

Análise da Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo e suas Implicações com o Zoneamento do Solo Urbano na Bacia do Ribeirão Cambuí, São José dos Campos - SP.

Paulo Roberto Belisário¹
Maiara Resende Ribeiro¹
Mario Valério Filho¹

¹Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP/IP&D
Av. Shishima Hifumi, 2911 – São José dos Campos – SP, Brasil
paulobeli@gmail.com / maiara.resende@hotmail.com / mvalerio@univap.br

Abstract. The preparation of a plan to mitigate the impacts of soil sealing on the capacity of a watershed, requires the analysis of the dynamics of land use/occupation, considering the different actors that interact in the social production of space and structural elements of urban occupancy inductors. Often spatial planning legislation is dissociated from the reality of the region data which applies. In this frame, this paper introduces a methodological approach based on geo-technologies to map the urban fringe and its imperviousness levels, associating it to human occupation indices, established by the Complimentary Law Nr. 428/10, dated Ago. 09th 2010, as the parameters for land use/occupation of the Ribeirão Cambuí watershed. The region foreseen for occupation in accordance with the Urban Zoning Law, is spread between two important roads, with several illegal allotments. The results obtained from this study show the inadequacy of the zoning law against local realities can result in increasing soil imperviousness and the consequent promotion of inundations in the region of study.

Palavras-chave: geotecnologys, watershed, urban grown, geotecnologias, bacia hidrográfica, crescimento urbano.

1. Introdução

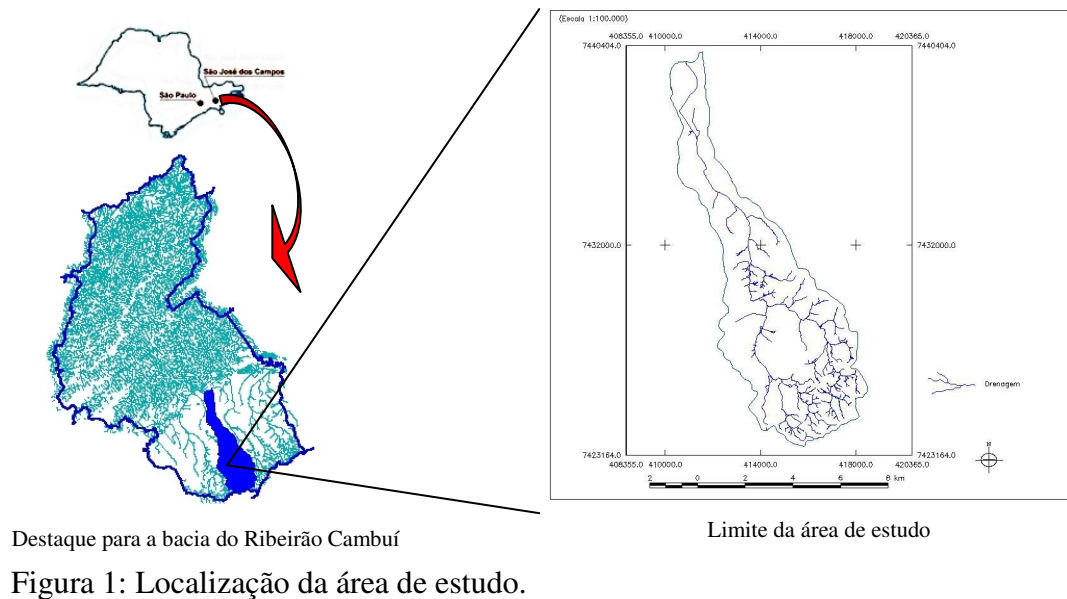
O estudo do impacto da urbanização sobre o sistema de macrodrenagem em uma bacia hidrográfica, demanda a análise da evolução temporal do processo de uso e ocupação do solo e suas tendências. Marcondes (1999) afirma que, “a visão de espaço neutro com referência à atuação dos diferentes agentes que interagem nos processos de uso e ocupação do solo corroboram para a elaboração de uma legislação de ordenamento territorial desconectada dos dados da realidade a qual se aplica”. De acordo com Tucci (1997) “depois que a bacia ou parte da mesma estiver ocupada, dificilmente o poder público conseguirá responsabilizar aqueles que estiverem ampliando a cheia.” Assim sendo, este trabalho tem por objetivo, mapear as classes de uso e ocupação do solo, para avaliar a sua dinâmica e verificar suas implicações frente à legislação de ordenamento territorial na região da bacia do Ribeirão Cambuí – São José dos Campos SP no período 2003 a 2010, com o suporte das geotecnologias.

2. Localização e características da área de estudo

A área de estudo está inserida na bacia hidrográfica do Ribeirão Cambuí, Figura 1, localizada entre os paralelos 23° 08' 36" S e 23° 17' 51" S e os meridianos 45° 46' 53" W e 45° 53' 43" W, abrangendo uma área de aproximadamente 49,5 km².

A bacia hidrográfica do Ribeirão Cambuí 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 e entrecortada por três importantes rodovias, a SP-70 (Rodovia Governador Carvalho Pinto) e SP-99 (Rodovia dos Tamoios) à montante, e a BR-116 (Rodovia Presidente Dutra) à jusante.

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. Notadamente a bacia do Ribeirão Cambuí, localizada entre as duas áreas, foi submetida à mesma forma de ocupação do território.



3. Material e métodos

Para o alcance dos objetivos foi realizado um levantamento de dados junto a Prefeitura Municipal de São José dos Campos, a qual disponibilizou o CD-ROM “Cidade viva 2010” que contém material cartográfico digital no formato SPRING (.spr) com dados planimétricos e altimétricos do município de São José dos Campos – SP. Os dados planimétricos na forma vetorial incluem: drenagem, classes de uso do solo, classes de unidades territoriais e sistemas viários. Os dados altimétricos referem-se ao Modelo Numérico de Terreno (MNT) com curvas de nível a cada 5m.

A estrutura do banco de dados relativo á área de estudo consistiu na consulta dos arquivos dos mapas temáticos de uso e ocupação do solo para 1997, 2003 e 2008, segundo Souza e Valério Filho (2011). No ambiente SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas, versão 5.0.6), a máscara dos limites da bacia foi importado do levantamento de 2008 e aplicado sobre a imagem Quickbird 2010 e Astrium 2014, as quais foram utilizadas para o mapeamento das classes de uso e ocupação do solo.

Para atender os objetivos da pesquisa os perímetros urbanos e as classes de uso ocupação do solo foram definidas através dos elementos de interpretação (tonalidade/cor, tamanho, forma, textura, padrão e dados colaterais) diretamente da tela do computador, sendo que para o perímetro urbano foram individualizadas em 5 classes conforme padrões definidos para as classes de uso e ocupação do solo segundo Valério Filho e Belisário (2012). Posteriormente, cada classe de uso e ocupação recebeu um índice de impermeabilização adaptado conforme Tucci (1997), Tucci e Marques (2000). A substituição das classes de uso e ocupação pelos respectivos índices em ambiente SPRING, permitiram a visualização dos setores da bacia de maior criticidade quanto a impermeabilização das superfícies do terreno.

Com base nos resultados obtidos, foi possível espacializar e avaliar os setores da bacia que se apresentam com diferentes níveis de criticidade, os quais por sua vez estão diretamente relacionados ao maior ou menor percentual de áreas impermeabilizadas.

Finalmente, efetuou-se uma análise da adequação acerca da Taxa de Ocupação (TO) estabelecida pela lei municipal de zoneamento (Lei Complementar Nº. 428/10 de 09 de agosto de 2010), frente a evolução das classes de uso e ocupação do solo na região da bacia

do Ribeirão Cambuí. Para esta análise foi incorporado ao banco de dados o mapa do Zoneamento do Solo Urbano proposto.

4. Resultados e Discussão

As classes de uso e ocupação do solo mapeadas podem ser visualizadas na Figura 2.



Figura 2: Mapas das classes de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Cambuí (a) 1997 e (b) 2003, (c) 2008, (d) 2010 e (e) 2014.

Pela análise da Figura 2 e Tabela 1, verifica-se que as áreas urbanizadas passaram a ocupar áreas pertencentes a classe pastagem, e houve o adensamento dos perímetros urbanos implantados anteriormente. A análise dos mapas permitiu verificar o crescimento urbano no período, bem como a alteração dos diferentes usos os quais podem ser avaliados quantitativamente pela Tabela 1.

A Tabela 1 apresenta o resultado das áreas (Km²) ocupadas pelas diferentes classes de uso e ocupação do solo no período analisado.

Tabela 1- Áreas ocupadas pelas diferentes classes de uso e ocupação do solo para o período entre os anos 1997 e 2014 na área de estudo.

Classes de Ocupação Urbana / Ano	1997		2003		2008		2010		2014	
	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)
Área Urbana Consolidada Taxa Alta	3,38	6,83	3,61	7,29	4,05	8,18	4,61	9,32	4,80	9,70
Área Urbana Consolidada Taxa Média	3,15	6,36	2,56	5,17	4,37	8,83	4,93	9,96	7,31	14,77
Área Urbana Não Consolidada Taxa Média	1,15	2,32	0,89	1,80	1,12	2,26	3,02	6,10	1,29	2,61
Área Urbana Não Consolidada Taxa Baixa	1,94	3,92	5,13	10,36	2,84	5,74	4,99	10,08	4,54	9,17
Área Urbana em Implantação	0,37	0,75	1,27	2,57	0,78	1,58	0,00	0,00	0,13	0,26
Pastagem	12,20	24,65	6,44	13,01	4,79	9,68	2,59	5,23	0,41	0,83
Pasto Sujo	22,43	45,31	25,64	51,80	27,54	55,66	21,77	44,00	23,83	48,14
Área Agrícola	1,06	2,14	1,27	2,57	1,29	2,61	0,73	1,47	0,74	1,49
Mata Capoeira	3,22	6,51	2,25	4,55	2,28	4,61	5,08	10,27	5,34	10,79
Reflorestamento	0,42	0,85	0,41	0,83	0,42	0,85	1,76	3,56	1,33	2,69
Área Total	49,50	100,00	49,50	100,00	49,50	100,00	49,50	100,00	49,50	100,00

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram o aumento no crescimento das classes Área Urbana Consolidada com taxa alta e taxa média de ocupação, que passaram de 13,19% em 1997 para 24,50% da área total da bacia em 2014. Também permitem constatar o aumento do crescimento em área para as classes Área Urbana Não Consolidada Taxa Média e Taxa Baixa de ocupação que passaram de 6,24% em 1997 para 24,65% em 2014, bem como, o expressivo declínio em área da classe Pastagem, a qual em 1997 representava 24,65% do total da área de estudo e em 2014 passou a ocupar apenas 0,83%, indicando assim, que parte foi utilizada para novas ocupações conforme indicado na Tabela 1, bem como, pela classe Área Urbana em Implantação, por outro lado a própria evolução natural da cobertura vegetal em estágio de abandono pode evoluir para a classe Pasto Sujo ou mesmo para estágios iniciais de Mata/Capoeira.

Visando a espacialização dos locais com maior ou menor criticidade quanto à impermeabilização do terreno foi associado para classe de uso e ocupação do solo seus respectivos índices, segundo Tucci e Machado (1997) e 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 nas Figuras 3 e 4.

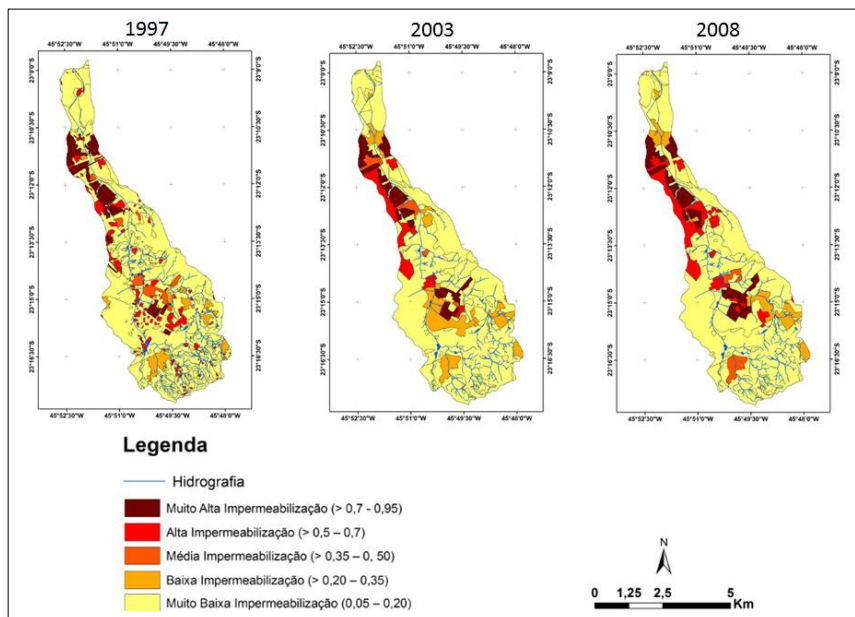


Figura 3: Espacialização dos níveis de impermeabilização em função das classes de uso e ocupação na bacia do Ribeirão Cambuí no período 1997, 2003, 2008.
 Fonte: Souza e Valério Filho (2011).

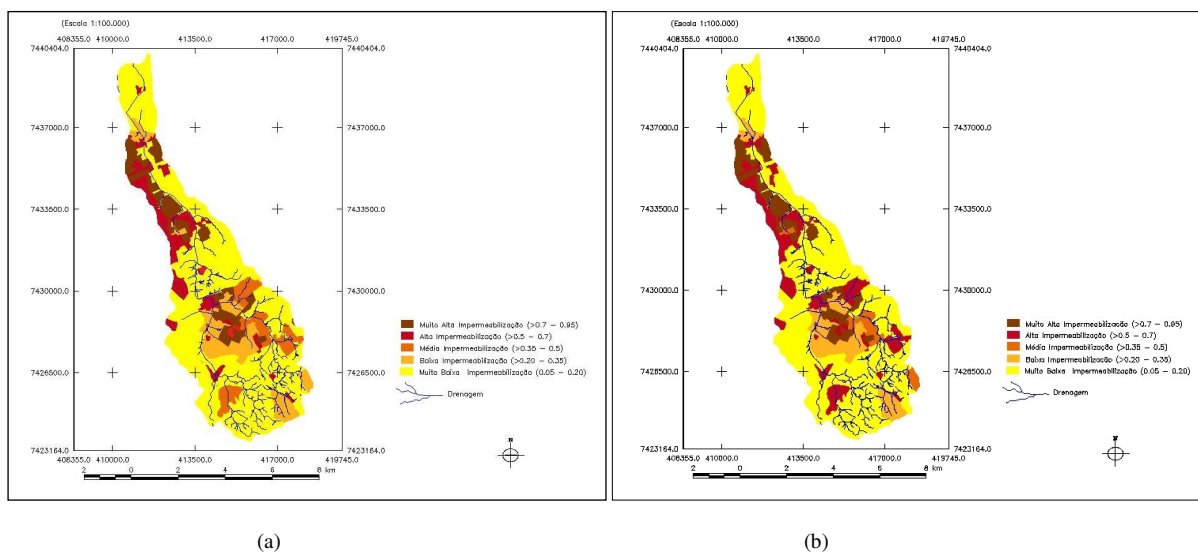


Figura 4: Espacialização dos índices de impermeabilização em função das classes de uso e ocupação na bacia do Ribeirão Cambuí no período analisado (a) 2010 e (b) 2014.

A espacialização das áreas impermeáveis da bacia mostram um acréscimo expressivo da impermeabilização. Ao analisar-se a localização destas, observa-se que estão concentradas em áreas situadas principalmente a leste e no centro da bacia, próximo a localização dos bairros que sofrem anualmente com inundações.

Na área de estudo foi detectada a presença das seguintes unidades de zoneamento, Tabela 2 e Figura 5, segundo a Lei Complementar Nº. 428/10 de 09 de agosto de 2010:

Tabela 2- Unidades de Zoneamento detectadas na área de estudo.

Unidade	Nome
APA III	Área de Proteção Ambiental III
CR1	Corredor Um
CR5	Corredor Cinco
CR6	Corredor Seis
NPR	Nota Promissória Rural
ZAI	Zona de Assentamento Informal
ZEA	Zona Especial Aeroportuária
ZEIS	Zona Especial de Interesse Social
ZEPH	Zona Especial de Preservação do Patrimônio Histórico, Paisagístico e Cultural
ZI	Zona de Uso Estritamente Industrial
ZPA 1	Zona de Proteção Ambiental Um
ZPA 2	Zona de Proteção Ambiental Dois
ZQA	Zona de Qualificação
ZR 1	Zona Residencial Um
ZR 2	Zona Residencial Dois
ZUC 1	Zona de Urbanização Controlada Um
ZUC 2	Zona de Urbanização Controlada Dois
ZUC 3	Zona de Urbanização Controlada Três
ZUC 6	Zona de Urbanização Controlada Seis
ZUC 7	Zona de Urbanização Controlada Sete
ZUC 8	Zona de Urbanização Controlada Oito
ZUD	Zona de Uso Diversificado
ZUE3	Zona de Urbanização Específica
ZUPI	Zona de Uso Predominantemente Industrial

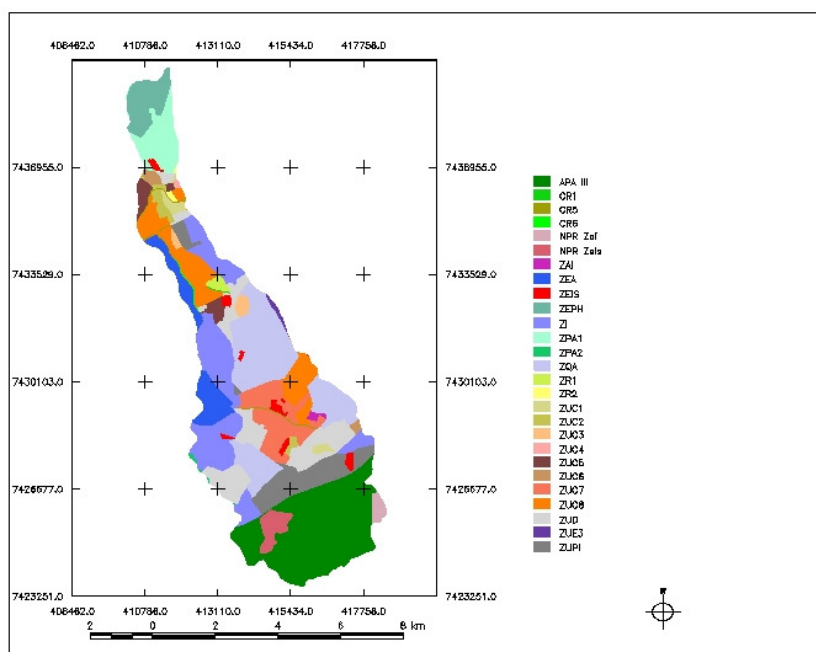


Figura 5: Mapa de Zoneamento do Solo Urbano 2010.
Fonte: PMSJC, (2010)

A integração das taxas de ocupação estabelecidas pela lei de zoneamento (Lei Complementar N°. 428/10 de 09 de agosto de 2010), com o mapeamento das classes de uso e ocupação do solo Tabela 4, mostrou que da área total (49,50 km²) da bacia, 7,31Km² está ocupado pela Classe Área Urbana Consolidada Taxa Média distribuídas entre as zonas CR1, CR5, CR6, NPR Zeis, ZEA, ZEIS, ZEPH, ZI, ZPA1, ZQA, ZR1, ZUC1, ZUC2, ZUC5, ZUC6, ZUC7, ZUC8, ZUD, ZUPI, APAIII, 4,80 Km² está ocupado pela Classe Área Urbana Consolidada Taxa Alta e distribuídas entre zonas CR5, CR6, ZEIS, ZQA, ZR2, ZUC1, ZUC2, ZUC3, ZUC6, ZUC7, ZUC8, ZUD, 1,29 Km² está ocupado pela Classe Área Urbana Não Consolidada Média distribuídas entre as zonas CR5, NPR Zai, ZAI, ZUC 1, ZUC 5, ZUC 7, ZUC 8, ZUD, APA III e 4,54 Km² está ocupado pela Classe Área Urbana Não Consolidada Baixa distribuídas entre as zonas CR5, ZEIS, ZI, ZPA1, ZQA, ZUC6, ZUC7, ZUC8, ZUD, ZUPI, APAIII.

Cabe salientar que, da área total da bacia (49,50 km²), 16,36% (8,10 km²) estão sob classificação ZUC. Os resultados expressos na Tabela 3 mostram que do total da área de 4,80 Km² da Classe Área Urbana Consolidada Taxa Alta e 7,31Km², da Classe Área Urbana Consolidada Taxa Média, ambas ocorrem respectivamente 95% e 30% na zona ZUC.

Considerando-se que o nível de impermeabilização na Classe Área Urbana Consolidada Taxa Alta conforme os índices de impermeabilização adaptados de Tucci (1997) e Tucci e Marques (2000) é de 80% (Muito Alta impermeabilização) e a zona de classificação ZUC admite Taxa de Ocupação (TO) de 65%, sugere-se que 56,42% (4,57 km²) desta zona esteja ocupada com TO acima da definida na Lei Complementar N°. 428/10 de 09 de agosto de 2010. Considerando-se que a Área Urbana Consolidada Taxa Média classificada como nível de alta impermeabilização do solo (60%), tende a evoluir para Área Urbana Consolidada Alta. No futuro a área sob esta classificação (Área Urbana Consolidada Taxa Média) a qual atualmente é de 2,19 km² na ZUC, estará na classificação de nível Muito Alta Impermeabilização e em média 80% da área estará impermeabilizada.

Tabela 3. Classes de uso e ocupação do solo (Km²), existentes nas zonas de uso do solo urbano no ano 2010.

Zona	Área Consolidada da Alta	Área Consolidada Média	Área Não Consolidada Média	Área Não Consolidada Baixa	Área Ocupada	TO prevista em Lei
CR4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CR5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CR6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
NPR Zeis	0,00	0,78	0,00	0,00	0,76	
NPR Zai	0,00	0,00	0,27	0,00	0,27	
ZAI	0,00	0,00	0,12	0,00	0,11	
ZEA	0,00	1,09	0,00	0,00	1,07	
ZPA1	0,00	0,09	0,00	0,07	0,14	0,02%
ZEIS	0,08	0,27	0,00	0,26	0,57	
ZEPH	0,00	0,05	0,00	0,00	0,03	
ZI	0,00	1,19	0,00	0,02	1,18	80%
ZQA	0,01	0,19	0,00	0,78	0,96	
ZUC1	0,19	0,03	0,06	0,00	0,25	65%
ZUC2	0,24	0,15	0,00	0,00	0,39	65%
ZUC3	0,31	0,00	0,00	0,00	0,31	65%
ZUC4	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	65%
ZUC5	0,55	0,20	0,08	0,00	0,83	65%
ZUC6	0,02	0,06	0,00	0,16	0,24	65%
ZUC7	1,42	0,51	0,29	0,69	2,91	65%
ZUC8	1,79	1,24	0,08	0,01	3,12	65%
ZUD	0,08	0,49	0,37	1,36	2,30	80%
ZUPI	0,00	0,58	0,00	0,19	0,77	80%
ZR1	0,00	0,22	0,00	0,00	0,22	65%
ZR2	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06	65%
APA III	0,00	0,17	0,08	0,99	1,24	0,05%
Total	4,80	7,31	1,35	4,54	17,78	

Os resultados indicam o aumento da probabilidade de ocorrência de eventos de inundações anuais na bacia, provocando assim conseqüências sócio ambientais as quais refletem na qualidade de vida daquela sociedade.

Segundo Souza (2011) com base nos dados da Defesa Civil de São José dos Campos, cita que no período de 1997 a 2008, há registros de inundação 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 ocorreu em 12/01/2008 na área de estudo, o que significa que a probabilidade de uma chuva com a mesma intensidade acontecer novamente a cada ano é de 100%.

5. Considerações Finais

A utilização das geotecnologias neste estudo, proporcionou a visualização e análise da dinâmica histórica da urbanização com vistas as tendências da impermeabilização do solo, a luz da lei de zoneamento vigente no ano 2014. Foi possível constatar o incremento do

crescimento urbano na bacia o qual por sua vez concorre para novas ocorrências de alagamentos e inundações conforme constatado em períodos anteriores. Assim a política de planejamento urbano do município deve ser concebida dentro da realidade local. Portanto, deve - se descartar modelos prontos e trabalhar na perspectiva da heterogeneidade de intervenções, a partir de princípios que englobem a dinâmica da cidade real, em seu contexto social - econômico, cultural, ambiental, estrutural e os elementos estruturantes do espaço. A implementação de uma política habitacional que possibilite o acesso democrático à cidade deve ser associada à uma política de planejamento urbano abrangente e, para tanto, faz-se necessário trabalhar com a cidade real e não só com a cidade legal.

Referências

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE – SPRING - **Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas**. 2003. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/spring>> Acesso em: 21 jul. 2012.

Marcondes, M. J. A. **Cidade e Natureza: Proteção dos Mananciais e Exclusão Social**. São Paulo: EDUSP, 1999. 99p.

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. **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.

Prefeitura Municipal de São José dos Campos – Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. **Banco de Dados Geográfico Cidade Viva**. São José dos Campos, 2010. CD-ROM.

Prefeitura Municipal de São José dos Campos – Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. **Lei Complementar N.º 428/10 de 09 de agosto de 2010**. São José dos Campos, 2010. Disponível em: http://www.sjc.sp.gov.br/secretarias/planejamento_urbano/legislacao.aspx Acesso em: 10 jan. 2013.

Souza, R.; Valério Filho, M. **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**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 4791-4797. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTRW/3A3TBQS>>. Acesso em: 17 nov. 2012.

Tucci, C. E. M. **Água no Meio Urbano**. in: Água Doce. Porto Alegre, RS, 1997. cap. 14, 20p. Disponível em: <http://4ccr.pgr.mpf.gov.br/institucional/grupos-de-trabalho/residuos/docs_resid_solidos/aguameio%20urbano.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2012.

Tucci, C. E. M. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção**. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.2, n. 2, 1997.

Tucci, C. E. M. ; MARQUES, D. L. M. **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre : Ed. UFRGS, 2000. 558 p.

Valério Filho, M.; Belisário, P. R. Imagens orbitais de alta resolução aplicadas no monitoramento do crescimento urbano e suas consequências sócioambientais. **Revista da ANPEGE - Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia**, v.8, n.9, p.119-135, 2012.