

Análise do crescimento urbano e os impactos na macrodrenagem com o auxílio de geotecnologias. Estudo de caso: bacia hidrográfica do Ribeirão Cambuí - São José dos Campos - SP

Rogério de Souza¹

Mário Valério Filho^{1,2}

¹Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP/IP&D
Av. Shishima Hifumi, 2911 – São José dos Campos – SP, Brasil

¹souzarogério@ig.com.br

²mvalerio@univap.br

Abstract. This paper presents a methodology for land use/land cover mapping, using geo-technologies, during the timeframe 1997, 2003 and 2008. Afterwards, the land use/land cover classes were associated to imperviousness indices and related to the occurrences of flooding and inundations of Ribeirão Cambuí, located within the urban area of São José dos Campos. The methodological development consisted in the analysis and interpretation of satellite images to map land use/land cover associated to soil imperviousness, using the SPRING Arc GIS 9 platform to represent them spatially. The temporal analysis performed with the geo-technologies used indicated the efficiency of these tools for the analysis of changes within the urban space, providing important information for governmental planning activities.

Palavras-chave: geoprocessing, urban growth, macrodrainage, watershed, geoprocessamento, crescimento urbano, macrodrenagem, bacia hidrográfica.

1. Introdução

No Brasil, 80% da população estão concentradas em centros urbanos Tucci (2001), ocupando e impermeabilizando frações cada vez maiores de solo de forma desordenada levando as cidades a terem cada vez mais enchentes, que é o extravasamento do rio de sua calha natural.

São José dos Campos - SP, localizada no Vale do Rio Paraíba do Sul, acompanhou a tendência brasileira, apresentando crescimento demográfico e concentração urbana expressivos nas últimas décadas.

Azevedo Netto et al. (1998) afirma que a água de chuva requer espaço para escoamento e acumulação e que o espaço natural para que isso ocorra é a várzea do rio, quando este espaço é ocupado desordenadamente, ocorrem as inundações. As inundações representam 50% dos desastres naturais relacionados com água, dos quais 20% ocorrem nas Américas Tucci (2005).

O Ribeirão Cambuí que corta a região sudeste do município tem provocado inundações anuais em sua bacia de contribuição, provocando assim conseqüências sócio ambientais as quais refletem na qualidade de vida daquela sociedade.

À medida que a cidade é urbanizada, em geral ocorre o aumento das vazões máximas dos rios em até sete vezes Tucci (2005). A impermeabilização da área em virtude da ocupação altera o comportamento da água superficial, diminuindo a porcentagem da água que infiltra no solo. O estudo do uso e ocupação do solo consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou pela caracterização dos tipos e categorias de vegetação que revestem o solo. Segundo Rosa (2004) a expressão "uso do solo" pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. A análise multitemporal da dinâmica do uso e ocupação do solo é fundamental para o entendimento dos processos ocorridos

no ambiente urbano em um determinado período. Segundo Kneib et al. (2005), o sensoriamento remoto é o conjunto de técnicas para obtenção e registro de informações por meio de sensores que não entram em contato direto com a área estudada. As informações geradas alimentam banco de dados como os SIG's (Sistemas de Informações Geográficas) que se constituem em ferramentas de análise espacial. Para Esquerdo et al. (2005), os SIG's podem ser definidos como sistemas de suporte à tomada de decisão que integram dados referenciados espacialmente num ambiente de resposta a problemas. Neste contexto, a utilização de produtos do sensoriamento remoto, tais como fotografias aéreas e imagens orbitais associadas aos SIG's são modernas ferramentas e essenciais para tomada de decisão no Planejamento Urbano e Regional.

O presente artigo apresenta uma abordagem metodológica com o suporte das geotecnologias para analisar a dinâmica do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Cambuí no período 1997, 2003 e 2008, suas relações com a impermeabilização do terreno e as conseqüências na forma de ocorrências de enchentes e inundações.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

O município de São José dos Campos situa-se na região sudeste do Brasil, a leste do estado de São Paulo, na região do Vale do Rio Paraíba do Sul, ocupando a região mais alta da bacia do rio Paraíba do Sul. O território do município abrange uma área de 1.099 km².

O município é cortado por importante eixo rodoviário, a rodovia presidente Dutra, que liga São Paulo ao Rio de Janeiro e tem à sua margem importante pólo industrial. São José dos Campos é uma das principais cidades deste eixo, sendo pólo econômico com ascendência sobre outros núcleos urbanos paulistas do Vale do Paraíba.

Segundo o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de São José dos Campos PDDI (1995), na ocupação do território das regiões sul e leste do município ocorreu o parcelamento do solo de forma desordenada. Chácaras de recreio que inicialmente tinham de 1000 a 5000m², foram subdivididos em lotes de 125m², que rapidamente foram ocupados com construção de moradias. Notadamente a bacia do Ribeirão Cambuí, localizado entre as duas áreas, foi submetida à mesma forma de ocupação do território.

A bacia do Ribeirão Cambuí possui área de 49,5 km² e faz parte dos afluentes da margem direita do rio Paraíba do Sul, estando localizado totalmente no perímetro urbano do município de São José dos Campos.

A localização da área de estudo está representada na Figura 1.

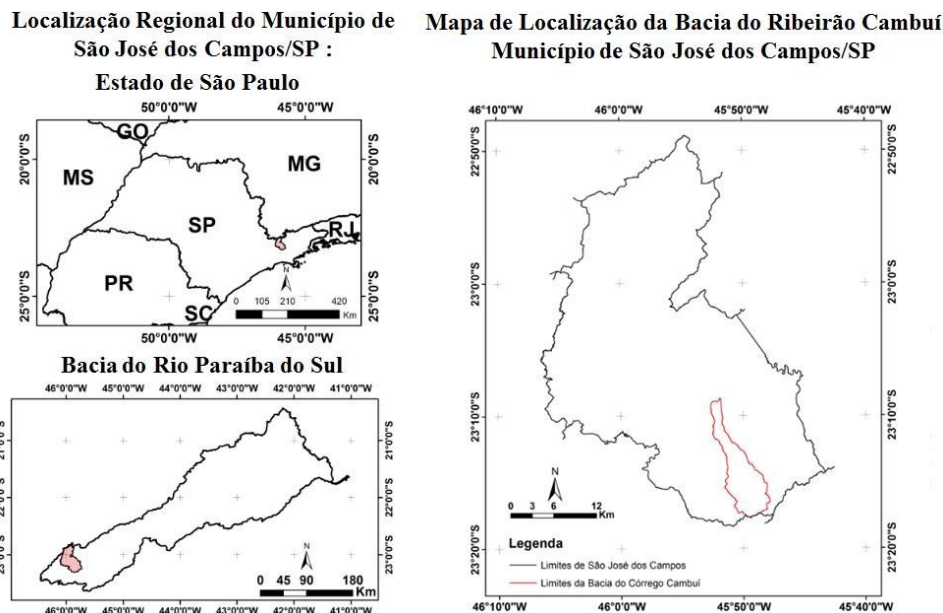


Figura 1: Localização da área de estudo.

2. 2 Materiais

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram utilizados os seguintes materiais como segue: o Sistema de Informação Geográfica SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, (INPE, 2003). O programa SPRING conjuga funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno, além de consulta a banco de dados espaciais. Para os mapeamentos de 2003 e 2008 foram utilizadas imagens do banco de dados do Projeto de Macrodrenagem denominado Cidade Viva da Prefeitura Municipal de São José dos Campos (2008) com arquivos digitais de ortofotos para o ano 2003, imagens orbitais do Quickbird para o ano 2008 e ortofotos de 2007 apenas para complemento da porção sul da bacia, sem cobertura da imagem Quickbird. Microcomputador Intel Pentium Dual-Core equipado com os programas SPRING e ArcGIS 9. Padrões de referência para as classes de adensamento segundo Valério Filho et al (2003a).

2. 3 Metodologia

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi estruturado um banco de dados que consistiu na consulta dos arquivos do mapa temático de uso e ocupação do solo para o ano de 1997, segundo Valério Filho et al. (2003b). No ambiente SPRING a máscara dos limites da bacia foi importado do levantamento de 1997 e aplicado para os anos de 2003 e 2008.

Para os anos de 2003 e 2008, com o suporte das imagens orbitais disponíveis no Banco de Dados Cidade Viva da Prefeitura Municipal de São José dos Campos (2008), foi realizada interpretação das imagens tendo como referência as classes de adensamento conforme Valério et al. (2003a). A espacialização dos perímetros urbanizados foi gerada visualmente com o programa ArcGIS, escala de interpretação 1:10.000, área mínima de mapeamento 2.500m². Em seguida a cada classe de adensamento foi relacionado um índice médio de impermeabilização adaptado conforme Tucci e Machado (1997) e Tucci e Marques (2000), para obter-se a evolução da impermeabilização da bacia.

Foram levantados os dados relativos à ocorrência de enchentes segundo a Defesa Civil da Prefeitura Municipal de São José dos Campos e o período de retorno de uma grande chuva ocorrida na bacia, possibilitando o cruzamento destes dados com os dados de uso e ocupação do solo e impermeabilização da bacia para análise da ocorrência de enchentes e inundações.

3. Resultados e discussão

Com base na abordagem metodológica de análise e interpretação das imagens para 2003 e 2008, foram analisados os perímetros urbanos em função de cinco classes de adensamento urbano segundo Valério et al. (2003a):

- Área urbana consolidada com alta taxa de ocupação praticamente não existe espaços livres. Quase todo o terreno é ocupado por construções;
- Área urbana consolidada com média taxa de ocupação ocorre a presença de extensas áreas verdes, jardins, áreas industriais e institucionais;
- Área urbana não consolidada com média taxa de ocupação é caracterizada pela presença de espaços livres que correspondem a lotes ainda não ocupados por edificações;
- Área urbana não consolidada com baixa taxa de ocupação as edificações são esparsas. Nesta classe as áreas estão em processo de ocupação; e
- Área em implantação. São áreas de loteamentos com ausência de edificações, apenas arruamentos. Aparecem as terraplenagens para indústrias, comércio e instituições.

Com base nos padrões acima definidos foram mapeadas as classes de adensamento urbano para as três datas selecionadas conforme apresentado na Figura 2.

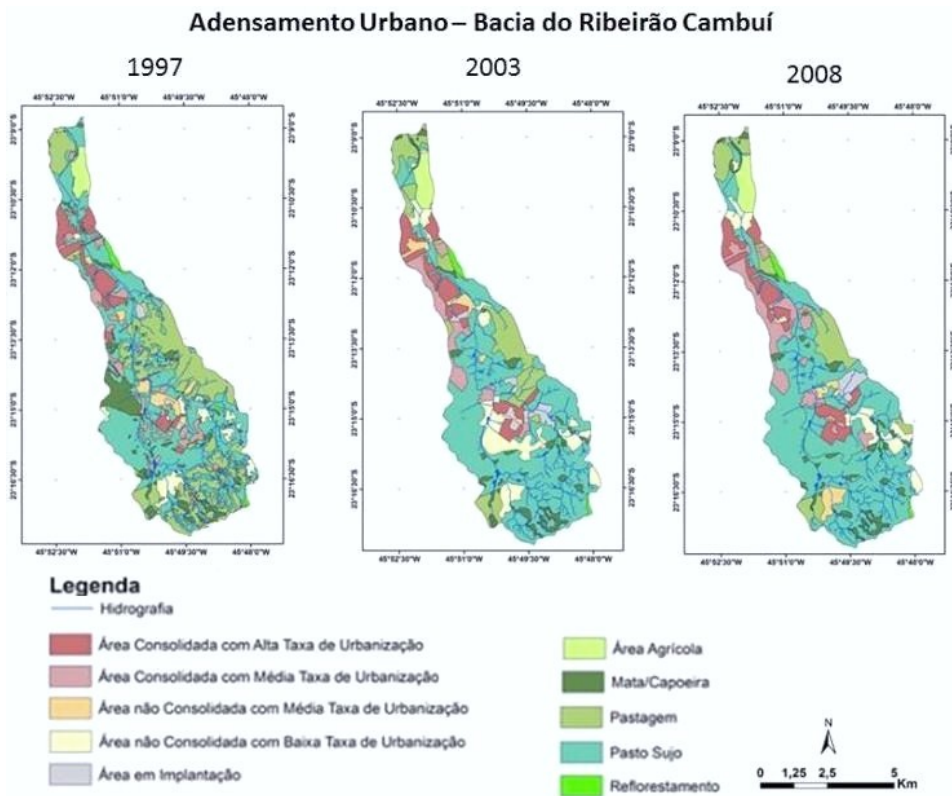


Figura 2: Mapas das classes de adensamento urbano na bacia hidrográfica do Ribeirão Cambuí.

A quantificação das áreas ocupadas pelas classes de uso e ocupação do solo no período analisado é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Quantificação das classes de uso e ocupação para o período analisado.

Classes de Ocupação Urbana	1997(área em km ²)	% área da bacia	2003 (área em km ²)	% área da bacia	2008 (área em km ²)	% área da bacia
Área consolidada alta com alta taxa de ocupação	3,38	6,83	3,61	7,29	4,05	8,18
Área consolidada alta com média taxa de ocupação	3,15	6,36	2,56	5,17	4,37	8,83
Área não consolidada com média taxa de ocupação	1,15	2,32	0,89	1,80	1,12	2,26
Área não consolidada com baixa taxa de ocupação	1,94	3,92	5,13	10,36	2,84	5,74
área em implantação	0,37	0,75	1,27	2,57	0,78	1,58
Área agrícola	1,06	2,14	1,27	2,57	1,29	2,61
Mata/Capoeira	3,22	6,51	2,25	4,55	2,28	4,61
Pastagem	12,2	24,65	6,44	13,01	4,79	9,68
Pasto Sujo	22,43	45,31	25,64	51,80	27,55	55,66
Reflorestamento	0,42	0,85	0,41	0,83	0,42	0,85
Não classificado	0,15	0,30	0	0	0	0

A dinâmica de ocupação urbana das quatro principais classes é apresentada na Figura 3.

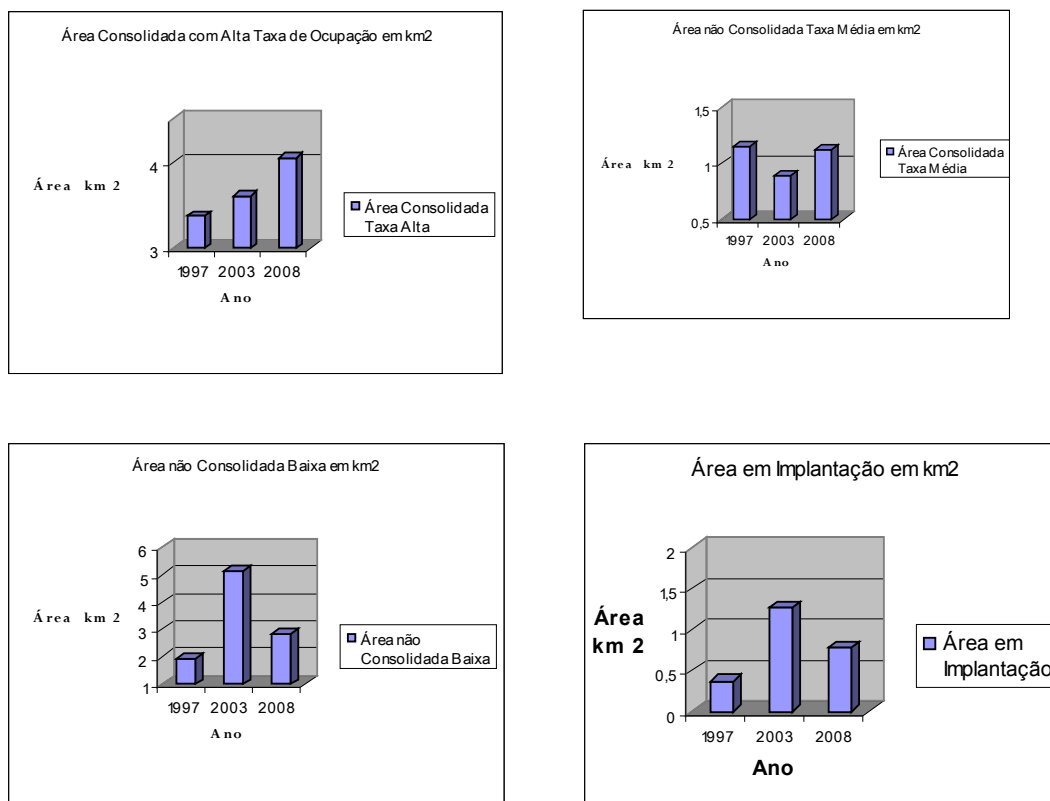


Figura 3: Representação gráfica da dinâmica de ocupação das quatro principais classes de adensamento urbano.

Pela análise da Figura 3 pode-se avaliar a dinâmica ocorrida quanto às principais classes de adensamento urbano no período avaliado, onde apresentaram redução de área em detrimento do adensamento, ou seja, a evolução das categorias analisadas.

Com base nos resultados obtidos foi possível a espacialização e avaliação temporal da dinâmica do crescimento urbano na bacia do Ribeirão Cambuí no Município de São José dos

Campos – SP, para os anos de 1997, 2003 e 2008. Embora tenha ocorrido pequeno valor no acréscimo de áreas ocupadas na bacia, a inter-relação entre classes de adensamento é expressiva.

Pela análise da Tabela 1, de 1997 para 2003, as áreas de pastagem sofrem forte retração cedendo espaço para áreas de implantação e de áreas urbanas não consolidadas com baixa taxa de ocupação. No mesmo período há a consolidação de áreas passando de média para alta taxa de ocupação. De 2003 a 2008, ocorreu uma diminuição da área de pastagem, áreas em implantação e áreas não consolidadas baixa, porém tendo continuidade o forte processo de urbanização e consolidação de áreas com média e alta taxa de ocupação. É neste período que loteamentos clandestinos não consolidados ao sul da bacia passam de baixa para média taxa de urbanização.

Para cada classe de uso e ocupação foram atribuídos índices de impermeabilização pela média aritmética conforme Tucci e Machado (1997), Tucci e Marques (2000), permitindo-se assim estabelecer níveis de área impermeabilizada para as classes de uso e ocupação mapeadas na área de estudo, conforme apresentado na Figura 4.

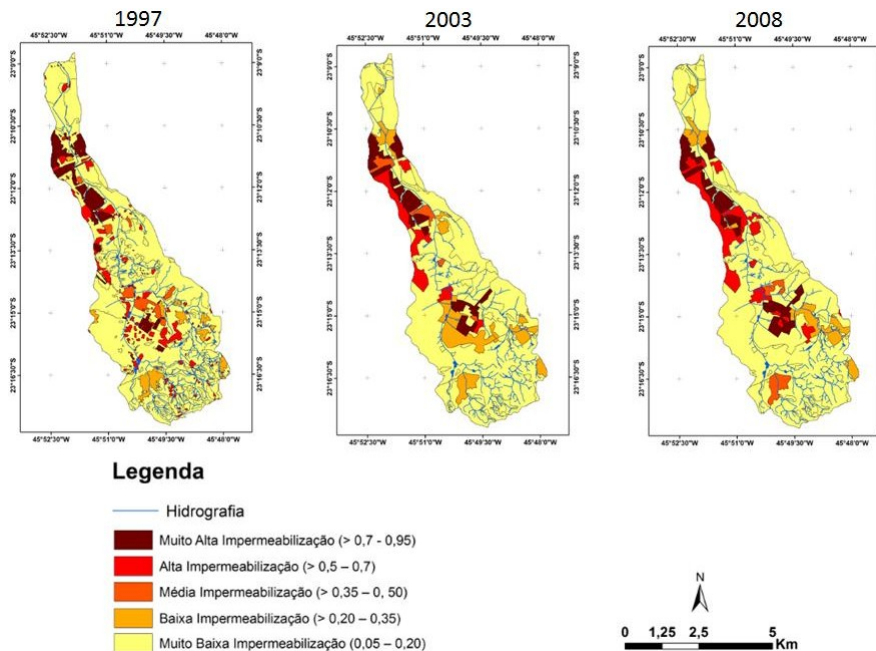


Figura 4: Espacialização dos níveis de impermeabilização em função das classes de uso e ocupação na bacia do Ribeirão Cambuí no período analisado.

Os dados espacializados das áreas impermeáveis da bacia denotam um acréscimo pouco expressivo da impermeabilização. Porém ao analisar-se a localização destas, observa-se que estão concentradas em áreas situadas a leste e no centro da bacia, exatamente onde estão localizados bairros que sofrem anualmente com inundações.

Segundo a Defesa Civil de São José dos Campos, no período de 1997 a 2008, há registro de inundações em bairros da bacia para os anos de 1999, 2000, 2001, 2003, 2005, 2006, 2007 e 2008. Martins e Vendrame (2008) calcularam o período de retorno da chuva de 55 mm que precipitou dia 12/01/2008 em um ano, o que significa que a probabilidade de uma chuva com a mesma intensidade acontecer novamente a cada ano é de 100%. Portanto, é grande a probabilidade da ocorrência de inundações anuais na bacia, provocando assim consequências sócio ambientais as quais refletem na qualidade de vida daquela sociedade.

4. Considerações finais

As análises demonstraram a eficiência da abordagem metodológica na utilização dos produtos de sensoriamento remoto e ferramentas do geoprocessamento no planejamento físico-territorial através do uso da bacia hidrográfica como unidade de planejamento.

Fica demonstrado também no estudo de caso, que mantida a tendência de uso e ocupação do solo na bacia, a conseqüente impermeabilização, as inundações continuarão a acontecer anualmente.

As geotecnologias são ferramentas modernas e eficientes para o planejamento urbano e este estudo de caso pode ser utilizado como subsídio para o plano diretor de macrodrenagem.

Referências bibliográficas

- Azevedo Netto, J. M.; Fernandez Y Fernandez, M.; Araújo, R.; Ito, A. E. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1998.
- Esquerdo, J. C. D. M.; Nery, L. A.; Rocha, J. V.; Zullo Jr, J. Uso de Sistemas de Informações Geográficas para suporte à decisão: um exemplo de aplicação. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigo, p. 2649-2655. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.00.25/doc/2649.pdf>> Acesso em 8 nov 2010.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE-SPRING- **Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas**. <http://www.dpi.inpe.br/spring>. 2003.
- Kneib, E. C.; Silva, P. C. M.; Filizola, Í. M.; Gonzales-Taco, P. W.; Yamashita, Y. Análise espaço-temporal dos impactos relacionados a empreendimentos geradores de viagem utilizando Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. Artigo, p. 2681-2688. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.17.49.27/doc/2681.pdf>> Acesso em: 8 nov 2010.
- Martins, D.; Vendrame, I. Análise hidrológica da precipitação ocorrida em 12 de janeiro de 2008 em São José dos Campos – SP – Brasil. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS), 31., 2008, Santiago, Chile. **Anais...** Santiago, Chile: AIDIS, 2008.
- Prefeitura Municipal de São José dos Campos. **Cidade Viva 2008: Informações sobre a cidade de São José dos Campos**. São José dos Campos: Prefeitura Municipal de São José dos Campos, 2008. 2008.
- Prefeitura Municipal de São José dos Campos. **Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI): Lei Complementar 121/1995**. São José dos Campos: Secretaria de Planejamento Urbano, 1995. Disponível em: <http://www.sjc.sp.gov.br/spu/plano_diretor.asp> Acesso em: 8 nov 2010.
- Rosa, R.; Brito, J. L. S.; Lima, E. F.; Siqueira, A. C.; Macedo, D. Elaboração de uma base cartográfica e criação de um banco de dados georeferenciados da Bacia do Rio Araguari. In: Lima, S. C.; Santos, R. J. **Gestão Ambiental da Bacia do Rio Araguari Rumo ao desenvolvimento sustentável**. Uberlândia: UFUB; CNPq, 2004. p. 69-87.
- Tucci, C. E. **Apreciação do plano nacional de recursos hídricos e visão prospectiva dos programas e ações. Documento de apoio às ações de planejamento da Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2001. 53 p.
- Tucci, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH; UFRGS, 2005.
- Tucci, C. E. M.; Machado, E. Concepção do Controle de Enchentes na Região Metropolitana de Curitiba. In: Tucci, C. E. M.; Porto, R. L.; Barros, M. T. **Drenagem urbana: Gerenciamento Simulação e Controle**. Porto Alegre: EdUFRGS; ABRH, 1997. p 27-37
- Tucci, C.E.M.; Marques, D. M. **Gerenciamento Ambiental da Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH; UFRGS, 2000.
- Valério Filho, M.; Alves, M.; Garcia, R.; Fantin, M. **Caracterização de bacias hidrográficas impermeabilizadas pelo processo de urbanização com o suporte de geotecnologias**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003a, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1977–1983. CD-ROM.
- Valério Filho, M.; Kurdjian, M. L. N. O.; Perrella, A. C. F.; Pereira, M. N.; Fantin, M. **Projeto Macrodrenagem de São José dos Campos Margem Direita do Rio Paraíba do Sul**. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2003b. (Relatório Técnico).