseridas no perímetro urbano.

Segundo Forman (1995), um dos maiores desafios do planejamento do uso da terra é o que se refere ao uso sustentável do ambiente que se baseia em uma dinâmica de transformação com igual ênfase nas dimensões ambientais e humanas da paisagem e na consideração de intervalo temporal que abranja diferentes gerações humanas. Desta forma, a utilização de produtos de sensoriamento remoto, tais como imagens de satélite e fotografias aéreas, associadas aos Sistemas de Informações Geográficas - SIG's contribuem com a análise da dinâmica temporal da transformação de determinadas áreas, tais como, as bacias hidrográficas.

De acordo com Campana e Tucci (1994), as bacias urbanas necessitam ser planejadas considerando seu desenvolvimento futuro. Contudo, a falta de planejamento adequado e as irregularidades na ocupação descontrolada tornam esta tarefa bastante difícil.

Assim, o presente trabalho apresenta uma abordagem metodológica apoiada no uso das Geotecnologias baseada na análise temporal da dinâmica do crescimento urbano na bacia hidrográfica do Ribeirão Vidoca - São José dos Campos – SP – Brasil visando detectar seus reflexos na macrodrenagem. Para foram selecionadas as datas de 1997, 2000 e 2003.

2 Materiais E Métodos

2.1 Área de Estudo

2.1.2 São José dos Campos

O município de São José dos Campos experimentou uma fase de intenso crescimento populacional a partir da década de 50, quando passou da fase sanatorial e ingressou efetivamente na fase de industrialização. Foi quando se instalaram no município as grandes indústrias multinacionais. Esse crescimento se deu em maior escala na zona urbana. A tabela a seguir mostra o comportamento do crescimento populacional nas zonas urbana e rural no período 1980 até 2000 (Tabela 1).

Tabela 1 - Crescimento demográfico de São José dos Campos de 1980 até 2000.

Proporção da população por situação de domicílio - 1980-2000					
	1980	1985	1990	1995	2000
	275.000	335.000	406.000	469.000	531.000
	10.500	13.000	16.000	13.000	6.600

Fonte: Censo IBGE.(2000).

A distribuição dessa população se deu de maneira desequilibrada, ficando a maior parte, cerca de 85%, na zona urbana e o restante na zona rural.

A taxa de crescimento populacional na zona urbana atingiu, nas décadas de 70 e 80, índices de até 6,5% ao ano, enquanto a taxa de crescimento rural apresentou valores negativos, tendendo atualmente à estabilização. A atual taxa de crescimento urbano está entre 2,5% a 3% ao ano.

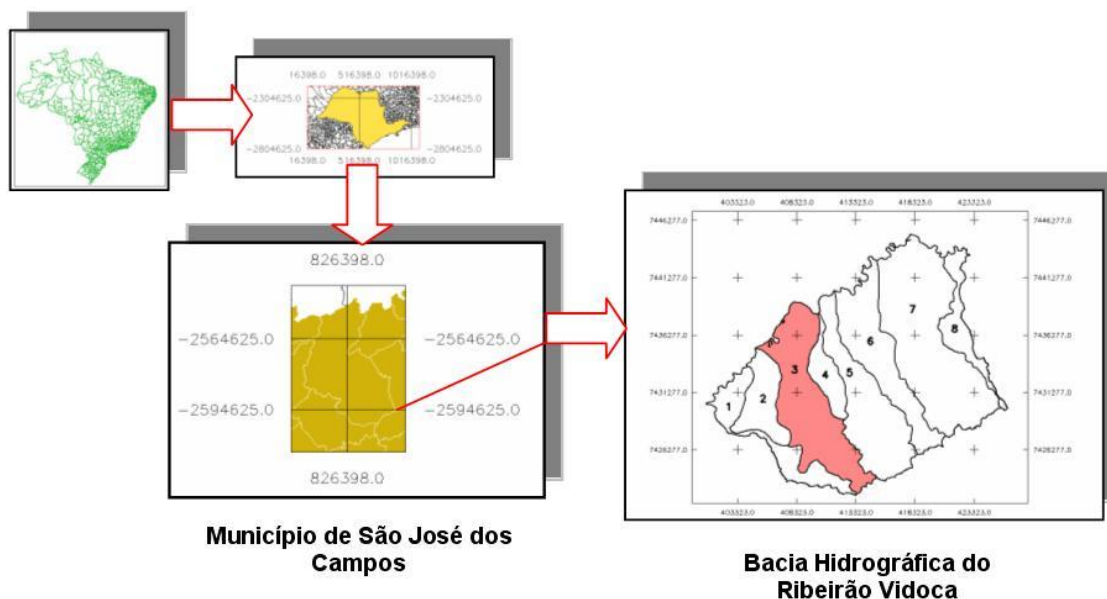


Figura 1 Localização da área de estudo, bacia hidrográfica do Ribeirão Vidoca.

2.1.3 A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vidoca

O Rio Paraíba do Sul atravessa todo o município de São José dos Campos segundo a direção NE. É na sua margem direita que se localiza a Bacia do Ribeirão Vidoca, que possui uma área de aproximadamente 60.0 km². Esta bacia espelha o processo de crescimento que o município vem apresentando (Figura 1).

A escolha desta bacia se deu por estar ela atualmente num estágio de desenvolvimento bastante acentuado, com fortes indícios de deterioração ambiental, apresentando elevados índices de impermeabilização, freqüentes inundações, assoreamentos e erosões aceleradas, e espelha o crescimento que o município vem apresentando.

Segundo estudos elaborados por GARCIA, (2003), para bacia do Ribeirão Vidoca, ela apresenta atualmente um quadro preocupante em face do crescimento das áreas impermeabilizadas, em razão de não terem sido tomadas providências para mitigar os efeitos do aumento das vazões dos cursos d'água.

A Bacia do Ribeirão Vidoca apresenta atualmente uma forte tendência de urbanização, sem ter, contudo, uma política de gerenciamento que procure evitar que, pelo crescimento desordenado e sem uma visão mais abrangente da macrodrenagem, venha a ocorrer a mesma situação que se defronta a grande maioria dos municípios brasileiros com inundações e poluição dos corpos d'água.

A atual legislação municipal não possui diretrizes que impeçam que esse adensamento ocorra de forma caótica. A aprovação dos projetos de drenagem de loteamentos, indústrias, etc., com grandes áreas impermeabilizadas, não levam em consideração o impacto desses empreendimentos na macrodrenagem, provocando assim a sobrecarga do sistema de drenagem com o aumento das vazões e redução do tempo de concentração da bacia. Assim, freqüentemente, há necessidade de serem feitos alargamentos, canalizações, substituição de galerias e pontes, etc. para comportar os aumentos de vazão.

2.2 Materiais

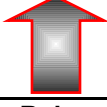
Na realização do presente trabalho, foram utilizados os seguintes materiais como segue: Cartas topográficas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo na escala 1:10000, obtidas a partir da restituição aerofotogramétrica de aerofotos obtidas em 1977 pela empresa Terrafoto S/A na escala 1:10000; Fotografias aéreas coloridas do levantamento aerofotogramétrico realizado pelo INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais na escala aproximada 1:10000 em 1997; Ortofotos coloridas dos anos de 2000 e 2003, obtidas junto à Prefeitura Municipal de São José dos Campos (PMSJC) e Microcomputador equipado com mesa digitalizadora marca Digigraf, modelo VanGogh, tamanho A1 e software SPRING, INPE (2008)

2.3 Método

Os dados em formato analógico, relativos aos anos de 1997, 2000 e 2003, em escala aproximada de 1:10000, foram analisados e interpretados a partir do mapeamento da mancha urbana por classes nominais quanto à impermeabilização do solo e o mapeamento do uso do solo no entorno da mancha urbana, compilados segundo Valério Filho et al. (2003). Os dados obtidos a partir da fotointerpretação foram digitalizados e armazenados em ambiente SPRING, proporcionando a elaboração da base cartográfica digital da área de estudo.

Em ambiente SPRING foi elaborada a base cartográfica digital contendo a espacialização dos perímetros urbanizados, segundo suas classes de adensamento. Posteriormente, cada classe de adensamento urbano recebeu um índice de impermeabilização adaptado conforme Tucci (1997), Tucci e Marques (2000). A substituição das classes de adensamentos urbanos pelos respectivos indicadores (Tabela 2) em ambiente SPRING proporcionou a visualização dos setores da bacia de maior criticidade quanto à impermeabilização das superfícies do terreno para a bacia hidrográfica analisada.

Tabela 2 Relação de indicadores ambientais de Impermeabilização / qualificadores de ocorrência espacial dos eventos.

Índice de impermeabilização	Qualificadores
0,70 / 0,95	 Baixo
0,50 / 0,70	
0,35 / 0,50	
0,20 / 0,35	
0,10 / 0,20	

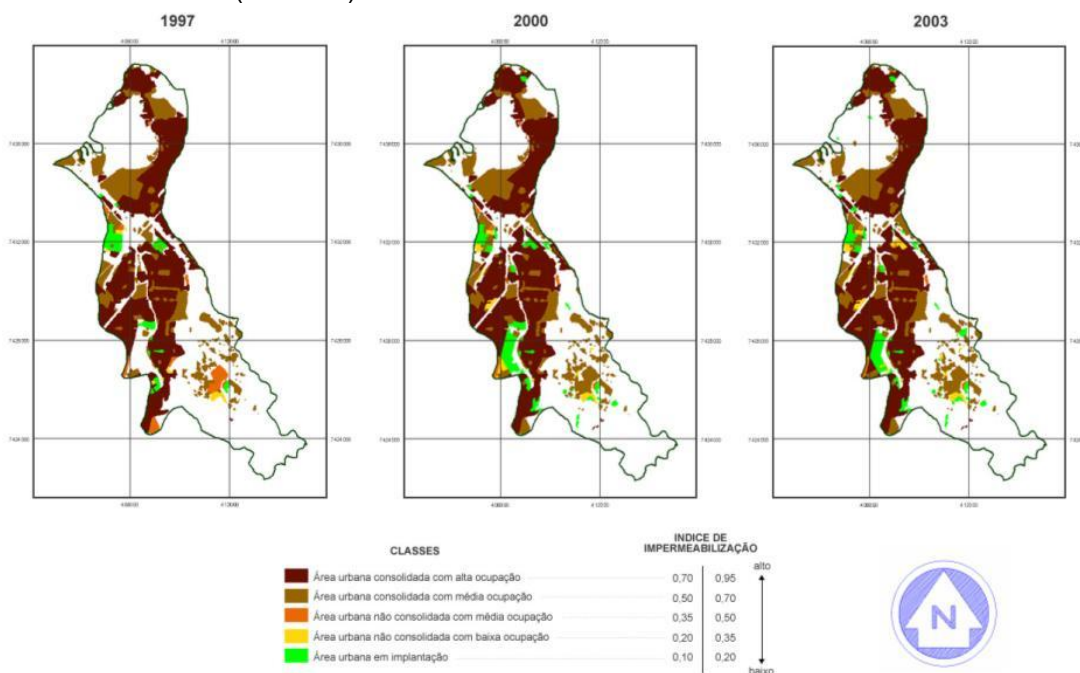
3 Resultados

Com base na abordagem metodológica segundo Valério Filho et al. (2003), foram mapeados os perímetros urbanos, segundo suas classes de adensamento os quais foram associados a cinco níveis de impermeabilização do solo (Tabela 3).

Tabela 3 - Níveis de impermeabilização do solo

Classes de ocupação urbana	Índice de impermeabilização
Área Urbana Consolidada com Taxa Alta de ocupação	0,70 / 0,95
Área Urbana Consolidada com Taxa Média de ocupação:	0,50 / 0,70
Área Urbana Não Consolidada com Taxa Média de ocupação	0,35 / 0,50
Área Urbana Não Consolidada com Taxa Baixa de ocupação	0,20 / 0,35
Área Urbana em Implantação	0,10 / 0,20

Com base nos resultados obtidos, foi possível espacializar e avaliar temporalmente a dinâmica do crescimento urbano na bacia hidrográfica do Ribeirão Vidoca no município de São José dos Campos - SP, para as datas de 1997, 2000 e 2003 (Figura 2) e principalmente identificar os setores da bacia que apresentam indícios de um maior comprometimento com a sobrecarga na macrodrenagem, os quais por sua vez estão diretamente relacionados ao maior ou menor percentual de áreas impermeabilizadas ao longo dos anos estudados (Tabela 4)

**Figura 2** Distribuição espacial das diferentes classes de ocupação urbana no período analisado

Pelos resultados apresentados na Tabela 3, pode-se constatar que o aumento das áreas não consolidadas e as áreas em implantação concorrerão para o agravamento dos problemas de vazão no segmento médio da bacia, pois as áreas em implantação apresentaram aumento significativo (75%) no período 1997/2000. As áreas não consolidadas com baixa taxa de ocupação apresentam 108% para o mesmo período.

BACIA DO RIBEIRÃO VIDOCA - DINÂMICA DA OCUPAÇÃO URBANA: 1997, 2000 E 2003			
Classes de ocupação urbana	1997(km²)	2000(km²)	2003(km²)
Área consolidada com alta taxa de ocupação (km ²)	17,448	17,727	18,216
Área consolidada com média taxa de ocupação (km ²)	8,067	9,170	9,106
Área não consolidada com baixa ocupação (km ²)	0,302	0,629	0,682
Área não consolidada com média ocupação (km ²)	1,050	0,298	0,246
Área em implantação (km ²)	1,095	1,912	1,753
Área total ocupada (km²)	27,964	29,739	30,006

Tabela 4- Quantificação das classes de ocupação urbana no período analisado.

As áreas classificadas como de alta e média taxa de ocupação perfazem atualmente 75% da área permitida para ocupação urbana, contudo, pela Lei Municipal 165/97, a bacia atualmente se apresenta com 50,77% das áreas ainda livres para ocupação.

Por outro lado, as áreas que ainda não foram ocupadas, situadas à montante da bacia, são constituídas na sua maioria de terrenos mais acidentados, e, pela lei do Zoneamento 165/97, estas áreas estão destinadas para ocupação industrial com taxa de 90% de ocupação, o que fatalmente irá sobrecarregar as vazões à jusante.

4 Considerações Finais

As análises realizadas demonstraram que a abordagem metodológica utilizada comprovou ser de grande valia para estudos relacionados aos processos de crescimento urbano e suas conseqüências na impermeabilização dos terrenos. Proporcionando a espacialização dos perímetros urbanos de maior criticidade oferecem indicações importantes para as ações mitigadoras. Fica também demonstrado que o uso das geotecnologias se oferece como ferramenta eficiente para armazenamento, tratamento, cruzamentos e espacialização de informações da superfície terrestre, as quais proporcionam subsídios relevantes para o planejamento urbano, bem como, para estabelecimento do plano diretor de macrodrenagem.

Aplicando-se as taxas de ocupação previstas na Lei 165/97 nas zonas de uso dos solos para as áreas atualmente livres para ocupação, e somando-se a ela o total de áreas já ocupadas atualmente, teremos o total de ocupação da bacia no futuro, que passará a ser de 78,01%.

É importante ressaltar que, devido à sua conformação topográfica, as áreas de montante da bacia, que correspondem à maior porção ainda a ser ocupada, situam-se entre as altitudes 600 e 700 metros, em sua porção média superior, e nas cabeceiras atingem altitudes que vão de 700 a 950 metros.

Nessas áreas, os terrenos apresentam declividades mais acentuadas, o que ocasiona, em eventos de precipitação, uma diminuição no tempo de concentração e uma maior velocidade de escoamento superficial, em relação às demais áreas.

Assim sendo, com o advento da impermeabilização das áreas ainda livres de ocupação, e sem o controle efetivo do aumento das vazões para a macrodrenagem na bacia, certamente ocorrerá um agravamento do quadro atual, com problemas de erosões das margens, assoreamentos, inundações, etc. como tem ocorrido recentemente na bacia, podendo atingir índices de vazão superiores a 27 vezes a vazão natural da bacia na fase de pré-urbanização.

É de fundamental importância ainda a reformulação da atual legislação de maneira a contemplar os aspectos do controle das vazões "in loco", de modo que os acréscimos de vazão gerados pela impermeabilização na bacia, sejam regulados sem que os impactos decorrentes desta ocupação sejam transferidos para jusante, e de se regulamentar o uso e ocupação do solo das áreas marginais aos cursos

d'água levando-se em conta os níveis de enchente máxima.

Os problemas de erosões, assoreamentos, deposição de materiais sólidos nas margens e as enchentes que ocorrem atualmente na bacia do Ribeirão Vidoca, como também em outras bacias do município, são o reflexo da falta de um planejamento adequado de ocupação da terra, de forma que os impactos gerados pelas intervenções espaciais na bacia sejam minimizados, e as vazões para a macrodrenagem sejam mantidas próximas daquelas da fase de pré-urbanização.

5 Bibliografia

Agustin, C. H. R. R.; Saadi, A. *Avaliação Preliminar, Qualitativa, do Impacto Antrópico na Bacia do Córrego do Mergulhão – Pampulha, BH.* In: Simpósio ABGE e IG da UFMG, Belo Horizonte: 1985.

Campana, N.A.; Tucci, C.E.M. (1994). “*Estimativa de Áreas Impermeáveis de Macro Bacias Urbanas*”. Revista Brasileira de Engenharia. Caderno de Recursos Hídricos, Vol.12, n.2.

Forman, Richard T.T. (1995). “*Land Mosaic: The Ecology of Landscapes and Regions*”. Cambridge, Cambridge University Press.

Garcia, R. *Subsídios para a elaboração do Plano Diretor de Macrodrenagem de São José dos Campos – SP: Análise do Adensamento Urbano na bacia do Ribeirão Vidoca com enfoque da Lei do Zoneamento - 165/97.* Dissertação de Mestrado em Planejamento Urbano e Regional. São José dos Campos: UNIVAP, 2003.112p.

Gens, F.; Tucci, C.E.M. (1995). “*Infiltração em Superfícies Urbanas*”. Revista Brasileira de Engenharia. Caderno de Recursos Hídricos, Vol. 13, n.1.

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2000. *Censo Demográfico: Brasil, 2000.* Rio de Janeiro: IBGE.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE- SPRING. *Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas.* <http://www.dpi.inpe.br/spring> - (acessado em 07/05/2008).

Tucci, C.E.M. (1997). “*Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 2, n. 2.

Tucci, C. (2000). “*Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, ABRH. Porto Alegre: ABRH, v. 5, n.1. p.61-68.

Tucci, C.; Marques, D. (Orgs) (2000). “*Avaliação e Controle da Drenagem Urbana*”. Porto Alegre: UFGRS, 558 p.

Urbonas, B. *Two Decades of Stormwater Management Evolution.* In: SIMPÓSIO DE DRENAGEM URBANA. Belo Horizonte, 1999.

Valério Filho, M. et al. (2003). “*Caracterização de Bacias Hidrográficas Impermeabilizadas pelo Processo de Urbanização com Suporte das Geotecnologias*”. in Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Belo Horizonte-MG. Abril de 003. CD-ROM.